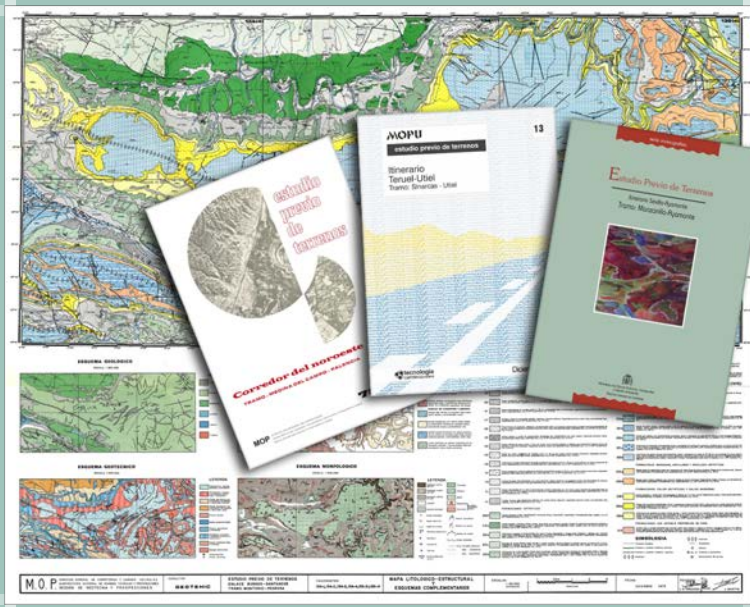
serie monografías



Colección de *Estudios Previos de Terreno* de la Dirección General de Carreteras

Serie histórica completa 1965 - 1998

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARÍA DE ESTADO DE PLANIFICACIÓN E INFRAESTRUCTURAS
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:
www.fomento.gob.es

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:
http://publicacionesoficiales.boe.es

Título de la obra: Colección de Estudios Previos de Terreno de la Dirección General de Carreteras
Serie histórica completa 1965-1998. **SERIES 96-01 a 98-04**
Autor: Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras; Centro de Publicaciones Año de edición: 2011

Características Edición:
1ª edición electrónica: enero 2016
Adobe Acrobat:
Formato: PDF
Tamaño: 100 MB

Edita:
© Ministerio de Fomento
Secretaría General
Técnica Centro de Publicaciones

NIPO: 161-15-081-3
NIPO DVD: 161-11-030-0

Aviso Legal: Todos los derechos reservados.Esta publicación no podrá ser reproducida ni en todo, ni en parte, ni transmitida por sistema de recuperación de información en ninguna forma ni en ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico o cualquier otro.



COLECCIÓN DE
ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS: SERIE HISTÓRICA COMPLETA (1965 - 1998)

INTRODUCCIÓN

Los aspectos geológicos y geotécnicos en los estudios informativos y proyectos de las infraestructuras del transporte en general y de las carreteras en particular, resultan de una importancia capital dentro de los mismos.

La necesidad de disponer de publicaciones de referencia especialmente adaptadas a este tipo de trabajos ha sido una preocupación constante en la Dirección General de Carreteras. Por ello, hace más de cuarenta años se empezó a trabajar en la redacción de una serie de volúmenes que permitieran a sus responsables tener un conocimiento del contexto global y de los principales condicionantes geológicos, geotécnicos y geomorfológicos con los que previsiblemente fuera a encontrarse, en una determinada región o corredor de trazado.

Estos documentos tienen el carácter de previos, por cuanto que son introductorios y sus referencias se efectúan a nivel básico y escala regional. En ningún caso pretenden sustituir, sino al contrario, servir de punto de partida a estudios monográficos más concretos desarrollados para cada proyecto.

El contenido esencial de la colección, las líneas generales del entorno geotécnico que se establece para cada zona, los condicionantes a que en cada caso se hace referencia, etc., son aspectos ligados fundamentalmente a la naturaleza de los terrenos atravesados, a factores hidrológicos, climáticos, etc., aspectos todos ellos puramente técnicos que resultan, con esta perspectiva, inmutables o muy ligeramente variables a escala temporal humana. Es por ello que se considera que la colección sigue siendo una referencia perfectamente válida en su conjunto, más allá de cuestiones muy puntuales.

La presente publicación presenta por primera vez en versión informática y en un único soporte físico, la colección completa de *Estudios Previos de Terreno (EPT)* de la Dirección General de Carreteras (elaborados entre los años 1965

y 1998), respetando en todo momento el formato y contenido originales de los mismos. Se compone de ciento treinta y siete volúmenes con información geológica, geotécnica y geomorfológica de aplicación directa a los estudios informativos y proyectos de carreteras, llevada a cabo durante más de treinta años por ingenieros y geólogos, que fue apareciendo tomo a tomo en el periodo ya referido.

La colección contiene más de diez mil páginas de texto, alrededor de seiscientos planos y más de ochocientos esquemas, cortes geológicos, etc. Cubre algo más del cuarenta por ciento (40%) de la superficie del territorio nacional y se elaboró procurando siempre que la misma fuese de aplicación específica para los estudios y proyectos de carretera, en un momento histórico en el que la información concreta sobre dichos aspectos era menos completa y accesible que en la actualidad.

La práctica totalidad de los volúmenes se encuentran agotados, siendo difícil su localización para las nuevas generaciones profesionales, por lo que se ha decidido proceder a su presentación en versión informática, respetando su formato y contenido originales y sin pretender que la misma constituya en ningún caso una actualización o revisión de contenidos.

Así, a modo de ejemplo, el lector podrá echar de menos referencias bibliográficas y cartográficas más recientes, encontrará fotografías que contienen paisajes que han evolucionado, planos donde no figuren nuevas carreteras, observará el cambio de denominación oficial de alguna población..., etc., pero aun con estas salvedades, que entendemos poco relevantes para el objeto de la serie y que en cada caso deben interpretarse a la luz de su fecha de redacción, se ha considerado que merecía la pena volver a poner a disposición de los usuarios el conjunto de una vasta labor editorial, que no debe caer en el olvido, pues sigue siendo de gran utilidad técnica y representa el quehacer de más de una generación de ingenieros y geólogos del entonces Servicio de Geotecnia, con dedicación profesional monográfica a la carretera. Sirva también esta publicación como reconocimiento a todos ellos.

CONTENIDO

La colección se presenta en formato pdf obtenido mediante escaneo manual de cada uno de los volúmenes de la serie, tal y como se encuentran en los archi-

vos del Área de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento[1].

Cada *Estudio Previo de Terreno* se denomina mediante dos cifras (cuatro dígitos separados, dos a dos, por un guión) y otros tantos nombres de poblaciones. Esta nomenclatura hace alusión a los dos últimos dígitos del año en que se inició la redacción de cada volumen, el número de orden correlativo dentro de cada uno de dichos años y dos localidades comprendidas normalmente en los extremos de un tramo de la red de carreteras del Estado incluido en el área de estudio.

Aunque su contenido es ligeramente variable, todos ellos guardan una línea editorial bastante uniforme a lo largo del tiempo, que se presenta en forma de memoria (o cuerpo de cada uno de los libros propiamente dicho) y planos a diferentes escalas, nunca más detalladas que la 1:50.000, que a su vez todos contienen como elemento definitorio de la propia serie editorial.

La unidad básica de superficie y los límites territoriales que comprende cada volumen es, con carácter general, el cuadrante (1/4) de la hoja a escala E: 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional (MTN 50), incluyendo todos los *Estudios* varios de estos cuadrantes[2].

Se incluyen:

– La serie 96.01 a 98-04 de *Estudios Previos de Terreno* de la Dirección General de Carreteras (1965-1998)

---

[1] Escaneo manual con escáner convencional de tamaño máximo de pantalla igual al formato A3, que puede generar la aparición de pequeños defectos de solape en algunos de los planos de mayor tamaño. Como consecuencia de este proceso y de que los originales presentan ligeras variaciones de tamaño, las escalas de los planos pueden haber sufrido distorsiones, por lo que debe tenerse en cuenta únicamente la escala gráfica. Proceso posterior de limpieza y aclarado de fondos de páginas, edición como volumen único (cuerpo del libro y planos en un único archivo pdf) y optimización de propiedades de los archivos resultantes. Trabajo de escaneo, edición y montaje a cargo de Jorge Camino Avilés y José Ramón Gamo Sastre.

[2] En este sentido es importante hacer constar que el criterio elegido en 1965 para la numeración de los cuadrantes en los EPT (horario) no coincide con la adoptada por el MTN (O a E y N a S). La equivalencia, que se hace constar de forma gráfica en cada volumen, es la siguiente: EPT 1 = MTN II; EPT 2 = MTN IV; EPT 3 = MTN III; EPT 4 = MTN I

– *Mapa guía EPT* que permite discernir cuál es el *Estudio* concreto que se corresponde con una determinada ubicación geográfica (sobre la retícula del MTN 50), sin necesidad de utilizar la consulta por provincias. Para mayor claridad en su presentación se incluyen únicamente los cuatro dígitos que lo identifican, sin mencionar el nombre de las poblaciones extremas.

– *Otros documentos* que se entienden complementarios de los anteriores:

- *Introducción a los EPT*: breve artículo que presenta las principales ideas y contenidos de la colección.

- *Movimientos del terreno de la provincia de Granada*: publicación de la Dirección General de Carreteras (1987) que aunque sin formar parte de la s propiamente dicha, se ha decidido incluir en el DVD por su íntima relación con el contenido y finalidad de la misma.

- *Síntesis geotécnica de los suelos de Madrid y su alfoz*: publicación de la entonces Dirección General de Infraestructura del Transporte del Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones (1985), de aplicación a la ciudad de Madrid y sus aledaños.

- *Primer cursillo de geología aplicada a los EPT-1966*: documento que sirve de base y fija los criterios editoriales seguidos durante la práctica totalidad de la serie histórica.

Enero de 2011

Área de Geotecnia
Dirección General de Carreteras
Ministerio de Fomento

Simposio sobre GEOTECNIA DE LAS INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE.
Sociedad Española de Mecanica del Suelo e Ingenieria Geotécnica
Barcelona, 27 al 29 septiembre de 2000. Comunicación 1.09; pag.-139-150 de las actas.

Estudios Previos de Terrenos de la Dirección General de Carreteras

Jesús Martín Contreras
Licenciado en Ciencias Geológicas
Servicio de Geotecnia. Dirección Técnica. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento

Álvaro Parrilla Alcaide
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Servicio de Geotecnia. Dirección Técnica. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento

Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Jefe del Servicio de Geotecnia. Dirección Técnica. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento

RESUMEN: Desde hace 35 años la Dirección General de Carreteras viene realizando, en diferentes formatos, los Estudios Previos de Terrenos. Inicialmente fueron los fotoplanos con superponible transparente, posteriormente los libros y hoy los libros digitales.

A pesar de esta evolución en lo que al soporte material se refiere, el objetivo perseguido con ellos sigue siendo el de proporcionar una información básica homogénea acerca de las características geológico-geotécnicas aplicadas a la construcción de carreteras, de los corredores de trazado de la Red del Estado, tanto en los tramos que la componen hoy día como en aquellos otros en que se prevé la realización de actuaciones de ampliación o mejora de la misma, a corto y medio plazo.

1 ANTECEDENTES

Los Estudios Previos de Terrenos (EPT), nacen durante la década de los 60 ante las dificultades que se planteaban en la entonces Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales del Ministerio de Obras Públicas al no disponerse de una información sistemática sobre los materiales atravesados por los nuevos trazados, en cuanto al comportamiento geotécnico de las formaciones, así como a la situación de yacimientos granulares y canteras.

Un análisis efectuado en la primera mitad de la década puso de manifiesto que alrededor de un 55% de los proyectos reformados elaborados en tales fechas se debía de uno u otro modo a causas atribuibles al terreno.

Por otra parte la necesidad de un estudio litológico y estructural, de las formaciones atravesadas por los nuevos trazados, así como la situación de los yacimientos granulares y canteras se hacia cada vez más necesario, ya que no se encontraba disponible el Mapa Geológico Nacional (MAGNA) y las hojas geológicas publicadas por el IGME, que no cubrían todo el territorio nacional, estaban enfocadas fundamentalmente hacia la cartografía y datación estratigráfica de las formaciones geológicas. Estas publicaciones carecían en general de la información geotécnica que el ingeniero necesitaba al acometer un proyecto u obra.

Todo ello producía incluso en ocasiones, la ausencia casi total de estudio geológico-geotécnico, o en el mejor de los casos, requería para su elaboración un esfuerzo considerablemente mayor que el precisado una vez editado el correspondiente EPT.

Con los Estudios Previos de Terrenos, se pretende proporcionar una información básica al Ingeniero Director del Proyecto evitando la repetición de los reconocimientos en una misma zona, con un contenido uniforme para todo el territorio nacional.

Atendiendo a las prioridades señaladas en aquellas fechas por la División de Planes y Tráfico y con los datos obtenidos de los distintos Servicios de la Dirección General, se programaban anualmente los correspondientes EPT de los itinerarios de la red principal de carreteras, adaptándose siempre a los cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional del Instituto Geográfico y Catastral. Los cuadrantes que se programaban en cada trabajo, se disponían procurando cubrir al menos 15 Km, a lo largo de la carretera objeto del estudio.

El Estudio Previo de Terrenos, aborda la cartografía de las distintas formaciones geológicas existentes en el tramo analizado, la descripción de sus características litológicas, estructurales y geotécnicas, así como también la situación y delimitación de los yacimientos granulares, canteras y zonas de préstamos, susceptibles de utilizarse como materiales en la construcción de carreteras.

2 LOS ORTOFOTOPLANOS INTERPRETADOS (1966-1969)

El primer paso en este camino lo constituyen los or-

tofotoplanos interpretados.

En la segunda mitad de la década de los 60 la documentación cartográfica se realizó sobre un fotoplano escala 1/25.000, que se confeccionaba a partir del "Vuelo Americano" del "Air Force Maping Service" de escala original aproximada 1/33.000.

Cada fotoplano lleva su correspondiente superponible transparente en el que se dibujaban los límites entre las distintas formaciones existentes en el cuadrante, así como la situación de los yacimientos granulares, canteras, etc. Estos fotoplanos iban acompañados de una memoria con la descripción litológica y estructural de las distintas formaciones del cuadrante.

Posteriormente se elaboraba una memoria de conjunto del tramo, en la que se describía cada grupo litológico por zonas de estudio, dibujando para cada uno un corte estratigráfico, resaltando su estructura y los componentes del mismo.

En esta fase se adjuntaban en la memoria las fotografías más ilustrativas de los diferentes grupos, la columna estratigráfica de las formaciones existentes en el tramo y unos cuadros resumen de yacimientos granulares y canteras.

Acompañaban a la memoria, tres planos a escala 1/100.000 uno litológico, otro geotécnico y otro con la situación de yacimientos granulares y canteras.

Durante esta etapa inicial los suelos aparecen en la cartografía del superponible del fotoplano, con una letra mayúscula según su origen (tabla 1) seguida de dos números, que indican las dos fracciones predominantes en los suelos, según su clasificación HRB (tabla 2), pudiendo repetirse la cifra si el suelo es muy uniforme.

Tabla 1

ORIGEN DEL SUELO	SÍMBOLO
Químico	Q
Glaciárico	H
Terraza	T
Acarreo	A
Cono de deyección	D
Eólico	E
Marino	R
Coluvial	C
Marismal	M
Lacustre	L
Pantanoso	P
Eluvial	V

Dentro de cada formación se señalaban además las condiciones generales de drenaje de los diferentes terrenos (capa freática y escorrentía) mediante los símbolos de la tabla 3

Tabla 2

GRUPO HRB	DESCRIPCION DEL MATERIAL	SÍMBOLO
A-1	Fragmento de piedra, grava y arena	1
A-2	Grava y arena limosa/arcillosa	2
A-3	Arena fina	3
A-4	Limo	4
A-5	Limo (plástico)	5
A-6	Arcilla	6
A-7	Arcillas (plásticas con cambio de volumen apreciable)	7

Tabla 3

CONDICIONES DE DRENAJE	SÍMBOLO
Excelentes	ε
Tolerables	τ
Malas	μ

Así una terraza con suelos A-2 y A-5 con drenaje muy bueno se clasificaría como T25ε, y una zona de arena eólica fina muy uniforme con drenaje excelente como E33ε.

Desde 1966 a 1969, los Estudios Previos de Terrenos se realizan por un equipo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y Geólogos de la División de Materiales de la DGC.

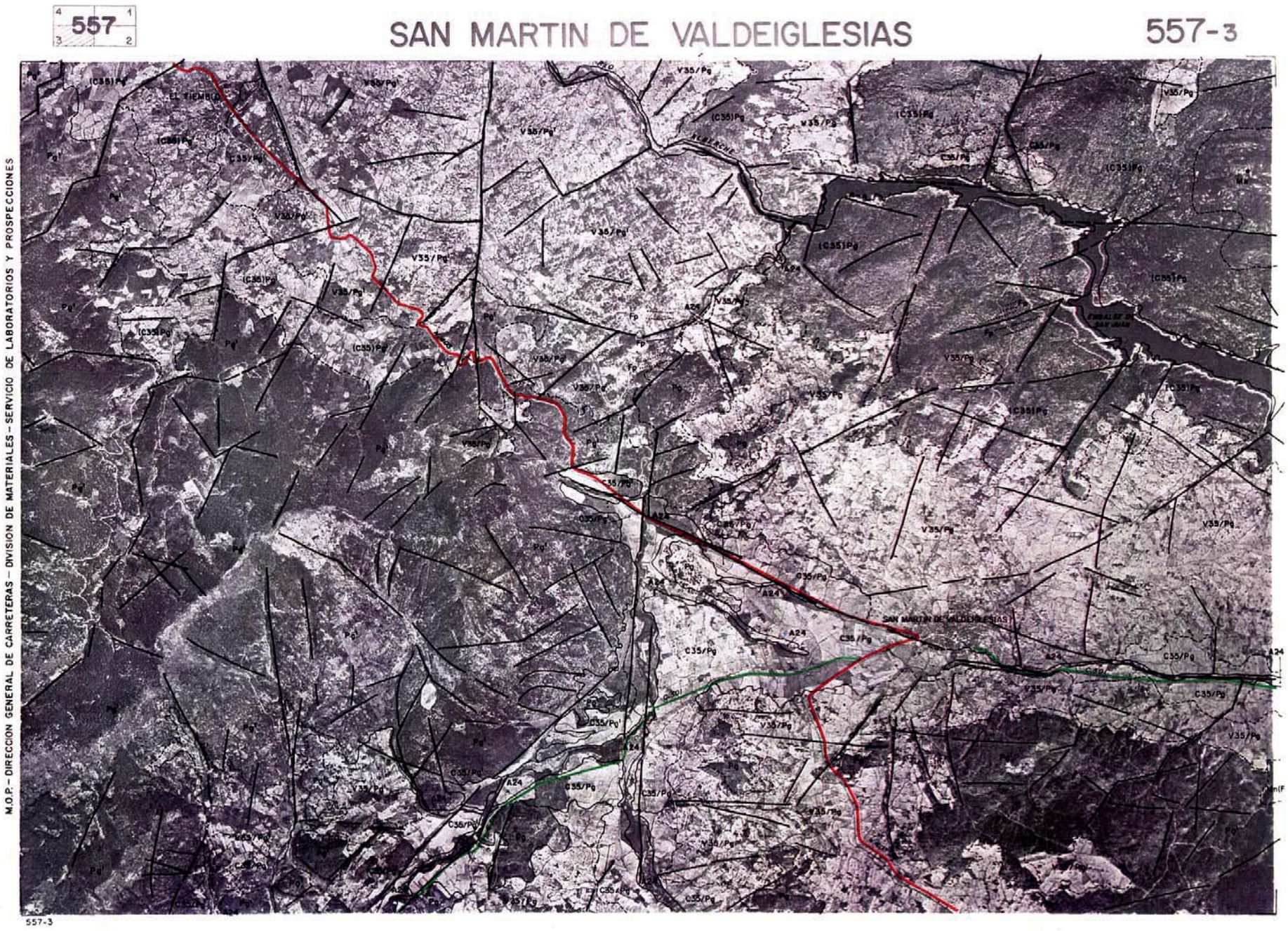
Durante estos años, los Servicios Regionales piden a la Dirección General el estudio de los tramos de carreteras que consideran más urgentes, con lo que el volumen de trabajo aumenta considerablemente.

Ante este hecho, en 1969 se decide publicar los Estudios Previos de Terrenos, para atender el mayor número posible de peticiones, contratando a empresas consultoras la realización de los mismos bajo la dirección y supervisión del equipo de Ingenieros y Geólogos de la División de Materiales.

3 LOS ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO EN VERSIÓN BIBLIOGRÁFICA (1969-1996)

En esta nueva etapa iniciada en 1969 se prescinde del fotoplano y se da más importancia a la cartografía litológica, geomorfológica y estructural, acompañando a la memoria, los planos litológicos a escala 1/50.000, correspondientes al tramo del estudio.

Este cambio de criterio obliga a una cartografía representada por tres dígitos que representan la edad estratigráfica del grupo litológico, y a realizar una memoria fundamentalmente geomorfológica, estructural y litológica, indicando el comportamiento geotécnico de cada grupo



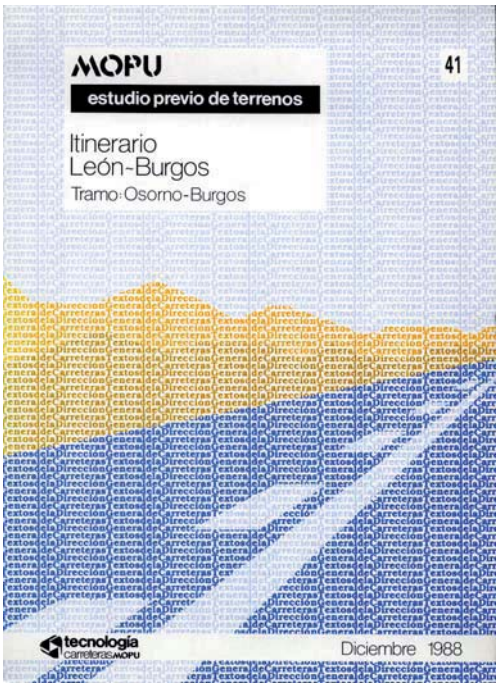
Ortofotoplano interpretado

Para facilitar la situación estratigráfica de los grupos litológicos cartografiados en los planos se incluye una columna estratigráfica en cada EPT.



Portada EPT durante la década de los 70.

Los diferentes grupos se representan por un número de tres cifras, el primer dígito representa la era geológica el segundo el periodo y el tercero la época. Así por ejemplo un grupo litológico cartografiado como nº 213 corresponden a materiales pertenecientes al Keuper (era Secundaria (2) periodo Triásico (3) época Keuper (1))



Portada EPT durante la década de los 80.

A partir de la publicación en formato bibliográfico se estudian además itinerarios alternativos, al mismo tiempo que se hace la cartografía de campo en cada uno de los EPT, con lo que se introduce una mejora importante en el estudio, ya que a la memoria se acompaña un plano de situación, con las localidades y carreteras más importantes de la zona, en el que se señalan los itinerarios alternativos.

Asimismo se viene prestando especial atención a la geomorfología de las laderas potencialmente inestbles, fuente de frecuentes problemas en nuestra red viaria.

4 LOS EPT EN VERSIÓN DIGITAL (1996)

Desde los trabajos iniciados en 1996 los Estudios Previos de Terrenos se vienen realizando tanto en formato bibliográfico como digital (libro + CD) por lo que a partir de la publicación de los mismos pueden efectuarse búsquedas informáticas por palabras, ampliaciones de imágenes, enlaces con otros documentos, etc.

Por otra parte resulta de especial interés el tratamiento informático dado a los planos, con diversas capas de información, siendo posible la selección de zonas concretas, la impresión directa en papel, etc.



Portada EPT durante la década de los 90 y de la versión digital

5 CONTENIDO DE LOS EPT

Desde que se vienen elaborando, los EPT persiguen los mismos objetivos ya expuestos de servir como base proporcionando una información homogénea, a los estudios y proyectos geológico-geotécnicos realizados

en la Dirección General de Carreteras.

Su contenido básico se estructura en los siguientes apartados:

1)Introducción: Donde se indican las hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional que en cada caso se estudian, así como la metodología seguida y los autores del trabajo.

2)Características generales: Recoge una serie de aspectos que permiten efectuar un encuadre de la zona dentro del territorio en el que se contempla la climatología, topografía, geomorfología y estratigrafía general, tectónica y sismicidad.

3) Estudio de zonas: Basándose en la caracterización geomorfológica efectuada en el punto anterior, se divide el área de trabajo en una serie de zonas relativamente homogéneas, para las que efectúa un estudio de detalle que incluye entre otros aspectos, cortes geológicos, columnas estratigráficas, y determinación de grupos litológicos, para los que se define su litología, estructura y características geotécnicas fundamentales.

Estos aspectos se reflejan a su vez en la cartografía del EPT.

4)Conclusiones generales: Ponen de manifiesto desde un punto de vista eminentemente práctico, aplicado a la ejecución de infraestructuras viarias, los principales aspectos y problemática relativa a:

- Topografía
- Hidrología
- Litología
- Geomorfología
- Geotecnia

Concluyendo con una serie de corredores de trazado recomendados, desde el punto de vista geológico-geotécnico que no siempre coinciden con las vías de comunicación existentes en la zona estudiada.

*5) Información sobre yacimiento*s: Se da una visión sucinta de las principales canteras y yacimientos rocosos y granulares activos e incluso en ocasiones potenciales, adjuntándose un mapa o esquema resumen y una serie de cuadros a modo de sumario.

6) Bibliografía consultada.

7) Anejos: Este apartado no existe como tal en los estudios más antiguos, si bien su contenido se refleja en el texto de los mismos. Incluyen la columna estratigráfica de la zona así como los criterios utilizados en las descripciones geotécnicas en cuanto a ripabilidad, capacidad portante, estabilidad de taludes y drenaje.

8) Planos: En cada ejemplar se adjuntan los siguientes planos en un desplegable a color:

Tabla 4

PLANO	ESCALA
Esquema geológico	1/200.000
Esquema geomorfológico	1/200.000
Esquema de suelos y formaciones de pequeño espesor	1/200.000
Esquema geotécnico	1/200.000
Esquema litológico-estructural	1/50.000

Cada uno de ellos está acompañado de su correspondiente leyenda en la que se reflejan de manera resumida las características principales señaladas en los restantes apartados para cada zona.

Asimismo en el texto se incluyen diversos mapas y esquemas en blanco y negro en diferentes escalas relativos a situación general, corredores de trazado propuestos, situación de yacimientos y canteras, etc.

6 UTILIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO

Su uso dentro del ámbito de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento se encuentra regulado por la Orden Circular 314/90 T y P "Normalización de los estudios geológico geotécnicos a incluir en anteproyectos y proyectos", donde con el objeto de homogeneizar y garantizar la calidad de los mismos, racionalizando y sistematizando los esfuerzos realizados y agilizando en lo posible su ejecución, se prescribe su uso para aquellos trazados en que se encuentren elaborados.

7 REALIZACIONES

A continuación de adjunta un cuadro donde se expone de manera aproximada la superficie de las zonas en las que en unos u otros formatos existen EPT.

Tabla 5

FORMATO	ÁREA APROX.(Km^2)
Ortofotoplano interpretado	26.000
EPT bibliográfico	210.000
EPT bibliográfico y digital (libro+CD)	16.000
Estudio en fase de elaboración (libro+CD)	23.000
TOTAL	275.000

Lo que supone aproximadamente un 55% de la superficie nacional, debe tenerse en cuenta que el objetivo fundamental de estos Estudios se ciñe en principio a las zonas próximas a las carreteras de la Red del Estado, y corredores de trazado previstos a corto y medio plazo.

Asimismo se acompaña un mapa en el que se indican los cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional para los que existe el correspondiente EPT, o se encuentra en fase de elaboración.

MAR CANTABRICO

FRANCIA

PORTUGAL

MAR MEDITERRANEO

SANTA CRUZ DE TENERIFE

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

LEYENDA

AUTOVIAS DE LA R.C.E

CARRETERAS CONVENCIONALES DE LA R.C.E

AUTOPISTAS DE PEAJE

AUTOPISTAS AUTONOMICAS

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Km.

Ministerio de Fomento

Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes

Dirección General de Carreteras

ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENOS

ORTOFOTOPLANO INTERPRETADO

ESTUDIO EN PAPEL

ESTUDIO DIGITALIZADO

EN EJECUCION

4	1
3	2

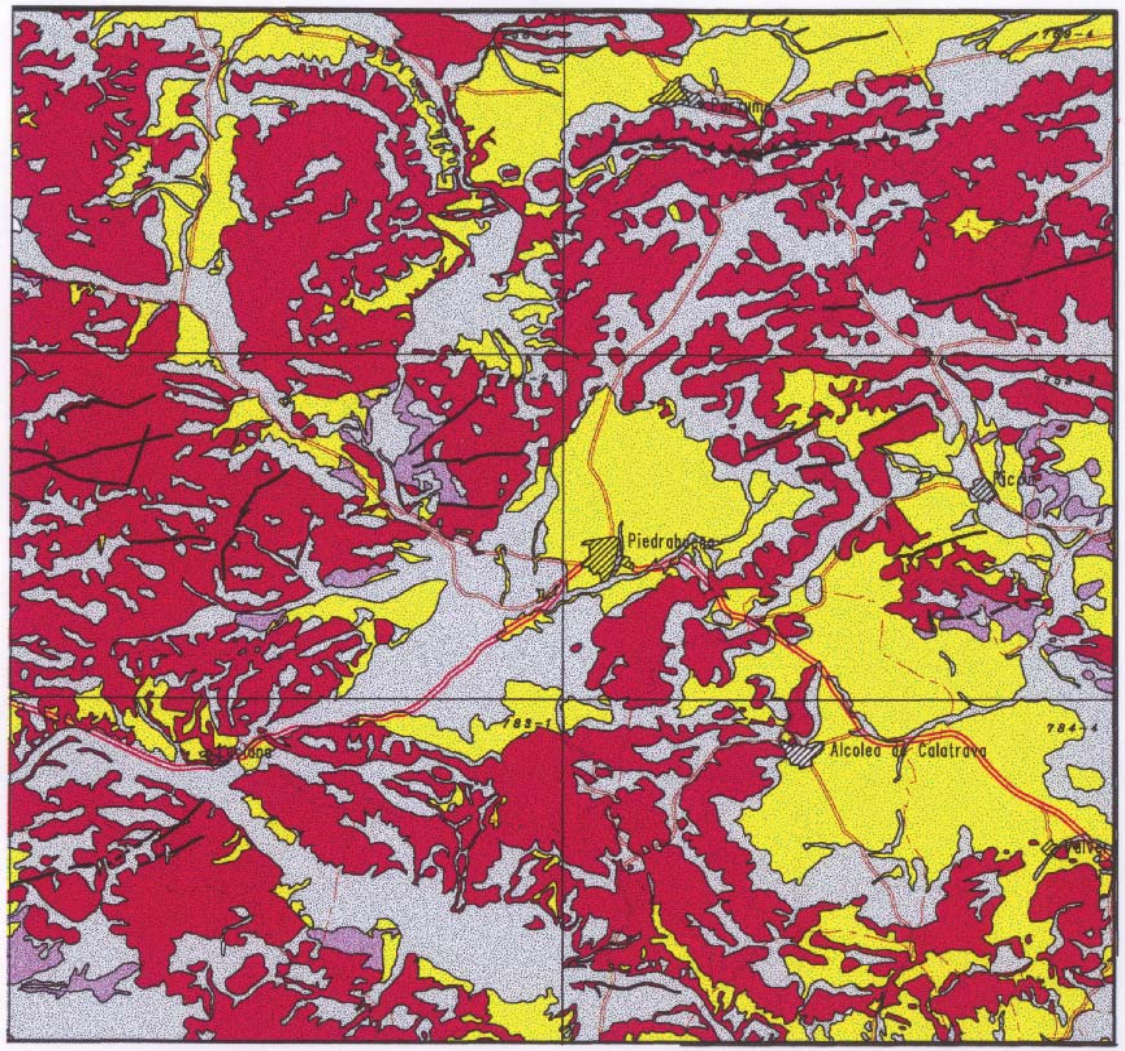
NUMERACION CUADRANTES

97/1 IDENTIFICADOR ESTUDIO PREVIO

MARZO 1999

ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

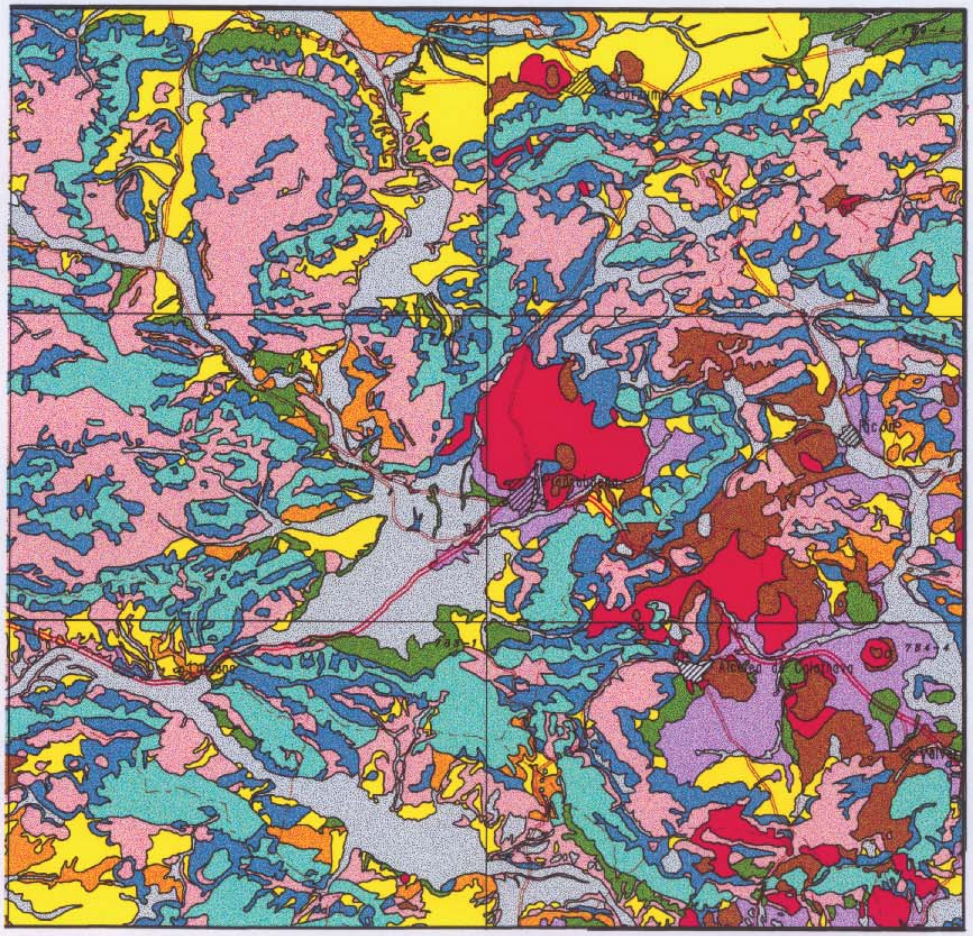
- CUATERNARIO
- TERCIARIO
- PALEOZOICO
- PRECAMBRICO

SIMBOLOS

- Contacto litológico
- Falla
- Falla supuesta
- Cabalgamiento
- Cabalgamiento supuesto

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

Aluviales y llanuras de inundación. Permeabilidad moderada-alta por percolación.
Problemas de tipo hidrodinámico en épocas de crecida. Capacidad portante baja. Ripables.

Raña, glacis, coluviales y abanicos aluviales. Permeabilidad aceptable. Terminan en pequeños escarpes redondos afectados por deslizamiento. Problemas de desprendimiento de cantos o bolos y deslizamiento. Pendiente aconsejada < 1H:1V. Capacidad portante baja. Grupo ripable.

Recubrimientos de ladera. Permeabilidad alta-moderada. Procesos fósiles de deslizamiento.
Problemas de desprendimientos de cantos o bloques, o de deslizamiento si aflorase en el talud una base arcillosa. Las pendientes admisibles estarán siempre por debajo del 1H:1V.
Capacidad portante baja. Ripables.

Formaciones margo-arcillosas, vulcano-sedimentarias y caliza-margosas. Naturaleza impermeable.
Problemas de expansividad de arcillas. Taludes artificiales < 1.5H:1V. Capacidad portante baja. Ripable.

Formaciones de naturaleza detrítica limo-arcillosas y areno-conglomeráticas poco consolidadas.
Permeabilidad variable, en general poco permeable. Frecuentes laderas estructuradas por deslizamientos fósiles. Taludes de excavación < 1H:1V. Capacidad portante entre moderada y baja.
A media ladera se debe temer siempre los procesos de rotura por gravedad pre-existentes. Ripable.

Alternancia con areniscas, cuarcitas y pizarras. Permeabilidad baja y muy baja. Taludes naturales con procesos amplios, profundos y generalizados de corrimientos de ladera, de carácter fósil.
Fuerte alteración en zonas de falla. Taludes de excavación con pendientes medias.
Capacidad portante alta o muy alta en principio. Ripabilidad marginal.

Grupo pizarroso y pizarro-grauvaquico. Permeables por fisuración. Estabilidad natural baja en mantos de alteración. Taludes aconsejables < 1H:1V. Capacidad portante muy variable. Ripables marginalmente.

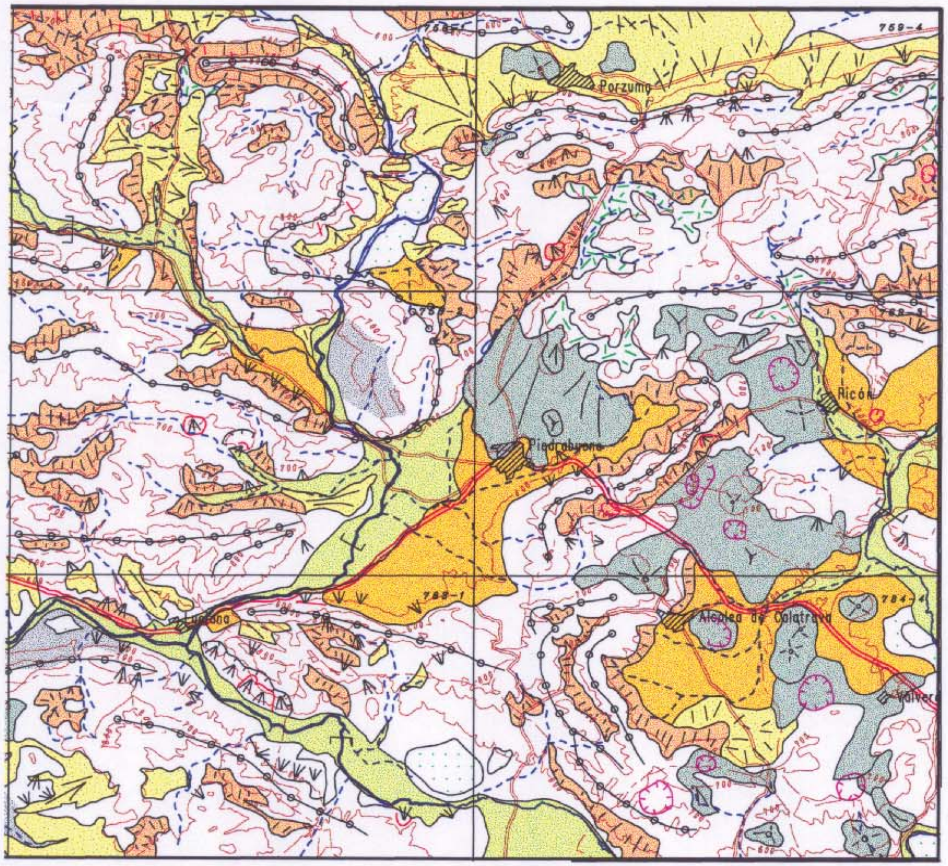
Cuarcitas y conglomerados silíceos. Permeabilidad por fisuración. Taludes naturales con procesos moderados de desprendimientos en los escarpes serranos. Pendientes aconsejables subverticales.
Problemas de desprendimientos de bloques y cuñas en taludes artificiales. Capacidad portante muy alta. No ripable.

Materiales volcánicos de proyección aérea. Permeabilidad entre alta y moderada, por porosidad.
Estabilidad natural aceptable. Taludes de excavación con fenómenos de desprendimiento y desplomes.
Taludes aconsejables entre 1H:3V y 1H:1.5V. Capacidad portante moderada. Ripable.

Rocas volcánicas masivas y aglomerados. Permeables por fisuración. Estabilidad natural afectada por deslizamientos cuando descansan sobre formaciones margo-arcillosas del Plioceno.
Taludes de excavción subverticales. Capacidad portante alta en principio. No ripable.

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

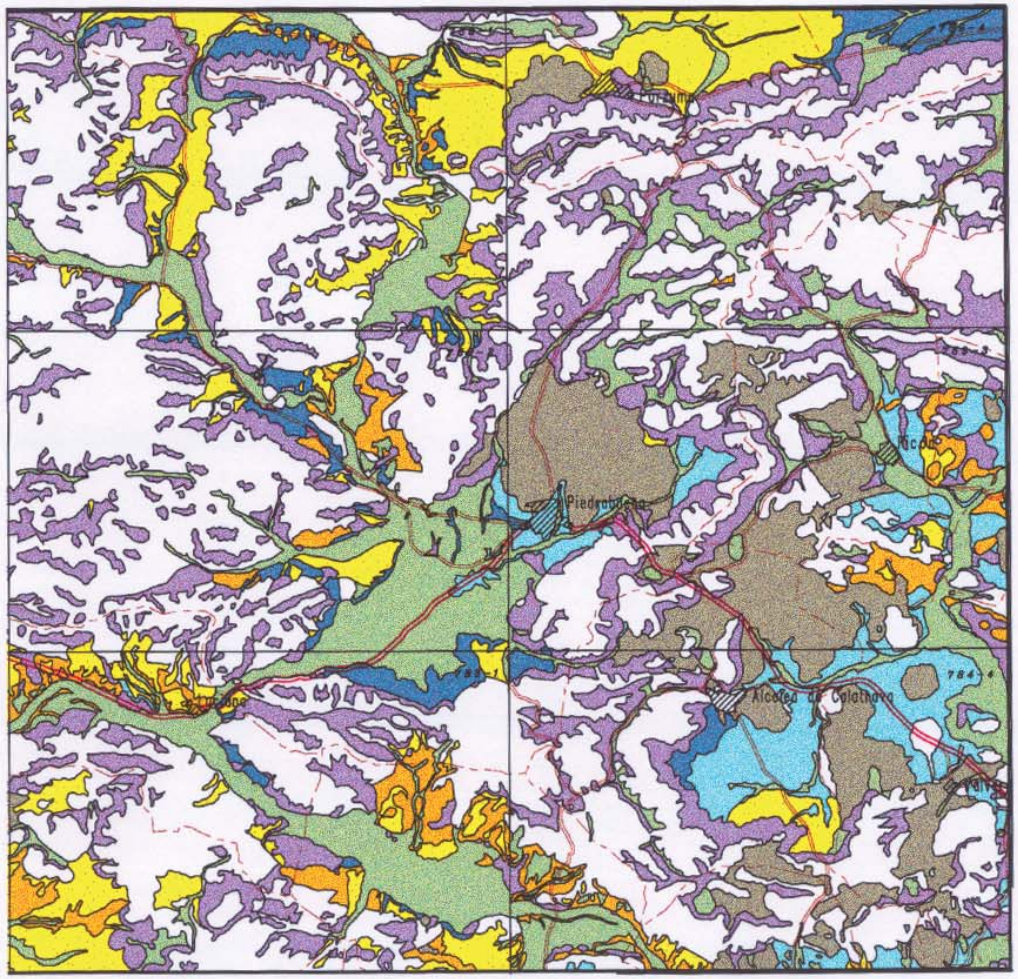
(ESCALA 1:200.000)



- Ríos
- Arroyos
- Valle en "V"
- Valle en artesa
- Aluvial y terraza de inundación
- Terraza
- Fondos de valle
- Areas de percolación preferencial
- Deslizamientos
- Cuerdas, relieves apalachianos
- Cráter
- Relieve volcánico
- Raña
- Coluviales y conos de deyección
- Alteraciones
- Relieve kárstico

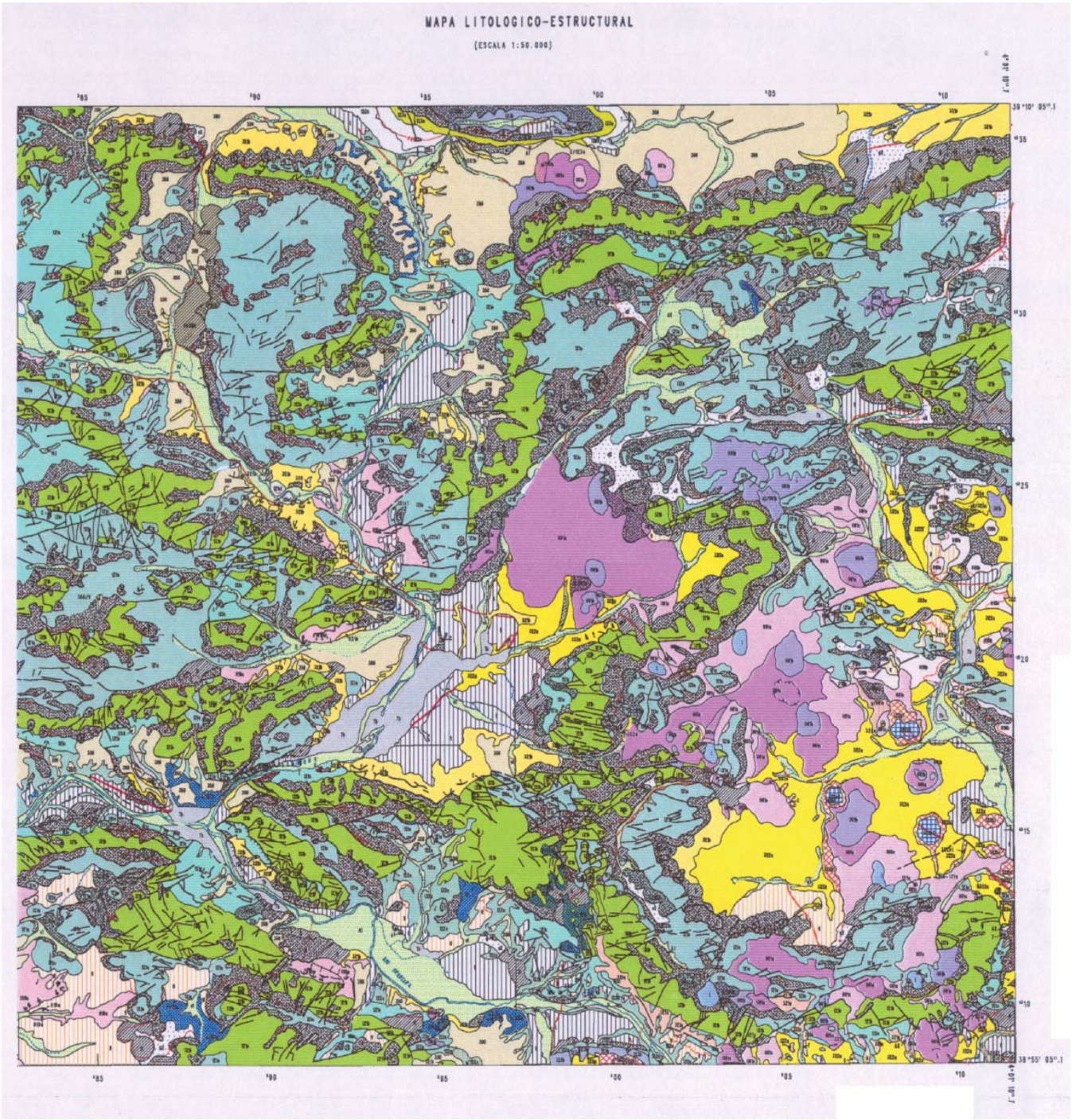
ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

- Litosuelos y rankers sobre cuarcitas
- Suelos aluviales y llanuras de inundación constituidos por gravas y arenas. No cohesivos.
- Depósitos de rañas y superficies de glacis. Gravas poligénicas y polimícticas, irregularmente cementadas.
- Depósitos de laderas de origen coluvionar, conos y abanicos aluviales y suelos eluviales y mantos de alteración. Plasticidad muy alta en las alteritas. Suelos cohesivos e irregularmente cementados.
- Rankers sobre pizarras.
- Materiales limo-arcillosos, a veces conglomeráticos. Suelos cohesivos. Permeabilidad baja-muy baja.
- Suelos sobre materiales margo-arcillosos con carácter expansivo. Suelos pardos. Localmente presencia de sales.
- Suelos sobre materiales volcánicos. Suelos limo-arcillosos pardos.



MAPA LITOLÓGICO ESTRUCTURAL

L E Y E N D A

321b

Conglomerados, brechas, areniscas, arenas y fangos variolados. Cambios laterales de facies importantes. Disposición subhorizontal. Suavemente deformado y fallado. Permeabilidad baja o muy baja. Fenómenos de inestabilidad natural fósil. Taludes artificiales observados pequeños o medios.

322b2

Calizas arenosas. Relieves tabulares. Aparece localmente roto, plegado suavemente dentro de estructuras circulares de pequeño radio. Permeabilidad moderada por karstificación. Problemas de subsidencia. Taludes artificiales observados pequeños, subverticales y sin problemas. Taludes recomendados 1H:1.5V. Capacidad portante alta, problemas locales por karstificación. No ripables. (Terciario. P.a.: 4-5 m).

322b1

Calizas micríticas blanquecinas, dolomicritas, calizas margosas y dolomías. Relieves tabulares. Aparece localmente roto, plegado suavemente dentro de estructuras circulares de pequeño radio. Permeabilidad moderada por karstificación. Problemas de subsidencia. Taludes artificiales observados pequeños, subverticales y sin problemas. Taludes recomendados 1H:1.5V. Capacidad portante alta o muy alta en los tramos más potentes, problemas locales por karstificación. No ripables. (Terciario. P.a.: 25-30 m).

321a

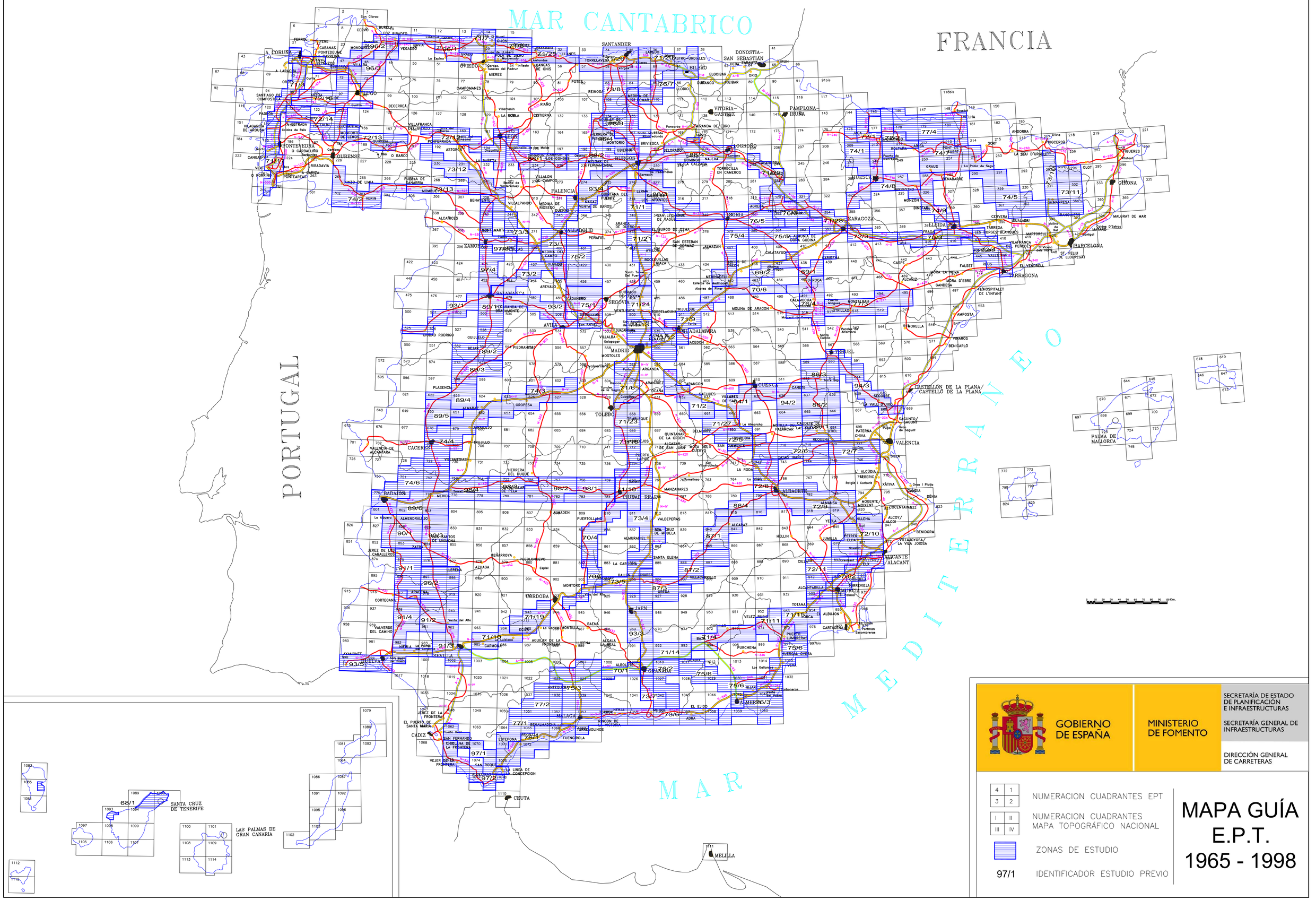
Corazas ferralíticas. Compacidad y dureza muy altas. Disposición subhorizontal. Estructura tabular. Permeable por fisuración. Estabilidad natural con bloques desprendidos. Taludes artificiales observados con formación de cornisas por erosión diferencial. Taludes recomendados, subverticales. Capacidad portante alta. Ripabilidad marginal. (Terciario. P.a.: 3 m).

MATERIALES METAMORFICOS

010a

Pizarras y grauvacas de grano fino. Serie rítmica y homogénea. Estructura masiva de los bancos. Grado de alteración variable, alto en términos generales. Grado de fracturación, diaclasado y plegamiento alto. Grado de metamorfismo muy bajo. Permeabilidad por fisuración. Estabilidad natural baja en los horizontes de alteración. Taludes recomendados no superiores al 1.5H:1V. Capacidad portante de moderada a baja. Ripabilidad marginal. (Precámbrico. P.a.: 500-600 m).

Fragmento de la leyenda del mapa litológico estructural E 1/50.000. Obsérvese el grado de detalle alcanzado en la misma


MAR CANTABRICO
FRANCIA
PORTUGAL
MAR MEDITERRANEO
SANTANDER
BILBAO
DONOSTIA–SAN SEBASTIÁN
VITORIA–GASTEIZ
PAMPLONA–IRUÑA
LOGROÑO
OVIEDO
GIJÓN
A CORUÑA
SANTIAGO DE COMPOSTELA
PONTEVEDRA
VIGO
OURENSE
LUGO
PONFERRADA
LEÓN
PALENCIA
VALLADOLID
ZAMORA
SALAMANCA
SEGOVIA
ÁVILA
MADRID
TOLEDO
CIUDAD REAL
CUENCA
GUADALAJARA
ALBACETE
ZARAGOZA
HUESCA
TERUEL
SORIA
LLEIDA
TARRAGONA
BARCELONA
GIRONA
ANDORRA
CASTELLÓN DE LA PLANA/CASTELLÓ DE LA PLANA
VALENCIA
ALICANTE/ALACANT
MURCIA
CARTAGENA
ALMERÍA
GRANADA
JAÉN
CÓRDOBA
SEVILLA
HUELVA
CÁDIZ
MÁLAGA
BADAJOZ
CÁCERES
MÉRIDA
PALMA DE MALLORCA
CEUTA
MELILLA
SANTA CRUZ DE TENERIFE
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARÍA DE ESTADO DE PLANIFICACIÓN E INFRAESTRUCTURAS
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
NUMERACION CUADRANTES EPT
NUMERACION CUADRANTES MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL
ZONAS DE ESTUDIO
97/1 IDENTIFICADOR ESTUDIO PREVIO
MAPA GUÍA E.P.T. 1965 - 1998

MOPU

Movimientos del terreno de la provincia de Granada

tecnología carreteras MOPU

Dirección General de Carreteras. Servicio de Geotecnia

MOVIMIENTOS DEL TERRENO DE LA PROVINCIA DE GRANADA

1987

MOPU.— Dirección General de Carreteras

Indice

	Pág.
Presentación	3
Memoria	5
1. Elementos naturales condicionantes de la estabilidad de laderas	
1.1. Los procesos gravitacionales	5
1.2. Conceptos básicos adoptados	5
1.3. Clasificación de los movimientos	7
1.4. Representación cartográfica de los conceptos básicos adoptados	9
2. Geología general de la provincia de Granada	
2.1. Estructura	11
2.2. Geomorfología	11
2.3. Litoestratigrafía	11
2.4. Tectónica y sismicidad	13
2.5. Climatología	15
2.6. Vegetación	15
Anejos	
1. Diagramas de balance hídrico	17 a 27
2. Simbología	29
3. Leyenda de mapas de litogrupos (1/100.000)	31
4. Leyenda de mapas de movimientos del terreno (1/100.000)	35
Planos	
1. Esquema tectónico	65
2. Esquema climático	69
3. Esquema de vegetación	73
4. Esquema llave de distribución de hojas	77
5. Mapas de movimientos del terreno (hojas 1 a 19)	79 a 117
6. Mapas de litogrupos. (hojas 1 a 19)	121 a 157

Presentación

Las obras viales actuales presentan unos condicionamientos de trazado que obligan, en la mayor parte de los casos, a grandes movimientos de tierras. Como consecuencia, las dimensiones de los terraplenes y de los desmontes aumentan con respecto a los ejecutados en el pasado, haciéndolo paralelamente, no sólo la importancia de los problemas que se pueden producir, sino también el grado de probabilidad de que aparezcan.

Consciente de esto, el Servicio de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras ha realizado numerosos estudios de reconocimiento del terreno en lo que se refiere a las características de estabilidad natural de los mismos.

La síntesis de algunos de estos estudios, para un ámbito territorial concreto, es la publicación que ahora se presenta: «Movimientos del Terreno de la provincia de Granada».

Esta publicación contiene, además de una somera explicación de los nuevos conceptos reflejados en la cartografía y de una sucinta ambientación geológica de la provincia de Granada, un conjunto de mapas de movimientos del terreno que cubren la superficie de la misma, acompañados de otros mapas y esquemas necesarios para su mejor comprensión.

Se incluyen los movimientos naturales, activos o ya estabilizados, así como las condiciones naturales límite de estabilidad para las distintas unidades cartografiadas.

Los estudios de planeamiento, previos y anteproyectos de autopistas y carreteras importantes, especialmente en su aspecto de trazado, pueden encontrar en esta publicación una ayuda importante en todo lo que se refiere a cuestiones relacionadas con el terreno y su estabilidad.

José A. Hinojosa Cabrera
Ingeniero Jefe del Servicio de Geotecnia

Memoria

1.1. LOS PROCESOS GRAVITACIONALES

Los movimientos de material sólido en las laderas, independientemente de que sean naturales y/o inducidos por la actividad humana, pueden definirse como los desplazamientos de elementos superficiales de la corteza terrestre bajo la acción de la gravedad. Se trata, pues, de movimientos de material rocoso que se separa del resto de la masa de la que forma parte, o de suelo de recubrimiento que total o parcialmente se separa del sustrato rocoso que lo sustenta.

En razón de la naturaleza de los materiales afectados, de la disposición final de los mismos, del volumen implicado, de la forma o de la velocidad del proceso se han propuesto múltiples clasificaciones. En el apartado 2.3 se expone una clasificación de tipo genético que parece suficientemente completa para los fenómenos existentes en España y que permite, a partir de ella, considerar las medidas precautorias o correctoras necesarias para contrarrestar aquéllos.

Ahora bien, independientemente de la clasificación adoptada, en un proceso de movimiento de ladera las fuerzas implicadas son realmente las actuantes en un móvil sobre un plano inclinado, es decir, como elemento activo, la componente tangencial del peso de la masa movilizada y como elementos resistentes un componente cohesivo o de rozamiento en la superficie de despegue y el producto de la componente normal a la citada superficie del peso de la masa movilizada por el ángulo de rozamiento interno del material. Es decir:

$$R = c + (P \cos. \alpha) \cdot \tan. \alpha \text{ (ecuación de Coulomb)}$$

En principio ambos valores, la cohesión y el ángulo de rozamiento interno del material, son magnitudes medibles mediante los correspondientes ensayos de resistencia al corte. Sin embargo, no se puede considerar que los materiales implicados sean homogéneos, por lo que tanto uno como otro parámetro pueden ser variables en una o varias direcciones del espacio. Por ello, además de conocer la naturaleza del material, es necesario conocer la estructura del mismo o, lo que es lo mismo, sus superficies de discontinuidad, bien internas (litoestructura), bien externas (tectónica).

En el caso hipotético de un sistema en equilibrio, el desencadenamiento del fenómeno puede producirse por la modificación de cualquiera de los valores anteriores:

- Verticalización de la ladera (aumento de α).
- Disminución temporal o espacial de la cohesión *c*.
- Modificación del ángulo de rozamiento interno (disminución de α).

En el primer caso, el cambio puede deberse a causas naturales (socavación fluvial al pie, erosión torrencial longitudinal, sismicidad, otros movimientos de masas que modifiquen el perfil de la ladera, etc.) o también a causas artificiales (excavaciones, acumulaciones o sobrecargas en cabecera, etc). La disminución de la cohesión o del ángulo de rozamiento interno implican una alteración en la naturaleza del material, bien sea por cambios mineralógicos (alteración de rocas o suelos) o por introducción de nuevos elementos en el sistema, como puede ser la sustitución de aire por agua en los poros (saturación, fluidificación) o por hielo (gelificación, gelifracción). De hecho, la presión del agua (o hielo) contenida en los poros del material saturado actúa por una parte disminuyendo la tensión normal (componente normal del peso) y, por otra, produciendo una alteración mineralógica superficial al dar lugar a reacciones químicas en condiciones de presión (a veces también de temperatura), menores que las de la formación de la roca o suelo. Esta alteración supone normalmente una estructura de menor «empaquetamiento» en la que, evidentemente, el ángulo de rozamiento interno disminuye al ser menor la superficie de contacto de las partículas.

Tenemos, pues, dos efectos claros de la acción del agua (o hielo) sobre los materiales: 1) por un lado, a largo plazo, disminuyendo la cohesión del material: paso de roca masiva a roca disgregada, paso de roca sana a suelo residual y paso de suelo compacto a suelo flojo; en este sentido, los repetidos ciclos de saturación-desecación actúan acelerando el proceso. 2) por otro lado, a corto plazo (incluso con efectos inmediatos), al saturarse un suelo suficientemente poroso (flojo), la presión del agua contenida en los poros actúa rebajando el efecto del peso del material considerado. De acuerdo con Terzaghi y Peck (1948), y con Bishop y Bjerrum (1961), puede tomarse como peso actuante

$$P_a = P - p$$

siendo *p* la presión del agua contenida en los poros, tanto mayor cuanto más próximo esté el material a la saturación.

Evidentemente, en el caso en que $p \geq P$ la resistencia por rozamiento puede llegar a anularse.

Por consiguiente, la saturación de una masa suficientemente porosa (roca disgregada, suelo flojo) situada en una ladera actúa en dos formas:

1. Anulando la resistencia eficaz en la superficie de despegue
2. Rebajando la cohesión del material de forma que actúe como material plástico o incluso fluido.

En virtud de la mecánica así esquematizada parece evidente que para el estudio de los movimientos de ladera, las variables de control son:

- Litoestratigrafía: naturaleza del material y estructura interna de la masa movilizable.
- Topografía: ángulo de pendiente y desnivel.
- Climatología: pluviometría y, en menor grado, termometría.
- Tectónica: macroestructura, discontinuidades y actividad sísmica.
- Protección: recubrimiento vegetal y actuaciones antrópicas.

La influencia de las tres primeras existe siempre; la tectónica y la protección tienen más interés en algunas áreas y menos en otras.

1.2. CONCEPTOS BASICOS ADOPTADOS

Dado que la climatología tiene un ámbito de actuación a escala comarcal, parece conveniente diferenciar unos conjuntos climáticos dentro de la provincia, en virtud tanto de la intensidad de las lluvias como de su distribución a lo largo del año medio y su influencia en el estado de saturación-desecación del suelo. Evidentemente, el balance hídrico se puede hacer exclusivamente para el año medio, lo que marcará las épocas de mayor riesgo. Sin embargo, en cualquier momento una lluvia torrencial puede saturar un suelo, por lo que es conveniente complementar estos datos con los máximos de lluvia en 24 horas.

1. Elementos naturales condicionantes de la estabilidad de laderas

Por otra parte, la influencia de la litoestratigrafía, topografía y tectónica se ha considerado con arreglo a los criterios progresivos de diferenciación, que se relacionan a continuación.

A) Litogrupo

Son unidades cartográficas que presentan las siguientes características:

1. Los materiales integrantes constituirán un conjunto homogéneo respecto a características litoestratigráficas y estructurales, debiendo ser en general una formación representativa a nivel cartográfico a escala 1/50.000.
2. Se podrán incluir, a veces, litologías diferentes a las dominantes, siempre que aquéllas estén íntimamente relacionadas con éstas en la morfología y morfodinámica del terreno.
3. Los recubrimientos de pequeño espesor quedarán integrados dentro de los litogrupos.

Su representación simbólica será un número.

B) Morfoárea

Son unidades cartográficas que resultan de realizar una diferenciación morfológica en un litogrupo, correspondiéndose, pues, con una superficie del terreno que constituye un relieve característico y con un desarrollo normalmente amplio.

Su representación simbólica será una letra mayúscula.

C) Unidad morfodinámica

Son unidades cartográficas que resultan de diferenciar, dentro de una morfoárea, los siguientes factores morfodinámicos:

1. Orografía

En lo referente al relieve debe existir una cierta homogeneidad en las formas, la pendiente y la red hidrográfica. En el cuadro 1 se presentan los diferentes tipos de relieve que se consideran.

2. Grado de inestabilidad

Se tienen en cuenta, por una parte, el porcentaje de superficie afectada por la inestabilidad y, por otra, el tipo de dichas inestabilidades (activa y latente o potencial). El cuadro 2 define el modo de representación simbólica de estos conceptos (número y letra). Cartográficamente se representan mediante un color y una trama.

3. Grado de erosión

Se tiene en cuenta, de igual forma que en el punto 2, el porcentaje de superficie afectada y la intensidad. El cuadro 3 define la forma de representar simbólicamente estos conceptos.

En cuanto a la protección por vegetación, casi todos los estudios existentes se refieren a la protección del suelo frente a la erosión. Sin embargo, el fenómeno de los movimientos masivos de suelos es bastante diferente. La escorrentía superficial es el factor determinante de la erosión y parece evidente que cuanto mayor sea el porcentaje de agua infiltrada, menor será la erosión. La vegetación, favoreciendo la infiltración, protege de la erosión.

Por el contrario, la acción de la vegetación respecto de la estructura del suelo es de «granulación» a través de las raíces. Los suelos granulares (arenosos o areno-limosos) tienden a agregar sus partículas en grumos mayores, en tanto que los suelos cohesivos sufren una fragmentación de su masa en unidades pequeñas. El resultado final en ambos casos es la formación de una estructura de partículas centimétricas separadas, cuyo tamaño medio depende de la densidad radicular. El mecanismo descansa en el ciclo de humectación-desecación que es favorecido y orientado por las raíces.

En consecuencia, un suelo cohesivo así «granulado» se satura más fácilmente y en mayor profundidad con vegetación que sin ella. La masa movilizable es mayor y aunque no se alcance el límite líquido, como ocurre con la película superficial de un suelo no cubierto, se produce la plastificación de la masa. Si la potencia de suelo saturado (o húmedo) y la pendiente son suficientes podrá llegar a darse la rotura del suelo con su correspondiente escarpe; si no lo son se producirá una reptación y, en cualquier caso, un movimiento de masa.

Así pues, la protección de los suelos por vegetación continua frente a los movimientos de masas en la ladera presenta un umbral de activación en un ángulo de pendiente bastante más bajo que frente al fenómeno de la erosión. Por ello conviene rebajar de forma sustancial los índices de protección calculados para la erosión a partir del ángulo que depende del tipo de suelo, en relación con su contenido en arcilla y elementos dispersantes.

CUADRO 1

Orografía

Denominación	Definición		Pendiente	Símbolo
Relieves muy acusados	Grandes diferencias de altura	Pendientes muy acusadas	> 40%	9
Relieves acusados	Grandes diferencias de altura	Pendientes acusadas	27-40%	8
		Pendientes medias	22-27%	7
		Pendientes suaves	< 20%	6
Relieves moderados	Diferencias de altura moderada	Pendientes muy acusadas	> 30%	5
		Pendientes acusadas	22-30%	4
		Pendientes medias	15-22%	3
		Pendientes suaves	< 15%	2
Relieves suaves	Escasas diferencias de alturas	Pendientes fuertes y locales	> 15%	1
		Pendientes suaves y nulas	< 15%	0

CUADRO 2

Grado de inestabilidad

Movimientos activos y latentes

Superficie afectada \ Intensidad del movimiento	Muy baja	Baja	Moderada	Notable	Alta	Muy alta
< 10%	1-O	1-B	1-M	1-N	1-A	1-T
10-25%	2-O	2-B	2-M	2-N	2-A	2-T
25-50%	3-O	3-B	3-M	3-N	3-A	3-T
50-75%	4-O	4-B	4-M	4-N	4-A	4-T
> 75%	5-O	5-B	5-M	5-N	5-A	5-T

Movimientos potenciales

Superficie afectada \ Intensidad del movimiento	Muy baja	Baja	Moderada	Notable	Alta	Muy alta
< 10%	6-O	6-B	6-M	6-N	6-A	6-T
10-25%	7-O	7-B	7-M	7-N	7-A	7-T
25-50%	8-O	8-B	8-M	8-N	8-A	8-T
50-75%	9-O	9-B	9-M	9-N	9-A	9-T
> 75%	10-O	10-B	10-M	10-N	10-A	10-T

CUADRO 3

Grado de erosión

Superficie afectada \ Intensidad del movimiento	Muy baja	Baja	Moderada	Notable	Alta	Muy alta
< 10%	1-O	1-B	1-M	1-N	1-A	1-T
10-25%	2-O	2-B	2-M	2-N	2-A	2-T
25-50%	3-O	3-B	3-M	3-N	3-A	3-T
50-75%	4-O	4-B	4-M	4-N	4-A	4-T
> 75%	5-O	5-B	5-M	5-N	5-A	5-T

1.3. CLASIFICACION DE LOS MOVIMIENTOS

Como ya se ha indicado, cualquier clasificación que se adopte para los movimientos gravitacionales adolecerá de un cierto grado de artificio, ya que los límites entre uno y otro tipo de movimientos no se dan de forma neta en la naturaleza.

El ejemplo del móvil sobre el plano inclinado que se ha utilizado anteriormente, no existe en la realidad, por cuanto en el terreno no hay planos netos ni sólidos perfectos. Aun en el supuesto de que una masa comience a deslizar por una superficie inclinada, las irregularidades del terreno y de la propia masa darán lugar probablemente primero a una rodadura (con algunos posibles saltos) y luego, o simultáneamente, a una disgregación de la masa misma.

La clasificación aquí adoptada pretende reunir dentro de un mismo grupo aquellas inestabilidades cuyos tratamientos de corrección son semejantes. En una primera aproximación se diferencian movimientos de carácter relativamente simple y de extensión limitada, de otros complejos que afectan a zonas bastante más extensas. En relación con la unidad morfodinámica considerada (se designa mediante una letra) corresponde al movimiento más característico de aquélla, aunque eventualmente pueda haber otros. A su vez, esta letra será mayúscula o minúscula en función de que la inestabilidad sea activa y/o latente o potencial. En este sentido, se ha considerado el concepto activo no sólo en aquellas zonas sujetas a movimientos actuales vivos de clara observación, sino también en aquellas otras sujetas a movimientos que supongan la creación de un área susceptible de aparición de una inestabilidad potencialmente muy elevada con poco que se modifiquen sus condiciones morfoestructurales.

Estas áreas suelen ser zonas afectadas, en general, por movimientos muy antiguos que se encuentran en fase «latente» al no haberse conseguido una morfología que facilite en mayor grado su actividad.

Por otra parte, dentro de los movimientos potenciales, deben considerarse aquellas áreas que pueden estar afectadas por movimientos fósiles en un estado de reactivación apreciable, o bien movimientos latentes muy poco acusados. En general, se trata de áreas en las que la estructura del terreno hace prever la posibilidad de aparición de algún tipo de inestabilidad, en especial si se modifican las condiciones naturales del mismo o bien éstas sufren modificaciones bruscas como consecuencia de la aparición de fenómenos geodinámicos poco normales.

A continuación se hace una exposición de los GRUPOS GEOCINETICOS considerados.

Grupos que definen terrenos con superficie inestable caracterizada por movimientos antiguos o recientes, simples o poco complejos y cuyas magnitudes potenciales, en términos generales, no suelen sobrepasar los 250 metros de anchura

Desprendimientos o desplomes

Terreno con dominio de inestabilidad debida a la existencia de fragmentos de roca sueltos (piedras, bloques, etc.) o cuñas que pueden desprenderse y caer, desplomarse o rodar.

Hundimientos o subsidencia

Terrenos con dominio de fenómenos de subsidencia (hundimientos).

Aludes y corrimientos

Terrenos cuya estabilidad deriva de la progresiva acumulación de fragmentos de roca desprendidos de niveles superiores o localmente fragmentados. La acción del agua o del hielo puede aumentar la inestabilidad, pero en otros casos es simplemente el hecho de verse rebasado el ángulo de rozamiento interno de la masa por acumulación de fragmentos, lo que hace que se ponga en movimiento de forma caótica (aludes) o más o menos ordenadamente según planos paralelos al de la ladera (corrimientos).

Deslizamiento del recubrimiento

Terrenos caracterizados fundamentalmente por inestabilidad de formaciones de recubrimiento con características geocinéticas distintas del sustrato. En general, el sustrato no se mueve o si lo hace es muy superficialmente. La superficie del movimiento está en general condicionada a la de contacto entre los materiales de recubrimiento y sustrato.

Movimientos de flujo

Terrenos cuya inestabilidad afecta esencialmente al nivel de alteración del sustrato, pudiendo arrastrar materiales de recubrimiento, si existen. La componente general de la superficie de movimiento suele ser muy tendida, existiendo en general una deformación muy acusada. Caben en este grupo deslizamientos de laderas, reptación, flujos, deformaciones viscosas, etc.

Movimientos circulares simples o poco complejos

Terrenos cuya inestabilidad más característica viene determinada por planos de superficie cóncava, condicionada en general a superficies preexistentes. Los movimientos son poco complejos y se producen en formaciones litológicas homogéneas. La deformación no es profunda, pudiendo existir en los frentes de los deslizamientos.

Movimientos planos simples o poco complejos

Terrenos afectados esencialmente por movimientos cuya superficie de deslizamiento es plana o de componente plana.

En general, se trata de superficies preexistentes condicionadas por discontinuidades estratigráficas y tectónicas en la roca. Los movimientos son poco complejos y se dan en formaciones litológicas homogéneas.

Grupos que definen terrenos con superficies inestables caracterizadas por movimientos complejos, cuyas magnitudes potenciales, en general, sobrepasan los 250 metros de anchura

Movimientos complejos con deformación importante del sustrato

Terrenos cuya inestabilidad viene determinada por una alta deformabilidad y alteración en las formaciones litológicas. En general, los movimientos son complejos y están relacionados con una inestabilidad antigua y profunda. Los movimientos característicos serán deslizamientos rotacionales complejos acompañados de flujos, rotaciones, deformaciones viscosas, etc.

Movimientos complejos con deformación poco importante del sustrato

Terrenos afectados por movimientos complejos y de gran radio, de formaciones en general homogéneas (en el sentido de formación litológica) y no muy deformables. Las superficies de deslizamiento en profundidad pueden ser la resultante de movimientos planos y rotacionales.

Movimientos diferenciales que afectan a formaciones de muy diferente competencia

Terrenos afectados por movimientos característicos que suponen la interacción de dos unidades litológicas de muy diversas características y que constituyen, a su vez, sendas formaciones litoestratigráficas: una, que constituye la base, se deforma y altera, siendo su carácter de «roca blanda», y otra, que se apoya en la primera, viene a estar representada por un material compacto, masivo o estratificado. La rotura de este último material viene a quedar condicionada, en general, por fallo de la base y se realiza a favor de superficies de discontinuidad preexistentes (fallas o diaclasas). Los movimientos posibles en estas áreas pueden ser muy variados (corrimientos de la montera, desplomes de cornisas, etc.).

El cuadro 4 define la representación simbólica de estos grupos para los casos de movimientos activos o latentes y potenciales.

CUADRO 4
Grupos geocinéticos

Naturaleza del movimiento	Símbolos	
	Activo o latente	Potencial
Sin movimientos	O	O
Desprendimientos o desplomes	D	d
Hundimientos o subsidencia	H	h
Inestabilidad de masas caóticas procedentes de aludes, desplomes o corrimientos	Z	z
Deslizamiento del recubrimiento	R	r
Movimientos de flujo	F	f
Movimientos circulares simples o poco complejos	C	c
Movimientos planos simples o poco complejos	P	p
Movimientos complejos con deformación importante del sustrato (puede incluir C, P, F, c, p, f)	V	v
Movimientos complejos con deformación poco importante del sustrato (puede incluir P, Z, R, p, z, r)	S	s
Movimientos diferenciales que afectan a formaciones de muy diferente competencia (puede incluir P, C, D, p, c, d)	T	t

Además de lo anterior, las unidades morfodinámicas pueden estar afectadas por un tipo de erosión que muy simplificadamente puede ser:

- Terrenos en los que la erosión es debida mayoritariamente a la acción de ríos, arroyos o ramblas de curso definido.
- Terrenos en los que la erosión es debida mayoritariamente a aguas no encauzadas o de arroyada superficial.
- Terrenos en los que simultáneamente se produce erosión por aguas encauzadas y por aguas salvajes.
- Terrenos en los que no se produce erosión o es inapreciable.

El cuadro 5 define la representación simbólica de estos tipos de erosión.

CUADRO 5
Tipos de erosión

Tipo de erosión	Símbolo
Erosión fluvial, torrencial o marina, en general localizada	E
Erosión de arroyada superficial, en general difusa	e
Erosión mixta, arroyada difusa con cauces localizados	ε
Sin erosión apreciable	0

1.4. REPRESENTACION CARTOGRAFICA DE LOS CONCEPTOS BASICOS ADOPTADOS

Litogrupos, morfoáreas y unidades morfodinámicas quedan definidos en los mapas de la forma que se indica a continuación.

Litogrupo

En la cartografía, sus límites vienen definidos por una línea de trazos. Sobre el mapa litoestructural están representados por un grupo de uno o dos dígitos, y en él aparecen también las líneas de discontinuidad tectónica. Sobre el *mapa de movimientos del terreno,* únicamente aparecen los límites con la misma simbología de línea de trazos, pero no el símbolo numérico que, sin embargo, sí aparece en la leyenda (columna 1) en cuanto comprende una o más morfoáreas y varias unidades morfodinámicas.

Morfoárea

La división del litogrupo en morfoáreas se realiza mediante líneas continuas en el mapa de movimientos del terreno, pero sin una simbología propia. En la leyenda del mismo, sin embargo, aparece caracterizada en la columna 2 por una letra mayúscula (A, B, C...) en relación con el dígito del litogrupo a la que corresponde una descripción litomorfológica en la que también se especifican los movimientos característicos.

Unidad morfodinámica

La división de una morfoárea en unidades morfodinámicas se efectúa en el mapa de movimientos del terreno mediante líneas de trazo y punto que definen un recinto, al que se le asigna un número (de tres o cuatro dígitos) correspondiente a la unidad. Dicho número aparece en la columna 3 en la leyenda. A continuación de él aparecen cuatro columnas más, que son factores morfodinámicos y que representan de una manera sintética las diversas características que identifican la unidad según el siguiente esquema:

- Columna 4: número de 0 a 9, que define el relieve de acuerdo con el cuadro 1
- Columna 5: dos letras mayúsculas o minúsculas. La primera caracteriza el tipo de movimiento según el cuadro 4, en tanto que la segunda define el tipo de erosión según el cuadro 5.
- Columna 6: un número y una letra mayúscula, que definen la frecuencia e intensidad de los movimientos, de acuerdo con el cuadro 2.
- Columna 7: un número y una letra mayúscula, que definen la frecuencia e intensidad de la erosión de acuerdo con el cuadro 3.

Finalmente, los colores y tramas cartográficos están en relación con la intensidad del movimiento (colores) y con la superficie afectada (tramas).

Independientemente se han representado de forma simbólica los movimientos más importantes diferenciando en lo posible su carácter activo, latente o potencial. También se han diferenciado aquellos caracteres erosivos que mayor incidencia pueden tener sobre las obras viales.

2. Geología general de la provincia de Granada

2.1. ESTRUCTURA

La totalidad de la provincia de Granada se incluye en la Gran Unidad Estructural de la cordillera Bética.

Al sur de la línea Alhama-Albolote-Guadix-Cúllar de Baza aflora en las sierras un conjunto de terrenos paleozoicos y triásicos ampliamente plegados, metamorfizados, dispuestos en sucesivos mantos de cabalgamiento de edad alpídica, pareciendo corresponder sus lados a un macizo antiguo ahora sumergido bajo el mar de Alborán. Los citados mantos cabalgan entre sí de forma que los elementos más antiguos y metamorfizados (Dominio Nevado-Filábride) se disponen sobre otros más modernos y de metamorfismo menos acusado (Dominio Alpujárride) o inexistente (Dominio Maláguide). Este conjunto se ha diversificado en los últimos tiempos en varios subdominios, de los que no se conocen claramente en muchos casos los límites exactos, así como sus relaciones mutuas. Debido a ello y a que su diferenciación carece de interés a efectos de estabilidad de las laderas, es por lo que se mantendrá aquí la diferenciación litoestructural clásica para el ámbito Intrabético.

Al norte de la línea antes citada, los afloramientos rocosos de las sierras corresponden a materiales sedimentarios, mesozoicos y terciarios plegados durante la orogenia alpídica. Las sierras de Cástril, Cabrilla y Seca presentan una estructura relativamente más sencilla que el resto. Por esto y por otros aspectos litoestratigráficos se incluyen dentro del ámbito prebético, en tanto que las otras sierras, de estructura bastante más compleja, con cabalgamientos y algunos corrimientos, pertenecen al ámbito Subbético.

Finalmente, la mayor parte de las zonas llanas de la provincia corresponden a un conjunto de fosas tectónicas originadas como consecuencia de la distensión postalpídica. Son las depresiones de Granada-Alhama, Guadix, Baza-Huéscar y otras menores: Iznalloz, Guadahortuna, Padul, Orgiva y Ugijar, que junto con la llanura costera de Motril y el valle del río Frío de Loja completan el ámbito provincial.

2.2. GEOMORFOLOGIA

Sierra Nevada, pese a incluir los más altos relieves peninsulares, carece de una definida alineación axil, siendo un conjunto de dorsos alomados que alcanzan suavemente las cumbres. Unicamente en sus bordes la erosión periférica de los ríos da lugar a grandes tajos, que son cauces torrenciales cuya fuerza erosiva se basa en los fuertes desniveles de sus cauces. Desde el nacimiento del río Mulhacén al pie del pico de su nombre, hasta la desembocadura del río Guadalfeo, del que aquél es tributario, no hay más de 50 Km. de curso, con un desnivel de 3.400 m. La pendiente, además, es mucho mayor en los cursos altos, de tal forma que el río Maitena desciende en sus primeros 6 Km. desde los 3.000 m. hasta los 1.500 m. En conjunto, pues, Sierra Nevada debe considerarse como un núcleo central de formas pesadas, gran altitud y escasa influencia del modelado glacial, bordeado por un conjunto de valles centrífugos muy encajados que dificultan extraordinariamente las comunicaciones.

Las formas de la Alpujarra y su extensión occidental en la región de Otivar son mucho más quebradas. Las diferencias litoestructurales, mucho más acusadas en el dominio Alpujárride, con cumbres por encima de los 1.000 m. a 12-15 Km. de la costa, proporcionan un relieve en el que las divisorias y los valles torrenciales se suceden con alineación Norte-Sur hasta alcanzar el mar en forma de cantiles sin que exista llanura costera, salvo en el caso del delta del río Guadalfeo (llanos de Motril-Salobreña).

La morfología del dominio Subbético es un claro ejemplo de la influencia de la estructura en la topografía. Sierra Harana y Sierra Monclín, con un plegamiento muy apretado, producen pendientes muy fuertes, valles subsecuentes estrechos y grandes desniveles, siendo la penetración en ellas muy difícil. Más al Norte, las sierras de Alta-Coloma, Morrones, Campanario, Duda, Sagra y Orce aparecen como alineaciones calcáreas continuas entre amplias depresiones longitudinales.

Finalmente, las sierras prebéticas aparecen como dos alineaciones NNE-SSW a uno y otro lado del río Cástril, cumbres peneplanizadas, valle intermedio encajado y torrentes tributarios de fuerte pendiente que afectan principalmente a la margen derecha del río.

Las llanuras de colmatación postectónica se presentan en la parte nororiental (Baza y Guadix), como planicies extensas en las que se encajan con desniveles de 20 a 30 m. los cauces principales (ríos Galera, Guardal, Baza, Fardes y Guadiana Menor).

En la Vega de Granada, el río Genil y sus afluentes discurren sobre un valle mucho menos marcado, con algunas áreas inundables. Las fosas menores son muy variadas en sus formas, siendo la de Orgiva prácticamente inexistente como llanura, pues la erosión del río Guadalfeo y sus afluentes ha dejado reducidos los afloramientos postectónicos a pequeños isleos aterrazados. Algo parecido ocurre, si bien los llanos son más extensos, en la fosa de Padul. Por último, los «pasillos» de Iznalloz y Campotejar carecen de corrientes fluviales importantes, por lo que las formas existentes son lomas más o menos entrelazadas sin dirección predominante. Las vaguadas se entrecruzan y bifurcan en ellas con escaso recorrido rectilíneo, por lo que unido a las apófisis rocosas de las sierras encajantes proporcionan un relieve de difícil acceso y comunicación.

2.3. LITOESTRATIGRAFIA

En el ámbito Bético es muy difícil separar el concepto litoestratigráfico del tectónico, ya que los distintos niveles tienen una relación definida dentro de la misma unidad estructural, pero son ajenos a los de la misma edad de unidades adyacentes.

Se han diferenciado, pues, columnas litoestratigráficas propias para las diferentes unidades o dominios: Nevado Filábride, Alpujárride, Maláguide, Subbtético Interno, Subbético, Prebético y Fosas Tectónicas Postalpídicas. No obstante, algunos afloramientos eran difícilmente adscribibles pese a estas diferenciaciones, por lo que debieron considerarse dos nuevas unidades intermedias, una entre el Intrabético y el Subbético (a veces llamada Subbético Ultrainterno) y otra entre el Subbético y el Prebético (Complejo Frontal definido en Caravaca).

La serie Nevado-Filábride comprende fundamentalmente esquistos con variaciones locales que parecen no corresponder a límites cronológicos. En general, predominan los micaesquistos con intercalaciones cuarcíticas o cuarcíferas con intenso metamorfismo (1)*, pero se incluyen tramos con predominio de cuarcitas feldespáticas y anfibolitas con esquistos subordinados (2) y mármoles fajeados con mineralizaciones (3). Respecto a la edad de estos elementos no se dispone de datos seguros, aunque se especula por algunos autores que sean antepérmicos, aunque otros admiten la existencia del Triásico. Tampoco hay seguridad en el límite inferior, aunque se cree que no existen elementos precámbricos.

El complejo alpujárride presenta una columna estratigráfica cuya reconstrucción para las distintas áreas de afloramiento de muro a techo es:

- Micaesquistos granatíferos alternantes con cuarcitas e intercalaciones de mármoles. Parecen corresponder al Paleozoico inferior (4).
- Micaesquistos bióticos y cuarcitas, cuyo metamorfismo es mucho más bajo que el de los anteriores. Su edad es Paleozoico superior, infra Pérmico (probablemente Carbonífero) (4).
- Filitas y cuarcitas gris azuladas. En el área estudiada se encuentran generalmente laminadas. Su edad atribuible es Permo-Weferense (4).
- Filitas y pelitas rojo-vinosas con abundantes intercalaciones de cuarcitas, muy tectonizadas y con frecuentes cambios laterales (5).
- Calizas y dolomías muy recristalizadas. Su edad es Trías medio y superior en Facies alpina. En este grupo, con la misma edad, pueden diferenciarse hasta tres litologías diferentes: con margas intercaladas (6), con amplia kakirización (a veces con diques subvolcánicos) (7), con intercalaciones calcoesquistosas (8).

Los afloramientos de filitas y cuarcitas tienen gran interés respecto a movimientos de laderas, ya que actúan como un «lubrificante» de los deslizamientos de las calizas, dispuestas siempre por encima de las filitas.

Los depósitos maláguides carecen prácticamente de huellas de metamorfismo regional. De muro a techo aparecen:

- Filitas, grauwackas y cuarcitas en facies Culm y de edad aproximada Devónico superior-Carbonífero (9).
- Lutitas, areniscas y conglomerados de tonos violáceos del Permo-Trias (10).
- Dolomías grises o pardas con intercalaciones de margas o calizas de edad jurásica (a veces también triásica) (11).

Sin posición estructural definida, aflorando entre el Maláguide dispuesto al norte de Sierra Nevada y el Subbético Interno de Sierra Harana, aflora una serie de margas, arcillas y argilitas rojas o verdes con intercalaciones de margocalizas, areniscas y conglomerados calizos intensamente tectonizada. Su edad no puede definirse sino como mesozoico-paleógena, existiendo quizá incluso el Mioceno, constituyendo el Subbético Ultrainterno o Penibético de otros autores (12).

Las series subbéticas comienzan con un Triásico claramente germánico al norte (S. Medio y Externo) y germano-andaluz (más carbonatado al sur, S. Interno). Hay niveles de dolomías tableadas y fracturadas de Weferense y del Muschelbalk (13) y yesos y margas versicolores con areniscas y ofitas en inclusiones locales (14).

---

* La numeración entre paréntesis corresponde a los litogrupos consignados en los planos.

El Lías inferior y medio es claramente dolomítico, masivo y potente, de tonos fundamentalmente oscuros en el Penibético. En el Subbético S.S. las dolomías alternan con calizas en tonos algo más claros, y aparecen tramos más margosos y, localmente, tramos nodulosos (15).

El Lías superior se encuentra frecuentemente asociado al Dogger inferior y medio. Comienza por una base de calizas blancas, micríticas y masivas en el Penibético, y por una clara alternancia de calizas y margas en el Subbético S.S. (16).

El Jurásico medio (Dogger sup.) y superior (Malm.) está compuesto de capas de calizas, margas y margocalizas, cuyas diferencias entre los ámbitos Penibético y Subbético se refieren sólo a los espesores que aumentan hacia el Norte (Subbético) (17), o a la existencia de intercalaciones de vulcanitas en el Subbético Medio (18).

El Jurásico terminal incluye niveles calcáreos rojizos muy fosilíferos con margocalizas tableadas. Su edad es Titónico, y soportan una tectonización intensa e intercalaciones de sílex (19).

Allí donde el tamaño de los afloramientos lo ha permitido se han diferenciado las vulcanitas jurásicas, principalmente como doleritas con estructura de pillow-lavas (20).

Las litofacies cretácicas muestran una continuidad mayor en el ámbito Subbético, en donde prácticamente no existen cambios regionales.

Comienza la serie por un nivel de margas rosadas concordantes sobre el Titónico (21), sobre las que descansa un potente paquete de margocalizas verdes o grisáceas con intercalaciones de microbrechas y estructuras «slump» que acusan deslizamientos singenéticos. Existen también segregaciones locales que dan origen a nódulos más calcáreos e incluso silíceos (22), siendo su edad Neocomiense.

El Cretácico medio es algo desconcertante en sus afloramientos y sólo aparece en el Sur. Hacia el Norte (fuera de la provincia) está sustituido por una discordancia, al parecer erosiva, testigo de las primeras elevaciones en el geosinclinal bético. Allí donde aflora se compone de flysch margocalizo (23), margas oscuras, arcillas margosas y yesos dispersos o niveles calcareníticos (24) que pasan lateralmente a conglomerados y brechas calizas con turbiditas intercaladas (25), existiendo siempre una discordancia en la base.

El Cretácico superior (Senonense s.l.) se compone de margocalizas y calizas margosas de tipo flyschoide (26). Localmente, los niveles calcáreos se engrosan y se hacen predominantes.

La deposición del Terciario en varios puntos se muestra discordante sobre el Cretácico superior, aunque las diferenciaciones litológicas no coinciden con las cronoestratigráficas, ya que parte de la sedimentación del grupo anterior es claramente terciaria.

Comienzan las series paleógenas por un nivel de calizas detríticas grises bien tableadas (27) que lateral y superiormente pasan a turbiditas detriticocarbonatadas (28).

El resto del Terciario pretectónico no permite mayores diferenciaciones cronoestratigráficas, aunque sí litológicas, incluyendo materiales desde el Eoceno inferior hasta el Mioceno medio. Hay turbiditas margoarenosas (29), arcillas y margas varioladas algo detríticas (30), brechas calizas con intercalaciones detríticas o químicas (31), a veces con carácter olistolítico (32) o calcarenitas y calcirruditas en capas potentes (33).

Entre el Subbético y el Prebético existe, como se ha visto anteriormente, una unidad intermedia o Complejo Frontal que aparece cabalgando por el Jurásico Subbético y cabalga, a su vez, a las unidades claramente prebéticas. Se compone de margas de diversa coloración que incluyen lentejones o hiladas de limolitas, margocalizas, areniscas turbídicas o yesos (50). En otros casos es exclusivamente margosa o calcomargosa (51), o fundamentalmente caliza (52).

Ya en el ámbito Prebético, el Cretácico inferior y medio está formado por dolomías y calizas masivas o brechoides que conforman las grandes sierras (53).

Desde el Albense al Turonense, la litología está formada por calizas (bioesparitas y bioesparruditas) con fenómenos de dolomitización secundaria, alternando con margas o limos versicolores. Por encima de estos materiales se disponen dolomías ocupando una gran extensión superficial (54).

Desde el Senonense hasta el Maastrichtiense, la litología está representada por calizas más o menos dolomitizadas de tonos blancos, con margocalizas y margas grises (biomicritas) de alto contenido detrítico (fundamentalmente cuarzo) (55).

El Eoceno preorogénico incluye margocalizas y margas con elementos detríticos. Definido por Dabrio (1972) como formación Nablanca, queda recubierto por términos esencialmente calizos, aunque presentan frecuentes indentaciones y cambios laterales de facies (formación Cañada-Hermosa) (56).

El Oligoceno está constituido por rocas terrígenas y carbonatadas interestratificadas. Incluyen tramos calizos a menudo nodulosos, que hacia el Sur sufren un progresivo acuñamiento hasta desaparecer (57).

En el ámbito Prebético el Mioceno presenta una litología con grandes variaciones en vertical. Está constituido por calizas más o menos detríticas y margas (58), o limolitas, calizas bioclásticas, margocalizas y arenas en disposición un tanto irregular con frecuentes indentaciones y cambios litológicos laterales (59).

Los materiales postectónicos que rellenan las depresiones interiores incluyen varias litofacies de edades semejantes pero litologías diferentes en función del área madre respectiva. Dentro del Mioceno medio-superior aparece una serie margocalcárea (34), una lacustre-evaporítica de limos y margas yesíferas (35), otra molásica con areniscas bioclásticas y conglomerados (36), una margodetrítica con margas y calcarenitas conglomeráticas (37) y, finalmente, una claramente detrítica de borde de cuenca formada por conglomeradas poco o nada cementados (38).

Igualmente, dentro del Plioceno o Pliocuaternario se definen una litofacies de borde, grosera, con conglomerados de bloques y arenas (39), otra detrítica pero más fina en la que los conglomerados se indentan con arenas y limos arcillosos (40) y, finalmente, una litofacies lacustre de margas limosas, margocalizas y calizas continentales más o menos brechoides (41).

Finalmente, en los depósitos actuales se reconoce una serie continental formada por depósitos de ladera (coluviales) o torrenciales (deyecciones) poco elaborados y diferenciados (42), una serie travertínica (43), los depósitos claramente aluviales (44), terrazas fluviales (45), derrubios y coluviales no cementados (46), turberas (47) y depósitos marinos (playas) y fluviomarinos (deltas) (48). Finalmente, en algunas zonas de la provincia se han reconocido materiales cuaternarios detríticos gruesos ocupando amplias planicies, cuyo origen es mixto fluvial y gravitacional (49).

2.4. TECTONICA Y SISMICIDAD

Cuando fueron definidos los dominios estructurales diferenciados en el apartado 2.1 se suponía que el Intrabético había sufrido un intenso metamofismo y era claramente alóctono, en tanto que entre el Subbético y el Prebético, ambos no metamórficos, existía la diferencia del grado de aloctonía clara en el primero y poco definida (de carácter paraautóctono) en el segundo.

Posteriormente se han puesto en revisión la teoría de los grandes mantos de corrimiento, pero es el caso que todas las cordilleras béticas mantienen la separación de los distintos dominios.

La tectónica general de las cordilleras béticas es muy complicada y en buena parte no conocida totalmente. Parece ser que responde a tres fases de plegamiento dentro del ciclo alpídico, aunque algunos de sus materiales están afectados por orogenias anteriores.

Con el nombre de Intrabético se conoce comúnmente al conjunto de materiales que constituyen la zona más interna de las cordilleras béticas.

Sus caracteres fundamentales son los siguientes:

— Estructura alpina con frecuentes cabalgamientos y mantos de corrimiento.
— Amplio desarrollo del metamorfismo regional sobre materiales paleozoicos y postpaleozoicos ligados al ciclo alpino.

Ciñéndose al área intrabética, la tres fases de plegamiento se resuelven en las siguientes formas estructurales: 1.° a) Frentes de los mantos Alpujárride y Maláguide deslizados sobre el Nevado Filábride y separados de sus raíces situadas al sur de éste. b) Diversos *relictos* y ventanas tectónicas que salpican los citados frentes. 2.° a) Pliegue anticlinal muy tendido en el Nevado Filábride. b) Pliegues anticlinales más o menos tumbados en Alpujárride y Maláguide. 3.° a) Grandes fracturas transversales a la estructura aprovechadas por los torrentes. b) Dislocación de las unidades periféricas.

En resumen, se trata de una zona muy compleja estructuralmente, en la que las directrices se superponen y *enmascaran* unas a otras, por lo que la influencia que ejerce la estructura sobre los movimientos del terreno será siempre de ámbito local, sin que sea posible generalizar en grandes extensiones.

La tectónica del ámbito Subbético parece estar caracterizada por un zócalo hercínico similar al de la meseta, sobre el que se dispone una cobertera mesozoica plegada y fracturada. El zócalo no aflora en ninguna parte, y entre él y la cobertura aparecen depósitos triásicos margosos que en algún caso han actuado como superficie de despegue.

La dirección general de los pliegues es OSO-ENE y en algunos casos el borde septentrional de los mismos cabalga al pliegue situado más al Norte, mientras que el borde sur es cabalgado por otro pliegue más meridional. En ningún caso, sin embargo, puede hablarse de mantos de corrimiento con raíces ultrabéticas, y si en algún caso hay pequeñas zonas desarraigadas, no son sino relictos de frentes cabalgantes de enraizamiento muy próximo.

En general, las unidades tectónicas lo son también desde el punto de vista paleogeográfico, con lo que se repite en cierto modo el caso de la formación intrabética. Sin embargo, aquí las diferencias se marcan más en el aspecto estructural que en el estratigráfico.

De Sur a Norte los sistemas presentes son: Interno, Medio meridional, Medio septentrional y Externo. El primero de ellos muestra una estructura claramente diferenciada de los demás. Adosado como está íntimamente al Intrabético, ha sufrido unos empujes mucho más intensos que el resto, por lo que sus pliegues muestran una clara vergencia al Norte. En los ejes anticlinales aparecen los flancos meridionales bien desarrollados, en tanto que los septentrionales se laminan y en algún punto llegan a desaparecer, sustituidos por fallas inversas. En este caso parece también que la relación con el zócalo es más estrecha que en el resto del ámbito Subbético, lo cual se refleja en un mayor número de fallas transversales y longitudinales y cuyo recorrido es también mayor. El Subbético interno queda separado del Subbético medio por la depresión de Piñar-Iznalloz, que continúa al norte de Pinos Puente y termina en el corredor de Loja.

El Subbético medio presenta, en general, un estilo tectónico claramente jurásico con pliegues aproximadamente simétricos. Los cabalgamientos y fallas longitudinales son mucho menores en número y siempre asociados a afloramientos triásicos. El efecto del fraccionamiento del zócalo en este caso se traduce en numerosas fallas transversales, pero en contra de lo visto en el Subbético interno, aquí los desplazamientos verticales y la extensión en planta son de poca entidad.

Es de destacar la gran cantidad de escamas presentes generalmente del Lías, observándose con frecuencia series invertidas a ellas.

La separación en dos sistemas diferentes, meridional y septentrional, es puramente geográfica. Entre ambos se interpone la depresión de Campotejar, que como en el caso de la de Iznalloz-Piñar constituyen fosas tectónicas rellenas de materiales neógenos y cuaternarios.

El Complejo Subbético Externo no aflora en la provincia de Granada.

Dentro de la Tectónica del Complejo Frontal, dispuesto entre el Subbético y el Prebético, cabe destacar que se encuentra normalmente debajo de las calizas y dolomías subbéticas, y que entre ambas zonas es frecuente encontrar retazos de Triásico arrastrado. Las capas aparecen replegadas y frecuentemente invertidas, siendo frecuentes las fallas inversas y los pliegues vergentes y, en menor grado, las fallas transversales gravitacionales.

El Mioceno presente en el citado complejo, aunque discordante en origen, está imbricado y pellizcado dentro de las citadas fallas inversas, presentando un cabalgamiento de dirección Norte.

El conjunto del Complejo Frontal ha montado y deslizado sobre los materiales prebéticos que lo enmarcan por el Norte.

La tectónica de la zona Prebética es bastante diferente estructuralmente de la zona Subbética y del complejo frontal.

Se pueden definir en ella las siguientes estructuras:

— Pliegues.

En general, la región está afectada por un plegamiento, relativamente suave con direcciones N 45°-55°E para los sectores al noreste de la provincia, y N 20°-30°E para áreas estudiadas en el extremo norte de la misma.

— Fallas inversas.

Presentan una dirección N 35°-40° E con vergencia al Noroeste. Su desplazamiento casi siempre es dextrógiro y de magnitud variable. La traza de estas fallas es interrumpida y desplazada por las grandes fallas de desgarre.

— Fallas de desgarre.

Exhiben una dirección general N 110°-120°E, siendo prácticamente perpendiculares a los pliegues y fallas inversas, desplazándolas en sentido dextrógiro.

— Fallas normales.

Fundamentalmente, se pueden agrupar en dos sistemas principales cuyas direcciones son paralelas a la de los pliegues, es decir, N 45°-55° SSE y N 20°-30° E, siendo fallas típicas de descompresión.

Se han reunido, por último, la totalidad de los depósitos neógenos y cuaternarios que rellenan las llanuras interiores de las cordilleras béticas.

En diversos trabajos, el conjunto de estos sedimentos recibe el nombre de Depresión Penibética. Sin embargo, dicho nombre parece suponer una unidad para toda el área, lo cual, si bien es cierto en líneas generales, carece de significado real respecto al problema que nos ocupa. Existen claras diferencias morfológicas e incluso litológicas que diversifican un común origen estructural.

Pese a todo, existen rasgos comunes que aconsejan incluir el conjunto en una sola descripción estructural. Estos son:

— Simultaneidad en la deposición.
— Depósitos masivos del Mioceno en facies costera y nerítica.
— Depósitos pliocenos de tipo continental.
— Depósitos cuaternarios de pie de monte y lacustres.
— Potencias notables en casi todos los casos.
— Erosión acusada durante el Holoceno.
— Materiales en general poco diagenizados.

El origen estructural de las diferentes depresiones debe buscarse en la segunda fase tectónica del ciclo alpino. El plegamiento de fondo del ámbito Bético produjo unas regiones de fuerte subsdencia continuada por lo menos hasta el Pleistoceno (Cuaternario basal).

En realidad, los primeros depósitos hay que situarlos en el Mioceno inferior, e incluso en algunos puntos ha llegado a datarse Oligoceno terminal, pero estos afloramientos se encuentran fuera del área estudiada.

La disposición estructural de esta serie muestra una clara inclinación monoclinal, en parte sedimentaria hacia el centro de las cuencas y en parte debida a la subsidencia. El juego de fallas más o menos independientes en los bordes de las cuencas a lo largo del Neógeno se traduce en reactivaciones periódicas de la energía erosiva, reflejada en una alternancia rítmica del tamaño de los depósitos.

La actividad se continúa durante el Cuaternario, aunque más atenuada. Por otra parte, el levantamiento general de la región, producido a finales del Pleistoceno, obliga a los cauces a una etapa erosiva en los cursos medios y bajos de la red.

En cualquier caso, la inestabilidad sísmica de la región indica que la actividad tectónica continúa en la actualidad, como lo atestiguan los datos de terremotos históricos. Desde el siglo XV a la actualidad se tienen datos de siete sismos de grado VIII y uno de grado IX (el terremoto de Andalucía de 1884).

Diversos autores han estudiado, junto con la sismicidad histórica, los datos de neotectónica, las anomalías gravimétricas, el flujo térmico y los datos geodésicos de detalle. De todos ellos se han identificado las principales alineaciones sismogenéticas: 1. «Fracturas» de dirección NW-SE en la zona oriental de la fosa de Granada. 2. Alineación WSW-ENE de Pinos-Puente, que cruza el pasillo de Loja, pasa al norte de Sierra Elvira y de Sierra Harana y continúa a través del «accidente» del Negratín, perdiéndose bajo la fosa de Baza. 3. Alineación E-W de Ventas de Zafarraya a Arenas del Rey por Alhama, que continúa por el corredor de las Alpujarras. 4. Alineación NNE-SSW del borde occidental de Sierra Nevada (Diezma-Güéjar-Sierra-Beznar), cuya continuación hacia la costa parece encontrarse entre Lanjarón y Motril-Salobreña. 5. Alineaciones costeras WNW-ESE entre Almuñécar y el límite de la provincia de Málaga.

Sobre estas alineaciones se sitúan los principales epicentros sísmicos capaces de movilizar en muchos casos los suelos de las laderas, originando o reactivando movimientos.

2.5. CLIMATOLOGIA

El clima de Granada puede clasificarse como semiárido en las vegas, llanos y en la costa, estepario en las sierras medias y al pie de las sierras mayores, y claramente húmedo únicamente en las áreas más elevadas de la provincia.

La temperatura media anual oscila entre 12 y 16°C, aumentando desde las sierras hacia los llanos, existiendo grandes variaciones anuales de temperatura —en torno a los 35°C (fundamentalmente en las áreas protegidas de los llanos interiores)—, entre las temperaturas extremas medias.

Los efectos sobre los suelos pueden apreciarse en los diagramas que se incluyen en el Anejo 1, donde se han dibujado los balances hídricos de las distintas estaciones climáticas de la provincia. Se ha tomado como fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial la debida a Thornthwaite, por ser la que más se ajusta, de las existentes, a la realidad del suelo desde el punto de vista geotécnico para la realidad peninsular.

Queda así definido como clima perhúmedo exclusivamente las cimas de Sierra Nevada, más por disminución de la evapotranspiración que por una pluviometría extremada. Las zonas húmedas o subhúmedas incluyen Sierra Nevada occidental, la Sierra de Loja, Sierra Harana y Sierra de La Sagra. No obstante, salvo el entorno del Mulhacén y del Veleta, los suelos quedan secos en verano, por lo que los ciclos de humectación-desecación se producen en mayor o menor grado en toda la provincia.

En general, las temperaturas se encuentran muy condicionadas por la altitud, dada la práctica inexistencia de termorreguladores (bosque y ríos) y dado que ésta es muy variable en el área, las oscilaciones de unos a otros puntos pueden ser muy importantes, aun del día a la noche en un mismo lugar.

En las zonas de alta montaña (Noroeste) las oscilaciones térmicas son aún mayores y la desecación que sufre el suelo en verano se ve bruscamente cortada por la fuerte pluviometría otoñal, llegando a haber algunos puntos con cierto modelado periglaciar (gelifracción incipiente) y siempre una fuerte erosión torrencial.

Fuera de estas últimas zonas, el matiz climático es continental, mediterráneo de verano cálido y seco, e invierno frío al Noroeste y Nordeste y templado al Sureste y Sur. El período seco es muy dilatado (desde mayo a finales de octubre) y en número medio de días de lluvia al año muy reducido.

Considerando las lluvias máximas previsibles en 24 horas para un período de cinco años, se reconoce un máximo absoluto en el valle alto del río Guadalfeo. En efecto, tanto las borrascas atlánticas que pasan por el Estrecho, como algunas «gotas frías» que tras recorrer el mar Balear penetran en Alborán y acciden a tierra desde el Sureste, descargan sobre la Alpujarra al chocar con el borde sur de Sierra Nevada.

Los efectos en cuanto a los movimientos de masas en laderas en esta zona proceden, más que de la movilización de suelos residuales, de la reactivación de acumulaciones en forma de coluviales o pedimentos al saturarse.

Los mínimos torrenciales se disponen, evidentemente, a sotavento de las sierras: Purullena al NE de Sierra Nevada y NW de Sierra de Baza; Cúllar-Baza al SE de Sierra Segura y NW de Sierra de Las Estancias y Granada al NW de Sierra Nevada.

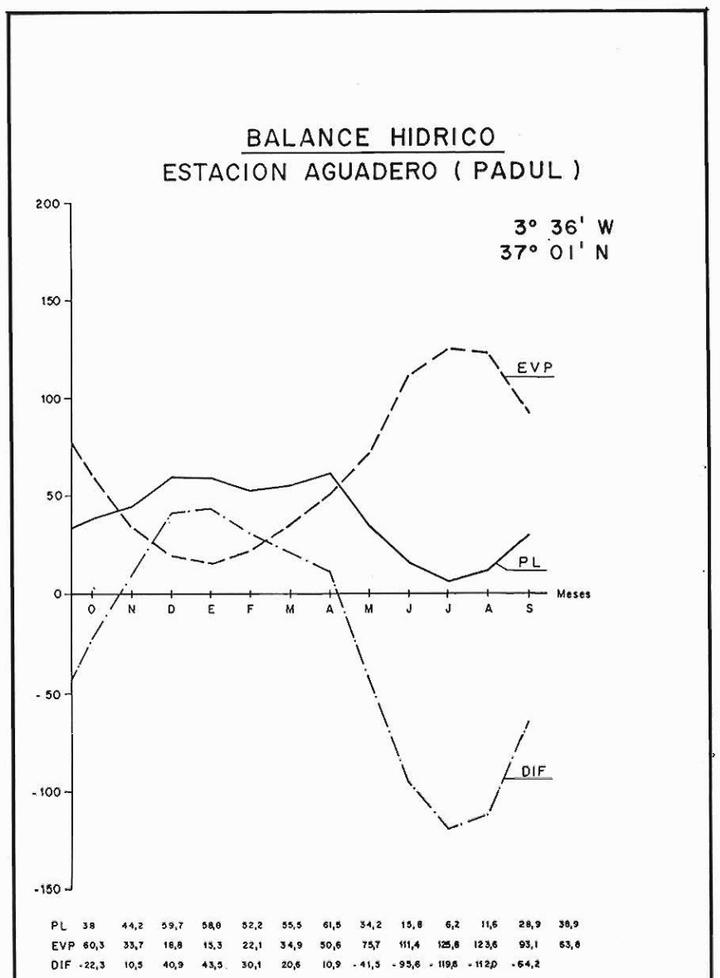
2.6. VEGETACION

Considerada en conjunto, la provincia de Granada presenta masas forestales poco extensas y bastante separadas. Se disponen en la sierra de Almijara (al norte de Almuñécar), en la vertiente norte de Sierra Nevada, en Sierra de Colomera, en Sierra de Baza, en la Sierra de La Sagra. En la zona suroriental predomina el matorral y el erial, en ambos casos sobrepastoreado. Los llanos aparecen en general cultivados, aunque la cubierta vegetal en muchos momentos no existe, al quedar los terrenos en barbecho varios años seguidos.

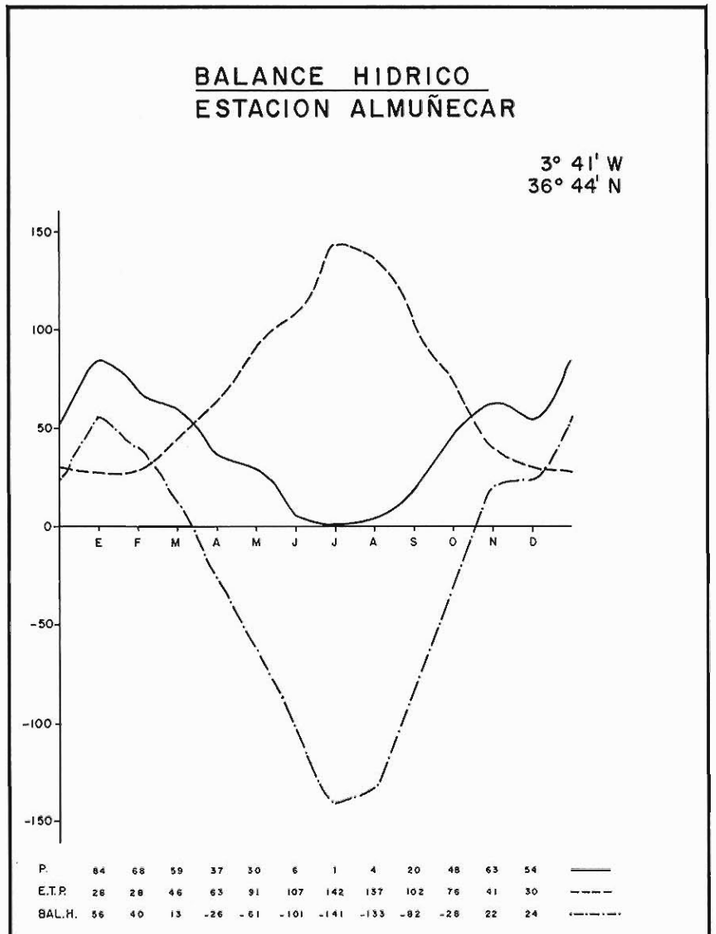
Así considerada, la protección vegetal sobre el suelo es muy poco importante, de tal forma que Granada es, junto con Almería, la provincia española de mayor porcentaje superficial sometido a erosión intensa y movimiento de masas (más del 60 por 100 de su superficie).

A este respecto, hemos de considerar como aspecto negativo los cultivos situados al norte de la línea Pinos-Puente a Huélago y Huéscar, cuyos efectos sobre pendientes de más del 12 100 son más perjudiciales que protectores.

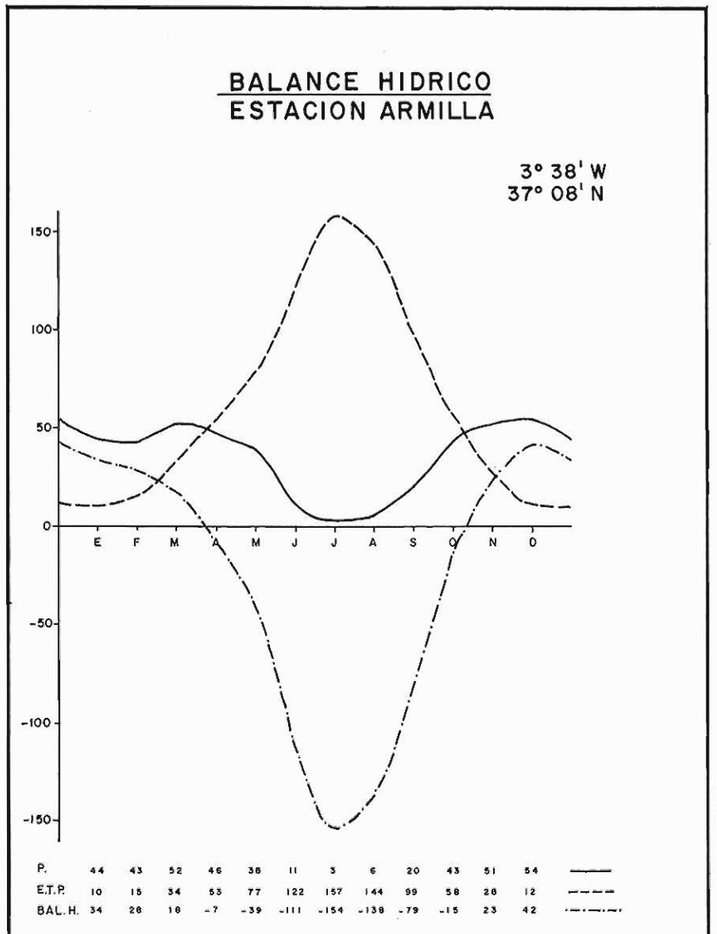
Anejo 1. Diagramas de balance hídrico



INDICE DE THORNTHWAITE - 19 Seco Subhúmedo.



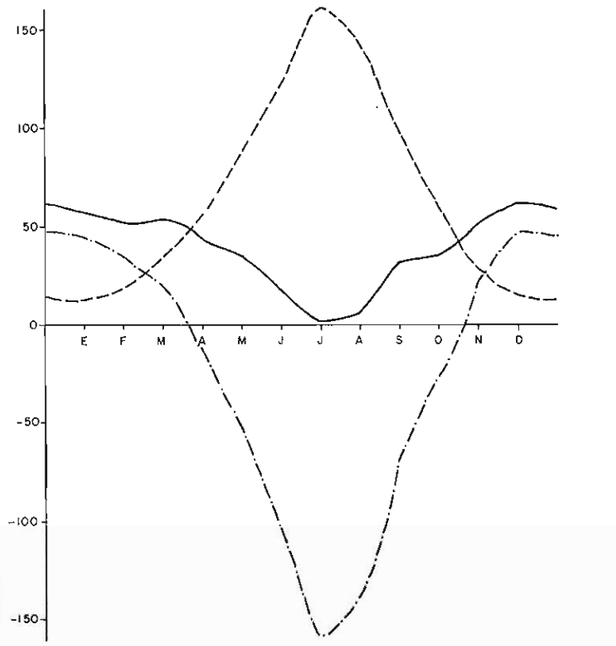
INDICE DE THORNTHWAITE - 21 Semiárido



INDICE DE THORNTHWAITE - 28 Semiárido.

BALANCE HIDRICO
ESTACION ATARFE

3° 41' W
37° 12' N

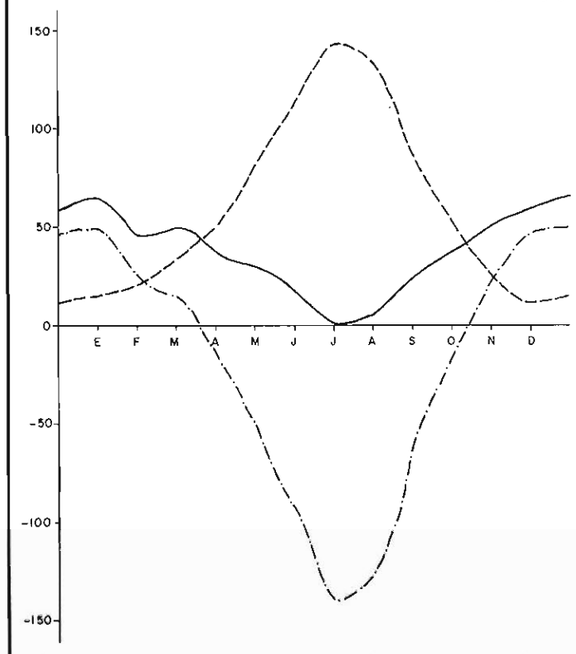


P.	58	52	54	44	35	18	2	6	32	55	51	62
E.T.P	13	16	34	56	88	122	161	144	99	61	28	15
BAL. H.	45	36	20	-12	-53	-104	-159	-138	-67	-26	23	47

INDICE DE THORNTHWAITE - 24 Semidrido

BALANCE HIDRICO
ESTACION LOS BERMEJALES

3° 53' W
37° 00' N

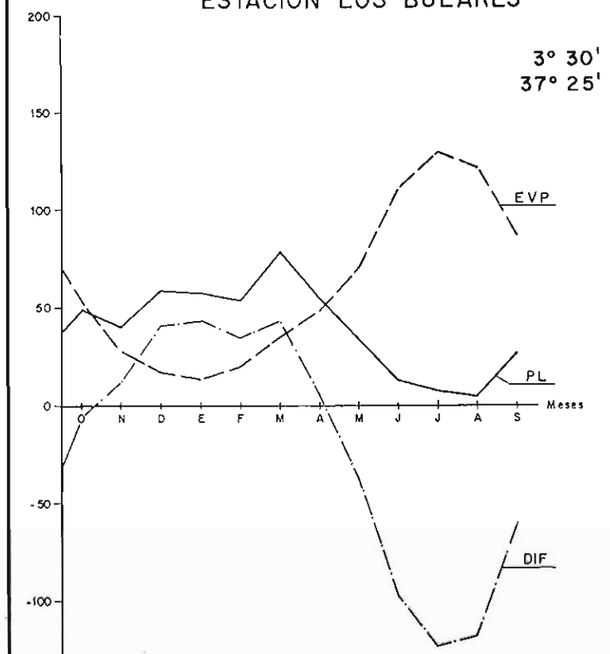


P.	65	46	50	36	31	16	1	5	24	37	50	59
E.T.P	15	20	34	49	81	111	142	133	87	55	28	12
BAL. H.	50	26	16	-13	-50	-93	-141	-128	-63	-18	22	47

INDICE DE THORNTHWAITE - 19 Seco Subhúmedo

BALANCE HIDRICO
ESTACION LOS BULARES

3° 30' W
37° 25' N

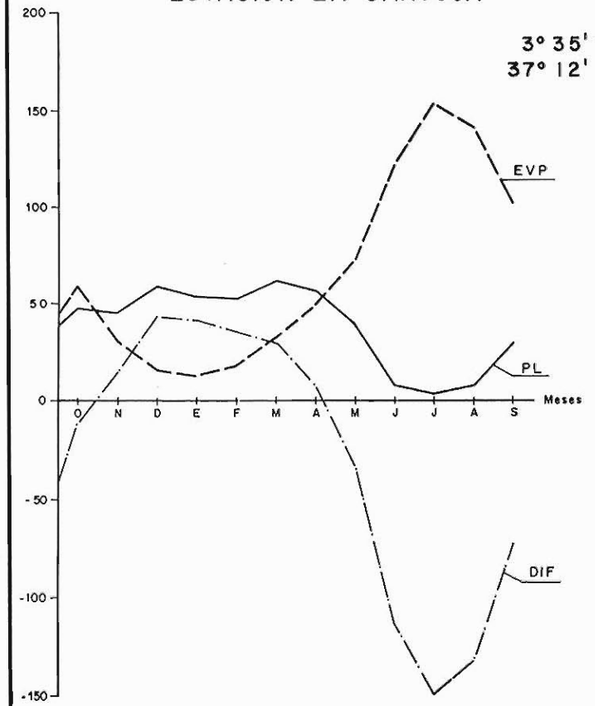


PL	48,7	40,2	58,4	57,4	53,9	78	54,8	34	13	7,5	4,7	26,5	39,6
EVP	53	27,6	17	13,6	19,4	34,7	48,2	70,8	110,3	129,8	122	86,8	61,1
DIF	-5,7	12,6	41,4	43,8	34,5	43,3	6,6	-36,8	-97,3	-122,3	-117,3	-60,3	

INDICE DE THORNTHWAITE - 16 Seco Subhúmedo

BALANCE HIDRICO
ESTACION LA CARTUJA

3° 35' W
37° 12' N

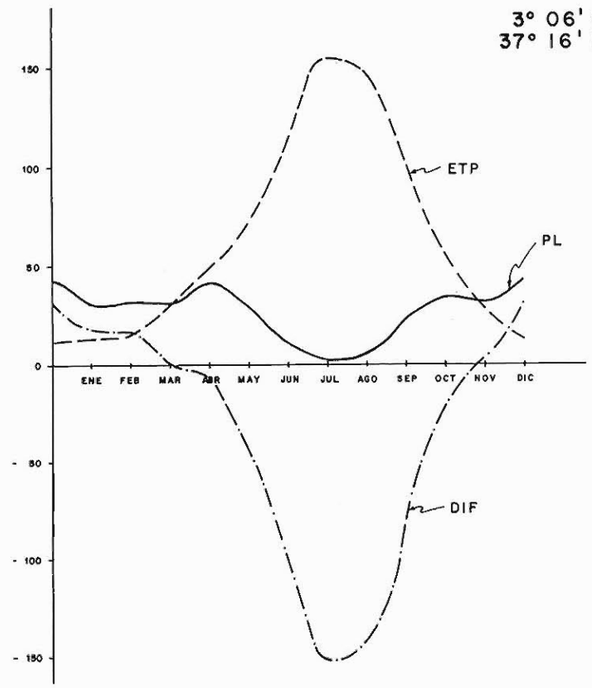


PL	47,4	43,5	58,9	53,8	52,6	61,6	56,7	38,6	7,4	3,3	7,7	29	38,6
EVP	58,4	30,1	15,3	12,7	17,3	31,8	48,9	72,1	121	152,9	140,7	101,2	66,9
DIF	-11	15,4	43,6	41,1	35,3	29,8	7,8	-33,5	-113,6	-149,8	-133	-72,2	

INDICE DE THORNTHWAITE - 21 Semiárido

BALANCE HIDRICO
ESTACION ESFILIANA

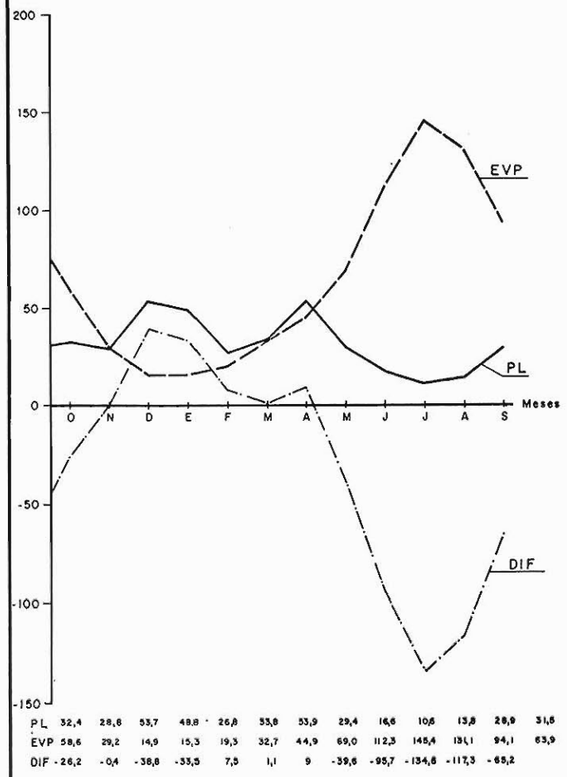
3° 06' W
37° 16' N



PL	31	32	31	42	29	11	2	4	23	34	31	43	26,0
ETP	13	15	31	49	73	114	154	147	102	55	28	42	66,0
DIF	18	17	0	-7	-44	-103	-152	-143	-79	-21	3	31	

INDICE DE THORNTHWAITE - 3 Seco Subhúmedo

BALANCE HIDRICO
ESTACION GUADIX 3° 08' W
37° 18' N

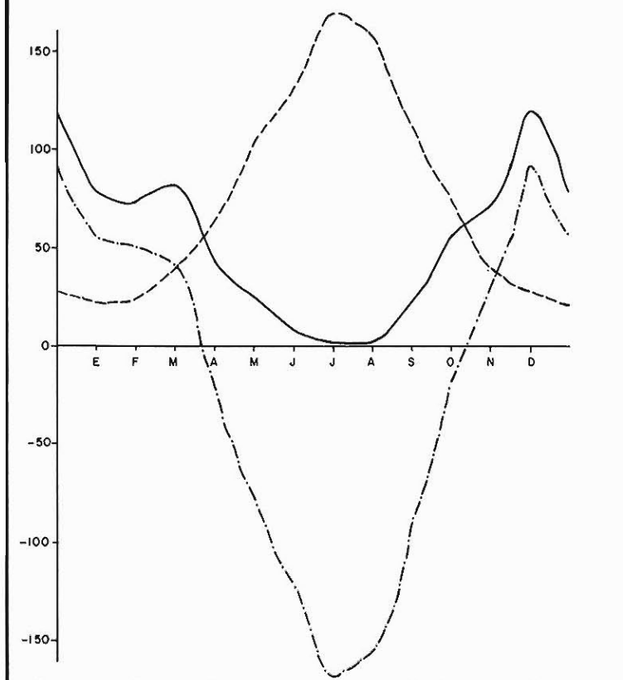


PL	32,4	28,6	53,7	48,8	26,8	53,8	53,9	29,4	16,6	10,6	13,8	28,9	31,6
EVP	58,6	29,2	14,9	15,3	19,3	32,7	44,9	69,0	112,3	145,4	131,1	94,1	63,9
DIF	-26,2	-0,4	-38,8	-33,5	7,5	1,1	9	-39,6	-95,7	-134,8	-117,3	-65,2	

INDICE DE THORNTHWAITE - 30 Semiárido.

BALANCE HIDRICO
ESTACION ITRABO

3° 38' W
36° 48' N

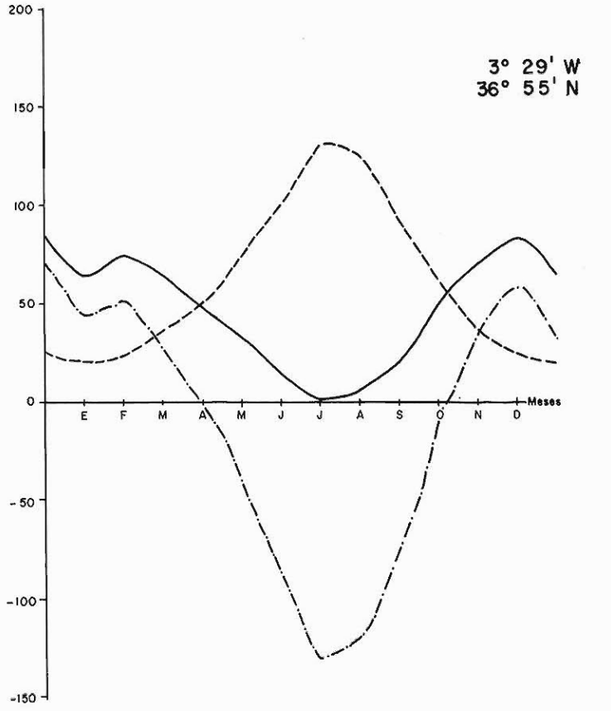


P.	79	73	82	44	26	9	1	2	22	56	71	119
E.T.P.	23	23	40	63	102	129	169	156	111	76	41	27
BAL.H.	56	50	42	-19	-76	-120	-168	-156	-89	-20	30	92

INDICE DE THORNTHWAITE - 13 Seco Subhúmedo

BALANCE HIDRICO
ESTACION LANJARON

3° 29' W
36° 55' N

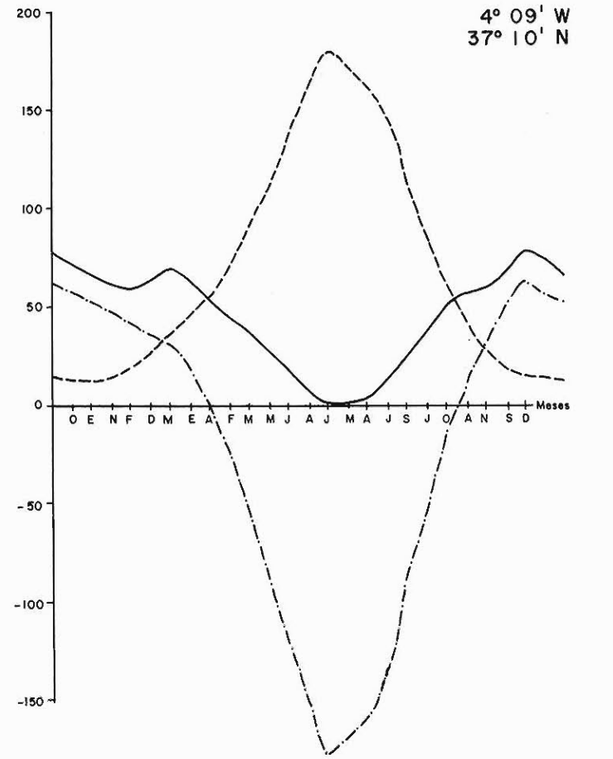


P.	65	75	65	48	35	14	1	6	20	52	71	84
E.T.P.	21	23	37	49	77	100	131	126	93	61	36	25
BAL.H.	44	52	28	-1	-42	-86	-130	-120	-73	-9	35	59

INDICE DE THORNTHWAITE - 17 Seco Subhumedo

BALANCE HIDRICO
ESTACION LOJA

4° 09' W
37° 10' N

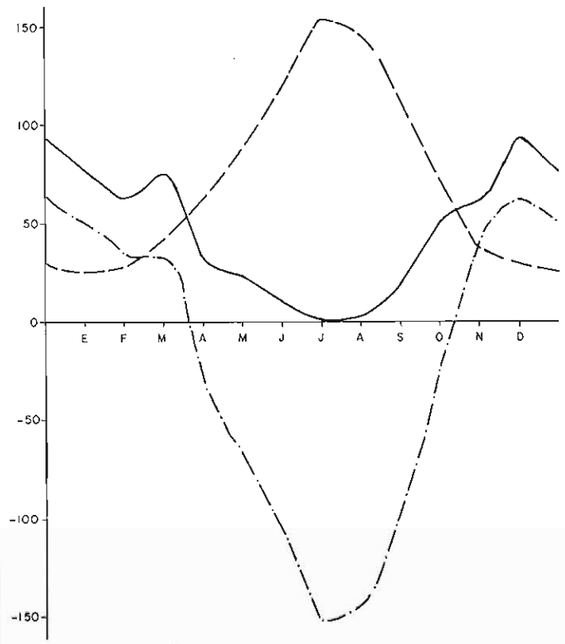


P.	66	59	69	54	38	19	2	4	24	51	60	78
E.T.P.	13	18	37	53	91	137	180	163	114	64	28	15
BAL.H.	53	41	32	1	-53	-118	-178	-159	-90	-13	32	63

INDICE DE THORNTHWAITE - 17 Seco Subhúmedo

BALANCE HIDRICO
ESTACION MOLVIZAR

3° 36' W
36° 47' N

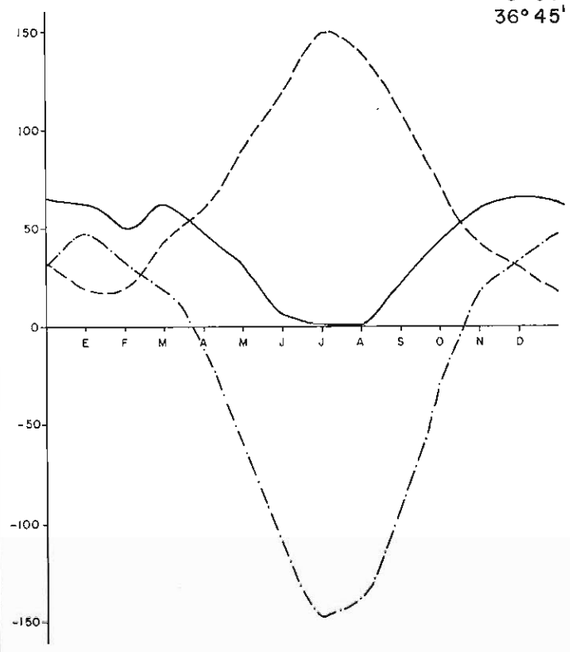


P.	77	64	76	33	24	12	1	3	19	51	60	93	———
E.T.P.	26	28	43	63	91	118	154	117	114	73	38	30	– – –
BAL.H.	51	36	33	-30	-67	-106	-153	-144	-95	-22	42	63	—·—·—

INDICE DE THORNTHWAITE - 25 Semiárido.

BALANCE HIDRICO
ESTACION MOTRIL

3° 31' W
36° 45' N

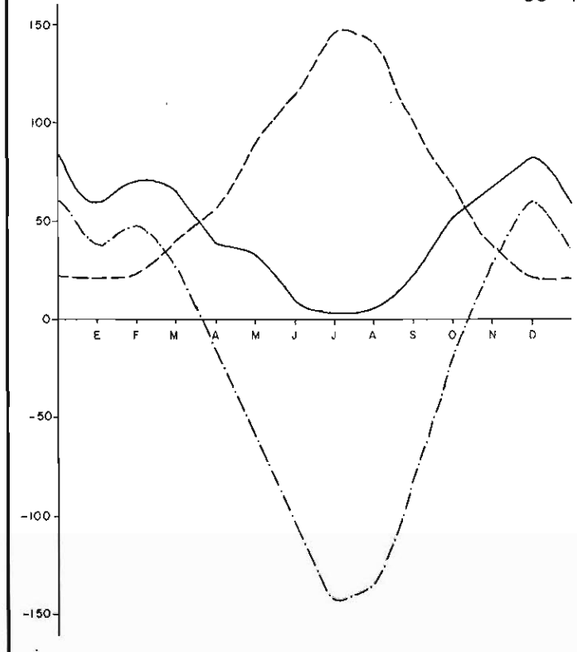


P.	63	50	62	47	32	7	2	2	21	44	60	65	———
E.T.P.	18	18	43	59	91	118	150	140	111	73	43	32	– – –
BAL.H.	47	32	19	-12	-59	-111	-148	-138	-90	-29	17	33	—·—·—

INDICE DE THORNTHWAITE - 30 Semiárido.

BALANCE HIDRICO
ESTACION ORGIVA

3° 24' W
36° 49' N

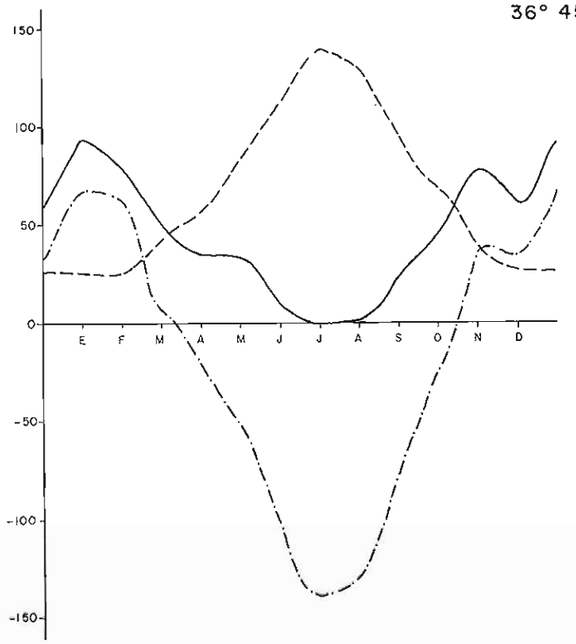


P.	58	70	65	38	32	8	2	5	22	52	66	82	———
E.T.P.	21	23	40	56	91	114	146	140	102	70	38	22	– – –
BAL.H.	37	47	25	-18	-59	-106	-144	-135	-80	-18	28	60	—·—·—

INDICE DE THORNTHWAITE - 16 Seco Subhúmedo.

BALANCE HIDRICO
ESTACION SALOBREÑA

3° 34' W
36° 45' N

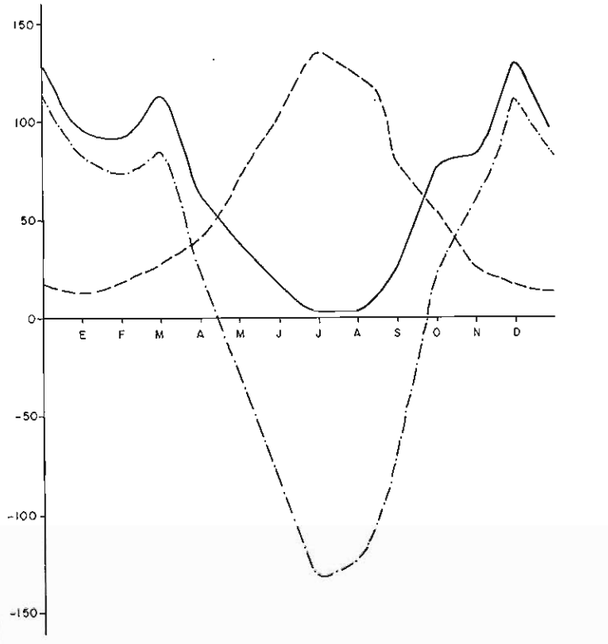


P.	94	90	51	35	35	10	0	1	23	45	78	61	———
E.T.P.	26	25	43	56	84	111	139	130	96	70	41	27	- - - -
BAL.H.	68	65	08	-21	-49	-101	-139	-129	-73	-25	37	34	—·—·—

INDICE DE THORNTHWAITE - 13 Seco Subhúmedo

BALANCE HIDRICO
ESTACION SOPORTUJAR

3° 24' W
36° 56' N

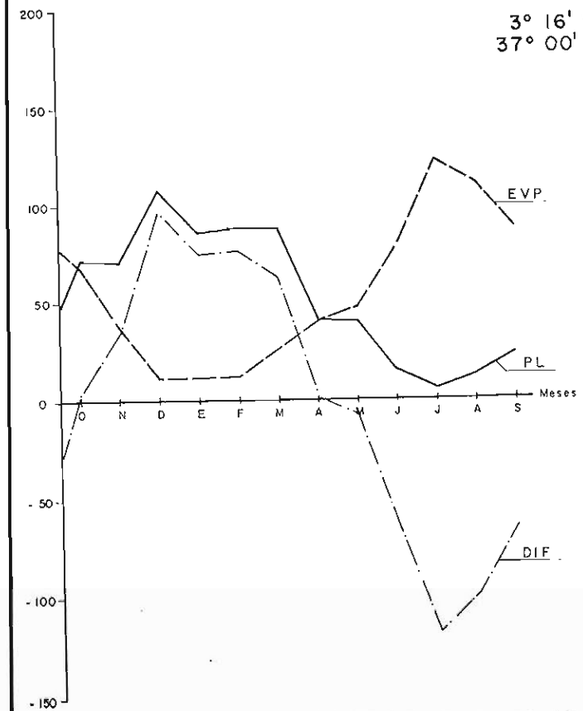


P.	96	92	113	65	39	18	3	3	25	76	82	128	———
E.T.P.	13	18	28	40	70	100	135	126	90	55	25	17	- - - -
BAL.H.	83	74	85	25	-31	-82	-132	-123	-65	21	57	111	—·—·—

INDICE DE THORNTHWAITE 24 Humedo

BALANCE HIDRICO
ESTACION TREVELEZ

3° 16' W
37° 00' N



PL	71,8	70,4	107,8	86,1	88,2	87,8	40,4	39,6	13,5	4,4	11,5	22,3	53,6
EVP	68,6	36,5	11	10,9	11,9	25,6	40	47,1	78,1	122,7	111	87,3	54,2
DIF	3,2	33,4	96,8	75,2	76,3	62,2	0,4	-7,5	-64,6	-118,3	-99,5	-65	

INDICE DE THORNTHWAITE 14 Subhúmedo.

Anejo 2. Simbología

DE MAPAS DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO (5)

		Activos	Latentes	Potenc.		Activos	Latentes	Potenc.	
Contacto litológico	Desprendimientos				Movimientos diferenc. o de suelos				Abarrancamientos
Contacto de morfoáreas	Flujos								Coladas fangosas
Contacto de unidades morfodinámicas	Deslizamientos planos				Aludes de piedra				Hundimientos
	Deslizamientos circulares				Arramblamientos				

GRADO DE INESTABILIDAD

Movimientos activos y latentes

Superficie afectada \ Intensidad del movimiento	Muy baja O	Baja B	Moderada M	Moderada a alta N	Alta A	Muy alta T
<10% (1)						
10-25% (2)						
25-50% (3)						
50-75% (4)						
>75% (5)						

Movimientos potenciales

Superficie afectada \ Intensidad del movimiento	Muy baja O	Baja B	Moderada M	Moderada a alta N	Alta A	Muy alta T
<10% (1)						
10-25% (2)						
25-50% (3)						
50-75% (4)						
>75% (5)						

DE MAPAS DE LITOGRUPOS (6)

- Contacto litológico
- Falla
- Falla supuesta o deducida
- Falla con indicación de hundimiento
- Cabalgamiento o manto de corrimiento
- Falla inversa
- Anticlinal
- Sinclinal
- Anticlinal tumbado
- Sinclinal tumbado
- Antiforma
- Sinforma
- Dirección y buzamiento (de 5° a 30°, de 30° a 60°)
- Dirección y buzamiento horizontal (<5°)
- Dirección y buzamiento vertical
- Dirección y buzamiento de estratos invertidos
- Esquistosidad. Dirección y buzamiento
- Carretera asfaltada
- Carretera sin asfaltar

Anejo 3. Leyendas de los mapas de litogrupos (1/100.000)

1. **Nevado-Filábride esquistoso.**
   Micaesquistos con intercalaciones cuarcíticas y cuarcíferas. Intensa tectonización y metamorfismo. Precámbrico sup.-Paleozoico. Potencia variable, superior a 2.000-2.500 m.
2. **Nevado-Filábride silíceo.**
   Cuarcitas feldespáticas con intercalaciones de micaesquistos; anfibolitas. Paleozoico-Trías. Potencia muy variable, máx. 120 m.
3. **Nevado-Filábride carbonatado.**
   Mármoles fajeados, generalmente bien estratificados; mineralizaciones locales. Trías. Potencia máxima, 100 m.
4. **Alpujárride esquistoso.**
   Filitas y esquistos gris azulados muy tectonizados, con esporádicas intercalaciones de bancos de cuarcita. Paleozoico-Trías inferior. Potencia muy variable, de 50-70 m.
5. **Alpujárride esquistoso-silíceo.**
   Folitas y pelitas rojo vinosas con abundantes intercalaciones de cuarcitas en bancos y paquetes irregularmente distribuidos. Tectonización muy alta. Permotrías. Potencia: 50-130 m., con amplias variaciones locales.
6. **Alpujárride carbonatado-arcilloso.**
   Calizas y dolomías grises, alternando con margocalizas. Karstificación media. Trías medio y superior. Potencia máxima media: 400-700 m.
7. **Alpujárride carbonatado.**
   Calizas, dolomías y mármoles dolomíticos grises o beiges ocasionalmente kakirizados o karstificados. Trías medio y superior. Potencia: 35-650 m.
8. **Alpujárride carbonatado-esquistoso.**
   Calizas y dolomías grises o blancas recristalizadas, con tramos marmóreos y niveles de calcoesquistos intercalados. Karstificación alta y kakirización ocasional. Trías medio y superior. Potencia media: 400 m., con amplias variaciones locales.
9. **Maláguide esquistoso.**
   Filitas y pizarras gris verdoso o gris azuladas con intercalaciones de grauwackas, cuarcitas y calizas alabeadas. Tectonización intensa con potente capa de alteración superficial. Silúrico-Pérmico. Potencia máxima: 450 m.
10. **Maláguide detrítico.**
    Areniscas de grano fino y limolitas rojo-violáceas muy fisuradas y tectonizadas, con intercalaciones de conglomerados silíceos. Permotrías. Potencia media: 70 m.
11. **Maláguide carbonatado.**
    Dolomías grises o pardas en gruesos bancos, alternando irregularmente con margas, margocalizas y calizas. Trías. Potencia media: 50 m., con frecuentes variaciones.
12. **Unidades suprabéticas (Subbético ultrainterno).**
    Margas, arcillas y argilitas rojas o verdes con niveles de margocalizas, areniscas y conglomerados calizos esporádicamente intercalados. Tectonización muy intensa. Cretácico-Mioceno inferior.
13. **Trías carbonatado.**
    Dolomías grises o beiges con inclusiones de ofitas e intercalaciones margosas. Estructura masiva y fisuración notable. Trías, posiblemente Muschelkalk. Potencia media: 30 m.
14. **Trías yesífero.**
    Yesos y margas yesíferas versicolores muy tectonizadas, con frecuentes estructuras de origen diapírico e inclusiones locales de ofitas, areniscas y dolomías. Keuper.
15. **Serie Jurásica carbonatada.**
    Calizas y dolomías grises o blancas, masivas o en gruesos bancos con pliegues amplios. Karstificación generalmente intensa. Jurásico, fundamentalmente Lías. Potencia máxima: 450 m.
16. **Serie Jurásica flyschoide-caliza.**
    Calizas, margocalizas y margas grises en alternancia regular con gruesos paquetes de calizas con mediana fisuración esporádicamente intercalados. Dogger y Malm. Potencia: 250 m., con variaciones laterales.
17. **Serie carbonatada del Jurásico medio y superior.**
    Calizas, margocalizas y margas con predominio de las primeras y algunos niveles arenosos subordinados. Jurásico medio y superior. Potencia máxima: 300 m.
18. **Turbiditas y vulcanitas del Jurásico.**
    Calizas, margocalizas y margas, regularmente alternantes, con paquetes calizos esporádicamente intercalados. Vulcanitas ocasionalmente interestratificadas en la serie. Lías, Dogger y Malm. Potencia media: 250 m., con amplias variaciones locales.
19. **Capas rojas del Jurásico.**
    Margas rojo-vinosas, margocalizas y calizas grises en capas y bancos alternantes, ocasionalmente de forma irregular. Tectonización muy intensa. Dogger y Malm. Potencia media: 40 m.
20. **Rocas básicas.**
    Vulcanitas, fundamentalmente doleritas, con frecuentes estructuras de pillow-lavas. Fisuración intensa y notable alteración superficial. Dogger y Malm.
21. **Margocalizas del Subbético interno.**
    Margocalizas y margas de color blanco, localmente rojizo con niveles calizos irregularmente intercalados. Tectonización muy intensa. Jurásico superior-Cretácico inferior. Potencia aprox.: 80 a 150 m., con notables variaciones.
22. **Formación Peñón.**
    Margas y margocalizas grises y blancas, regularmente alternantes; brechas intraformacionales locales. Tectonización ocasionalmente intensa. Neocomiense. Potencia muy variable, de 50 a 600 m.
23. **Flysch de Onitar.**
    Margas grises azuladas o rojizas, localmente yesíferas, margocalizas y calizas grises en bancos regularmente alternantes, formando secuencias de carácter flyschoide. Plegamiento y fallamiento intensos. Cretácico. Potencia media: 150 m.
24. **Formación Fardes arcillosa.**
    Margas y argilitas verdes o asalmonadas, ocasionalmente bentoníticas, con niveles de calcarenitas y conglomerados calizos localmente intercalados. Tectonización intensa. Albense-Maastrichtiense. Potencia máxima: 180 m.
25. **Formación Fardes Califo-detrítica.**
    Conglomerados y brechas calizas masivas, con secuencias turbidíticas intercaladas, formadas por calcarenitas, calcilutitas y margas grises o verdes. Albense-Paleoceno. Potencia máxima: 330 m.
26. **Formación Alamedilla.**
    Calizas, margocalizas y margas rojas o blancas, bien estratificadas en capas y bancos en alternancia de tipo flyschoide. Tectonización muy intensa con pliegues apretados. Senonense-Paleoceno. Potencia máxima: 350 m.
27. **Formación Olivares.**
    Calizas arenosas grises bien tableadas, con secuencias turbidíticas de calcarenitas y margas. Fisuración y tectonización intensas. Paleoceno. Potencia: 50-80 m.
28. **Turbiditas del Fardes.**
    Arcillas y margas gris claras o asalmonadas, alternando con margocalizas, conglomerados, areniscas y limolitas, formando secuencias turbidíticas. Paleoceno. Potencia media: 300-350 m.
29. **Turbitas del Grupo Cardela**
    Calizas detríticas, margocalizas y margas grises claras, en capas y bancos alternantes de marcada ritmicidad. Fisuración superficial y tectonización notables. Eoceno inf.-Aquitaniense. Potencia máxima: 500 m.
30. **Serie terciaria del Subbético interno.**
    Arcillas y margas varioladas, con frecuentes intercalaciones de calizas detríticas, conglomerados y margocalizas, ocasionalmente en gruesos bancos. Tectonización generalmente intensa. Eoceno-Mioceno inf. Potencia máxima: 130 m.
31. **Formación Carihuela.**
    Brechas calizas bien cementadas, con secuencias turbidíticas irregularmente intercaladas, de silexitas, calcarenitas y argilitas blancas, en capas centimétricas con pliegues de slumping. Eoceno-Burdigaliense. Potencia máxima: 400 m.

32. **Serie miocena distostrómica.**
Olistolitos de diámetro métrico y brechas calizas masivas, con abundante fisuración y karstificación parcial. Matriz calcárea con estructuras de slumping. Aquitaniense-Burdigaliense. Potencia máxima: 200 m.

33. **Formación Moreda.**
Calcarenitas y calcirruditas en capas y bancos, alternando irregularmente con niveles y paquetes margoarenosos de color blanco y potentes paquetes de calizas detríticas esporádicamente intercalados. Burdigaliense-Langhiriense. Potencia máxima: 350 m.

34. **Margas con yesos del Mioceno postectónico.**
Limos y margas con yesos blanquecinos alterados en superficie de escaso buzamiento. Mioceno superior. Potencia variable: > 300 m.

35. **Serie mioceno lacustre-evaporítica.**
Limos arcillosos y margas con yeso disperso e intercalaciones de caliza margosa tableada que hacia el Sur pasan a conglomerados, buzamientos bajos y plasticidad ocasionalmente alta. Serravaliense-Tortoniense. Potencia variable: máxima 500 m.

36. **Maciños y molasas.**
Calcarenita, areniscas bioclásticas y conglomerados, localmente intercalados. Cementación buena y fisuración abundante. Mioceno superior. Potencia variable de 50-450 m.

37. **Serie miocena margo-detrítica.**
Margas y limos gris claros o blancos con intercalaciones de conglomerados, ocasionalmente predominantes hacia el Oeste, margocalizas y, sobre todo, calcarenitas amarillentas tableadas en gruesos paquetes con buzamientos subhorizontales. Mioceno, fundamentalmente Tortoniense. Potencia máxima: 350 m.

38. **Serie miocena detrítica.**
Limos y arenas grises bien consolidadas, con niveles de conglomerados poco cementados e irregularmente intercalados, con buzamientos bajos. Tortoniense-Messiniense. Potencia media: 200 m.

39. **Serie pliocena conglomerática.**
Cantos y bloques polimícticos muy heterométricos con matriz limoarenosa y ligera cementación. Estratificación subhorizontal mal definida. Mioceno superior-Plioceno. Potencia muy variable: máxima 150 m.

40. **Serie pliocena detrítica.**
Limos, arcillas, conglomerados poligénicos y arenas, en gruesos bancos y paquetes subhorizontales, irregularmente alternantes y con predominio variable. Plioceno-Pleistoceno. Potencia máxima: 600 m.

41. **Serie pliocena lacustre.**
Margas, limos, margocalizas, calizas y conglomerados de cemento calizo en gruesos bancos subhorizontales, formando una alternancia ocasionalmente rítmica. Plioceno-Pleistoceno. Potencia: 150 m.

42. **Serie continental moderna.**
Arcillas, limos, cantos y bloques polimícticos y heterométricos, en proporción variable, con cementación local y esporádicos encostramientos. Cuaternario. Potencia máxima: 40 m.

43. **Serie travertínica.**
Dolomías arenosas masivas, travertinos y tobas calizas. Karstificación muy intensa, con cuevas, fisuras y precipitación actual de carbonatos. Cuaternario. Potencia máxima: 60 m.

44. **Aluvial.**
Arcillas y limos con cantos, generalmente dispersos y en proporción variable. A veces, grandes bloques y, en algún caso, con cierta cementación. Holoceno. Potencia máxima: 25 m., aunque muy variable.

45. **Terrazas.**
Cantos polimícticos con matriz limo arcillosa. Cuaternario. Potencia muy variable, entre 0,5 y 6 m., en general 2 m.

46. **Coluviales y Derrubios.**
Clastos de diversa naturaleza, a veces empastados por arcillas limosas; normalmente no cementados. Cuaternario. Potencia entre 1 y 8 m.

47. **Turberas.**
Arcillas y limos arcillosos con gran proporción de materia orgánica. Cuaternario. Potencia de 2 a 10 m.

48. **Playas y Dunas.**
Arenas sueltas de muy diversa naturaleza. Cuaternario. Potencia de 3 a 20 m.

49. **Cuaternario indiferenciado.**
Llanuras cuaternarias en zonas deprimidas, con materiales de carácter detrítico sin relieve propio.

50. **Serie margosa del Complejo Frontal Prebético.**
Margas grises y verdes turbidíticas con margocalizas blanquecinas. Notable tectonización, frecuentes cabalgamientos. Aptense-Turoniense. Potencia indeterminada.

51. **Serie carbonatada del Complejo Frontal Prebético.**
Calizas margosas, margas, niveles arenosos en tonos claros. Tectonización intensa. Turoniense-Eoceno medio. Potencia de la serie indeterminable, debido a los cabalgamientos y cepillamiento basal.

52. **Serie terciaria del Complejo Frontal Prebético.**
Calizas arenosas (biomicritas arenosas), margas y margocalizas, con notable tectonización, diaclasado abierto. Eoceno superior-Mioceno medio.

53. **Serie prebética calcárea.**
Calizas y dolomías, con pequeñas hiladas margosas. Notable karstificación, plegamiento apreciable y fallas de importante recorrido. Cretácico inferior. Potencia variable de 80-100 m.

54. **Dolomías y calizas prebéticas.**
Dolomías y calizas brechoides. Notable circulación interna de agua por karstificación. Tectónica poco intensa con pliegues de radio amplio. Cretácico inferior y medio. Potencia: 400-600 m.

55. **Serie calco-margosa.**
Calizas masivas pulverulentas, margas grises o rosadas en sucesión irregular y estratificación difusa, asimilable en parte a facies tipo Flysch. Plegamiento suave. Cretácico superior. Potencia 200-300 m.

56. **Serie de Nablanca y Cañada-Hermosa.**
Calizas detríticas y calizas en bancos con numerosas indentaciones entre los diferentes términos. Plegamiento suave y tectonización notable. Eoceno. Potencia: 60-100 m., con variaciones laterales.

57. **Serie terrígena-carbonatada.**
Calizas nodulosas, margas, arenas y limos en tonos blanquecinos o amarillentos, bien estratificados con pliegues de amplio radio. Oligoceno. Potencia variable de 0 a 80 m.

58. **Serie detrítico-calcárea miocena.**
Areniscas, margas y calizas en sucesión irregular. Plegamiento suave con importante fisuración y fallas de recorrido medio. Mioceno inferior y medio. Potencia variable, media de 80 m.

59. **Serie calco-terrígena.**
Calizas arenosas, calizas, margas blancas y arenas con diaclasado muy profundo de notable desarrollo, frecuente cepillamiento basal. Burdigaliense-Langhiense inferior. Potencia: 60-80 m.

Anejo 4
Leyenda de mapas de movimientos del terreno (1/100.000)

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
1	A	7	7/8	Dre	3 M	3 B	Micaesquistos. Grandes relieves con amplios interfluvios de cimas subredondeadas y laderas convexas con cantiles y crestones. Desprendimientos, aludes de bloques y corrimientos activos muy frecuentes.
		8	8/7	Dre	3 M	3 M	
		9	9	Dε	4 N	3 N	
	B	11	5	RDe	4 M	3 M	Micaesquistos con niveles de cuarzo intercalados. Area montañosa con pendientes medias y colectores principales encajados. Rellanos y glacis ondulados en zonas exteriores. Corrimientos del recubrimiento y derrumbamientos latentes.
		12	2	rfe	7 B	3 M	
		13	3	re	7 B	2 B	
		14	4	rε	8 B	3 M	
		15	5	DE	4 A	4 A	
		17	7	RPε	1 M	3 M	
		18	8	Vε	1 M	3 M	
		19	9	Rdε	3 M	4 N	
	C	2001	8	Pε	2 B	2 N	Micaesquistos con cuarcita y otras rocas metamórficas intercaladas. Relieves montañosos con pendientes fuertes en general y con zonas de escarpe. Inestabilidad compleja de las laderas favorecida por las discontinuidades estructurales. Movimientos activos y potenciales, simples y complejos. Deslizamientos planos activos, escasamente generalizados, de intensidad baja. Superficialmente hay movimientos del recubrimiento, flujos y desprendimientos activos y potenciales. En conjunto, está afectada más del 70 por 100 de la extensión
		2002	7	Sε	5 T	1 M	
		2003	8	*pe*	10 M	2 B	
		2004	9	Se	5 A	2 N	
		2005	9	De	5 T	3 N	
		2006	8	re	8 B	1 M	
		2007	8	Se	4 A	4 T	
		2008	8	de	10 A	2 T	
		2009	8	Sε	4 N	2 T	
		2010	9	Sε	4 N	2 A	
		2011	8	re	7 B	1 B	
		2012	9	Re	4 N	3 A	
		2013	9	Pe	5 T	2 T	
		2014	9	Sε	3 T	3 A	
		2015	8	pe	10 M	1 A	
		2016	9	Sε	4 A	4 T	
		2017	8	Pe	3 M	2 A	
		2018	8	Pe	4 A	1 O	
		2019	8	Fε	4 M	3 N	superficial con intensidad moderada-alta. Los procesos erosivos afectan a más de la mitad de la superficie con intensidad alta favorecida por la fuerte pendiente.
		2020	8	De	4 T	5 T	
		2021	8	Pe	5 T	2 N	
		2022	8	Pe	5 N	3 A	
	D	2023	8	Pe	1 N	4 A	Micaesquistos y otras rocas metamórficas intercaladas. Relieves montañosos con pendientes generalmente fuertes que en algunos casos superan el 35 por 100. Deslizamientos planos a favor de las superficies estructurales, activos principalmente, latentes y potenciales. Flujos superficiales y otros movimientos de deslizamiento que afectan al recubrimiento en un 25 a 50 por 100 de la superficie de la morfoárea. Procesos erosivos de tipo arroyada o mixtos (arroyada-fluvial), afectando gran parte de la superficie con intensidad alta.
		2024	8	Pε	3 N	4 A	
		2025	8	Pe	3 N	4 T	
		2026	8	re	6 B	5 A	
		2027	8	pe	7 N	5 N	
		2028	8	Pe	1 B	4 A	
		2029	2	OE	0 O	1 M	
		2030	8	pe	8 N	4 A	
		2031	8	re	6 B	3 N	
		2032	6	te	8 N	3 M	
		2034	3	Pe	1 M	2 M	
		2035	8	Fe	5 T	5 T	
		2036	8	Te	3 N	3 N	
		2037	8	Pe	3 N	3 A	
		2038	8	pe	7 A	3 N	
		2039	8	pe	6 M	2 A	
		2040	8	re	8 M	2 N	
		2041	8	pe	6 M	4 A	
		2042	8	Pε	4 A	4 T	
		2043	8	re	6 B	3 M	
		2044	8	Pε	3 A	4 A	
		2045	8	pe	9 N	4 A	
		2046	8	re	6 M	1 O	
		2047	8	Pε	3 A	4 A	
		2048	9	Pε	3 N	5 A	
	E	2049	8	Pe	1 M	5 N	Micaesquistos con cuarcita y otras rocas metamórficas. Relieves acusados con pendientes fuertes comprendidas entre 15 y 35 por 100. Movimientos deslizantes activos y potenciales, escasamente generalizados y de intensidad moderada. Procesos erosivos generalizados de intensidad moderada-alta.
		2050	8	Pe	8 N	4 N	
	F	2051	8	pe	6 B	5 N	Micaesquistos con cuarcita. Relieves acusados con pendientes fuertes o muy fuertes, según las zonas. Movimientos deslizantes planos potenciales, o a veces activos, normalmente a favor de los planos de esquistosidad y movimientos complejos con escasa deformación del sustrato. Las superficies afectadas por movimientos no superan el 50 por 100 de la morfoárea con intensidad moderada-alta. Los procesos erosivos de arroyada y fluviales, generalizados casi en la totalidad del área, modelan la superficie con intensidad moderada-alta o alta.
		2053	9	Sε	3 N	5 T	
		2054	8	pε	8 A	4 A	
		2055	9	pe	7 M	4 N	
		2056	8	pe	6 B	3 N	
		2057	8	pe	7 M	5 A	
		2058	8	pε	8 A	4 A	
		2059	8	pe	6 N	4 N	
2	A	27	7	dRε	6 M	2 M	Cuarcitas feldespáticas esquistosadas y anfibolitas locales. Crestones y cantiles en zona de alta montaña y laderas de fuertes pendientes en barrancos profundos. Desprendimientos activos en cantiles.
		28	9	dε	7 M	3 N	
		29	9	Dε	4 A	2 M	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
	B	35	5	dε	7 B	2 M	Anfibolitas esquistosadas. Cerros de cima subredondeada con laderas convexas de notable pendiente, desniveles de medios a moderados, barrancos semiencajados esporádicos. Desprendimientos potenciales locales.
3	A	49	9	Dε	3 N	2 N	Mármoles fajeados en bancos. Laderas de fuerte pendiente y desnivel, festoneadas por cantiles, rellanos y asomos rocosos. Desprendimientos activos.
	B	51	1	Re	2 B	2 M	Mármoles fajeados bien estratificados. Cerros de cima redondeada y laderas convexas de desnivel moderado a medio, valles de fondo plano. Desprendimientos y deslizamientos del recubrimiento potenciales o latentes.
		53	3/2	re	7 B	2 B	
		54	1	dE	7 M	2 N	
		55	5	dε	7 M	3 N	
		56	1	dhe	7 A	2 O	
		58	8	de	7 M	2 B	
		59	9	DRE	3 N	3 A	
4	A	68	8	re	6 M	2 M	Filitas con bancos de cuarcita. Laderas de fuerte pendiente y desnivel con regueros y barrancos de fondo en V. Corrimientos activos de la capa de alteración.
		69	9	Rε	2 N	3 A	
	B	71	5	RE	2 N	3 N	Micaesquistos y filitas con intercalaciones cuarcíticas. Cerros y lomas de notable desnivel con gran profusión de regueros y barrancos. Corrimientos activos y potenciales de la capa de alteración.
		74	4	re	8 B	3 M	
		75	5	Rε	4 M	4 A	
		76	6	re	7 B	2 M	
		77	7	re	8 B	2 M	
		78	8	Rε	2 N	3 N	
	C	81	1	de	6 M	2 M	Micaesquistos, filitas y cuarcitas. Lomas suavemente redondeadas con pendientes y desniveles de moderados a bajos, estrechas vaguadas con fondo en V abierta. Deslizamientos del recubrimiento potenciales y latentes.
		82	2	re	7 B	2 B	
		83	3	Re	4 N	2 B	
		84	3	Re	2 M	3 M	
	D	1001	4	ce	6 B	3 N	Micaesquistos, cuarcitas y otras rocas metamórficas. Relieves montañosos o medianos con pendientes fuertes (15-35 por 100) y otros más suaves. Procesos: deslizamientos planos activos y flujos activos de intensidad débil a fuerte. Deslizamientos circulares potenciales aislados de intensidad baja. Deslizamientos potenciales del recubrimiento. Erosión de arroyada débil a fuerte.
		1002	4	Pe	1 N	1 A	
		1003	2	Oe	0 O	1 B	
		1004	8	re	6 B	3 M	
		1005	4	Fe	5 A	5 T	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
	E	2061	8	Sε	3 N	3 T	Esquistos y cuarcitas. Relieves montañosos con pendientes medias a fuertes. Deslizamientos planos activos y otros movimientos complejos sin demasiada deformación del sustrato. Movimientos diferenciales entre masas de diferentes competencia (metamórficas y calcáreas). Está afectado por uno u otro tipo de movimientos entre el 50 y el 75 por 100 de la superficie de la morfoárea con intensidad moderada-alta. Procesos erosivos de arroyada generalizados de intensidad alta o muy alta.
		2062	8	Pε	2 A	2 T	
		2063	8	pe	9 N	5 A	
		2064	7	Te	4 A	5 T	
	F	1861	8	Sε	3 N	3 T	Esquistos y cuarcitas. Relieves montañosos con pendientes fuertes o muy fuertes. Deslizamientos planos, activos y potenciales a favor de la esquistosidad. Movimientos circulares y otros complejos, activos pero poco numerosos. Movimientos del recubrimiento bastante abundantes. Procesos erosivos de arroyada y fluvial de intensidad moderada alta.
		1862	8	Pε	2 A	2 T	
		2065	8	Ce	4 A	4 T	
		2066	8	Pe	1 B	4 A	
		2067	8	pe	7 B	3 N	
		2068	8	se	9 A	4 T	
		2069	8	Pε	6 M	3 M	
		2070	8	cε	8 A	4 A	
		2071	8	cε	9 A	5 T	
		2072	8	Ce	5 T	5 T	
		2073	8	Ce	1 M	1 A	
		2074	7	pe	8 M	5 A	
		2075	8	Te	5 N	2 N	
		2076	8	Pε	2 N	4 A	
		2077	8	Pε	4 A	3 A	
		2078	8	Pe	4 T	4 T	
		2079	8	Pe	5 N	1 N	
		2080	8	pε	6 B	4 N	
		2081	9	Re	1 M	4 A	
		2082	8	Pe	3 A	4 A	
		2083	8	Pe	2 B	3 A	
		2084	8	Pε	1 N	5 A	
		2085	8	Se	4 A	4 T	
		2089	9	sE	8 A	3 T	
		2090	8	pE	7 M	3 N	
5	A	95	5	RVε	3 N	3 N	Filitas rojo-vinosas, cuarcitas, areniscas y pelitas. Relieves de fuerte pendiente y notable desnivel con estrechos barrancos muy encajados. Corrimientos activos en zonas de fuerte erosión.
		97	7	rε	7 M	3 M	
		98	8	RVe	2 N	2 N	
		99	9	RVε	3 N	2 A	
	B	100	0	Oe	1 O	1 O	Filitas rojo-vinosas y pelitas, cuarcitas localmente intercaladas. Areas plano-onduladas localmente alomadas con estrechas vaguadas. Riesgo muy
		103	3	re	6 B	2 B	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
							local de deslizamientos del recubrimiento.
	C	1013	8	Ze	3 A	4 A	Filitas y cuarcitas. Relieves acusados con pendientes fuertes (15-35 por cien). Procesos: movimientos activos y frecuentes de masas caóticas aisladas con intensidad alta. Movimientos circulares potenciales frecuentes de intensidad moderada-alta. Erosión de arroyada muy abundante con intensidad alta o muy alta.
		1014	8	ce	7 N	4 T	
	D	1813	9	Pe	5 T	2 T	Filitas y cuarcitas. Relieves acusados y pendientes fuertes en general. Gran variedad de movimientos tanto superficiales como profundos. Movimientos complejos activos y potenciales con o sin deformación del sustrato. Deslizamientos planos y circulares, generalmente activos. Movimientos diferenciales entre masas de diferente competencia. Algunos fenómenos de flujo. La intensidad de todos los movimientos suele ser alta. Procesos erosivos de arroyada generalizados con intensidad variable pero, en general, alta.
		1816	8	Sε	4 A	4 T	
		1835	8	Fe	5 T	1 B	
		1837	8	Te	3 N	3 N	
		1851	8	pe	6 B	5 N	
		1870	8	Cε	3 A	4 A	
		1871	8	Cε	4 A	5 T	
		1873	8	Ce	1 M	1 A	
		1875	9	Te	5 N	2 N	
		2091	8	Se	5 A	4 T	
		2092	8	pe	2 M	4 A	
		2093	8	Se	5 T	5 T	
		2094	8	ve	6 B	5 T	
		2095	8	re	3 N	3 M	
		2096	7	Pe	3 N	5 A	
		2097	8	re	10 N	1 B	
		2098	8	Se	5 A	4 A	
		2099	8	Pe	4 A	3 A	
		2100	8	Cε	3 A	4 A	
		2101	8	Cε	3 N	4 T	
		2102	3	Ce	3 N	4 A	
		2103	3	CE	3 N	3 A	
		2104	7	Te	4 A	5 T	
		2105	8	Ce	3 N	4 T	
		2106	8	pe	6 B	4 N	
		2107	7	0e	0 O	1 O	
		2108	8	Te	4 A	3 A	
		2109	8	Pe	4 A	4 N	
	E	1852	8	pe	6 B	5 N	Filitas y cuarcitas. Relieves montañosos con pendientes fuertes. Movimientos de deslizamiento planos simples y complejos (activos y potenciales). Procesos erosivos fluviales y de arroyada actúan con intensidad moderada a alta.
		2110	8	Pε	3 N	3 A	
		2111	8	Pε	7 M	5 N	
		2112	8	Pε	3 A	3 N	
		2113	8	ve	10 T	4 T	
5	F	1864	7	Te	4 A	5 T	Filitas y cuarcitas. Relieves montañosos con pendientes generalmente fuertes o incluso muy fuertes. Movimientos activos
		1874	8	Ce	1 M	1 A	
		1876	8	Te	5 N	2 N	
		1878	8	Ce	4 T	4 T	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		1880	8	Pe	5 N	1 N	complejos entre masas de diferente competencia, movimientos circulares simples activos que no modifican el sustrato y afectan más del 50 por 100 de la morfoárea con intensidad moderada a alta. Los procesos erosivos fluviales y de arroyada, están muy extendidos y su intensidad es alta.
		1884	8	Se	4 A	4 T	
		2114	8	Pe	3 M	4 N	
	G	1828	8	Pe	1 B	4 A	Filitas y cuarcitas. Relieves montañosos con pendientes fuertes. Movimientos activos y potenciales: planos, circulares, complejos y flujos que modelan las laderas ocupando superficies de extensión variable según las unidades, con intensidad moderada-alta o alta. Los procesos erosivos de arroyada modelan superficies inferiores al 75 por 100 con intensidad de moderada a alta.
		1836	8	Fe	5 T	5 T	
		1877	8	Te	5 N	2 N	
		1879	8	Ce	4 T	4 T	
		1881	8	Pe	5 N	1 N	
		1882	8	Pe	3 A	4 A	
		1883	8	Pe	2 B	3 A	
		1885	8	Se	4 A	4 T	
		2116	8	Pe	2 N	4 A	
		2117	8	Pe	5 A	4 T	
		2118	8	Se	4 A	4 T	
6	A	111	5	de	6 M	2 M	Calizas, dolomías y margocalizas. Grandes cerros de cima subredondeada y laderas de fuerte pendiente con esporádicos cantiles y crestones. Desprendimientos latentes y potenciales locales.
		115	5	De	2 N	3 M	
		118	8	dε	7 M	2 N	
		119	9	Drε	2 N	2 M	
7	A	120	9	Dε	2 M	2 B	Calizas, dolomías y mármoles. Relieves muy acusados de perfil quebrado por cantiles, crestones, regueros y barrancos ocasionales. Pendientes muy fuertes. Desprendimientos activos y latentes.
		121	9	SDε	3 A	4 A	
		124	8	de	6 M	2 M	
		125	9	De	2 A	1 B	
		128	8	dsε	7 M	3 N	
		129	9	DSE	3 N	2 N	
	B	130	9	DE	2 N	3 M	Calizas, dolomías y mármoles dolomíticos. Cerros con laderas de fuerte pendiente festoneadas esporádicamente por cantiles. Desniveles inferiores a 200-250 metros. Suaves lomas ocasionales. Desprendimientos latentes y potenciales.
		131	5	de	7 M	2 M	
		132	2	de	6 B	2 B	
		133	3	dre	7 B	1 B	
		134	4	de	7 M	3 B	
		135	5	Dε	2 A	4 N	
		136	5	Hε	1 A	1 O	
		137	9	de	7 M	3 M	
		138	8	De	1 M	3 M	
		139	9	Dε	3 N	3 M	
	C	1015	8	Dε	4 A	3 A	Calizas y calcodolomías marmóreas. Relieves moderados y alguna zona con relieve fuerte. Procesos: desprendimientos activos y potenciales abundantes y muy abundantes de intensidad
		1016	4	de	8 M	3 N	
		1017	4	Re	5 N	2 A	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
							alta o moderada. Movimientos del recubrimiento activos generalizados de intensidad moderada-alta. Erosión de arroyada y fluvial muy desarrollada de intensidad moderada-alta y alta.
	D	1018	2	de	7 M	2 B	Calizas y dolomías marmóreas. Relieves montañosos generalmente fuertes, con pendientes acusadas y otras más suaves, con gradación de pendientes (0-35 por 100). Procesos: desprendimientos potenciales y activos, las intensidades varían de débiles a fuertes. Deslizamientos planos activos y potenciales poco frecuentes, aunque intensos. Erosión de arroyada y fluvial generalmente intensa y, en menor proporción, moderada y baja.
		1019	4	dε	8 N	2 N	
		1020	4	dε	8 N	1 N	
		1021	9	Dε	5 T	5 T	
		1022	7	dε	8 M	1 M	
		1023	3	dε	8 M	3 A	
		1024	8	pε	6 N	1 A	
		1025	9	Dε	4 T	4 T	
		1026	8	Pε	3 A	4 T	
		1027	3	De	2 T	1 M	
		1028	9	de	8 M	3 N	
		1029	8	de	8 M	5 T	
		1030	3	de	6 M	3 B	
		1031	2	0e	0 O	2 B	
		1032	4	Pε	3 A	4 N	
		1033	8	Pe	2 M	1 B	
		1034	3	Pε	4 T	3 M	
		1035	3	Pε	5 T	4 M	
		1036	0	0e	0 O	2 O	
		1037	1	de	6 M	3 B	
		1038	3	Ce	4 T	5 A	
		1039	3	pe	9 N	4 A	
		1040	2	de	6 M	3 B	
		1041	3	de	8 B	1 M	
		1042	3	Pe	4 T	1 N	
		1043	2	de	6 B	1 B	
		1044	4	de	7 N	4 M	
		1045	3	de	7 N	3 M	
		1046	4	dε	9 A	4 T	
		1047	4	de	8 M	1 M	
		1048	3	Pe	4 N	4 A	
		1049	7	dε	8 N	4 A	
		1050	8	de	10 N	4 N	
		1051	9	Dε	5 A	5 T	
		1052	8	dε	10 A	5 T	
		1053	6	0ε	0 O	2 M	
		1054	4	Pe	1 N	2 M	
7	E	2119	8	dε	6 B	2 B	Calizas y dolomías marmóreas. Relieves montañosos con pendientes generalmente fuertes. Desprendimientos activos y potenciales. Movimientos diferenciales entre masas de distinta competencia (filitas infrayacentes). Movimientos deslizantes planos potenciales y activos. Afectan a más del 50 por 100 de
		2120	8	vε	5 T	1 B	
		2121	9	dε	10 T	5 A	
		2122	8	dε	10 T	5 T	
		2123	8	Dε	4 N	5 T	
		2124	9	Dε	4 T	3 A	
		2125	9	Dε	4 T	4 T	
		2126	9	Tε	5 T	4 A	
		2127	8	Tε	4 A	2 N	
		2128	8	Dε	5 A	5 T	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		2129	8	Fe	5 T	5 T	la superficie con intensidades moderadas a altas o muy altas. La erosión de arroyada y fluvial afecta a una gran porción de la superficie con intensidad moderada a alta.
		2130	8	de	0 O	1 B	
		2131	8	de	10 N	4 N	
		2132	7	pe	6 B	1 B	
		2133	8	pe	7 M	1 B	
		2134	8	dE	7 M	2 M	
		2135	8	Dε	3 N	1 N	
		2136	7	Dε	3 N	4 A	
		2137	8	Dε	5 T	5 A	
		2138	7	Oo	0 O	0 O	
		2139	9	Pe	3 A	4 T	
		2140	8	Dε	5 T	3 A	
		2141	8	dε	3 M	5 T	
		2142	8	Pε	4 A	5 A	
		2143	8	dE	7 B	2 M	
		2144	8	dε	6 A	0 O	
		2145	9	Dε	5 A	5 T	
		2146	8	Ve	5 T	5 T	
		2147	8	dE	8 M	1 N	
		2148	8	Pe	4 N	3 N	
		2149	8	dE	8 A	2 N	
		2150	8	Pe	3 A	2 N	
		2151	9	pe	6 N	2 N	
		2152	9	Dε	3 M	1 B	
		2153	9	De	5 A	4 T	
		2154	8	Pe	6 B	1 O	
		2155	9	De	5 A	4 A	
		2156	9	Dε	5 A	5 A	
		2157	8	pe	10 A	3 A	
		2158	8	dε	6 M	2 B	
		2159	8	dE	8 N	4 A	
	F	1918	8	dε	6 B	2 B	Calizas y dolomías marmóreas. Relieves montañosos con pendientes fuertes. Movimientos diferenciales activos y potenciales entre mass de diferente competencia. Movimientos complejos con deformación de sustrato y en algunsa zonas movimientos de flujo. Desprendimientos potenciales y activos en áreas localizadas pero abundantes. La intensidad de los movimientos es bastante variable según las unidades. Los procesos erosivos afectan a superficies comprendidas entre el 25 y 50 por 100 de la superficie, con intensidades moderadas a altas.
		1920	8	Vε	5 T	1 B	
		1927	8	Tε	4 A	2 N	
		1928	8	Tε	5 T	1 B	
		1929	8	Fe	5 T	5 T	
		1930	8	de	0 O	1 B	
		1931	8	de	0 O	1 B	
		1937	8	Dε	5 T	5 A	
		1945	9	Dε	5 A	5 T	
		1946	8	Ve	5 T	5 T	
		1947	8	dE	8 M	1 M	
		1949	8	dE	8 A	2 N	
		1950	8	Pe	2 N	4 A	
		1951	9	pe	6 N	2 N	
		1952	9	De	3 M	1 B	
		1953	9	De	3 A	4 T	
		1954	8	pe	6 B	1 O	
		1955	9	De	5 A	4 T	
		1958	8	dε	6 M	2 B	
		1959	8	dE	9 N	4 A	
		1960	6	Oe	0 O	1 B	
		2160	6	Oe	0 O	1 B	
		2161	8	te	7 N	2 A	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		2162	8	Dε	5 T	4 T	
		2163	7	de	7 A	1 B	
		2164	8	Te	5 A	3 A	
		2165	8	pε	8 A	3 N	
		2166	8	Te	3 A	1 M	
		2167	8	Te	5 A	1 B	
		2168	9	Dε	5 A	5 A	
		2169	4	Pe	4 N	4 N	
		2170	5	Dε	5 T	4 N	
		2171	8	de	9 N	3 N	
		2172	8	de	9 M	3 N	
		2173	7	de	8 M	0 O	
		2174	8	Pe	4 T	4 T	
		2175	8	Te	5 N	2 N	
		2176	8	dε	7 M	1 M	
		2177	8	Oe	0 O	1 B	
8	A	144	9	DE	1 M	2 M	Calizas, dolomías y mármoles con intercalaciones de calcoesquistos. Relieves muy acusados, con frecuentes cantiles y crestones. Cauces muy encajados. Desprendimientos en escarpes rocosos.
		146	6	Oe	1 O	1 O	
		148	8	de	6 N	2 B	
		149	9	DE	3 A	2 A	
	B	150	2	Oe	1 O	1 B	Calizas, dolomías y mármoles frecuentemente kakirizados. Area muy quebrada por abundantes regueros y estrechos barrancos, con esporádicos crestones, desniveles inferiores a 250 m. Corrimientos y derrumbamientos activos o latentes; desprendimientos en escarpes.
		151	5	Dε	3 A	2 N	
		152	8	Pε	2 N	3 N	
		153	3	pdε	6 M	3 M	
		155	5	Dsε	3 M	4 N	
		157	7	pde	6 M	3 B	
		158	8	SDε	5 M	5 A	
		159	9	Sε	3 N	4 N	
9	A	162	2	re	7 B	1 B	Filitas con intercalaciones de cuarcitas, grauwackas y calizas. Lomas con estrechas vaguadas y barrancos. Desniveles moderados a medios. Deslizamientos del recubrimiento y corrimientos latentes.
		163	3	re	7 B	2 M	
		164	4	RVε	2 M	3 N	
		165	5	Vε	3 N	4 N	
		167	8	Re	3 M	3 M	
	B	1006	3	de	7 B	4 N	Conglomerados, grauwackas, pizarras y filitas. Relieves moderados de pendientes medias (7-14 por 100). Procesos: flujos activos y potenciales frecuentes de intensidad moderada-alta. Desprendimientos potenciales frecuentes de intensidad moderada. Movimientos de masas caóticas aisladas, abundantes o muy abundantes, de intensidad alta. Erosión de arroyada abundante o muy abundante con intensidad alta normalmente.
		1007	3	de	7 N	3 A	
		1008	3	ce	6 B	3 N	
		1009	3	Fe	2 N	5 T	
		1010	3	ze	3 A	3 A	
		1011	3	fe	7 N	4 N	
		1012	4	Ze	4 A	3 A	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
	C	2060	4	re	2 M	2 N	Filitas y esquistos satinados. Relieves moderados con pendientes fuertes, en cerros alomados, normalmente relieves de ladera. La estructuración favorece la alteración superficial, con lo que los movimientos típicos son deslizamientos del recubrimiento con intensidad moderada-alta en el 25 por 100 de la superficie. La erosión es de arroyada con idénticos valores.
10	A	173	3	re	8 B	4 M	Areniscas y conglomerados rojo-violáceos. Lomas con laderas de fuerte pendiente surcadas por numerosos regueros y estrechos barrancos. Deslizamientos y corrimientos del suelo y capa superficial alterada.
		175	5/9	RPε	2 N	4 N	
		176	3	rε	7 M	3 N	
11	A	185	5	dε	8 M	2 M	Dolomías, margas y margocalizas subordinadas. Laderas onduladas de pendiente moderada. Deslizamientos activos generalizados.
	B	184	4	De	3 M	3 B	Dolomías, calizas y calcarenitas. Cerros de cimas redondeadas con desniveles pequeños a medios, con pendientes medias a altas. Desprendimientos activos y potenciales en áreas localizadas.
		188	8	dE	7 N	1 N	
		189	9	de	6 N	3 B	
12	A	193	3	Ve	5 A	1 B	Margas y argilitas con intercalaciones detríticas. Laderas onduladas de pendiente moderada. Deslizamientos activos generalizados.
		194	3	Ve	5 A	2 M	
13	A	201	1	de	7 M	1 B	Dolomías con intercalaciones margosas. Cerros de bajo desnivel, con asomos rocosos y pequeños cantiles locales. Desprendimientos potenciales.
		202	2	dre	6 B	1 B	
14	A	215	5	Dε	3 A	4 A	Yesos y margas yesíferas versicolores. Laderas escarpadas de perfil irregular con barrancos y estrechas gargantas, desniveles medios o moderados. Desprendimientos y desplomes activos o potenciales.

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
	B	221	3	de	6 M	2 M	Margas varioladas, anhidrita y yeso intrusivo con capas arenosas. Cerros de escaso desnivel, con laderas onduladas y pendiente longitudinal media. Deslizamientos activos y potenciales de suelo residual.
		223	3/4	Re	2 M	2 M	
		225	5	RPε	4 M	4 N	
		226	2	fe	7 B	2 M	
	C	227	3	he	8 N	3 N	Margas arcillosas con capas arenosas y óxidos de hierro. Laderas onduladas y alomadas con desniveles y pendientes medias. Deslizamientos generalizados con deformación del sustrato de carácter activo.
	D	1055	3	he	8 N	3 N	Margas abigarradas, areniscas, yesos y carniolas. Relieves moderados con pendientes medias y fuertes. Procesos: hundimientos y deslizamientos circulares potenciales intensos. Erosión de arroyada moderada a fuerte.
		1056	3	cε	9 N	3 A	
		1057	3	Re	3 A	1 O	
		1058	2	he	8 M	3 N	
	E	1060	3	de	8 M	1 M	Margas abigarradas, areniscas, yesos, carniolas y rocas subvolcánicas interestratificadas. Relieves moderados de pendientes débiles a fuertes. Procesos: desprendimientos potenciales de intensidad moderada a fuerte, predominando sobre deslizamientos planos y circulares potenciales. Erosión de arroyada y mixta de intensidad bastante fuerte y, en menor proporción, moderada y débil.
		1061	3	de	8 N	3 A	
		1062	3	de	8 N	1 B	
		1063	4	Cε	8 M	5 T	
		1064	2	dε	6 B	3 N	
		1065	4	dε	10 N	4 T	
		1066	2	Oe	0 O	2 B	
		1067	3	Pe	5 N	2 N	
		1068	3	de	9 A	2 B	
		1069	4	dε	10 T	4 T	
		1070	4	Cε	3 A	2 A	
		1071	4	pe	8 A	2 B	
		1072	3	de	8 N	3 N	
		1074	3	re	8 M	1 B	
		1075	4	Ce	4 A	1 B	
		1076	4	Oe	0 O	1 O	
	F	1077	3	Pε	1 B	3 N	Margas abigarradas, areniscas, yesos, carniolas y rocas subvolcánicas interestratificadas. Relieves moderados con pendientes moderadas a fuertes. Desprendimientos potenciales débiles y moderados. Movimientos del recubrimiento aislados de moderada intensidad. Erosión de arroyada y fluvial de débil a muy fuerte.
		1078	4	Cε	9 A	3 T	
		1079	4	pe	7 B	2 B	
		1080	4	ce	7 B	3 B	
		1081	3	fe	7 M	2 M	
		1082	4	Pε	4 A	3 A	
		1083	3	dε	6 N	1 O	
		1084	3	rε	7 M	2 M	
		1085	3	re	6 M	3 M	
		1086	4	Pe	3 M	2 B	
		1087	4	Fe	5 M	3 B	
		1088	4	fe	7 B	3 M	
		1089	2	Oe	0 O	2 B	
		1090	3	pe	8 A	4 T	
		1091	4	Pε	3 N	3 A	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		1092	2	de	7 M	3 N	
		1093	4	Pe	3 A	3 A	
		1094	4	de	7 B	3 M	
		1095					
15	A	231	9	De	2 M	1 B	Calizas y dolomías grises. Relieves muy acusados de cima amesetada con grandes cantiles en sus bordes y crestones. Desprendimientos latentes.
		239	9	Dε	3 A	2 M	
	B	241	1	dE	6 B	2 M	Calizas y dolomías. Relieves acusados con asomos rocosos generalizados y cantiles locales. Pendientes variables. Desprendimientos activos y potenciales en zonas aisladas favorecidas por la fracturación existente.
		242	2	Oε	1 O	1 B	
		243	3	de	6 M	1 B	
		244	4	dre	7 B	2 B	
		245	5	drε	7 M	2 B	
		246	9	De	3 N	1 B	
		248	8	dε	7 M	2 M	
		249	9	Dε	2 M	2 M	
	C	251	5	Dε	3 N	1 B	Calizas y dolomías muy karstificadas. Cerros de cimas redondeadas o amesetadas con cantiles. Desniveles medios o notables. Desprendimientos activos o latentes y otros localizados de carácter potencial.
		255	5	DE	2 N	1 A	
		256	6	de	6 M	1 B	
		257	7	De	1 M	2 B	
		258	8	De	2 M	2 M	
		259	9/5	Dε	3 A	3 N	
	D	1096	8	he	9 A	1 M	Calizas, calizas dolomíticas y dolomías. Relieves generalmente montañosos, fuertes y moderados. Pendientes variables de débiles a fuertes. Procesos: desprendimientos potenciales y activos de moderados a intensos. Algún hundimiento potencial. Erosión de arroyada de débil a fuerte.
		1097	8	De	4 T	2 A	
		1098	8	De	5 T	2 A	
		1099	2	dε	6 M	2 M	
		1100	8	De	4 A	2 A	
		1101	8	Dε	4 A	3 A	
		1102	3	de	7 M	1 M	
		1103	2	Oe	0 O	1 B	
		1104	3	de	6 B	1 B	
		1105	8	De	5 T	1 B	
		1106	4	Pe	5 T	1 M	
		1107	3	ce	8 A	1 M	
		1108	3	Oe	0 O	2 B	
	E	1109	7	ve	7 B	2 B	Calizas, calizas dolomíticas y dolomías. Raras veces rocas volcánicas interestratificadas. Relieves fuertes montañosos o moderados y pendientes medias, fuertes o muy fuertes. Procesos: desprendimientos activos y potenciales de intensidad débil a fuerte. Escasos deslizamientos del recubrimiento. Erosión de arroyada de intensidad débil o moderada.
		1111	4	de	8 M	2 B	
		1112	8	de	6 B	2 B	
		1114	6	Oe	0 O	2 B	
		1115	9	De	2 M	3 N	
		1116	5	de	7 B	2 M	
		1117	8	de	7 B	2 B	
		1118	4	pe	7 B	2 B	
		1119	3	re	8 M	2 M	
		1120	4	de	7 M	3 M	
	F	1121	2	Oe	0 O	2 B	Calizas, calizas dolomíticas y dolomías. Raras veces rocas subvolcánicas intercaladas.
		1122	4	de	9 N	1 B	
		1123	8	De	5 T	3 A	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		1124	5	De	5 T	2 M	Relieves moderados o fuertes con pendientes fuertes o muy fuertes. Procesos: desprendimientos activos y potenciales, generalmente fuertes. Escasos deslizamientos del recubrimiento y movimientos compuestos. Erosión de arroyada y fluvial de débil a fuerte.
		1125	4	de	8 M	2 B	
		1126	4	Dε	1 A	2 N	
		1127	4	Te	5 A	2 M	
		1128	4	ze	6 B	1 B	
		1129	4	de	7 B	2 B	
		1130	9	de	8 M	2 M	
		1131	5	de	8 N	1 N	
	G	1132	4	de	7 M	4 M	Calizas, calizas dolomíticas y dolomías, raramente rocas subvolcánicas interestratificadas. Relieves suaves moderados y a veces fuertes con pendientes suaves a fuertes. Procesos: desprendimientos activos y potenciales de intensidad moderada a fuerte. En alguna unidad aislada, deslizamientos planos activos de intensidad alta. Movimientos del recubrimiento activos de intensidad alta no generalizados en toda el área. Erosión de arroyada desarrollada de intensidad muy variable.
		1133	3	Oe	0 O	2 B	
		1110	8	Pe	8 N	3 A	
		1134	2	de	0 O	1 B	
		1113	8	dε	5 A	3 M	
		1135	4	Pe	2 B	3 M	
		1136	3	Oe	4 M	1 M	
		1178	3	Re	5 A	1 M	
		1137	0	de	0 O	1 B	
		1138	3	de	4 A	4 B	
		1139	4	de	8 M	1 B	
		1140	5	de	7 M	4 M	
		1141	3	de	7 M	3 M	
		1142	4	Re	10 A	4 T	
		1143	4	de	9 M	2 N	
		1144	4	Fe	2 A	1 O	
		1145	4	de	8 M	1 M	
		1146	3	de	5 A	2 N	
		1147	8	de	10 A	3 A	
		1148	3	dE	7 M	3 M	
		1149	3	Re	6 M	3 B	
		1150	3		6 M	2 M	
		1151	4		4 A	4 B	
	H	1152	4	de	7 M	3 M	Calizas, calizas dolomíticas y dolomías. Relieves moderados con pendientes medias a fuertes. Procesos: desprendimientos potenciales de moderada intensidad. Erosión de arroyada moderada a débil.
		1153	4	Oe	0 O	2 B	
16	A	262	2	Oe	1 O	2 B	Calizas, margas y margocalizas grises o pardas. Cerros de cima redondeada con laderas de notable pendiente y vaguadas frecuentemente encajadas. Deslizamientos latentes o poten ciales.
		263	3	re	7 M	2 B	
		264	4	Re	3 B	3 B	
		265	5	RCE	3 M	3 M	
		266	4	Ce	3 A	3 B	
	B	1154	4	fe	8 A	4 T	Margocalizas, calizas grises y azuladas y margas. Relieves moderados con pendientes que varían de débiles a fuertes. Procesos: deslizamientos planos y circulares activos y potenciales de intensidad débil a moderada.
		1155	4	pe	7 M	4 A	
		1156	4	pe	9 A	4 A	
		1157	4	Ce	2 M	4 A	
		1158	3	fe	6 B	2 M	
		1159	3	fe	7 B	2 N	
		1160	4	fe	8 N	4 A	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		1161	3	pe	6 B	3 A	Algunos fenómenos de flujo potenciales de intensidad variable, débil a alta. Erosión de arroyada de débil a muy fuerte.
		1162	4	Ce	3 M	3 A	
		1163	3	pe	6 B	1 M	
		1164	3	pe	6 B	1 N	
		1165	4	pe	7 M	4 T	
		1166	3	Pe	3 A	3 A	
		1167	4	Ce	3 A	3 A	
		1168	3	fe	7 M	3 M	
		1169	3	ce	7 M	3 M	
		1170	4	pe	7 B	2 N	
		1171	2	re	6 B	2 B	
		1172	3	Pe	3 A	2 B	
		1173	3	fe	6 B	2 B	
		1174	4	Pe	2 A	3 N	
		1175	4	ce	6 M	3 N	
		1176	4	ce	7 M	3 N	
		1177	4	pe	7 M	4 A	
		1179	4	pe	6 M	4 A	
		1180	4	pe	6 B	4 A	
		1181	4	pe	8 M	4 A	
		1182	3	ce	6 M	2 B	
		1184	4	pe	6 O	4 A	
		1185	2	pe	7 B	2 B	
		1187	3	ce	6 M	3 N	
		1188	3	ce	6 M	4 A	
	C	1189	4	pe	7 M	2 B	Margocalizas, calizas grises y azuladas y margas. Relieves moderados con pendientes que oscilan de débiles a fuertes. Procesos: deslizamientos planos y circulares activos y potenciales de intensidad débil, moderada o fuerte. Escasos flujos y deslizamientos del recubrimiento. Erosión de arroyada de débil a fuerte intensidad.
		1190	3	cε	7 B	3 M	
		1191	4	pe	6 B	4 A	
		1192	3	pe	7 B	3 A	
		1193	3	Pe	2 M	4 A	
		1194	3	pe	7 B	3 M	
		1195	3	Ce	1 B	1 B	
		1197	4	re	8 B	3 A	
		1198	4	Fe	2 A	2 B	
		1200	4	pe	8 M	2 B	
		1201	4	ce	7 M	3 N	
		1202	4	pe	8 N	4 N	
		1203	2	fe	6 O	2 B	
		1204	3	Oe	0 O	2 B	
		1205	3	fe	7 M	2 B	
		1206	3	pe	6 B	3 M	
		1207	3	ce	6 B	2 B	
		1208	2	Oe	0 O	1 O	
		1209	3	ce	8 A	2 A	
		1210	3	Re	3 A	1 M	
		1211	3	rε	6 B	2 B	
		1212	3	Cε	2 N	2 M	
		1213	3	Ce	3 A	2 N	
		1214	2	re	7 B	1 O	
		1215	3	Fe	4 N	3 N	
17	A	271	3	de	8 B	1 M	Calizas, margocalizas y margas con predominio de las primeras. Relieve acusado con desniveles importantes. Frecuentes cantiles.
		272	2	re	6 B	1 O	
		273	5	dcε	8 M	3 M	
		274	4	de	7 B	3 B	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		275	5	De	3 N	2 B	Desprendimientos activos y potenciales. Deslizamientos del recubrimiento al pie de las sierras.
		277	7	rfe	8 M	3 B	
		278	8	dε	7 M	3 B	
		279	9	De	2 B	2 M	
	B	283	3	dre	6 B	2 O	Calizas, margocalizas y niveles arenosos subordinados. Lomas y cerros de pendiente variable. Desprendimientos fundamentalmente potenciales en asomos rocosos. Flujos superficiales al pie de los cerros.
		285	5/9	Cdε	3 M	3 M	
		286	5	FCe	3 A	3 M	
		287	7	de	7 B	3 B	
	C	1216	4	Ce	3 A	3 A	Margocalizas, margas y calizas dispersas. Relieves en general moderados y algunos fuertes, con pendientes moderadas a fuertes. Procesos: deslizamientos activos y potenciales de carácter plano y circular de intensidad débiles a moderadas, algunos afectan al recubrimiento con intensidad débil o moderada. Fenómenos de flujo de tipo potencial e intensidad moderada a fuerte. Erosión de arroyada débil a fuerte.
		1217	4	re	7 M	3 N	
		1218	4	pe	7 B	3 N	
		1219	4	ce	7 M	3 N	
		1220	4	re	8 M	4 A	
		1221	3	pe	6 B	3 A	
		1222	4	fe	8 M	3 N	
	C	1224	4	pe	8 A	3 M	
		1225	8	fe	7 B	3 B	
		1226	3	Ce	3 N	2 B	
		1227	4	ze	7 B	2 N	
		1228	4	Fe	5 T	3 N	
		1229	4	ze	7 M	3 N	
		1230	4	Ce	2 M	3 B	
		1231	3	pe	7 M	2 B	
		1233	3	pe	8 N	3 N	
		1234	4	Pe	2 M	3 M	
		1235	3	pε	6 B	2 M	
		1236	4	re	7 B	2 M	
		1237	4	ce	7 M	3 N	
		1238		pe	8 N	4 A	
18	A	292	2	dhe	8 M	2 B	Calizas, margocalizas y margas. Cerros de laderas frecuentemente escarpadas, regueros y barrancos encajados. Desprendimientos activos y latentes. Posibles aludes de piedras.
		293	3	de	7 M	2 B	
		295	9	Dε	4 M	4 N	
		297	7	dε	8 M	2 M	
		298	9	DZe	3 T	3 N	
		299	9	de	8 N	3 M	
	B	302	2	Oe	1 O	1 O	Calizas, margocalizas y dolomías. Suaves lomas y cerros con esporádicos barrancos encajados. Deslizamientos del recubrimiento activos o potenciales y localmente desprendimientos.
		303	3	re	6 B	2 B	
		304	4	rfe	8 M	3 B	
		305	5/8	RDε	3 M	2 N	
		308	8	dre	7 M	3 B	
	C	1119	8	dε	6 B	2 B	Calizas y dolomías de amplia extensión, caracterizadas por una amplia fracturación que las hace jugar en bloques basculantes tipo «horts» y tener morfología kárstica ampliamente desarrollada. Relieves montañosos y pendientes entre 15-35 por 100. Desprendiendimientos, normalmente potenciales, algunos activos en los bordes donde pueden darse movimientos a veces complejos entre materias de diferente competencia. Las superficies afectadas son variables de unas zonas a otras. La erosión de arroyada y fluvial afecta poco en extensión y con intensidad baja.
19	A	313	3	ce	7 M	1 M	Margas y margocalizas. Laderas con perfil longitudinal suave a moderado. Vaguadas semiencajadas. Deslizamientos curviplanares potenciales y corrimientos superficiales.
		314	4/5	Cε	3 N	2 M	
		315	5	Fre	1 B	2 B	
		317	7	Rcε	2 N	3 M	
	B	1239	4	pe	7 M	3 M	Calizas con sílex, margas y margocalizas. Relieves moderados con pendientes variables entre débiles y fuertes. Procesos: deslizamientos planos y circulares activos y potenciales de intensidad débil a moderada. Algunos fenómenos de flujo de tipo potencial e intensidad moderada a fuerte. Erosión de arroyada débil a fuerte.
		1240	4	fe	8 M	3 A	
		1241	3	fe	7 B	2 B	
		1242	4	pe	6 O	2 B	
		1243	3	ce	7 M	2 B	
		1244	3	fe	7 B	3 M	
		1245	3	pe	8 M	3 B	
		1246	2	Pe	4 M	2 M	
		1247	4	pe	9 M	2 B	
		1248	4	re	8 B	3 A	
		1249	3	Ce	3 M	3 M	
		1250	3	ce	8 B	2 B	
		1251	2	pe	7 B	3 B	
		1252	3	Pe	3 N	0 O	
		1253	8	pe	6 B	3 A	
		1254	3	ce	8 M	3 B	
		1255	3	ce	6 B	3 M	
		1256	2	Fe	5 N	3 B	
		1257	4	ce	8 M	2 N	
		1259	3	pe	6 B	2 B	
		1260	3	pe	8 M	2 B	
		1261	3	fe	7 M	2 B	
		1262	3	fe	9 N	2 B	
		1263	4	Pe	3 N	2 B	
		1265	3	fe	7 B	2 B	
		1266	2	Oe	0 O	2 B	
		1267	3	pe	7 B	3 A	
		1268	4	fe	8 M	2 B	
		1269	4	fe	6 B	2 B	
		1270	8	pe	7 B	2 M	
		1271	4	fe	7 B	3 M	
		1272	4	re	8 M	3 B	
		1273	3	fe	8 A	3 M	
		1274	3	De	3 M	2 B	
		1275	4	fe	7 M	2 N	
19	C	2178	3	re	8 N	3 B	Margocalizas, calizas con sílex y margas. Ocupan laderas adosadas a las calizas. Pendientes inferiores al 7 por 100. Caracterizada por movimientos potenciales del recubrimiento que modelan la ladera en una extensión superficial del 50 por 100, con intensidad moderada-alta. Los procesos erosivos son de arroyada y afectan una superficie del 50 por 100, con intensidad baja.
20	A	325	5/9	Dε	3 M	4 N	Vulcanitas s.l. muy fisuradas. Quebradas y cerros con laderas de fuerte pendiente, con frecuentes escarpes, regueros y estrechos barrancos. Derrumbamientos y desprendimientos activos.
		329	9	DRε	4 M	4 M	
	B	333	3	re	7 B	2 B	Doleritas superficialmente alteradas. Relieve alomado con barrancos ocasionales. Corrimientos y deslizamientos del suelo y capa de alteración.
		334	4	Rε	2 M	2 M	
		335	5	Rε	3 M	4 N	
21	A	343	3	Ve	4 N	2 B	Margocalizas, margas y calizas blancas muy tectonizadas. Laderas de pendiente y desnivel variables, ocasionalmente onduladas por deslizamientos latentes.
		344	4	re	7 B	2 B	
		345	5	rε	7 B	3 M	
		348	8	VE	3 N	3 N	
		349	9	VE	1 N	3 M	
	B	1276	3	Ve	4 A	4 T	Margas, margocalizas y calizas dispersas. Relieves moderados de pendientes variables de débiles a fuertes. Procesos: deslizamientos planos y circulares potenciales y activos de intensidades muy variables. Movimientos complejos y flujos activos y potenciales de intensidad también variable. Algunos fenómenos de deslizamiento en el recubrimiento. Erosión de arroyada de intensidad en general fuerte.
		1277	3	fe	7 M	2 A	
		1278	3	pe	8 N	2 A	
		1279	3	Fe	3 N	3 A	
		1280	3	fe	6 B	2 M	
		1281	3	Ce	2N	2 T	
		1282	4	Fe	2 M	2 N	
		1283	3	pe	7 M	2 N	
		1284	2	Fe	3 N	1 O	
		1285	2	Oe	0 O	1 B	
		1286	3	pe	7 M	1 O	
		1287	3	pe	9 M	1 B	
		1288	4	Ce	4 A	3 A	
		1289	3	Ve	4 A	3 M	
		1290	4	ce	7 M	3 A	
		1291	3	Ve	3 A	4 A	
		1292	3	ce	7 M	2 M	
		1293	4	pe	7 M	2 N	
		1294	3	Pe	3 A	2 N	
		1295	3	Vε	4 A	3 A	
		1296	3	Fe	1 M	3 M	
		1297	3	Oe	0 O	2 M	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		1298	3	fe	7 M	2 N	
		1299	3	fe	7 B	2 M	
		1300	2	re	6 B	2 M	
		1301	3	Fe	5 T	3 N	
		1302	3	Fe	5 T	2 M	
		1303	3	Fe	5 T	3 A	
		1304	4	pe	7 M	2 M	
		1306	3	re	7 B	1 B	
	C	1307	4	Fe	1 N	4 T	Margas, margocalizas y calizas dispersas. Relieves suaves a moderados de pendientes débiles a fuertes. Procesos: fenómenos complejos de fuerte intensidad. Deslizamientos potenciales circulares y otros del recubrimiento, escasos, de intensidad débil y moderada. Erosión de arroyada de débil a muy fuerte.
		1308	4	fe	6 M	4 A	
		1309	4	Fe	1 M	2 N	
		1310	2	fe	6 O	1 M	
		1311	3	ce	6 B	4 B	
		1312	4	cε	6 M	3 A	
		1313	3	cε	7 N	5 A	
		1314	4	Fε	3 T	5 T	
		1315	2	Oe	0 O	2 B	
		1316	1	re	0 O	3 B	
		1317	3	re	8 N	3 B	
		1318	3	Fe	3 A	2 N	
		1319	3	Fe	4 T	2 N	
		1320	3	Te	4 A	2 N	
	D	1321	2	Oe	0 O	2 M	Margas, margocalizas y calizas dispersas. Relieves moderados, con pendientes que oscilan de débiles a fuertes 2-35 por cien. Procesos: deslizamientos planos y circulares activos y potenciales de intensidades variables de débiles a fuertes. Fenómenos de flujo activos y potenciales, de intensidad que varía entre débil o muy fuerte. Algunos deslizamientos del recubrimiento. Erosión de arroyada de débil a fuerte y erosión fluvial muy escasa.
		1322	2	pe	7 A	2 B	
		1323	3	fe	7 M	2 M	
		1324	3	ce	7 M	2 B	
		1325	3	fe	6 B	2 M	
		1326	3	fe	8 M	2 M	
		1327	3	Fe	4 A	3 A	
		1328	3	fe	8 N	4 M	
		1329	3	pe	7 M	2 B	
		1330	3	ze	6 B	3 M	
		1332	3	ce	7 M	1 B	
		1333	3	re	7 M	3 M	
		1334	3	pe	8 N	2 M	
		1335	2	Oe	0 O	2 B	
		1336	3	pe	7 B	2 B	
		1339	3	re	7 B	2 B	
		1340	4	Ce	1B	1 M	
		1341	3	Fe	5 T	4 M	
		1342	3	ce	6 B	3 M	
		1343	3	Ce	2 N	4 A	
		1344	3	Fe	5 A	3 A	
		1345	3	ce	7 M	3 M	
		1346	4	Ce	1 M	3 N	
		1347	3	re	6 B	3 B	
		1349	4	Ce	3 B	3 A	
		1350	3	Fe	5 N	3 A	
		1351	3	Ce	5 T	2 B	
		1352	3	Fe	3 A	2 B	
		1353	3	pe	6 B	3 A	
		1354	4	Ce	3 A	3 A	
		1355	3	pe	8 A	4 A	
		1356	3	Ce	5 T	2 B	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		1357	4	pe	7 N	4 T	
		1358	3	Fe	3 M	3 N	
		1359	3	Ce	3 M	3 N	
		1360	3	de	7 M	1 M	
		1361	3	re	6 O	3 B	
		1362	4	pe	7 A	3 A	
		1363	2	re	6 B	4 B	
		1364	3	Fe	5 N	1 B	
		1365	3	fe	7 B	2 B	
		1366	2	Oe	0 O	2 B	
	E	1367	3	Ce	4 A	3 B	Margas, margocalizas y calizas dispersas. Relieves poco pronunciados de pendientes generalmente moderadas o suaves, escasas veces fuertes. Procesos: deslizamientos planos y circulares activos y potenciales bastante abundantes, de intensidad moderada a alta. Flujos potenciales abundantes de intensidad moderada alta. Erosión de arroyada de intensidad baja o moderada.
		1368	4	ce	7 M	2 M	
		1369	4	Cε	1 A	4 M	
		1370	3	ce	6 M	2 B	
		1371	3	pe	8 N	2 M	
		1372	3	fe	9 A	3 B	
		1373	3	Ze	3 A	3 A	
		1374	3	fe	8 N	4 M	
		1375	3	ce	7 B	2 B	
		1376	3	ce	8 M	2 M	
		1377	3	Pe	3 N	3 M	
		1378	4	fe	8 B	3 M	
		1379	3	Re	3 M	3 N	
		1380	3	fe	8 M	4 N	
		1381	3	fe	7 M	4 A	
		1383	2	Oe	0 O	2 B	
		1385	2	pe	7 B	2 M	
	F	2179	3	re	8 N	3 B	Margas, margocalizas y calizas. Morfoárea caracterizada por una reducida extensión superficial, en intracuencas limitadas por estructuras falladas (que corresponden a bloques del «horts» del litogrupo 6). Las pendientes están comprendidas entre 7-15 por 100. La morfoárea queda modelada por movimientos potenciales del recubrimiento, en una superficie del 50 por 100, con intensidad moderada alta, y por procesos erosivos de arroyada, en una superficie menor del 50 por 100, con intensidad baja.
22	A	352	2	re	6 B	2 B	Margas y margocalizas grises y blancas. Lomas y cerros de cima redondeada, con laderas localmente onduladas y vaguadas semiencajadas. Deslizamientos curviplanares latentes o activos.
		353	3	re	8 M	2 B	
		354	4	Ve	4 A	2 M	
		355	5	fε	7 B	2 M	
		356	5	Ce	3 M	2 B	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
	B	365	5	Dε	4 B	4 N	Margas y margocalizas en alternancia rítmica, brechas locales. Relieves con fuertes pendientes y abundantes regueros. Derrumbamientos activos.
23	A	372	2	re	6 B	2 M	Margas, margocalizas y calizas en alternancia rítmica. Laderas de pendiente moderada a suave, generalmente onduladas por deslizamientos con estrechas vaguadas y regueros localmente bien entallados. Deslizamientos del recubrimiento.
		373	3	CRe	3 N	2 B	
		374	4	Ve	5 A	2 M	
		375	5	Re	4 M	2 M	
		378	8	PVe	4 M	4 N	
24	A	385	5	Fe	5 M	5 N	Margas y argilitas verdes; niveles de calcarenitas y conglomerados localmente intercalados. Cerros de cima subaguda con laderas de fuerte pendiente y frecuentes regueros. Flujos latentes del suelo de alteración.
		386	5	ZFe	4 T	5 M	
		387	5	Vε	3 A	5 T	
	B	391	3	VZe	5 A	2 B	Argilitas verdes con intercalaciones locales de calizas detríticas. Lomas con laderas onduladas por deslizamientos activos, con vaguadas de reducida amplitud.
		393	5	Ce	4 N	2 M	
		394	4	Ve	5 A	3 M	
25	A	401	5	DFε	4 N	5 N	Brechas calizas, secuencias turbidíticas y argilitas verdes. Relieves de perfil muy irregular con algunos cantiles y frecuentes regueros. Desprendimientos, corrimientos complejos y flujos, activos o latentes.
		402	2	re	7 M	3 A	
		405	5	Zε	4 T	4 M	
		406	5	TCε	3 N	4 N	
	B	411	4	Se	4 A	2 M	Brechas y turbiditas calizas. Lomas de cima redondeada alargada, con laderas onduladas y vaguadas localmente encajadas. Deslizamientos curviplanares, complejos y latentes.
		412	3	Oe	1 O	1 B	
		413	3	Oe	2 M	2 B	
		414	4	Ve	2 N	3 B	
		415	5	Vε	3 N	2 M	
26	A	425	5	DPε	5 M	4 A	Calizas, margocalizas y margas rojas o blancas. Cerros con laderas de fuerte pendiente, en su mayor parte abarrancadas. Derrumbamientos y desprendimientos activos.
	B	431	4	re	7 B	3 M	Margocalizas y margas asalmonadas o blancas. Lomas con laderas de pendiente moderada o notable, frecuentemente onduladas por deslizamientos activos o latentes; vaguadas de amplitud variable.
		432	2	re	6 B	1 B	
		433	3	Ce	4 N	2 B	
		434	4	Vε	4 A	2 N	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
27	A	445	5	Dε	4 M	3 A	Calizas arenosas bien tableadas, con secuencias turbídicas intercaladas. Relieves con frecuentes cantiles y barrancos encajados. Desprendimientos y derrumbamientos activos.
28	A	455	5	Re	5 M	5 T	Turbiditas margoarcillosas, con niveles calcáreos detríticos intercalados. Bandlands y cárcavas. Corrimientos activos o latentes del recubrimiento.
29	A	462	2	fe	6 B	1 B	Calcarenitas, calcilutitas y margas en secuencias turbidíticas. Amplias vaguadas, cerros de desnivel moderado y cimas redondeadas. Deslizamientos superficiales del recubrimiento de carácter potencial.
		463	3	Ce	2 M	2 M	
		464	4	Ce	3 N	3 M	
		465	5	Re	2 M	4 M	
		466	5	Vε	4 N	3 M	
		467	5	de	7 B	2 O	
	B	473	3	dfe	7 B	3 B	Calcarenitas bioclásticas, margas y calcilutitas. Frecuentes regueros y barrancos, laderas de desnivel moderado a alto. Desprendimientos activos o potenciales. Flujos locales.
		474	4	Pε	1 A	4 M	
		475	5	RPε	4 M	4 N	
		477	7	Dε	2 N	3 M	
		478	8	Dε	1A	2 M	
	C	1386	3	Te	3 N	2 M	Calizas blancas. Relieves medios con pendientes medias a fuertes. Procesos: desprendimientos potenciales de moderada intensidad y fenómenos de inestabilidad activos complejos de intensidad moderada a fuerte. Erosión de arroyada de moderada intensidad.
		1387	4	de	6 M	1 M	
30	A	482	2	re	7 B	1 O	Margas y arcillas varioladas con intercalaciones de calizas detríticas y margocalizas. Relieves con laderas onduladas de pendiente variable, con abundantes vaguadas. Deslizamientos curviplanares latentes o potenciales.
		483	3	CRe	4 M	2 B	
		485	5	rε	8 M	4 M	
		487	7	Ce	3 M	3 M	
	B	1388	4	re	7 M	1 M	Arcillas, margas rojas y areniscas silíceas. Relieves moderados con pendientes suaves a fuertes. Procesos: fenómenos de flujo activos y fuertes, y deslizamientos del recubrimiento potenciales débiles. Erosión de arroyada débil a fuerte.
		1389	2	Oε	0 O	1 B	
		1390	3	Fe	5 T	2 N	
		1391	3	Fe	4 T	2 N	
		1392	2	Oe	0 O	1 B	
		1393	3	re	7 B	1 B	
		1394	3	rε	7 B	3 B	
		1396	3	Ce	2 M	2 M	
	C	1399	3	pe	1 B	1 B	Margas, areniscas y calizas dispersas. Relieves moderados con pendientes medias, en
		1400	3	Cε	4 A	3 N	
		1401	3	pe	3 M	2 M	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		1402	3	Fe	4 N	1 B	raros casos fuertes o ligeras. Procesos: deslizamientos planos y circulares activos y potenciales cuya intensidad es, en general, débil o moderada. Fenómenos de flujo potenciales y activos de moderados a fuertes. Erosión de arroyada de débil a fuerte intensidad.
		1403	2	Fe	4 N	1 B	
		1404	3	Pe	2 B	3 A	
		1406	3	re	6 B	1 B	
		1407	3	pe	6 B	2 B	
		1408	3	pe	7 B	2 B	
		1409	3	Fe	4 T	4 A	
		1410	3	pe	8 B	2 M	
		1411	3	de	7 B	2 B	
		1412	3	fe	7 N	2 B	
		1413	2	Oe	0 O	2 B	
		1414	3	Fe	3 A	2 B	
		1415	3	Pe	4 M	2 B	
		1417	3	pe	6 B	2 M	
	D	1418	3	Fe	4 T	2 N	Margas, areniscas y calizas dispersas. Relieves moderados con pendientes medias. Procesos: flujos activos de intensidad moderada a muy fuerte. Erosión de arroyada intensa a moderada.
		1419	3	Fε	2 N	2 N	
		1420	3	Fe	5 T	2 B	
		1423	3	Fe	3 A	2 M	
		1424	4	pe	4 M	2 M	
		1425	3	Fe	3 N	1 M	
	E	1426	3	pe	6 M	3 A	Margas, calizas dispersas y areniscas. Relieves moderados con pendientes medias (7-15 por 100). Procesos: deslizamientos circulares activos generalizados de intensidad alta. Deslizamientos planos potenciales aislados de intensidad moderada. Erosión de arroyada frecuente o muy frecuente, de intensidad alta.
		1427	3	Ce	5 A	4 A	
	F	2180	2	re	7 N	2 N	Arcillas, margas rojas y areniscas silíceas. Ocupan laderas de escasa pendiente o pendiente nula dentro de relieves moderados. Movimientos de recubrimiento en extensión inferior a 25 por 100 de intensidad moderada-alta. Erosión de arroyada, afectando a menos del 25 por 100, con intensidad moderada-alta.
31	A	493	3	rce	8 B	2 M	Brechas calizas y olistolitos, con secuencias turbidíticas de radiolaritas y argilitas intercaladas. Laderas onduladas con amplios rellanos, vaguadas de amplitud variable y barrancos encajados locales. Deslizamientos potenciales del recubrimiento.
		495	5	rε	8 B	2 N	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
32	A	502	2	Oe	1 O	1 O	Olistolitos y brechas calizas. Areas de morfología irregular con cerros, rellanos, llanuras onduladas y cantiles locales. Riesgo potencial de desprendimientos y deslizamientos del recubrimiento.
		503	3	re	6 B	2 B	
		505	5	dε	7 A	2 M	
		506	5	de	7 B	2 B	
33	A	512	2	Oe	1 O	1 B	Calizas detríticas y margas arenosas en alternancia muy irregular. Areas alomadas y onduladas con cantiles, crestones y barrancos encajados ocasionales. Deslizamientos del suelo y desprendimientos potenciales.
		513	3	Re	2 B	1 B	
		515	5	dE	7 N	3 N	
	B	1428	3	de	6 M	3 M	Maciños, areniscas, arenas, limos, conglomerados y calizas arenosas. Relieves moderados con pendientes que varían entre débiles y muy fuertes. Procesos: desprendimientos potenciales y activos de intensidad moderada a fuerte. Deslizamientos planos y circulares en fase potencial o activa de intensidad variable de débil a fuerte. Flujos y movimientos del recubrimiento débiles o moderados. Hundimientos potenciales. Erosión de arroyada de intensidad variable.
		1429	3	re	8 M	1 M	
		1430	3	ce	6 A	1 M	
		1432	4	Pε	4 T	4 A	
		1433	4	De	5 T	2 A	
		1434	3	hO	6 A	0 O	
		1435	4	de	6 M	1 M	
		1436	4	Cε	3 N	3 A	
		1437	4	Fe	1 N	3 M	
		1438	3	Ce	3 M	2 N	
		1439	3	de	7 B	2 B	
		1440	3	pe	8 A	3 M	
		1441	4	pe	7 N	3 N	
		1442	4	Pe	3 N	3 N	
		1444	2	Oe	0 O	2 B	
		1445	4	pe	7 B	3 N	
		1446	4	pe	8 B	2 M	
		1447	4	de	6 B	2 B	
		1448	3	re	7 M	2 B	
		1449	4	re	7 B	2 A	
		1450	4	de	7 B	1 O	
		1451	3	re	6 M	1 B	
		1452	3	de	9 A	2 M	
		1453	3	ce	8 A	1 M	
		1454	1	Oe	0 O	0 O	
		1455	3	de	7 M	3 A	
		1456	4	de	8 N	1 B	
		1457	4	re	6 B	1 B	
		1458	3	re	6 B	1 O	
		1460	5	pe	8 M	2 N	
		1461	3	pe	6 B	3 N	
	C	1462	3	re	2 M	2 M	Maciños, arenas, areniscas, limos, conglomerados y calizas arenosas. Relieves variables de suaves a moderados, pendientes de suaves a fuertes. Procesos: flujos activos de intensidad moderada a fuerte. Deslizamientos circulares potenciales,
		1463	4	Fe	3 T	2 N	
		1464	0	Oe	0 O	1 O	
		1465	4	de	6 B	3 N	
		1466	3	Fe	4 T	2 N	
		1467	3	Fe	4 N	2 N	
		1468	3	ce	7 M	1 M	
		1469	2	rε	6 O	1 B	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		1470	2	rε	7 O	3 A	de intensidad moderada en áreas pequeñas. Fenómenos de reptación del recubrimiento y desprendimientos potenciales débiles. Erosión de arroyada moderada a fuerte.
	D	2181 2182 2183	5 5 3	cε pε de	7 N 8 M 7 B	3 N 2 N 5 A	Areniscas, calcarenitas bioclásticas, limos, molasas y conglomerados. Relieves moderados con diferencias altimétricas medias y pendientes variables según las unidades. Desprendimientos potenciales. Deslizamientos planos potenciales y circulares simples, con deformación del sustrato. A veces movimientos complejos. Afectan aproximadamente a un 20 ó 35 por 100 de la extensión superficial con intensidad moderada-alta. Procesos erosivos bastante fuertes o moderados.
33	E	2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192	4 4 3 3 3 4 3 3 3	Pε dε pe cε de Te Cε Cε Cε	4 T 8 N 6 B 8 N 9 M 5 T 9 A 7 N 7 N	4 A 3 A 3 M 2 M 3 M 1 M 3 A 4 A 5 A	Areniscas, calcarenitas, molasas, limos y conglomerados. Relieves moderados con pendientes inferiores al 7 por 100. Movimientos potenciales planos y circulares, otros rotacionales y desprendimientos de intensidad moderada-alta afectan de modo variable a las distintas partes de la morfoárea, pero, en general, con intensidad moderada-alta. Procesos erosivos de tipo fluvial y de arroyada con intensidad de moderada a alta.
34	A	521 522 523 524 525	3 2 3 4 4	Ce re Ve Ve Cε	4 M 6 B 5 A 5 N 1 M	2 B 1 B 2 B 2 M 2 M	Margas, margocalizas y limos. Area suavemente alomada con laderas cóncavas, generalmente onduladas por deslizamientos curviplanares activos o latentes.
35	A	535 537 538	5 7 8	Vε Sε Vε	3 N 2 N 3 A	4 A 2 M 2 M	Limos yesíferos con intercalaciones de calizas margosas. Laderas de notable pendiente con algunos barrancos y rellanos. Corrimientos y deslizamientos activos o latentes.
	B	540 541 542 543 544 545	0 2 3 3 4 5	Oe re VRe Ve Vε Ve	1 O 7 B 4 N 5 A 2 M 5 N	1 O 3 B 2 M 1 B 3 N 1 B	Limos y margas con intercalaciones de yeso. Laderas onduladas de pendiente moderada. Deslizamientos curviplanares múltiples activos.
		546	6	re	7 B	1 O	
35	C	2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199	2 4 3 2 0 4 3	Re re cε re OE Fe Fε	2 B 6 B 8 N 6 O 0 O 3 A 2 N	3 M 3 M 3 A 1 B 2 N 4 N 2 A	Margas, yesos, arcillas, arenas, limos y conglomerados. Relieve de moderada altura, con pendientes de suaves a fuertes. Movimientos circulares que afectan al sustrato sin mucha intensidad, flujos y movimientos de deslizamiento de poca importancia. Movimientos potenciales del recubrimiento. La superficie afectada varía entre el 15 y el 50 por 100, según las zonas. Procesos erosivos de arroyada de moderada intensidad.
	D	2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207	1 3 1 4 4 3 8 7	OO de dε Tε Pε pε Dε re	0 O 7 B 7 M 4 T 3 N 6 M 5 T 6 M	0 O 5 A 3 N 1 A 4 N 4 A 5 A 3 N	Margas, yesos, conglomerados, arenas y limos. Relieves moderados o suaves con pendientes bajas. Desprendimientos potenciales, sobre todo en las incisiones de corriente, así como movimientos del recubrimiento y diferenciales, potenciales, no demasiado generalizados, que modelan con intensidad moderada. Los procesos erosivos afectan poco más o menos el 50 por 100 de la extensión del área con intensidad moderada-alta o alta.
36	A	555 558 559	5 9 9	Dε DE DE	4 A 3 T 3 N	2 N 3 T 3 N	Calcarenitas, areniscas bioclásticas y conglomerados. Relieves con grandes escarpes y cauces muy encajados, hog-back y cuestas ocasionales. Desprendimientos activos muy frecuentes.
	B	560 561 562 563 564 565 567	1 5 3 3 3 5 3	De Rε re Rε dε de re	1 O 1 M 6 B 1 M 7 M 6 B 7 B	1 O 2 N 2 B 2 B 3 B 2 B 3 N	Calcarenitas con conglomerados y limos subordinados. Areas alomadas con rellanos, cantiles y barrancos locales. Deslizamientos del recubrimiento latentes y locales.
37	A	572 575 576 577 578 579	2 5 5 5 5 7	re PRe Dε Dε Tε Vε	7 B 5 M 4 N 4 A 4 T 2 N	3 M 5 A 5 N 4 A 3 N 3 N	Margas y limos con frecuentes intercalaciones de calcarenitas y conglomerados. Badlands y relieves con abundantes cantiles y barrancos encajados. Corrimientos activos superficiales, desprendimientos y desplomes.
	B	580 582	2 2	Oe Oe	1 O 1 O	1 B 1 O	Margas, limos, margocalizas y areniscas. Lomas de cima redon-
		583 584 586 588 589	3 4 6 4 5	Ce rfe re Ve Dre	1 N 7 M 7 M 3 A 3 M	3 M 3 M 3 B 2 M 3 N	deada con laderas onduladas de pendiente moderada, rellanos y vaguadas encajadas locales. Deslizamientos curviplanares latentes.
	C	585 587	3 4	dre fdε	7 M 6 B	3 M 3 M	Limos arenosos, yesos arcillosos y margocalizas en alternancia irregular. Cerros de cimas redondeadas o amesetadas. Desprendimientos potenciales y latentes en áreas verticalizadas. Flujos de la capa de alteración superficial.
	D	1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576	4 4 3 3 4 4 4	de Ce de re re Pe Pe	8 A 2 T 8 A 6 B 7 B 2 M 2 M	4 T 5 T 5 T 2 N 3 M 3 N 3 N	Conglomerados, arenas y limos. Relieves moderados con pendientes normalmente fuertes (11-35 por 100) y áreas con pendientes medias (7-15 por 100). Procesos: deslizamientos planos activos; frecuentes, de intensidad moderada. Movimientos del recubrimiento potenciales, aislados o frecuentes de intensidad baja. Deslizamientos circulares activos, frecuentes, de intensidad muy alta. Desprendimientos potenciales, abundantes, de intensidad alta. Erosión de arroyada muy abundante, de intensidad alta.
38	A	592 593 594 595 596 597 598 599	9 3 4 5 4 7 8 9	Dε fε DE DE Dε Ce Rε DE	2 N 6 B 2 N 2 A 2 M 4 N 2 M 3 M	4 A 2 M 4 A 4 A 2 M 2 M 2 N 4 A	Arenas limosas con intercalaciones de conglomerados y arcillas en proporción variable. Relieves de notable desnivel con barrancos encajados esporádicos y algunos cantiles. Desprendimientos y deslizamientos activos.
	B	600 601 602 603 604 605 606	0 4 1 3 2 3 3	Oe Dε fε Cε fe Dε rε	1 O 2 M 6 B 1 M 6 B 1 M 7 M	2 O 2 M 3 B 2 M 4 B 3 B 3 M	Limos y arenas con intercalaciones de conglomerados. Lomas y laderas de pendientes moderadas con asomos rocosos. Desprendimientos activos y potenciales. Deslizamientos del recubrimiento latentes y potenciales.
	C	1494 1495 1496 1497 1498 1499 1500	2 2 3 2 3 3 3	re ce Cε re Ce ce fε	6 M 6 B 6 N 6 B 3 N 7 M 8 N	2 B 2 M 2 A 1 O 2 N 3 A 3 A	Limos, arcillas, areniscas, yesos y conglomerados dispersos. Relieves moderados y suaves con pendientes débiles a moderadas. Procesos: deslizamientos circulares activos y potenciales de intensidad débil a moderada.

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		1501	2	fε	7 A	3 N	Flujos de arcillas activos y potenciales, moderados y fuertes. Erosión de arroyada y fluvial, de moderada a fuerte.
		1502	4	Fe	2 T	E T	
		1503	3	Te	3 N	1 A	
		1504	3	Te	2 N	3 A	
		1505	3	Fe	4 T	2 A	
		1506	2	te	6 N	2 M	
		1507	3	Te	3 N	1 A	
		1508	2	fe	6 M	1 M	
		1509	3	Vε	4 A	3 A	
		1510	3	Ze	5 T	1 N	
		1511	3	Te	5 T	3 A	
		1512	3	Te	5 A	2 A	
		1513	3	Ce	4 A	2 M	
		1514	3	ce	7 T	2 A	
		1515	3	CE	5 T	4 A	
		1516	3	Ve	5 T	2 A	
		1517	3	ce	6 M	4 M	
		1518	3	ce	7 M	4 T	
		1519	3	Ve	4 N	3 A	
		1520	3	Ce	3 A	5 T	
		1521	3	pe	6 A	1 N	
		1522	3	cε	8 N	3 A	
		1523	3	cε	8 N	3 A	
		1524	2	Re	2 B	3 M	
	D	1525	4	Ce	1 m	5 T	Limos, arcillas, areniscas, yesos y conglomerados dispersos. Relieves variables, desde suaves (menos abundantes) a moderados con pendientes fuertes a medias (más abundantes). Los valores medios de las pendientes están entre el 7 y 15 por cien. Procesos: deslizamientos circulares y planos activos y potenciales, de intensidad moderada a moderada-alta. Movimientos del recubrimiento potenciales, abundantes localmente, de intensidad baja o moderada. Flujos activos generalizados de intensidad moderada-alta a muy alta. Flujos potenciales también abundantes de intensidad moderada-alta. Movimientos complejos activos, también generalizados, de intensidad alta o muy alta. Desprendimientos poco extendidos, de intensidad baja. Erosión de arroyada y fluvial de intensidad muy variable.
		1526	3	ce	7 A	2 M	
		1527	2	de	6 B	1 B	
		1528	2	Fε	4 N	3 M	
		1529	2	fe	7 N	1 B	
		1530	2	re	6 B	1 O	
		1531	2	re	9 N	1 O	
		1532	3	re	6 O	1 O	
		1533	3	ce	10 a	1 N	
		1534	3	Pe	1 M	1 M	
		1535	4	Cε	3 N	2 N	
		1536	3	Ce	4 T	4 T	
		1537	3	Fε	5 T	3 T	
		1538	3	ro	6 B	0 O	
		1539	0	ce	6 M	1 B	
		1540	3	Ce	2 M	2 B	
		1541	4	dce	8 N	4 T	
		1542	4	de	7 N	2 N	
		1543	4	Pe	3 A	4 M	
		1544	3	ro	6 B	0 O	
		1545	3	re	7 M	2 A	
		1546	2	ce	6 B	0 O	
		1547	2	re	6 B	0 O	
		1548	0	OO	0 O	0 O	
		1549	4	cε	10 T	2 T	
		1550	3	Cε	3 A	2 T	
		1551	4	Pε	3 N	4 T	
		1552	4	Vε	5 A	3 T	
		1553	4	Pe	5 T	3 A	
		1554	4	Pe	3 T	3 T	
		1555	3	re	6 B	1 B	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		1556	3	Fε	4 N	3 A	
		1557	2	Fe	3 M	4 B	
		1558	4	cε	5 T	5 T	
		1560	3	Ve	5 T	4 B	
		1561	3	pe	8 M	4 M	
		1562	3	fe	6 O	2 B	
		1563	3	cε	7 A	1 B	
		1564	1	Ce	3 N	1 N	
		1565	3	Fe	4 A	1 O	
		1566	3	re	9 M	1 M	
		1567	3	pe	7 A	1 O	
		1568	3	Fe	5 T	4 N	
		1569	3	Ce	1 N	5 T	
	E	1577	4	ce	9 T	1 A	Limos, arcillas, areniscas, yesos y conglomerados dispersos. Relieves fundamentalmente moderados, algunos suaves, rara vez fuertes. Pendientes medias predominantes, otras fuertes y algunas suaves. Procesos: deslizamientos circulares y planos activos predominantemente y potenciales, intensidad alta en general. Flujos activos de intensidad moderada a alta. Erosión de arroyada y fluvial de intensidad moderada a fuerte.
		1578	3	Fe	3 N	1 A	
		1579	4	Ce	3 T	2 T	
		1580	4	ce	8 T	2 A	
		1581	3	Fe	4 T	1 A	
		1582	4	de	10 A	5 T	
		1583	3	pe	8 A	3 M	
		1584	4	Cε	3 A	4 A	
		1585	3	Pre	3 N	1 N	
		1586	3	Pe	4 A	2 M	
		1587	3	Fe	2 A	2 M	
		1588	3	Te	4 A	1 T	
		1590	3	Cε	4 T	2 A	
		1591	3	De	2 M	1 M	
		1592	1	Oε	0 O	1 N	
		1593	3	Cε	2 A	5 A	
		1594	8	cε	7 A	3 T	
		1595	4	Cε	4 T	5 T	
		1596	4	cε	8 A	1 M	
	F	1598	2	CE	2 A	1 A	Limos, arcillas, areniscas, yesos y conglomerados dispersos. Relieves moderados y suaves con pendientes suaves y medias. Procesos: deslizamientos activos y potenciales de tipo circular, predominando sobre los planos y flujos de intensidades generalmente moderadas. Erosión de arroyada y fluvial de intensidad generalmente moderada, localmente fuerte o débil.
		1600	4	De	4 A	1 A	
		1601	3	pe	6 M	4 A	
		1602	2	de	6 M	1 M	
		1603	0	OE	0 O	1 M	
		1604	0	cE	6 B	1 M	
		1606	2	pε	6 M	2 M	
		1607	3	Cε	9 T	4 T	
		1608	3	ce	6 B	5 T	
		1609	3	Cε	2 N	4 T	
		1610	3	Pe	2 M	2 B	
		1611	3	Cε	3 N	4 A	
		1612	2	re	6 O	3 B	
		1613	2	ce	6 B	2 M	
		1614	3	Cε	6 M	3 M	
		1615	2	Fε	1 N	3 N	
		1616	2	Cε	1 N	3 M	
39	A	619	9	Dε	2 N	4 A	Conglomerados heterométricos, arenas y limos. Amplios cerros con laderas de fuerte pendiente y cantiles frecuentes. Desprendimientos y derrumbamientos activos o potenciales.

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
	B	629	9	dε	9 M	4 N	Conglomerados heterométricos, arenas y limos. Cerros con laderas subrectilíneas de fuerte pendiente, con estrechas vaguadas y pequeños barrancos. Riesgo generalizado de derrubiamientos.
	C	621	1	de	6 B	1 O	Conglomerados maduros de cantos calcáreos con matriz areno-limosa. Zonas de pendientes suaves con cimas planas o redondeadas, vaguadas amplias de fondo plano. Deslizamientos potenciales del recubrimiento y desprendimientos en asomos rocosos localizados.
		622	2	Fe	2 B	3 N	
		626	6	rε	6 B	3 M	
		627	4	drε	7 M	2 M	
39	D	1727	4	ce	9 A	4 T	Conglomerados y arenas. Relieves moderados con pendientes medias a fuertes. Procesos: deslizamientos circulares activos muy abundantes, de moderada y alta intensidad. Deslizamientos planos, potenciales y activos bastante abundantes de intensidad moderada-alta. Deslizamientos potenciales circulares de intensidad también alta. Movimientos del recubrimiento muy abundantes en alguna unidad. Desprendimientos potenciales de intensidad generalmente alta. Algunas unidades no tienen problemas de movimientos. Erosión de arroyada afectando en distinto grado al área, en general con intensidad moderada a alta.
		1728	4	Ce	5 T	4 T	
		1729	4	re	7 B	1 M	
		1730	4	Re	4 M	1 M	
		1731	2	OO	0 O	0 O	
		1732	4	Pε	3 N	4 T	
		1733	3	re	7 B	2 N	
		1734	4	Pe	3 N	4 N	
		1735	4	de	9 M	5 T	
		1736	4	ce	8 N	1 M	
		1737	4	Cε	1 N	2 T	
		1738	4	de	7 N	5 A	
		1739	4	Ce	4 T	5 T	
		1740	3	cε	1 B	2 A	
	E	2224	4	pε	6 N	5 A	Conglomerados poligénicos, limos y a veces margas. Relieves moderados, con pendientes generalmente fuertes. Desprendimientos generalmente potenciales en escasa extensión superficial y de intensidad moderada-alta. Deslizamientos planos escasos generados a favor de la estratificación. Procesos erosivos de arroyada generalizados, de intensidad moderada-alta.
		2225	4	de	6 A	1 O	
		2226	4	de	8 M	5 A	
		2228	4	de	8 M	5 A	
40	A	630	0	Oe	1 O	1 O	Limos, arenas y conglomerados. Badlands con frecuentes cantiles ocasionalmente escalonados, valles esporádicamente enca-
		631	1	dε	8 B	2 B	
		632	2	Dε	2 N	2 N	
		633	3	Cε	2 B	2 N	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
		634	4	dfe	8 B	5 N	ñonados, vaguadas locales. Desprendimientos y desplomes activos.
		635	5	Dε	5 A	5 A	
		636	5	de	9 A	5 T	
		637	5	Dε	2 N	4 A	
		638	5	Dε	4 T	5 T	
		639	3	de	7 B	1 B	
	B	641	5	drε	7 M	4 M	Arcillas y conglomerados alternantes irregularmente. Area alomada con vaguadas y barrancos. Deslizamientos del recubrimiento de carácter potencial, y desplomes potenciales y activos en áreas localizadas.
		642	2	Oe	1 O	1 B	
		643	3	Ce	1 M	2 M	
		644	4	Cε	1 N	3 M	
		645	5	PE	3 A	3 N	
		646	2	re	7 B	3 M	
		647	3	hre	8 BG	3 M	
		649	5	Dε	1 N	2 M	
	C	1619	3	re	6 B	2 A	Limos, arcillas, areniscas, yesos y conglomerados dispersos. Relieves moderados y suaves con pendientes medias (7-15 por cien), no descartándose la posibilidad de unidades con pendientes nulas. Procesos: deslizamientos circulares potenciales desde aislados a frecuentes, de intensidad moderada-alta. Movimientos de recubrimiento potenciales, aislados o frecuentes, de intensidad baja a moderada. Desprendimientos potenciales frecuentes o abundantes, de intensidad moderada. Flujos activos muy abundantes o generalizados, de intensidad moderada-alta. Deslizamientos circulares activos, de abundantes a generalizados zonalmente, con intensidad desde moderada a muy alta. Deslizamientos planos activos frecuentes, de intensidad alta. Desprendimientos activos de intensidad moderada, generalizados en una unidad. Movimientos complejos, de intensidad alta, muy abundantes en una unidad. Deslizamientos planos potenciales aislados o frecuentes, de intensidad baja. Erosión de arroyada y fluvial, afectando de forma aislada a generalizada, y de intensidad baja a muy alta.
		1620	3	cE	8 N	2 T	
		1621	3	cε	6 M	2 A	
		1622	3	Fe	5 A	2 N	
		1623	4	Pe	3 A	1 A	
		1624	0	rE	7 M	1 O	
		1625	3	Fe	1O	3 M	
		1626	4	Fe	2 A	4 N	
		1627	4	cε	6 N	3 N	
		1629	0	OO	0 O	0 O	
		1630	2	Oe	0 O	1 O	
		1631	0	re	7 B	1 N	
		1632	3	Ce	5 T	3 M	
		1633	3	re	6 O	2 M	
		1634	3	re	6 B	1 B	
		1635	1	Oe	0 O	1 B	
		1636	3	rε	6 O	4 M	
		1638	3	de	7 M	3 A	
		1640	1	De	5 N	4 A	
		1641	3	Ce	3 N	1 O	
		1643	2	Oε	0 O	1 B	
		1644	2	re	6 B	1 M	
		1645	3	fe	7 B	3 N	
		1646	3	re	6 B	3 N	
		1647	3	Oe	0 O	2 B	
		1648	3	de	6 B	2 M	
		1649	3	pe	6 B	2 N	
		1650	3	re	6 B	2 B	
		1651	2	Oε	0 O	1 A	
		1652	3	re	6 B	2 M	
		1653	3	Fε	2 M	2 N	
		1655	3	pe	7 M	1 O	
		1656	3	Cε	3 N	4 M	
		1657	2	cε	1 B	4 N	
		1658	3	Ce	4 M	1 M	
		1659	1	Oe	0 O	1 A	
		1660	3	re	6 M	3 M	
		1662	1	ce	8 M	3 N	
		1663	1	de	8 B	4 A	
		1664	4	re	7 N	4 T	
		1665	3	Ce	4 A	3 N	
		1666	3	dε	8 M	4 A	
		1667	1	ce	9 N	4 M	
		1668	0	ce	8 N	3 M	
		1669	0	ce	8 N	1 M	
		1670	0	Oe	0 O	1 M	
		1672	0	OE	0 O	1 M	
		1673	3	de	7 M	2 A	
		1674	3	Ce	1 N	2 N	
		1676	3	Oe	0 O	1 B	
		1679	3	re	6 B	2 A	
		1680	0	Fe	4 N	1 A	
		1681	1	pe	8 N	2 M	
		1682	0	re	6 B	1 B	
		1683	3	Pe	3 A	2 A	
		1684	4	de	6 B	2 A	
		1685	2	re	6 O	2 O	
		1686	3	ce	6 O	1 O	
		1687	3	cε	6 N	5 T	
		1688	3	ce	6 O	2 N	
		1689	3	pe	6 B	2 B	
		1690	2	re	6 B	1 O	
		1691	0	de	8 A	4 M	
		1692	2	Oε	0 O	3 M	
		1693	3	ce	7 B	2 M	
		1694	2	ce	7 B	2 B	
		1695	2	re	6 O	2 M	
		1696	3	ve	9 A	1 A	
		1697	4	ce	7 N	5 T	
		1698	2	re	1 M	1 M	
	D	1699	3	ce	7 B	1 B	Conglomerados, limos y arenas. Relieves suaves a moderados en altitud, pendientes suaves a moderadas y raras veces fuertes. Procesos: deslizamientos circulares y planos, activos y potenciales de intensidad variable de débil a alta. Desprendimientos activos y potenciales de intensidad débil a media. Movimientos de deslizamiento en el recubrimiento de similar intensidad. Hundimientos potenciales variables en intensidad. Erosión de arroyada y fluvial variable de débil a alta.
		1700	3	hO	6 M	0 O	
		1701	3	re	6 B	3 N	
		1702	4	De	2 A	5 T	
		1703	3	Cε	3 N	3 N	
		1704	2	PE	2 A	1 A	
		1705	3	CE	1 M	4 N	
		1706	2	Oe	0 O	1 B	
		1707	3	ce	6 M	4 A	
		1708	0	Oe	0 O	1 O	
		1709	3	cε	6 O	4 A	
		1710	3	Oe	0 O	1 M	
		1711	3	Ce	4 A	1 N	
		1712	3	pε	7 M	5 N	
		1713	2	pε	6 M	2 M	
		1714	3	Ce	3 A	2 N	
		1716	2	Oe	0 O	1 B	
		1717	3	pe	7 B	3 M	
		1718	2	re	6 N	1 O	
		1719	0	re	6 B	1 B	
		1720	3	de	6 M	2 M	
		1721	3	ce	6 B	2 B	
		1722	2	ce	6 B	1 B	
		1724	2	hO	6 M	0 O	
		1725	3	ce	6 M	1 B	
		1726	7	OO	0 O	0 O	
	E	2209	7	OO	0 O	0 O	Conglomerados, arenas y limos. Relieves moderados con pendientes variables según la unidad. Desprendimientos sobre todo en las incisiones de corriente. Pueden darse movimientos circulares simples y diferenciales. En conjunto, afectan la morfoárea en diferentes extensiones e intensidades, que se especifican en las distintas unidades. Erosión que afecta el 50 por 100 de la extensión de la morfoárea con intensidad moderada.
		2210	5	Dε	5 A	4 A	
		2211	2	cε	6 B	2 M	
		2212	4	Te	5 T	1 M	
		2213	1	Oe	0 O	2 B	
		2214	2	de	8 M	3 M	
40	F	2215	3	cε	7 N	5 A	Conglomerados, arenas y limos. Relieves moderados con pendientes de variadas inclinaciones, generalmente suaves a medias. Movimientos de desprendimiento potenciales en las barrancas. Movimientos circulares simples potenciales y activos, y movimientos también potenciales del recubrimiento como más importantes, todos ellos escasamente desarrollados en la extensión que afectan (menos del 25 por 100), con intensidades moderadas-altas. Los procesos erosivos modelan una gran parte del área con intensidad moderada-alta.
		2216	3	cε	7 N	4 A	
		2217	4	Cε	4 A	5 T	
		2218	4	cE	7 N	2 N	
		2219	3	rε	7 N	3 A	
	G	2020	3	cε	7 N	4 A	Conglomerados, arenas y limos. Relieves moderados con pendientes medias. Movimientos rotacionales circulares potenciales, escasamente generalizados, afectando con intensidad moderada-alta. La erosión de arroyada y fluvial afecta el 75 por cien de superficie, con intensidad alta.
41	A	650	0	fe	8 B	3 B	Margas, limos, margocalizas y conglomerados calcáreos. Mesas estructurales con cantiles escalonados en sus bordes y relieves con gran profusión de barrancos y regueros. Desprendimientos y desplomes activos. Deslizamientos estacionales del recubrimiento.
		651	1	dpe	9 M	4 A	
		652	2	DE	2 M	1 N	
		653	2	fε	7 B	3 N	
		654	4	Ce	2 N	3 N	
		655	5	Dε	4 A	3 A	
		656	5	Re	3 B	3 N	
		657	5	DSε	3 T	3 N	
		658	5	Drε	2 M	3 N	
		659	5	Dε	3 N	3 N	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
	B	712	2	re	8 B	2 B	Limos arcillosos, calizas, calizas micríticas. Relieve discontinuo con laderas onduladas y cimas planas o amesetadas, flujos y reptaciones de la capa superficial. Desprendimientos activos en cantiles.
		713	3	Dε	1 N	1 M	
		714	4	drε	7 B	3 M	
	C	1443	2	pe	6 N	2 B	Calizas, limos y margas lacustres. Relieves suaves y moderados con pendientes débiles planos y circulares potenciales en general y algunos activos de intensidad moderada a alta. Movimientos complejos débiles a moderados en fase activa o potencial. Erosión de arroyada y fluvial de débil a fuerte intensidad.
		1459	3	pe	6 A	3 A	
		1462	2	Pe	4 N	2 B	
		1471	1	tO	6 O	0 O	
		1472	1	pO	6 B	0 O	
		1473	1	TO	3 N	0 O	
		1474	2	pε	6 B	1 B	
		1475	2	cε	7 N	2 B	
		1476	3	ce	7 M	3 A	
		1477	2	Oe	0 O	2 B	
		1478	2	te	6 B	2 B	
		1479	3	Te	3 N	2 A	
		1480	3	pe	6 B	2 A	
		1481	3	cε	6 M	3 M	
		1482	2	pe	6 N	2 M	
		1483	0	OE	0 O	2 B	
		1484	2	pε	6 M	2 M	
		1485	3	Pε	4 A	3 A	
		1486	2	pε	6 M	3 B	
		1487	3	Tε	3 N	2 A	
		1488	1	pe	6 N	2 B	
		1489	2	te	6 N	1 M	
		1490	3	pe	7 N	5 A	
		1491	2	pe	6 M	3 A	
		1492	3	Fe	2 T	3 T	
		1493	3	Te	4 N	1 M	
	D	2208	5	dE	8 N	2 N	Calizas, limos y margas lacustres. Morfológicamente, forman mesas y laderas con zonas escarpadas. Desprendimientos potenciales generalizados en el 50 por 100 de la extensión superficial, con intensidad moderada-alta. Los problemas erosivos de naturaleza fluvial modelan con análoga intensidad que los movimientos en el 25 por cien de la extensión de la morfoárea.
42	A	660	0	fε	6 B	1 O	Limos, cantos y bloques a veces encostrados. Áreas de glacis y conos de deyección de pendiente baja. Riesgo local de flujos y corrimientos superficiales.
		661	1	DE	4 M	5 N	
		662	2	Rε	1 M	2 M	
		663	3	rcε	8 M	3 M	
		664	2	dE	6 M	2 M	
		665	0	De	1 B	1 O	
		666	2	re	6 B	2 B	
		667	3	Dε	1 O	2 M	
		669	3	dre	6 B	2 M	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
	B	670	0	Oe	0 O	0 O	Arcillas, cantos y bloques en proporción muy variable, ocasionalmente cementados, constituyendo depósitos coluviales y pequeños conos de deyección. Deslizamientos curviplanares y corrimientos superficiales, flujos locales.
		671	2	fze	6 B	2 B	
		672	2	re	7 M	1 B	
		673	3	Ce	2 M	2 B	
		674	4	fde	6 M	2 B	
		675	5	Re	3 M	2 M	
		676	7	Re	4 B	2 M	
		677	8	Ce	3 M	3 M	
		678	9	Ce	2 M	3 M	
		679	9	De	2 N	1 M	
		680	2	DHE	2 A	2 M	
		681	1	he	8 M	2 B	
	C	1782	3	de	6 A	3 A	Materiales detríticos gruesos, de conos. Relieves suaves y moderados con pendientes suaves, medias a fuertes según las unidades. Procesos: movimientos del recubrimiento de intensidad moderada. Desprendimientos potenciales y reptación del suelo de débil intensidad. Unidades sin problemas de movimiento. Erosión de arroyada y fluvial de intensidad moderada y alta.
		1783	0	Oe	0 O	1 B	
		1784	1	Oε	0 O	3 M	
		1785	1	Oε	0 O	1 M	
		1786	3	re	6 B	4 N	
		1787	4	fe	7 M	4 N	
		1788	4	de	7 N	4 T	
		1789	3	re	7 B	4 A	
		1790	3	pe	7 B	4 A	
		1791	3	de	6 A	5 T	
		1792	3	de	6 A	1 A	
		1793	3	dε	6 N	3 T	
		1794	2	Oε	0 O	2 A	
	D	2244	2	de	10 T	3 A	Conos de deyección. Relieves de ladera con pendientes variables, a veces fuertes en las partes superiores que se van suavizando en el centro y pasan a ser nulas en las más bajas. Desprendimientos potenciales en los barrancos. Los procesos erosivos tienen una intensidad variable, en general fuerte.
		2245	2	de	10 T	3 A	
		2246	0	Oe	0 O	1 B	
		2247	0	Oe	0 O	1 B	
	E	2229	1	dE	1 O	1 B	Conglomerados y arenas. Relieves suaves con pendientes fuertes en los bordes. Desprendimientos potenciales en los bordes, escasamente generalizados (menos del 10 por 100), con intensidad muy baja. La erosión fluvial tampoco posee características reseñables.
43	A	682	2	de	6 B	1 M	Travertinos y tobas calizas, dolomías arenosas. Relieves de perfil irregular con cantiles, rellenos y algunos barrancos. Desprendimientos activos o potenciales.
		683	3	Dhε	3 A	2 N	
		685	5	DE	3 N	3 A	
		688	8	DE	2 N	1 N	
		689	5	De	2 A	3 B	
	B	1774	2	Pe	4 A	4 B	Travertinos. Relieves moderados con pendientes suaves y medias. Procesos: deslizamientos planos,
		1775	3	de	2 M	1 M	
		1776	3	Ce	1 A	1 N	

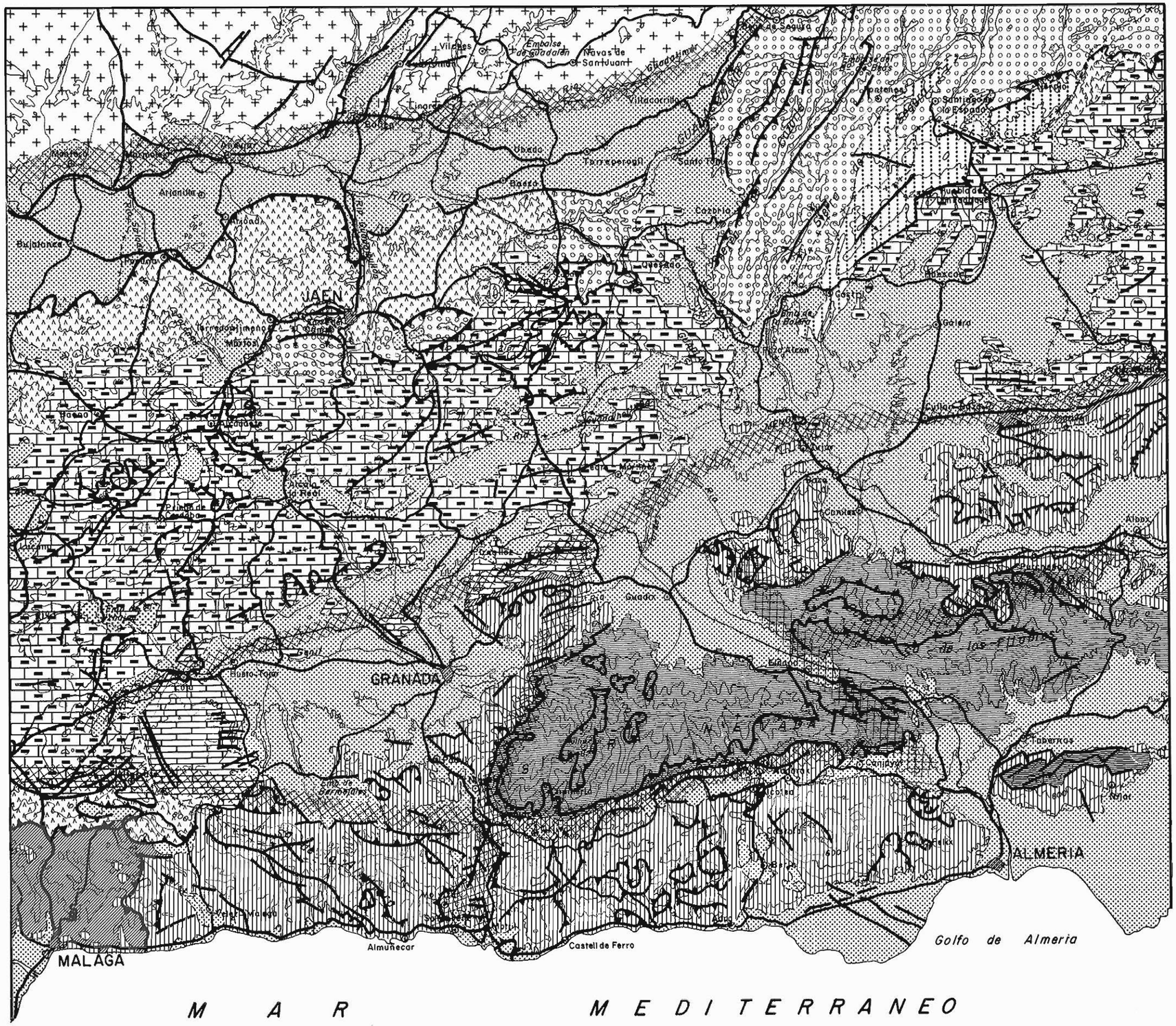
Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
							actividad aislada o muy abundante, según las unidades. Desprendimientos potenciales aislados o frecuentes de intensidad moderada. Erosión variable entre baja y alta, según las unidades.
	C	1777	3	de	6 M	1 A	Travertinos. Relieves suaves con pendientes bajas y fuertes (20 por 100) en zonas aisladas, que coinciden con los bordes. Procesos: desprendimientos activos generalizados de intensidad muy alta. Desprendimientos potenciales abundantes de intensidad moderada-alta. Deslizamientos circulares potenciales muy abundantes, de intensidad moderada-alta. Erosión de arroyada muy variable según las unidades.
		1778	1	Oe	0 O	1 B	
		1779	1	De	5 T	3 M	
		1780	1	de	8 N	2 M	
		1781	1	ce	9 N	4 A	
	D	2248	1	He	5 T	1 B	Travertinos. Relieves suaves con pendientes fuertes. Desprendimientos potenciales relativamente generalizados, con intensidad alta, y hundimientos activos. La erosión de arroyada, escasamente importante, afecta con intensidad baja-moderada.
		2249	1	de	8 A	1 M	
		2250	1	de	9 M	3 M	
44	A	690	0	CdE	1 B	2 B	Arcillas, arenas y limos con cantos minoritarios. Ramblas y llanuras aluviales, en general abancaladas y con terrazas. Deslizamientos y desplomes en escarpes. Flujos de valle.
		691	1	DFE	2 A	5 N	
		692	2	CDE	2 B	2 B	
		693	2	DE	2 M	1 M	
		694	1	CE	2 M	3 N	
		695	1	FE	4 M	4 N	
	B	696	0	OE	1 O	1 B	Limos arcillosos y conglomerados heterométricos con relieve planar, pequeños cantiles en los bordes. Esporádicos desprendimientos en cornisas o sin movimientos.
		699	2	De	1 B	3 B	
	C	1796	0	OE	0 O	2 N	Materiales detríticos de aluviales. Relieves planos o poco inclinados. No hay fenómenos de inestabilidad. Erosión fluvial moderada a fuerte.
		1797	0	OE	0 O	2 M	
		1798	0	OE	0 O	2 A	
		1799	0	OE	0 O	1 B	
		1800	0	OE	0 O	2 M	
	D	2259	0	OE	0 O	1 N	Aluviales. Relieves suaves con pendientes suaves y/o nulas. Sin problemas de movimientos. Procesos erosivos fluviales de intensidad generalmente moderada-alta.

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
45	A	1802	1	OE	0 O	1 B	Materiales detríticos de terrazas. Relieves suaves con pendientes suaves o nulas (7 por 100), sin problemas de movimiento. Erosión fluvial aislada con intensidad baja.
	B	2252	1	de	6 O	1 B	Terrazas. Relieves planos muy suaves con pendientes fuertes sólo en los bordes de la formación. Desprendimientos potenciales o activos y movimientos circulares potenciales o activos de escasa importancia en extensión e intensidad. Erosión fluvial de intensidad baja.
		2253	0	OO	0 O	0 O	
		2254	0	OE	0 O	1 N	
		2255	0	cE	6 N	1 B	
		2256	1	dE	6 O	1 B	
		2257	1	cE	1 O	2 M	
46	A	1743	2	ce	6 B	2 B	Materiales detríticos y margosos de coluviales y derrubios. Relieves suaves y pendientes casi nulas, y relieves moderados con pendientes que varían de suaves a fuertes. Procesos: fenómenos de deslizamiento de tipo circular y flujos potenciales y algunos activos de débil a moderada intensidad. Fenómenos de reptación y deslizamiento en el recubrimiento, potenciales y activos, de intensidad débil. La mayor parte de las unidades no presentan problemas de movimientos. Erosión de arroyada y fluvial muy variable, con intensidad entre débil y moderada-alta.
		1744	0	Oe	0 O	2 B	
		1745	3	Ce	4 N	2 A	
		1746	3	Ce	2 N	1 M	
		1747	4	re	9 M	1 M	
		1748	3	Rε	2 N	2 M	
		1749	4	He	1 A	1 M	
		1750	3	Fe	4 T	2 M	
		1751	2	Ce	2 M	2 N	
		1752	4	Oε	0 O	3 A	
		1753	3	ce	7 B	2 B	
		1754	0	Oe	0 O	1 O	
		1755	2	Oe	0 O	2 M	
		1756	3	Oe	0 O	1 M	
		1757	2	re	6 O	1 M	
		1758	2	re	7 M	1 O	
		1759	3	Oe	0 O	0 O	
		1760	3	Re	3 N	2 N	
		1762	3	Fe	2 M	2 B	
		1763	0	Oε	0 O	1 A	
		1764	2	fe	6 O	2 N	
		1765	3	Pe	2 M	3 M	
		1767	3	re	6 B	3 A	
		1768	0	Oε	0 O	1 M	
		1769	3	Oe	0 O	1 T	
		1770	3	pe	7 M	4 A	
		1772	2	Oε	0 O	2 B	
		1773	1	Oe	0 O	1 B	
	B	1970	1	cE	6 N	1 B	Coluvial. Relieves moderados, suaves o planos con pendientes suaves o planas, con alguna excepción de escasa extensión en relieves montañosos. Movimientos circulares simples escasamente generalizados, de intensidad variable. Procesos erosivos de arroyada escasamente generalizados, de intensidad baja.
		1971	6	OO	0 O	0 O	
		2242	3	Oe	0 O	1 B	
	C	2230	0	cE	6 N	1 B	Coluviales heterogéneos y poligénicos. Superficies de ladera de muy escasa pendiente dentro de relieves moderados. Están modelados por movimientos superficiales del recubrimiento, activo o potenciales, movimientos deslizantes circulares simples potenciales y flujos. Las intensidad son moderadas y afectan a poca extensión superficial. Los procesos erosivos, tanto de arroyada como fluviales, adquieren pequeño valor.
		2231	2	Fe	2 M	1 B	
		2232	2	Oe	0 O	1 M	
		2233	2	re	6 O	1 M	
		2234	2	Re	1 M	3 M	
	D	2235	4	Cε	4 T	3 A	Coluviales. Relieves acusados con pendientes suaves y/o nulas. Deslizamientos potenciales escasamente generalizados en extensión e intensidad. Erosión de arroyada, afectando alrededor del 30 por 100 de superficie, con intensidad alta.
		2236	7	pe	7 N	3 A	
		2237	6	Oe	0 O	1 B	
		2238	6	cE	7 M	1 A	
		2239	3	oo	0 O	0 O	
	E	2243	8	Cε	3 N	4 A	Coluviales. Relieves montañosos con pendientes variables de escasas a fuertes. Los movimientos más característicos son los circulares simples activos, generalmente poco generalizados, de intensidad moderada-alta. Los procesos erosivos afectan a un 75 por 100 de las morfoáreas, con intensidad alta.
47	A	1801	0	OO	0 O	0 O	Materiales detríticos y organogénicos de las turberas. Relieves nulos. Estabilidad gravitacional.
		2251	0	OO	0 O	0 O	
48	A	2258	0	OE	0 O	1 B	Conos de deyección imbricados con formaciones deltaicas y cuaternarias en general. Sin problemas de movimientos y erosión importante.
	B	2267	1	dE	6 B	1 M	Playas. Zapado local en temporales. Desplomes esporádicos.
49	A	1741	0	OE	0 O	1 N	Materiales detríticos gruesos. Relieve nulo. No hay movimientos gravitacionales de intensidad. Erosión débil o nula.
		1742	0	OO	0 O	0 O	
	B	2260	0	OO	0 O	0 O	Cuaternarios indiferenciados, zonas planas o de muy escasa pendiente. Se corresponden con la cuenca endorreica de Zafarraya, donde los movimientos son nulos o se restringen a las incisiones de los riachuelos, con desprendimientos potenciales en sus bordes. Los procesos erosivos son mínimos en cuanto a extensión e intensidad.
		2261	1	dE	6 O	1 B	
		2263	0	OO	0 O	0 O	
	C	2264	0	OO	0 O	0 O	Cuaternario indiferenciado. Relieves suaves, sin pendientes o relieves colgados con fuertes pendientes. En estos últimos pueden darse deslizamientos circulares generalizados y de fuerte intensidad. Los procesos erosivos son moderados.
		2265	0	OO	0 O	0 O	
		2266	4	Cε	9 t	2 N	
50	A	722	4	Vε	3 N	5 A	Margas, limos y yesos. Laderas onduladas con notables desniveles. Pendientes longitudinales medias. Regueros poco marcados. Deslizamientos potenciales del recubrimiento. Movimientos complejos con deformación del sustrato.
		723	3	rde	7 M	3 N	
		724	4	Ve	3 M	4 M	
51	A	741	1	fe	6 B	2 B	Margas y calizas margosas. Laderas rectilíneas o convexas, desniveles bajos. Arroyada difusa. Deslizamientos y flujos superficiales de recubrimiento de carácter potencial.
		742	2	re	7 B	2 M	
		743	3	re	7 B	3 M	
52	A	705	5	De	2 N	3 M	Calizas arenosas, calizas y margas. Tectonización importante, cantiles generalizados. Desprendimientos y desplomes de carácter activo o potencial.
		761	1	de	6 B	5 N	
		763	4	De	2 N	3 M	
53	A	783	3	de	6 M	1 M	Calizas dolomíticas con hiladas margosas. Lomas y colinas de pequeño desnivel. Cantiles esporádicos de desnivel medio. Desprendimientos y desplomes de carácter potencial.
		784	4	de	7 N	2 B	
	B	796	6	de	7 B	2 B	Calizas dolomíticas con juntas margosas. Notable kasrtificación. Desnivel importante con pendientes fuertes. Escarpes y crestas frecuentes. Desprendimientos activos y potenciales.
		797	7	DE	2 M	2 M	
54	A	801	1	de	7 B	2 B	Calizas y dolomías brechoides con hiladas de margas. Pendientes y desniveles elevados. Barrancos encajados. Desprendimientos activos o potenciales. Hundimientos en áreas karstificadas de carácter potencial.
		802	2	dhe	8 M	3 B	
		804	4	dε	7 B	3 M	
		808	8	de	7 M	2 B	
		809	9	Dε	3 M	2 M	

Litogrupo	Morfoárea	Unidad	Factores morfológicos				Descripción
			Relieve	Grupo geocinético	% afectado e intensidad del movimiento	% afectado e intensidad de la erosión	
	B	818	8	drε	7 M	3 N	Calizas, dolomías brechoides estratificadas. Frecuentes barrancos encajados heredados. Laderas de elevada pendiente longitudinal, desprendimientos y deslizamientos del recubrimiento de carácter potencial.
55	A	852 853 854 856 857	2 3 4 4 7	de dε re De drε	7 B 8 B 7 M 3 N 7 M	2 B 3 B 3 N 2 M 2 B	Calizas masivas y margas. Cimas alargadas y redondeadas, amplias vaguadas con barrancos encajados. Cantiles ocasionales. Desprendimientos de carácter activo o potencial, deslizamientos superficiales del recubrimiento.
	B	876 878 879	3 4 9	drε dE DE	7 B 7 N 3 N	3 B 2B 2 M	Calizas pulverulentas y margas. Relieves accidentados, altos desniveles y barrancos encajados. Desprendimientos activos y potenciales, deslizamientos del recubrimiento en áreas localizadas.
56	A	902 906 907 908	2 6 7 8	drε dε Drε de	6 B 7 M 2 M 7 A	3 B 3 B 4 N 3 M	Margocalizas, calizas y areniscas en secuencias arrítmicas. Desniveles moderados a altos. Cauces encajados. Desprendimientos activos y potenciales en asomos rocosos.
	B	911 912 913 914 917	1 2 3 4 7	fε dε de drε rε	7 B 6 B 6 B 8 M 7 M	4 B 2 M 3 B 4 N 3 N	Margocalizas, calizas y areniscas en sucesión irregular. Relieve suave con desniveles bajos. Pequeños desprendimientos activos y potenciales de baja intensidad en general.
57	A	930 934	0 4	de rdε	6 B 7 B	1 B 2 M	Arenas, margas y calizas, con frecuentes indentaciones. Relieves suaves con desniveles bajos. Desprendimientos y corrimientos superficiales de baja intensidad.
58	A	942 944	2 4	de dE	6 B 7 M	3 B 2 B	Margas con areniscas y calizas. Desniveles moderados salvo en barrancos. Cantiles y asomos rocosos frecuentes. Desprendimientos potenciales en zonas localizadas.
59	A	961 962 963 964 965 967 968	1 2 3 2 5 7 8	De dRε Drε rε rε Dε Dε	3 A 2 M 2 M 7 B 7 M 2 A 2 M	2 M 2 M 3 M 3 M 2 M 3 M 2 B	Calizas, calizas arenosas y margas. Diaclasado muy profundo. Cimas amesetadas o cónicas. Frecuentes cantiles. Desprendimientos y desplomes de carácter activo.

Planos

1 Esquema Tectónico



LEYENDA :

- HERCINICO DE LA MESETA

INTRABETICO

- NEVADO - FILABRIDE
- ALPUJARRIDE
- MALAGUIDE

SUBETICO

- INTERNO O FRONTAL
- NORMAL
- OLITOSTROMA

PREBETICO

- UNIDAD FRONTAL
- UNIDAD PARAAUTOCTONA
- UNIDADES POSTECTONICAS

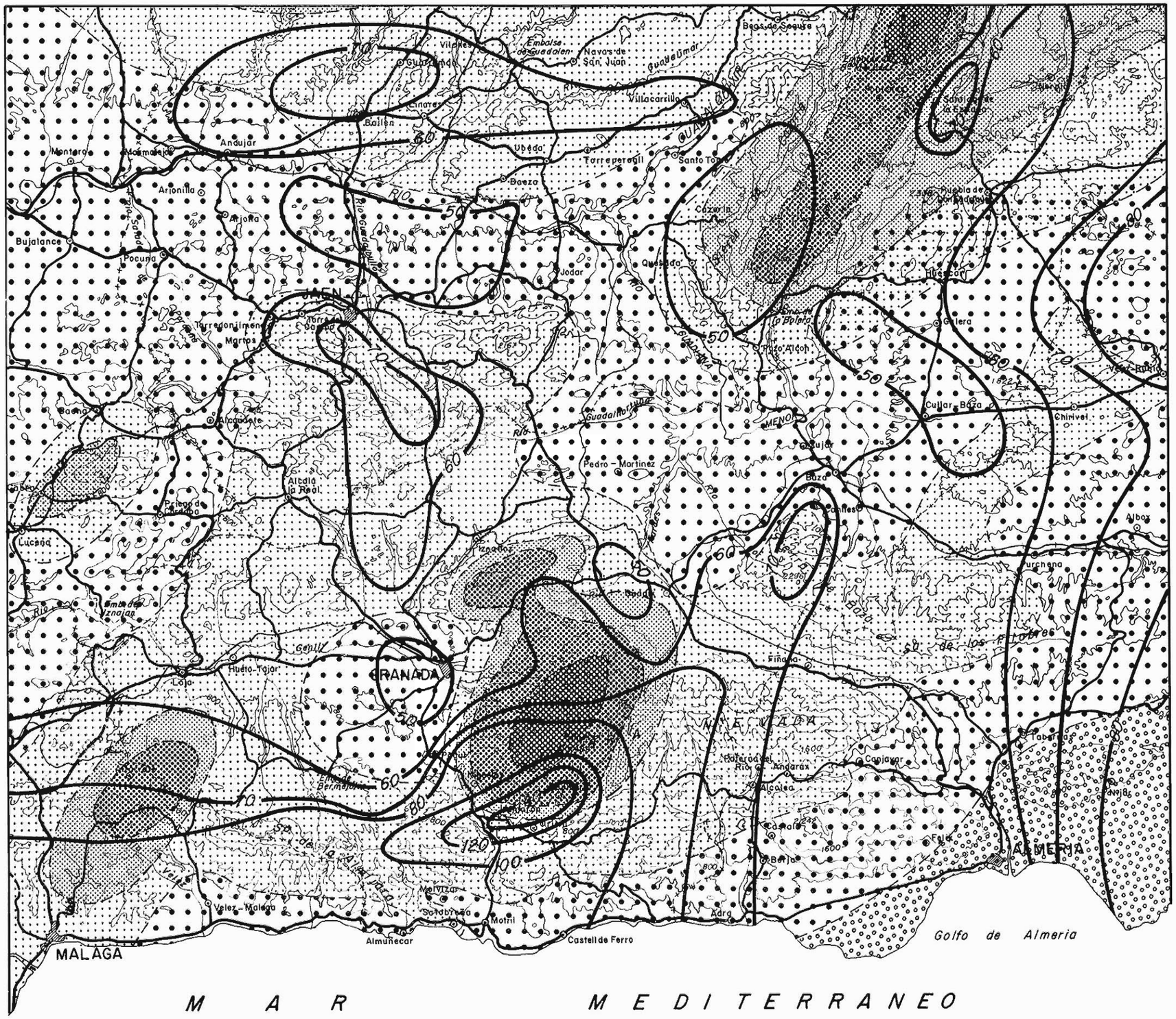
- FALLAS
- CABALGAMIENTOS
- ANTICLINAL
- SINCLINAL
- ZONA SISMICAMENTE ACTIVA

ESQUEMA TECTONICO

ESC - 1/800.000

Planos

2 Esquema climático



ESQUEMA CLIMATICO

ESC - 1/800.000

Planos

3 Esquema de Vegetación

JAEN

MURCIA

GRANADA

ALMERIA

MALAGA

M A R

M E D I T E R R A N E O

INDICE DE PROTECCION

Vegetación \ Pendiente %	0-12%	12-18%	8-24%	24-35%	> 35%
Arborea densa	100	100	100	80	60
Arborea rala	100	80	60	40	20
Matorral Mte Bajo	80	60	40	20	0
Eriales y pastizales	30	30	20	20	0
Cultivos de secano Erbac.-Arbor.-Viñas	60	40	20	0	0
Cultivos en regadio	90	0	0	0	0
Improductivos (litosuelo)	0	0	0	0	0

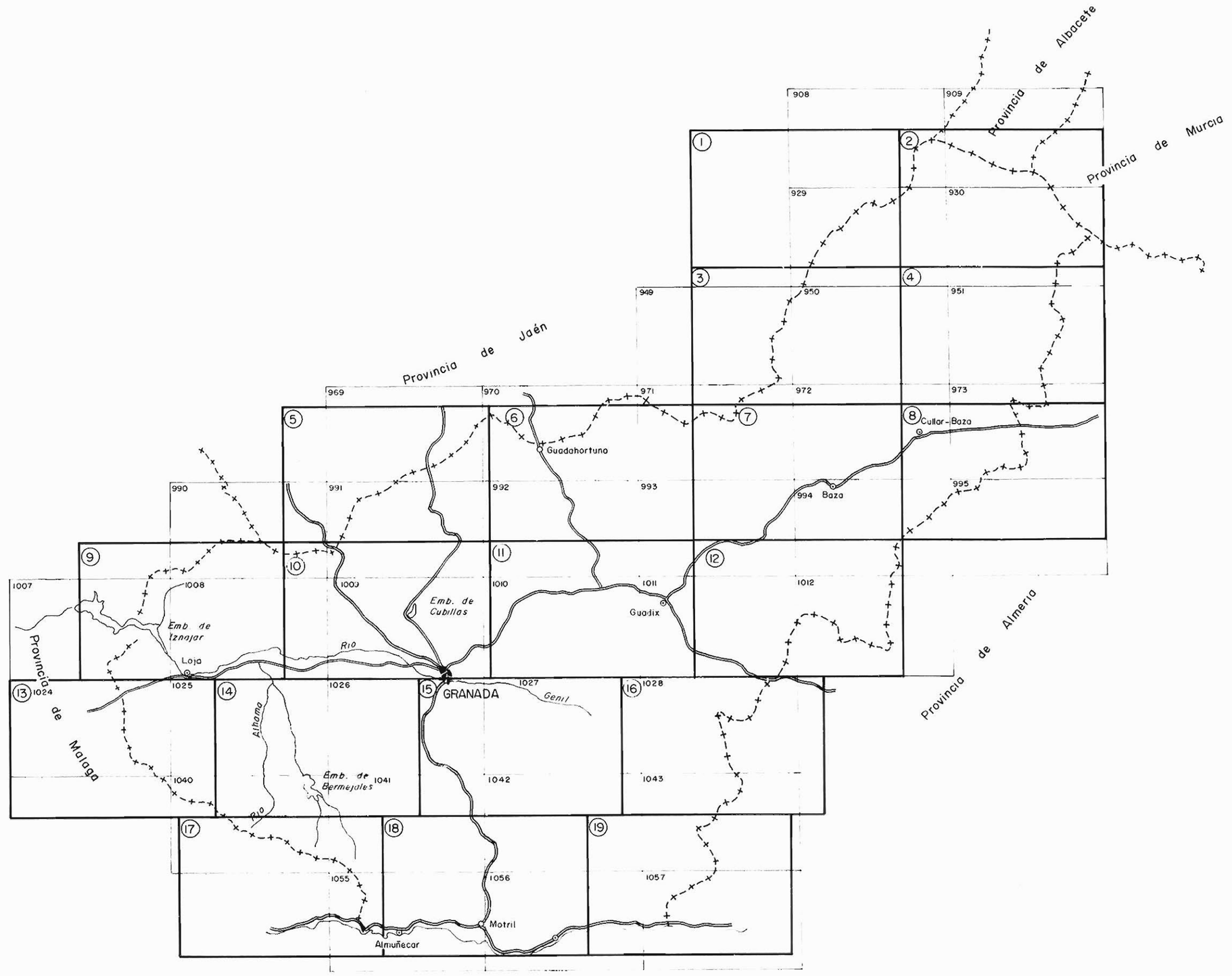
PROTECCION DE LA VEGETACION.-

- ARBOLADO DENSO
- ARBOLADO CLARO
- MATORRAL
- ERIAL Y PASTOS
- CULTIVOS DE SECANO
- CULTIVOS ARBOREOS Y VIÑEDOS
- CULTIVOS EN REGADIO
- IMPRODUCTIVOS

ESQUEMA DE VEGETACION

ESC - 1/800.000

4 Esquema llave de distribución de hojas



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

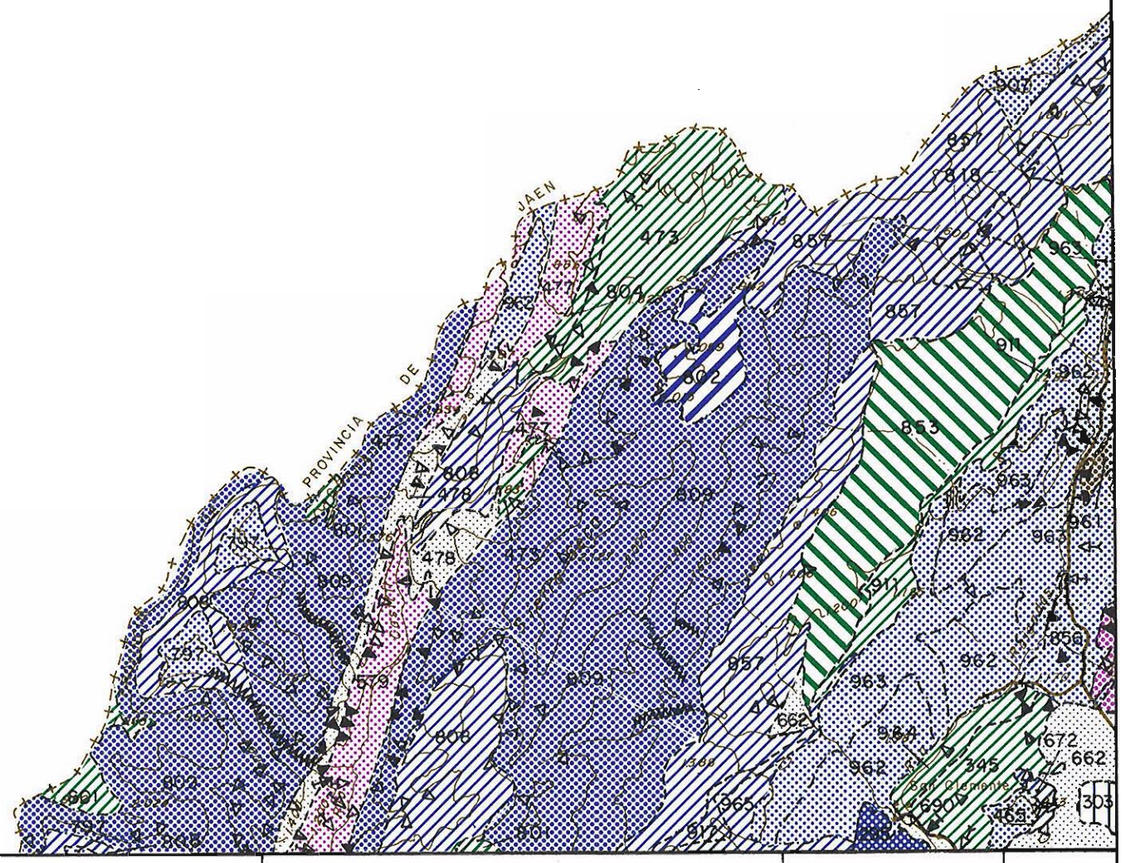
Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

ESQUEMA LLAVE DE DISTRIBUCION DE HOJAS

ESCALA 1: 500.000
10.000 m 0 10.000 m

1987

5 Mapas de movimientos del terreno



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

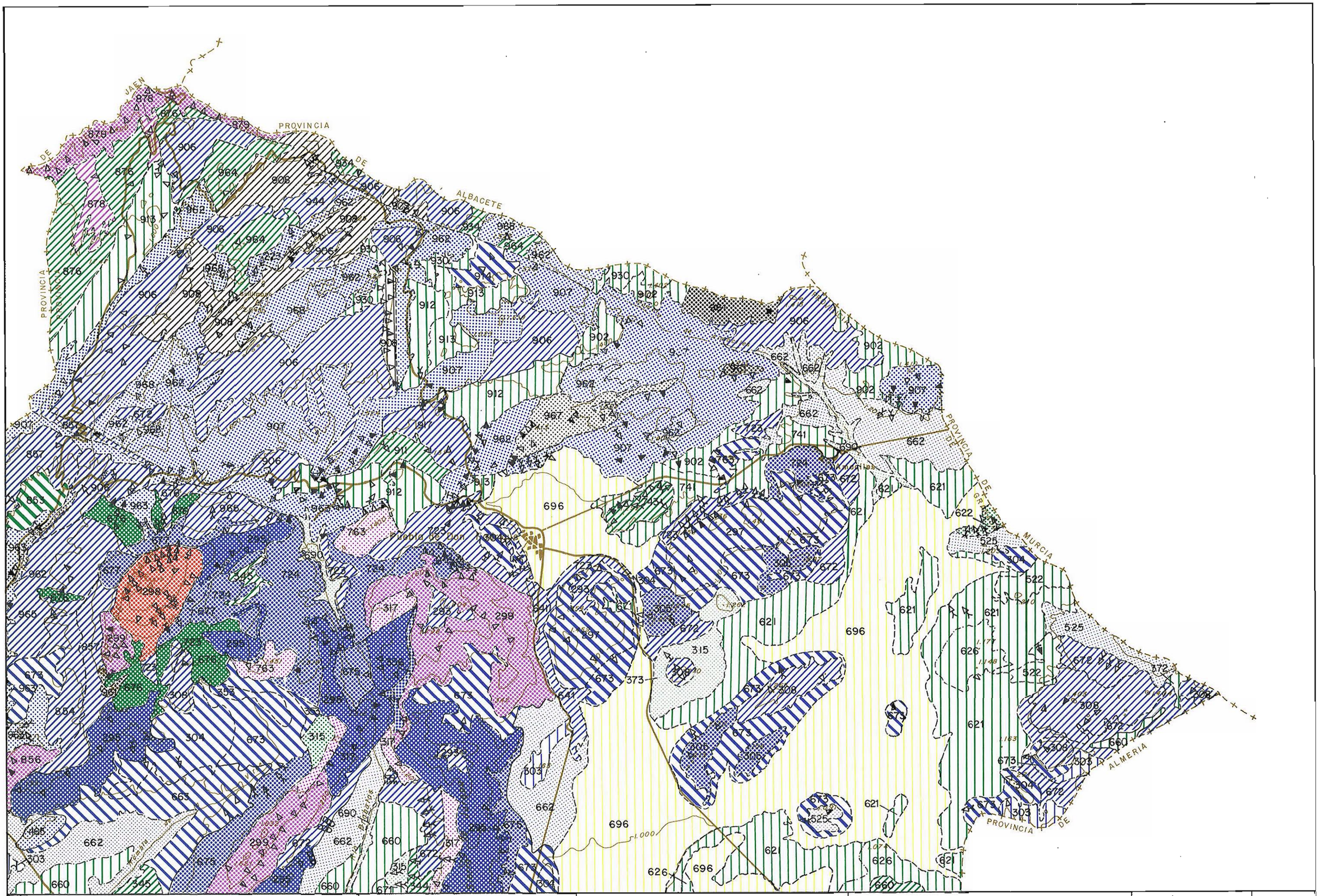
CONSULTOR
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A

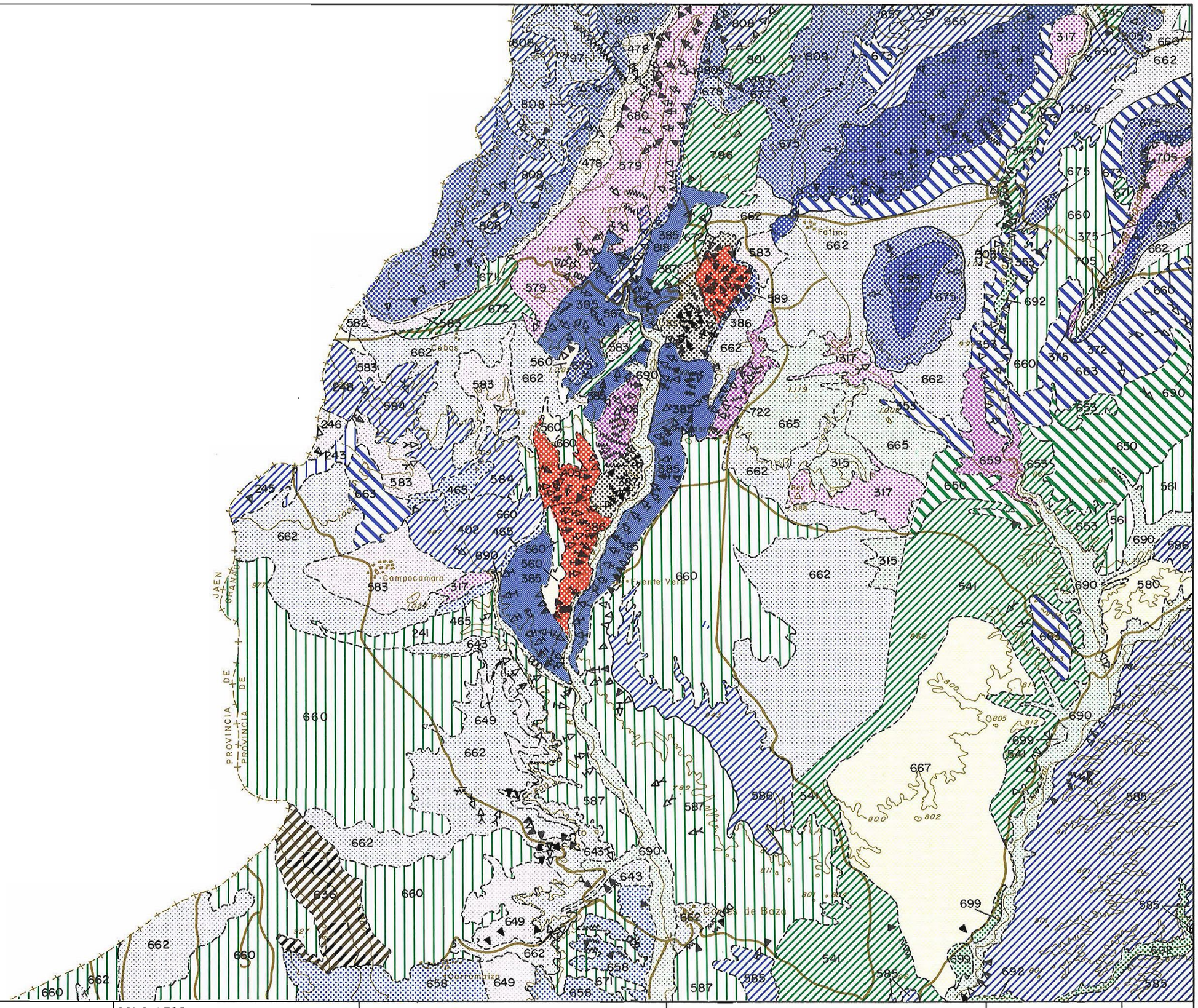
Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO
PLANO 1 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987


JAEN
PROVINCIA DE
ALBACETE
PROVINCIA DE
PROVINCIA DE
MURCIA
PROVINCIA DE
ALMERIA
PROVINCIA DE
Pinos Puente
Fuente Vaqueros
Pedro Ponce
Pinos Genil
Pinos del Valle
Huetor Tajar
Fuente Grande



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

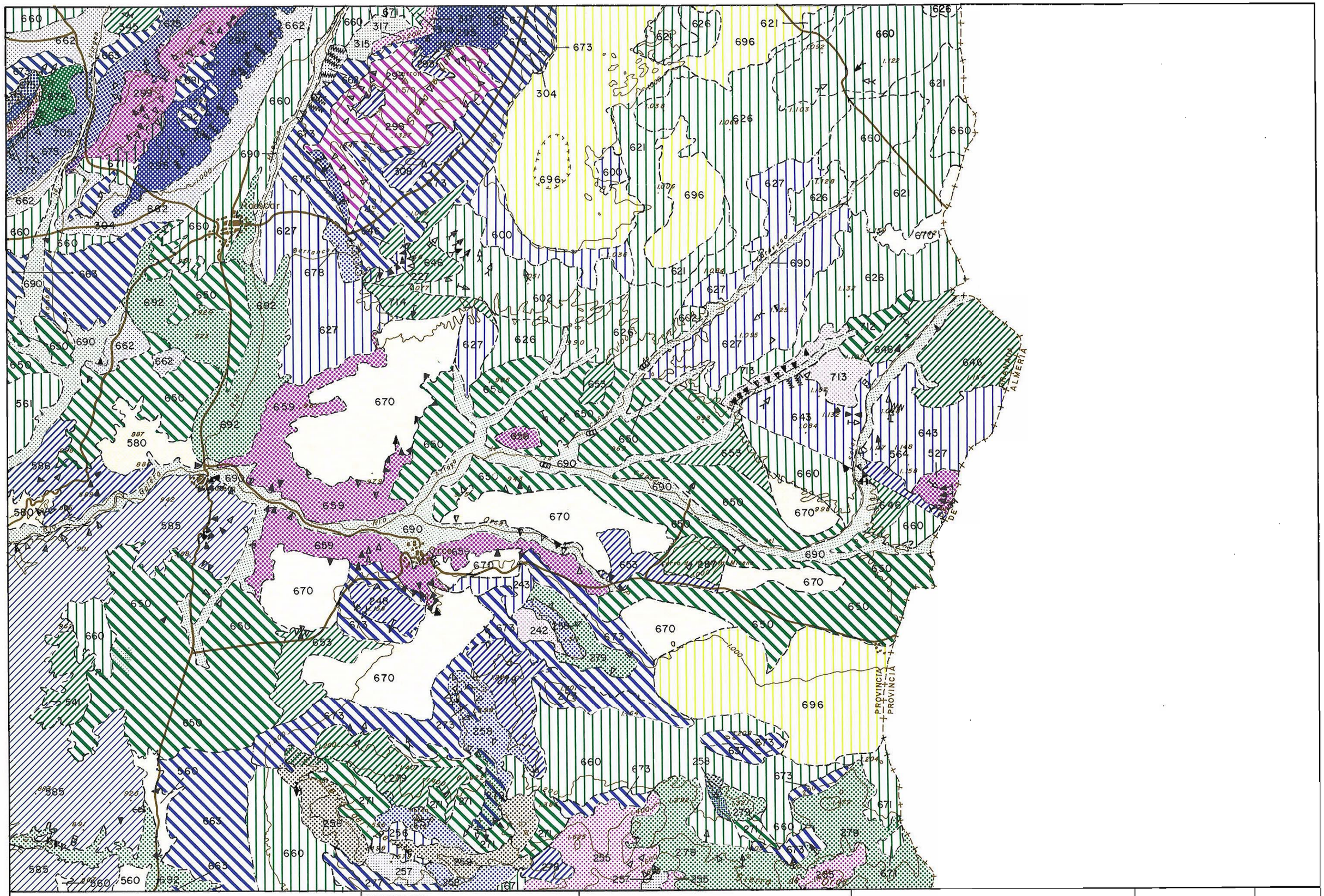
CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

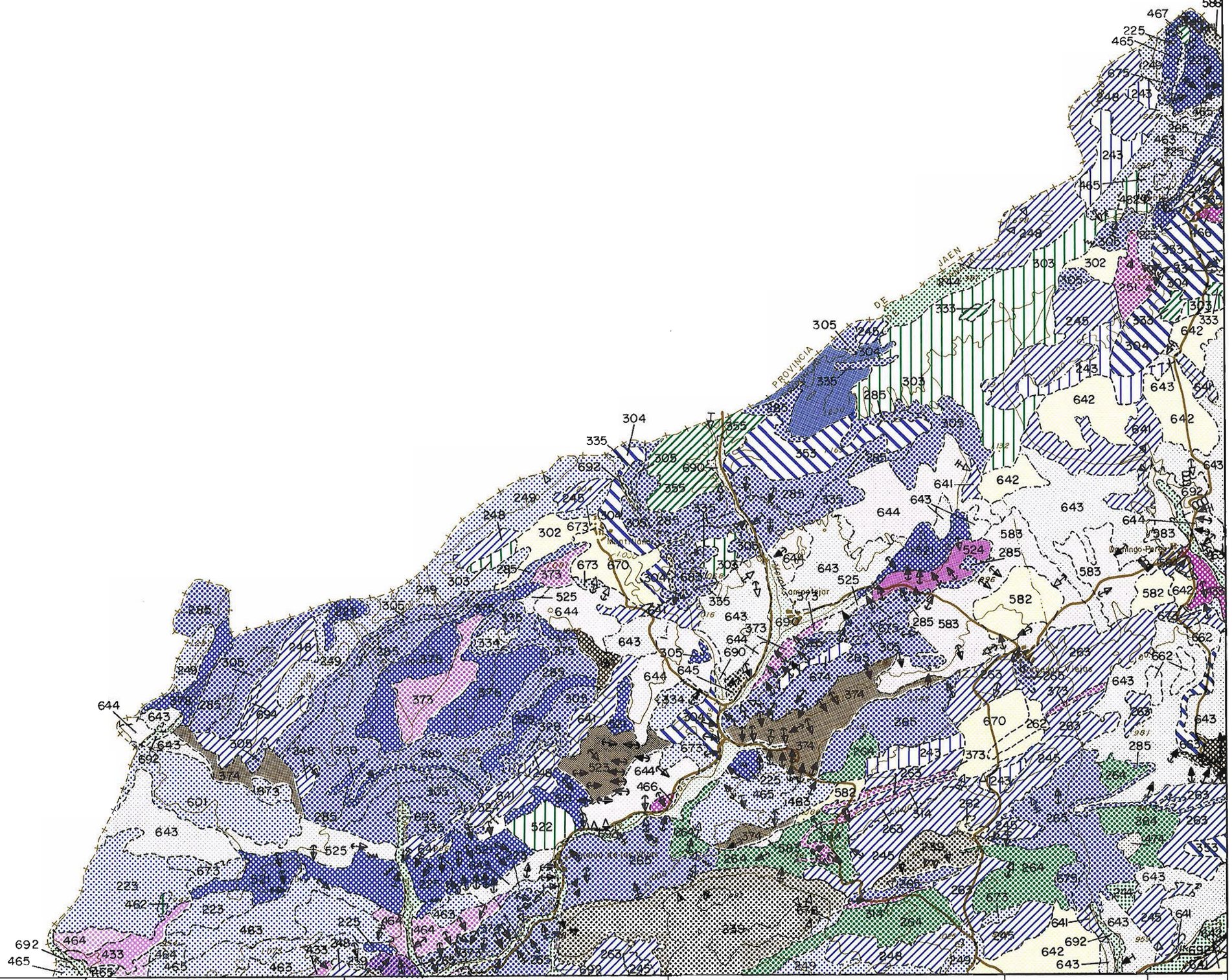
MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO
PLANO 3 DE 19

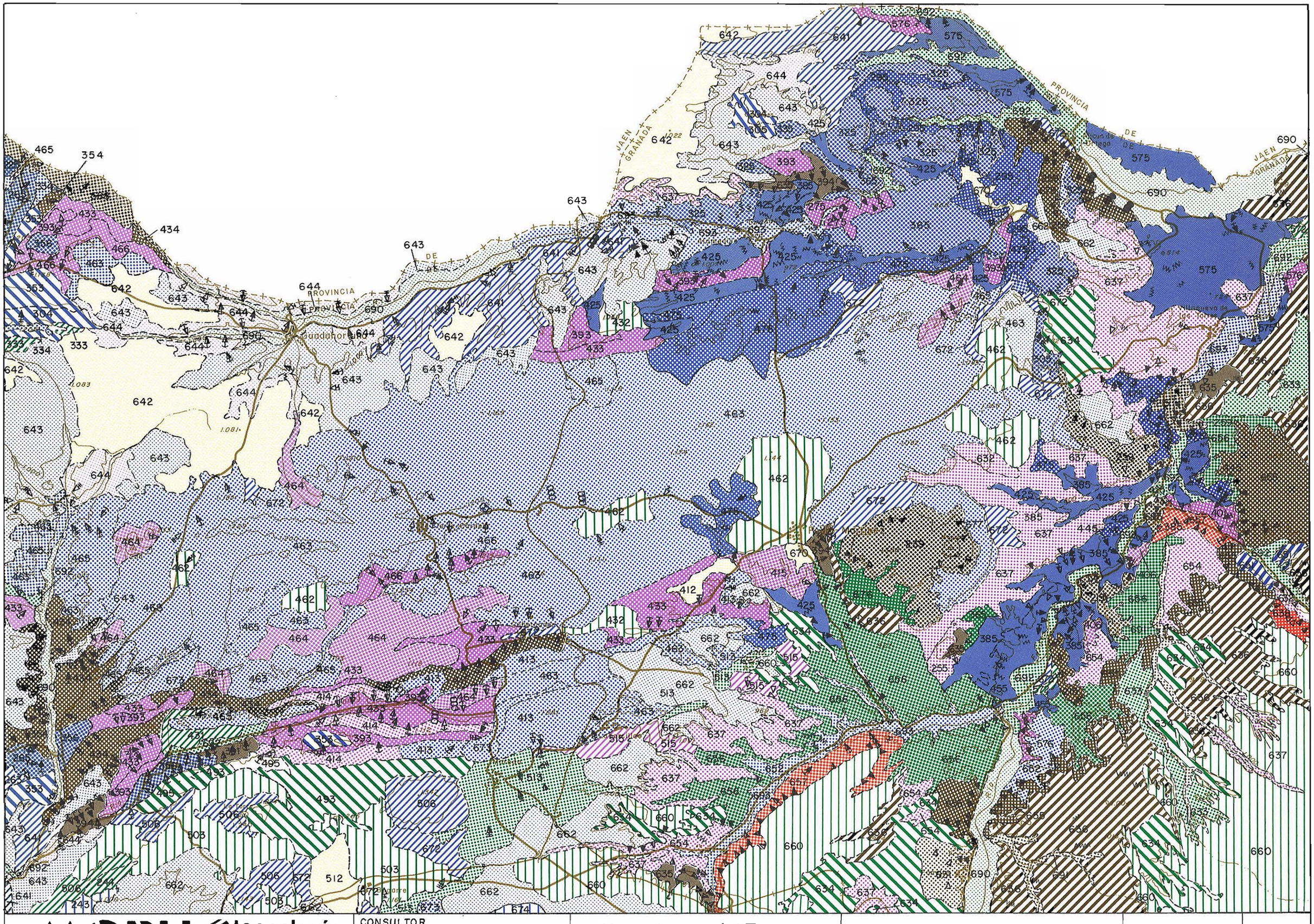
ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO PLANO 4 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m — 1987


PROVINCIA DE JAEN
Quesada
Cazorla
Segura de la Sierra
Santiago-Pontones
Huesa
Pozo Alcón
Hinojares
Peal de Becerro
Torres
Iruela
Arroyo Frío
Huelma
Solera
Alcaudete
Noalejo
Jimena
Pegalajar
Torredelcampo
Jaén
Fuensanta de Martos
Los Villares
Mancha Real
Torredonjimeno
Martos
Santisteban del Puerto
Santo Tomé
Sorihuela del Guadalimar
Villacarrillo
Villarrodrigo
Villanueva del Arzobispo
Orcera
Siles
Beas de Segura
Chilluévar
Castillo de Locubín
Rus
Valdepeñas de Jaén
Navas de San Juan
Begíjar
Fuerte del Rey
Jamilena
Torredelcampo
Villatorres
Baeza
Lupión
Sabiote
Úbeda
Canena
Rus
Torreperogil
Bailén
Linares
Arquillos
Guarromán
Carboneros
Santa Elena
Aldeaquemada
Vilches
Castellar
Navas de Tolosa
La Carolina
Santa Cruz de Mudela
Miguelturra
Fuenllana
Montiel
Puebla de Don Fadrique
Huéscar
Galera
Orce
Castilléjar
Castril
Benamaurel
Cúllar
Caniles
Baza
Zújar
Freila
Cortes de Baza
Benalúa
Cuevas del Campo



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

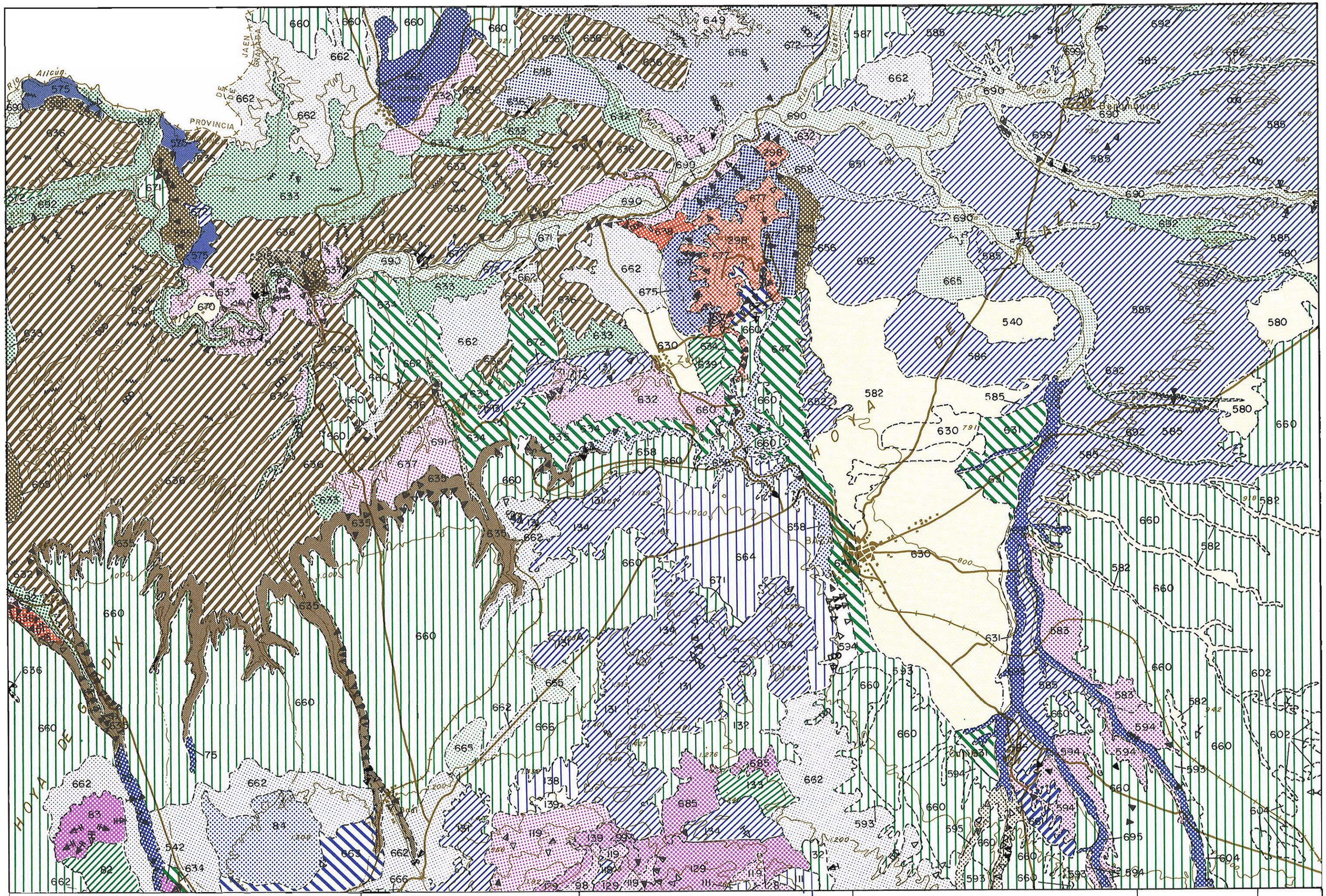
CONSULTOR
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

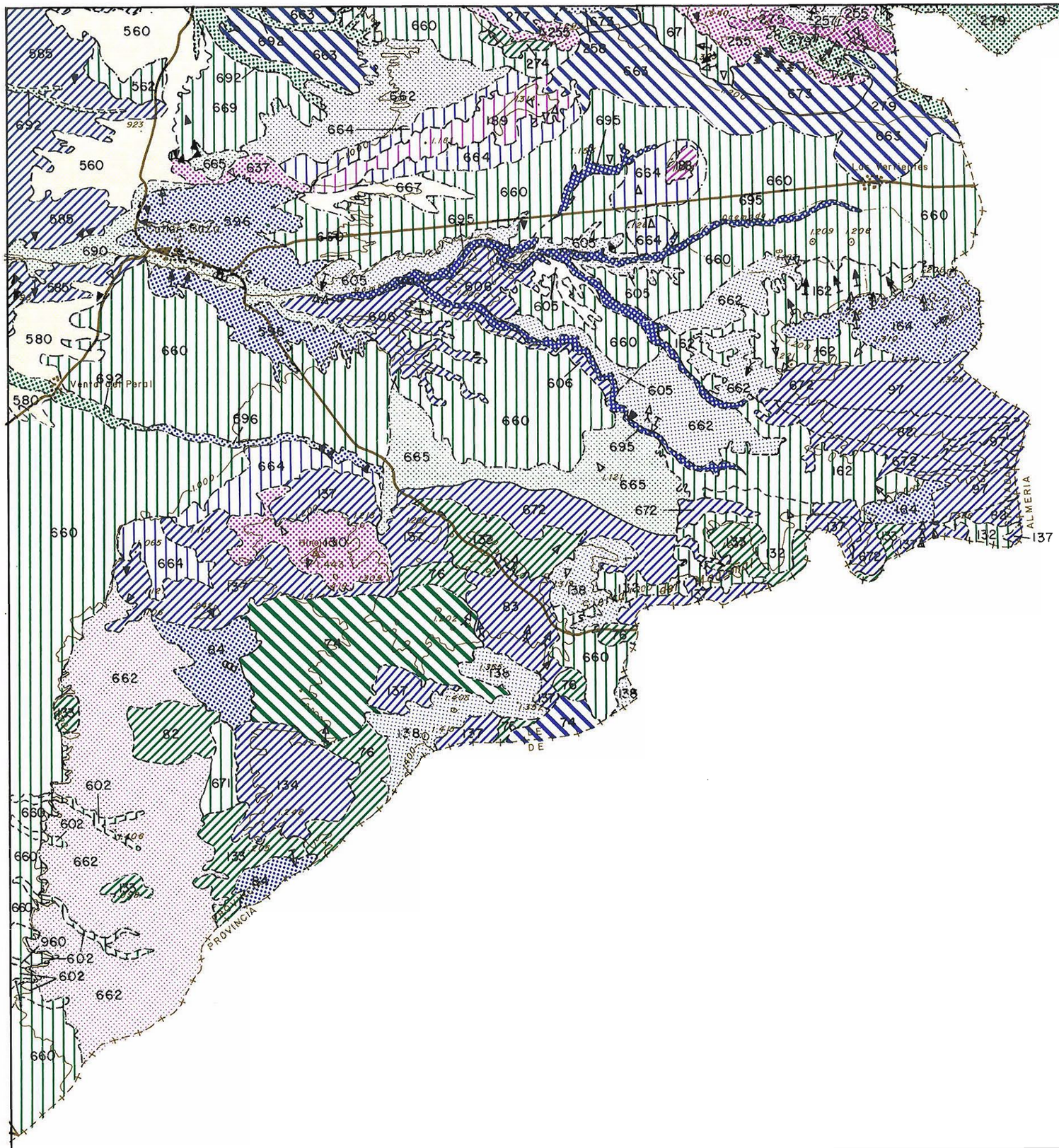
Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO
PLANO 6 DE 19

ESCALA 1.100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987


PROVINCIA DE JAEN
PROVINCIA DE GRANADA
HOYA DE GUADIX
DEPRESION DE GUADIX-BAZA
Alicún
Río
Benamaurel
Cuevas del Campo
Río Gor
Río Fardes
Río Guadiana Menor
Río Galera
Río Castril
Río Guardal
Río Guadalquivir
Río Guadalentín
Río Guadalbullón
Río Guadalfeo
Río Guadalbullón
Río Guadalfeo
Río Guadalbullón
Río Guadalfeo



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

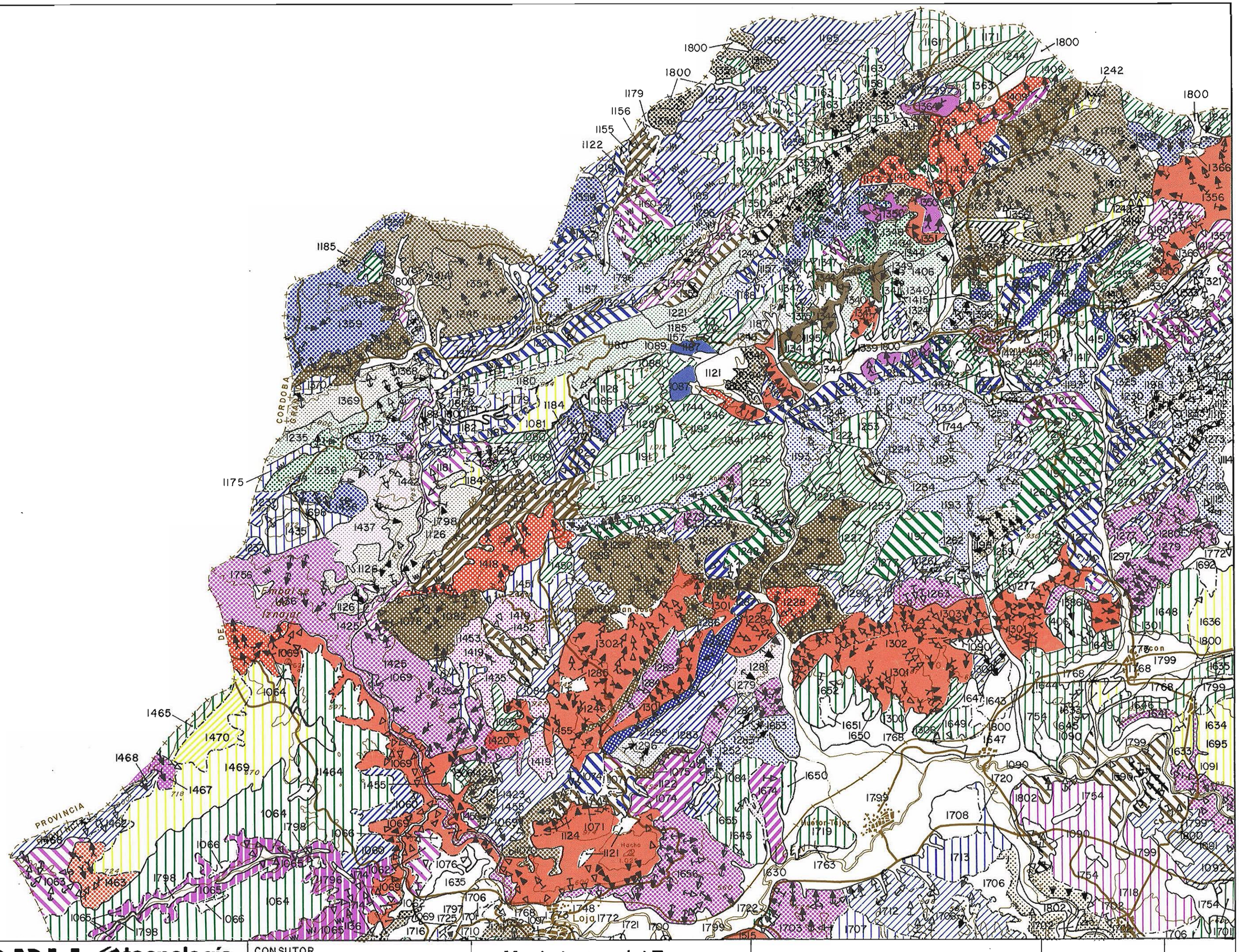
CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO
PLANO 8 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

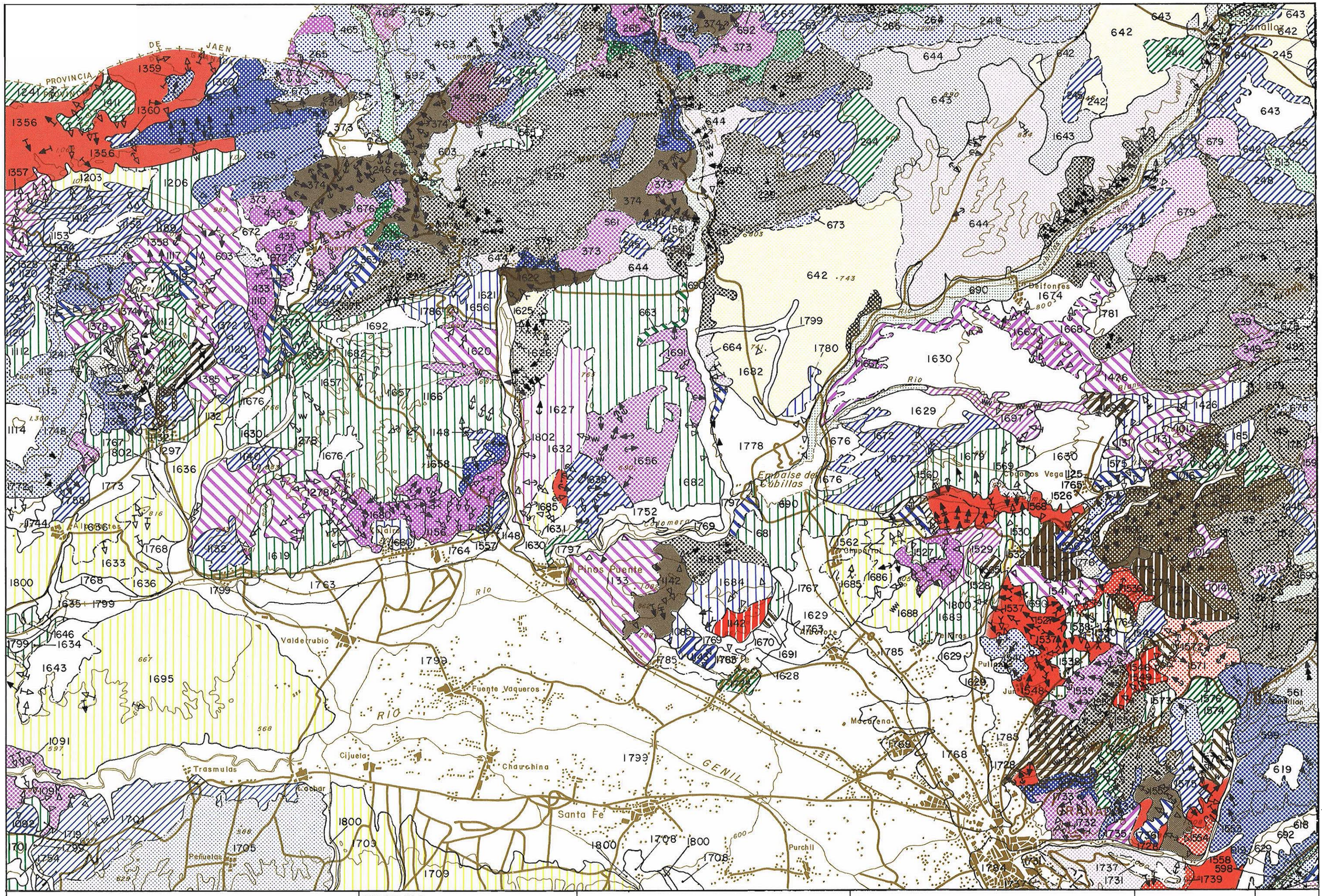
CONSUTOR
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

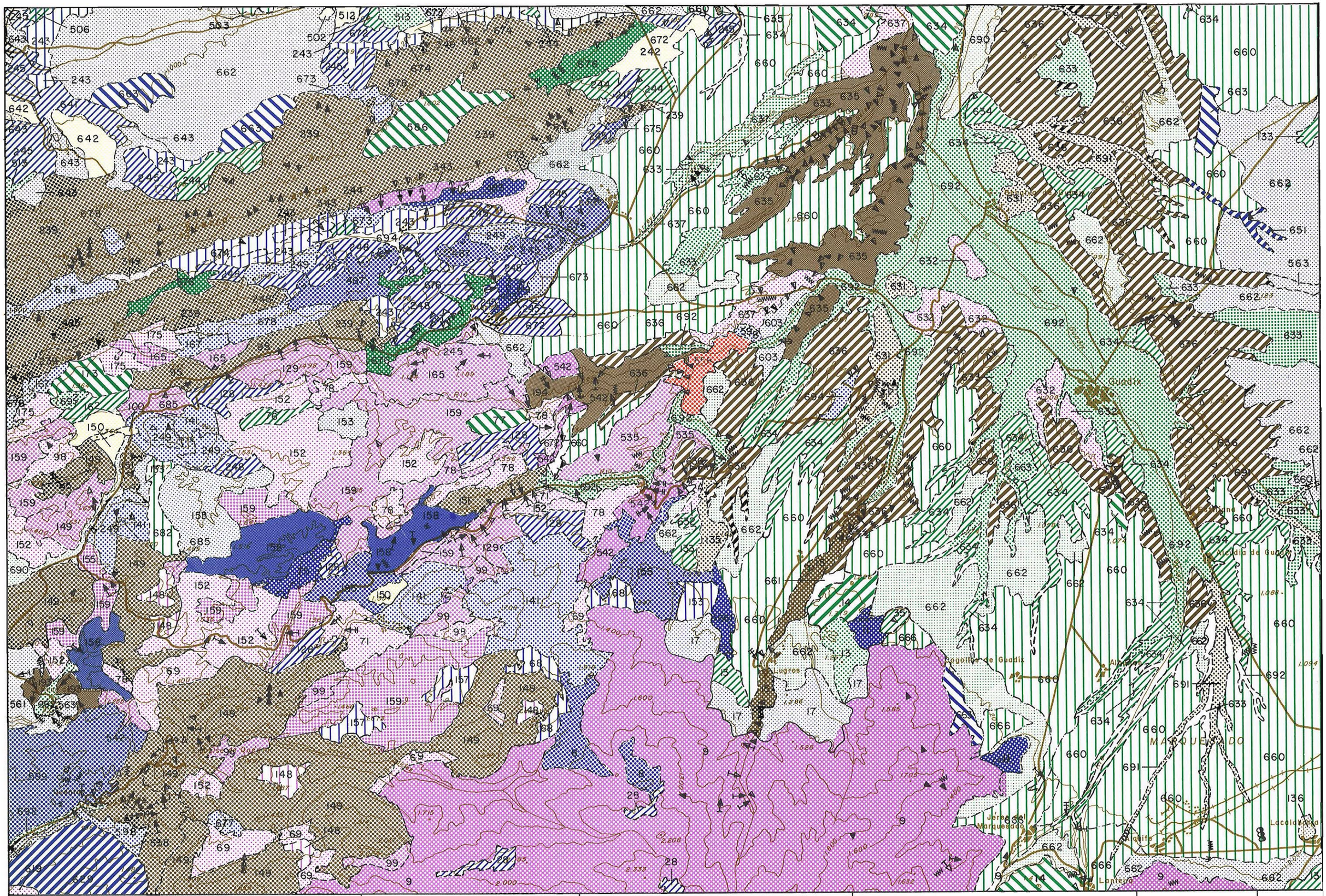
MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO
PLANO 9 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO PLANO 10 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m 1987



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S. A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO
PLANO 11 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987

MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

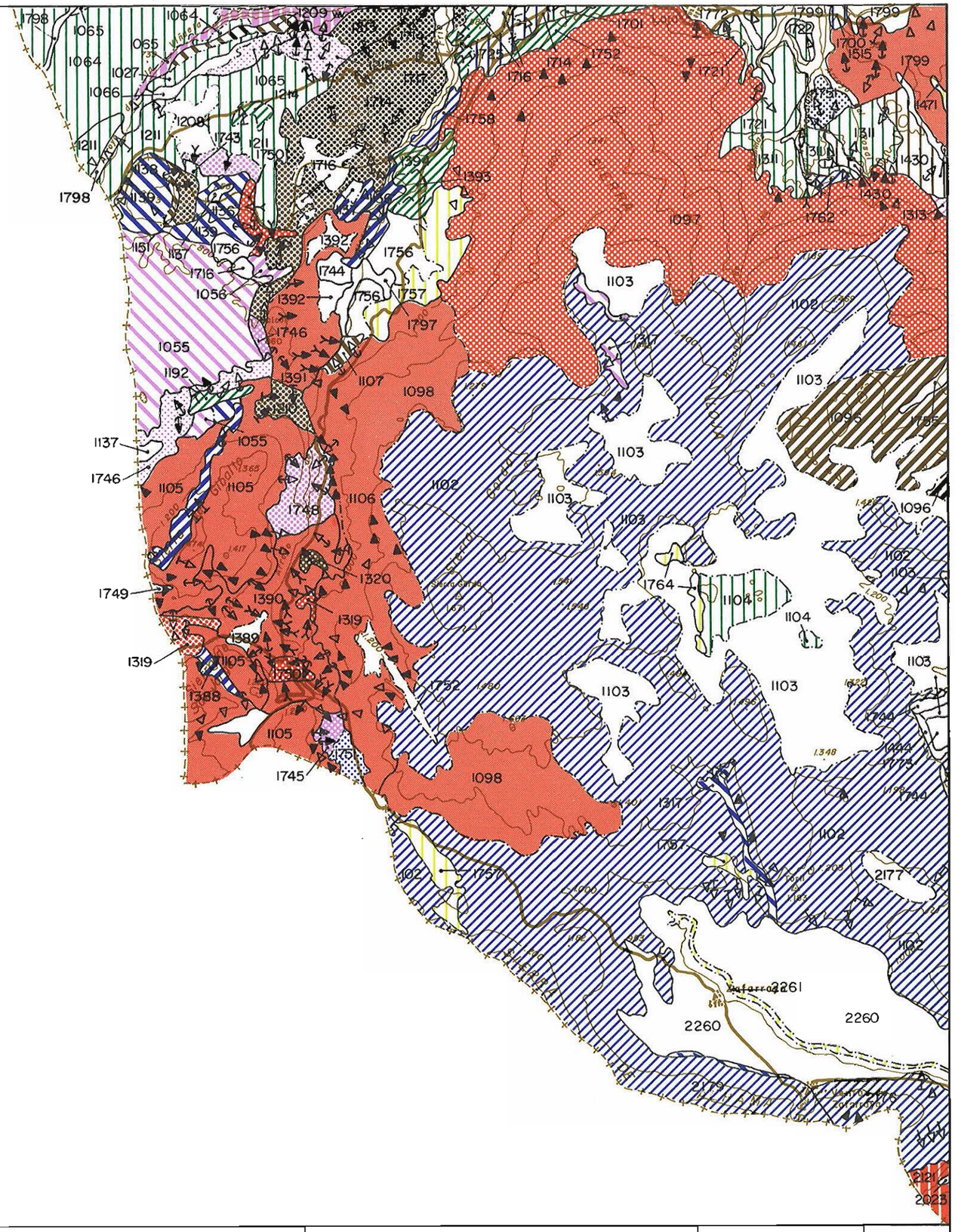
CONSULTOR
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO
PLANO 12 DE 19

ESCALA 1:100 000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO PLANO 13 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m — 1987

MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

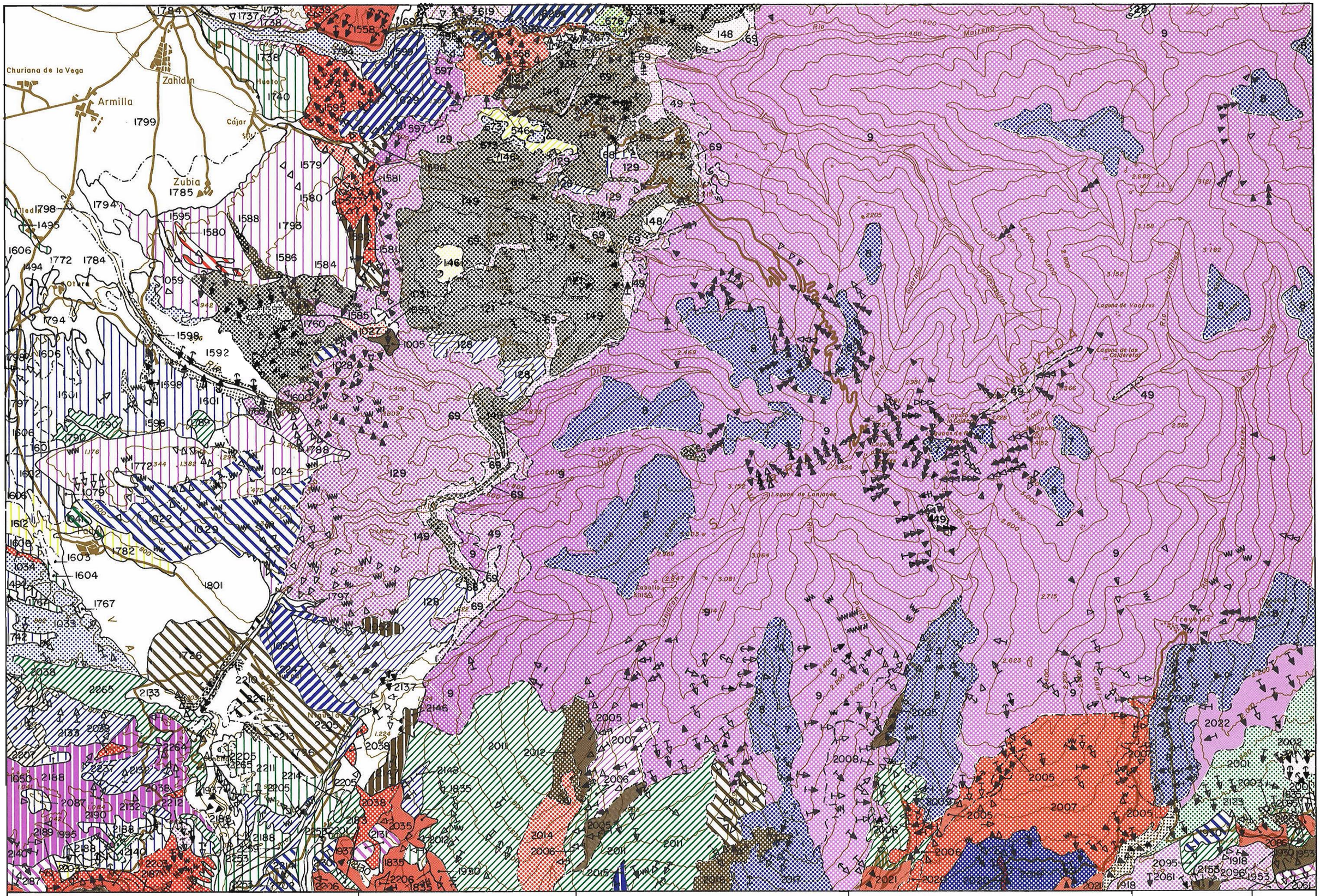
CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

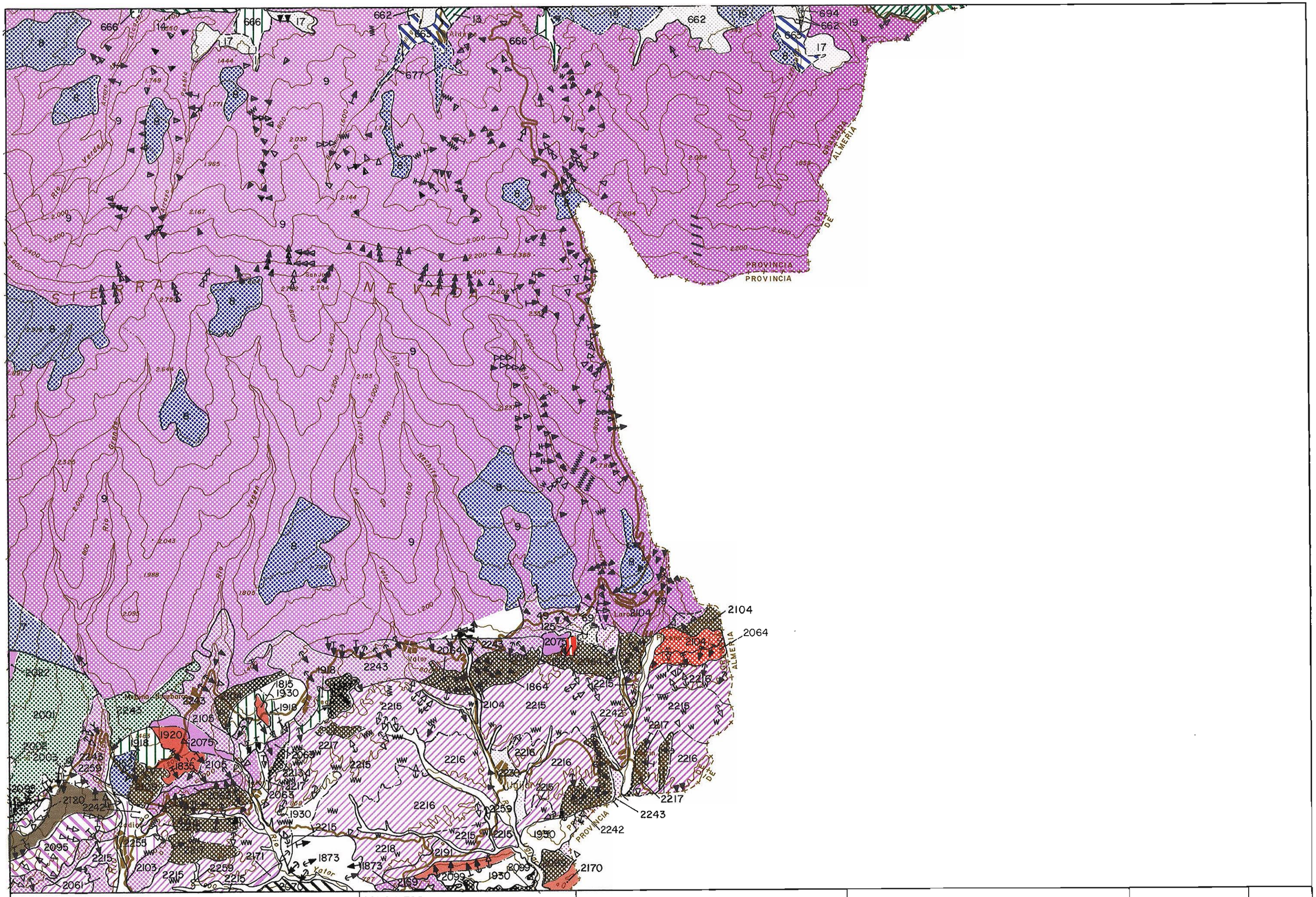
MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO
PLANO 14 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO PLANO 15 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m — 1987



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

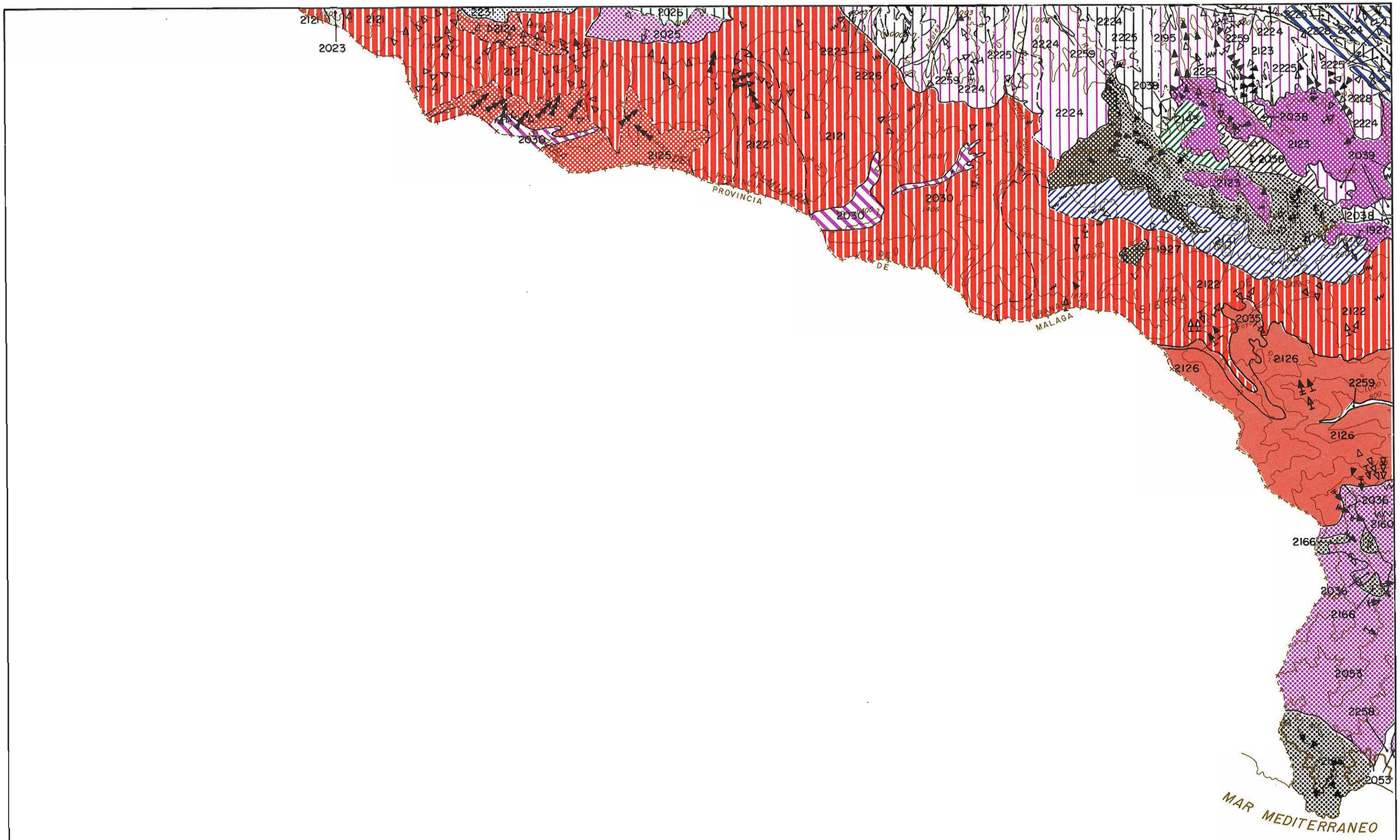
CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

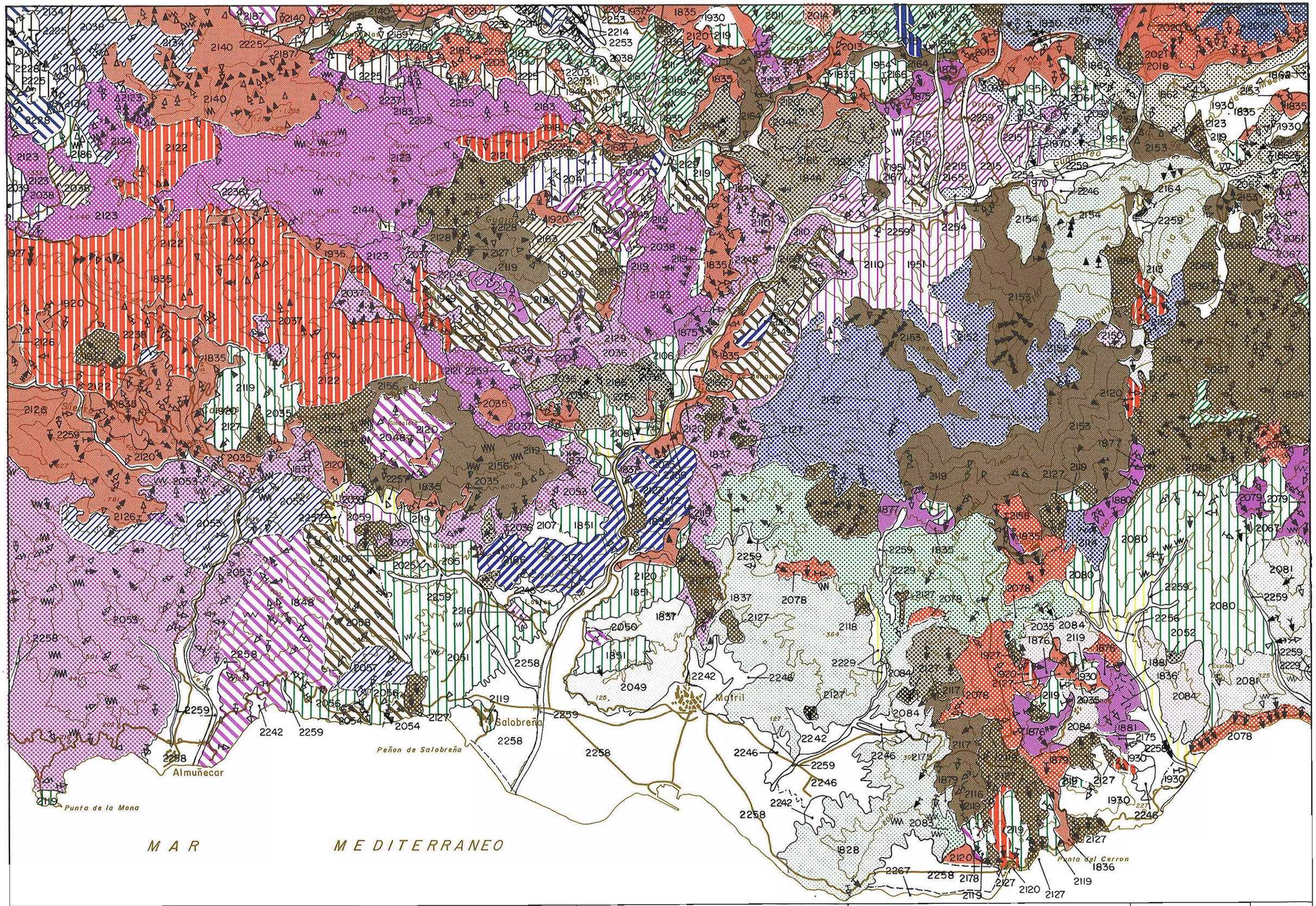
MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO
PLANO 16 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO PLANO 17 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m	1987



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

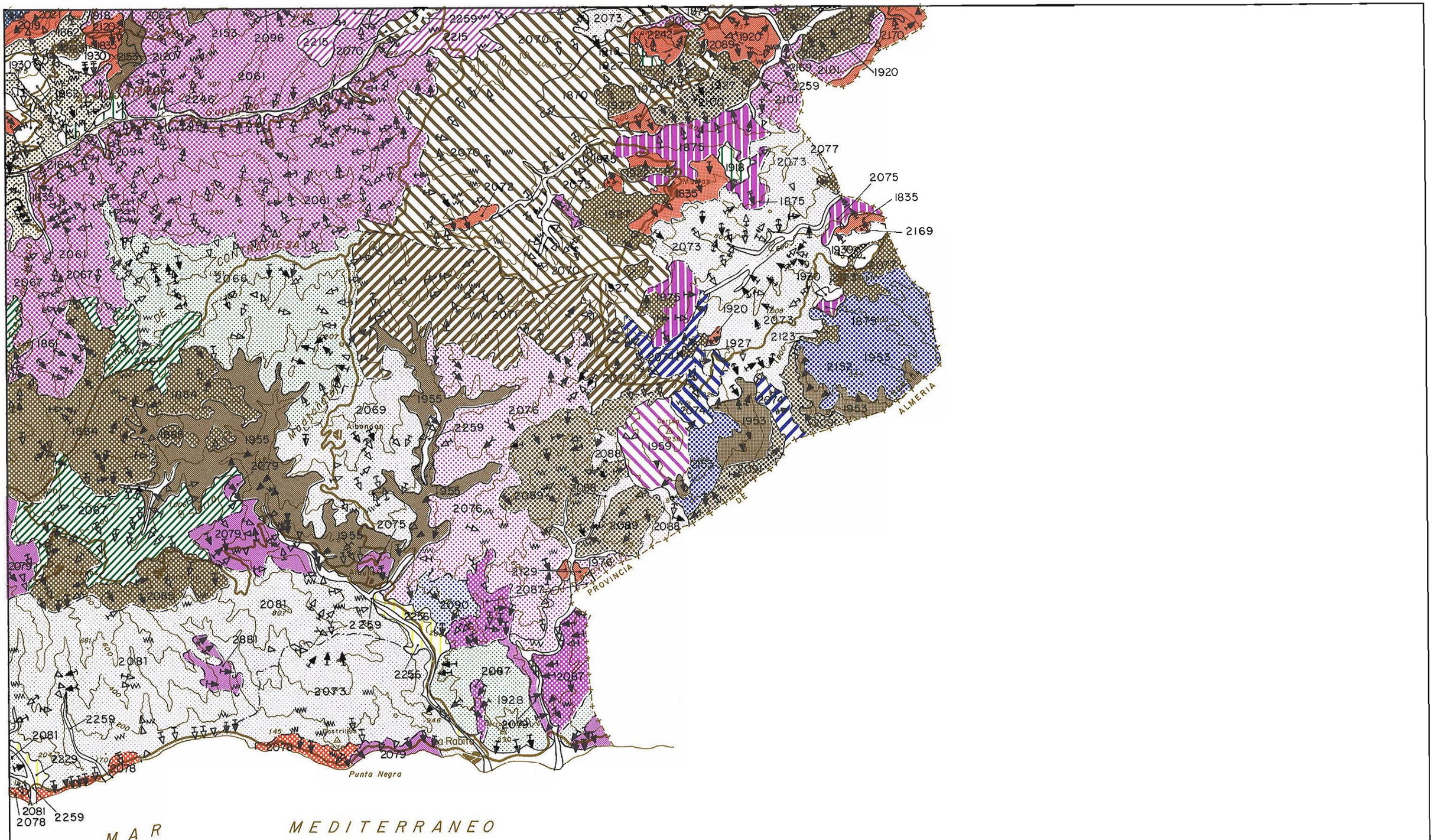
CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO
PLANO 18 DE 19

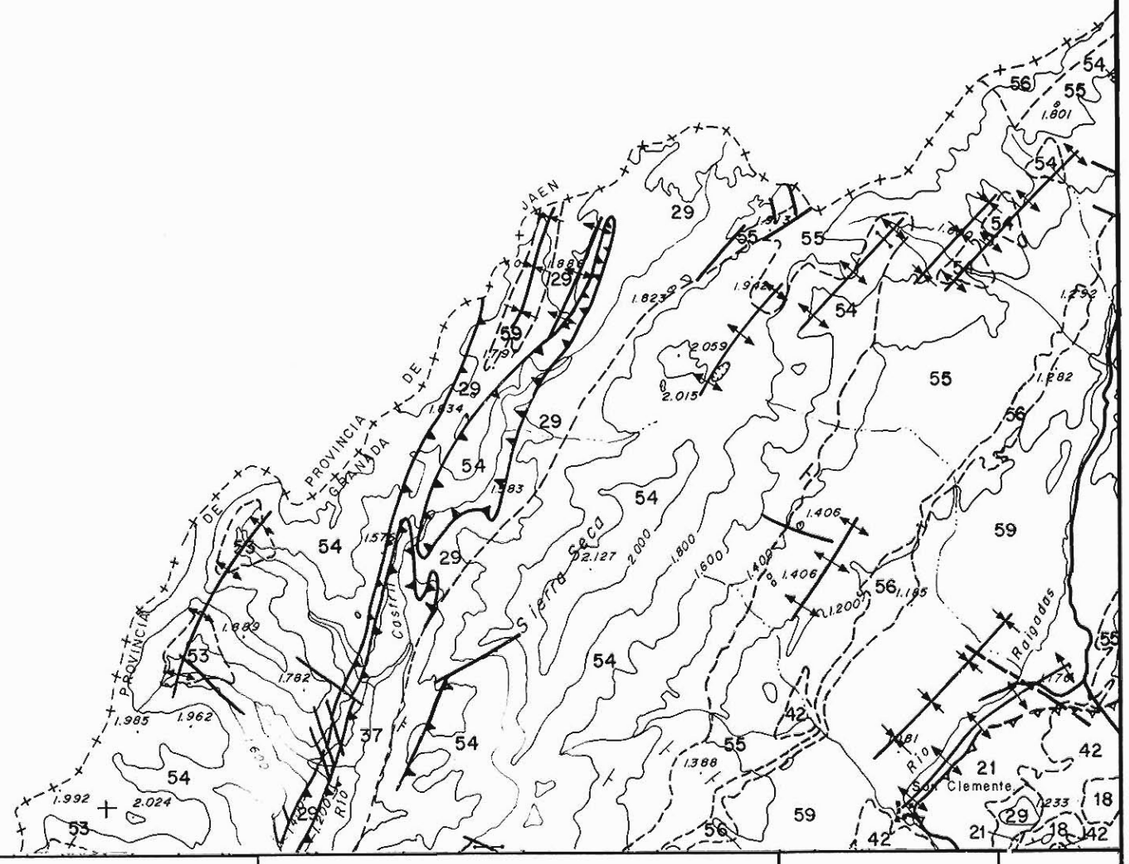
ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO PLANO 19 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m	1987

6 Mapas de Litogrupos


JAEN
PROVINCIA DE GRANADA
Sierra Seca
Costil
Río
Río
Río



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE LITOGRUPOS PLANO 2 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m	1987



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

MAPA DE LITOGRUPOS
PLANO 3 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE LITOGRUPOS PLANO 4 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m 1987



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

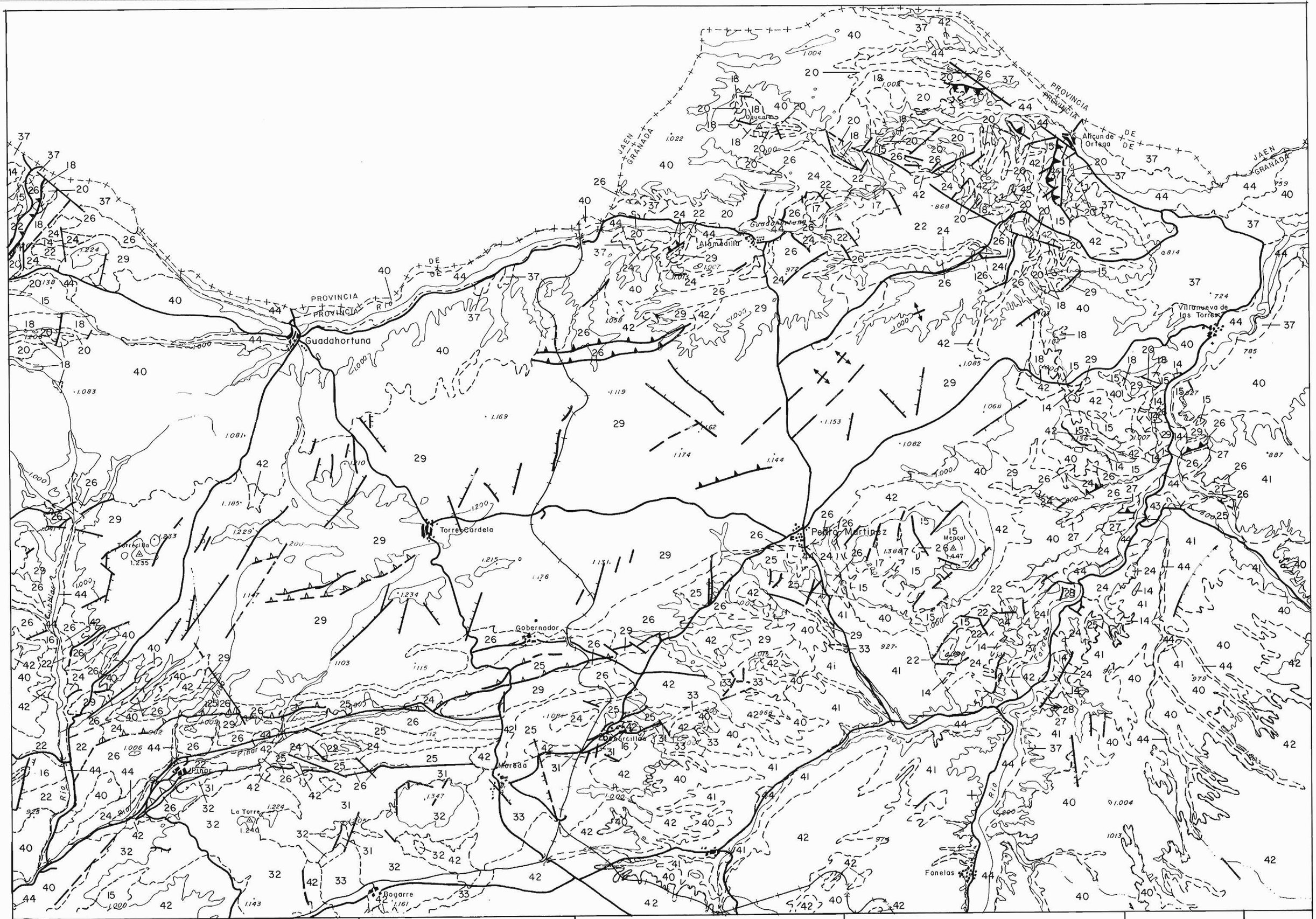
CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

MAPA DE LITOGRUPOS
PLANO 5 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

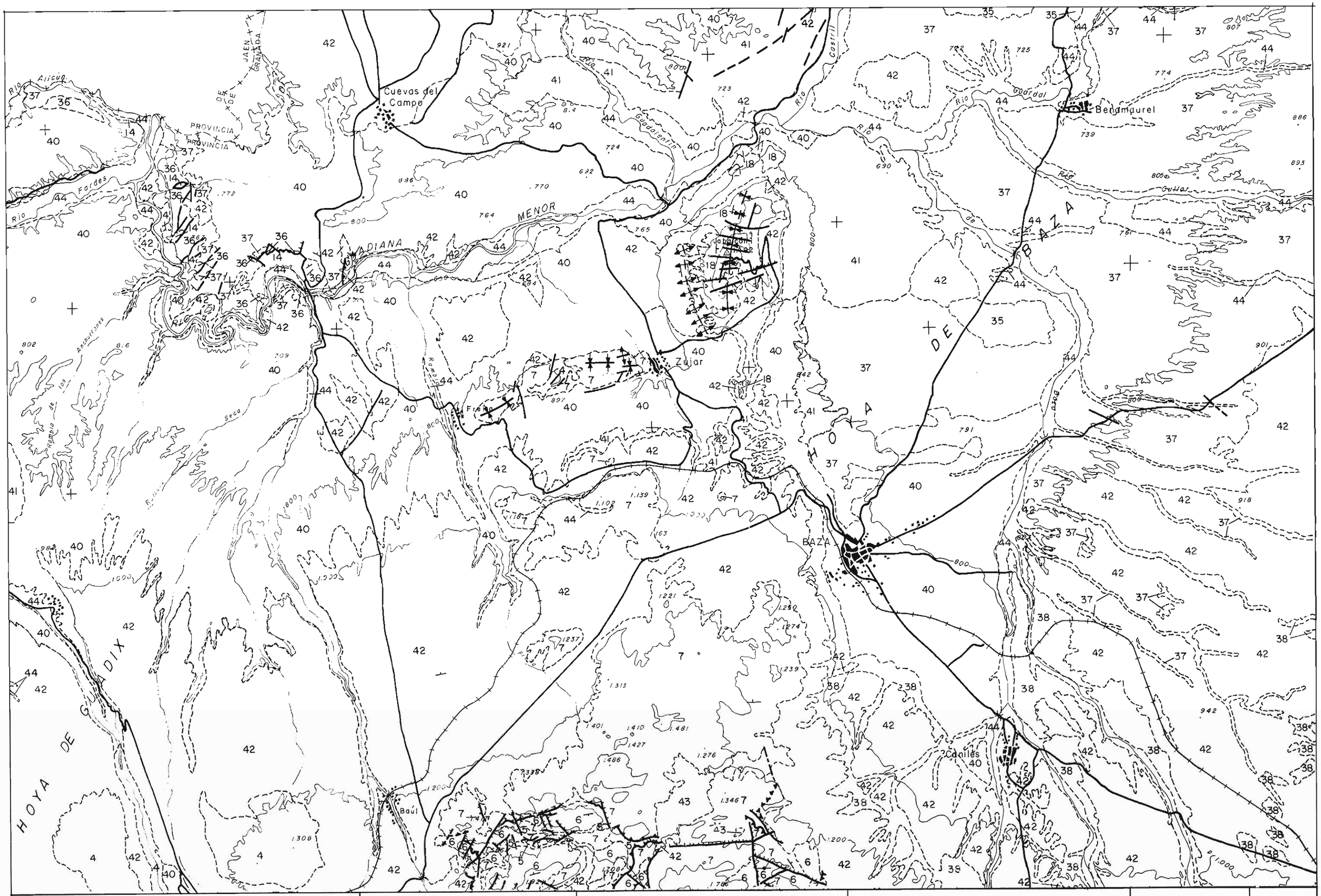
CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

MAPA DE LITOGRUPOS
PLANO 6 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

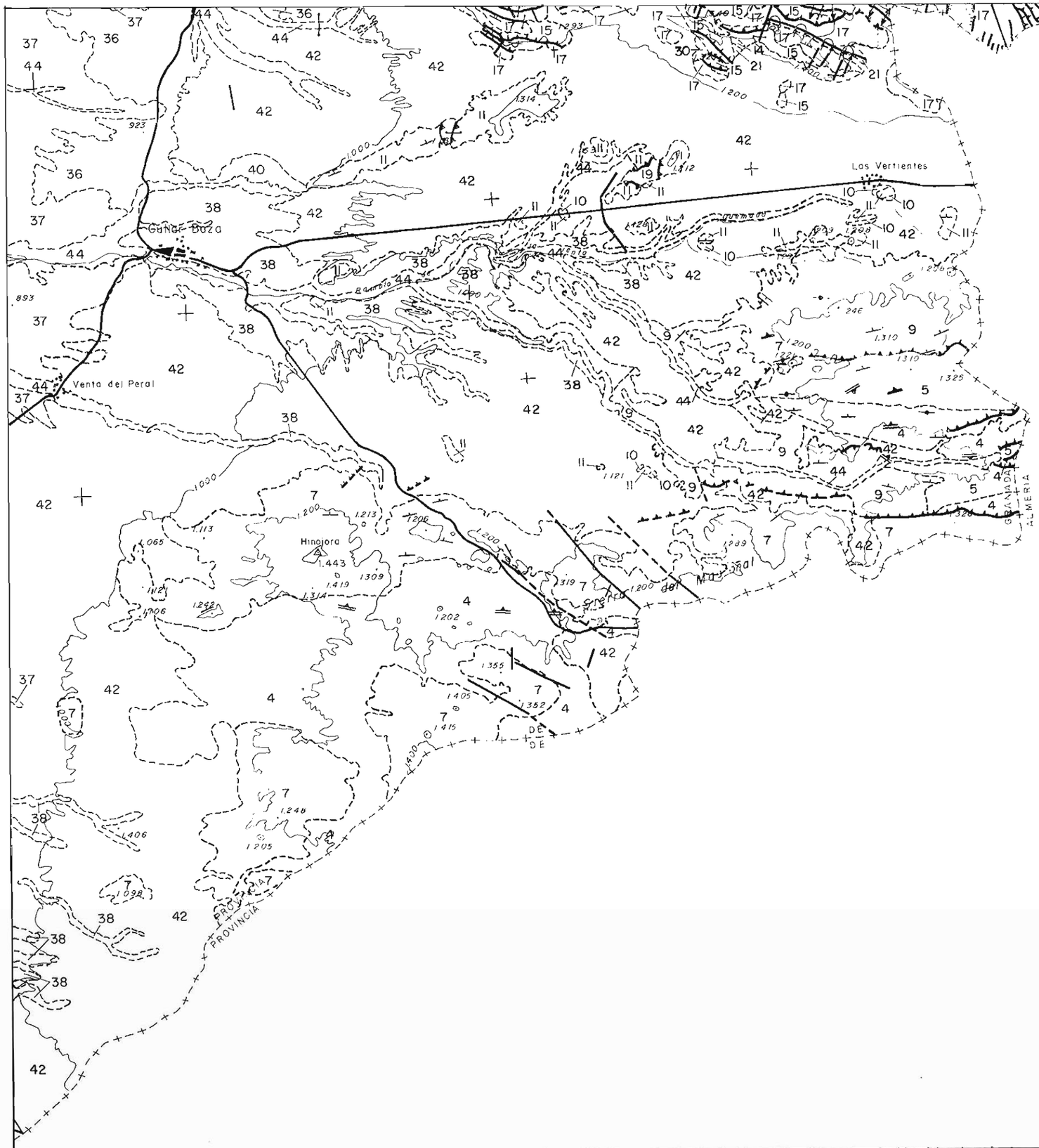
CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

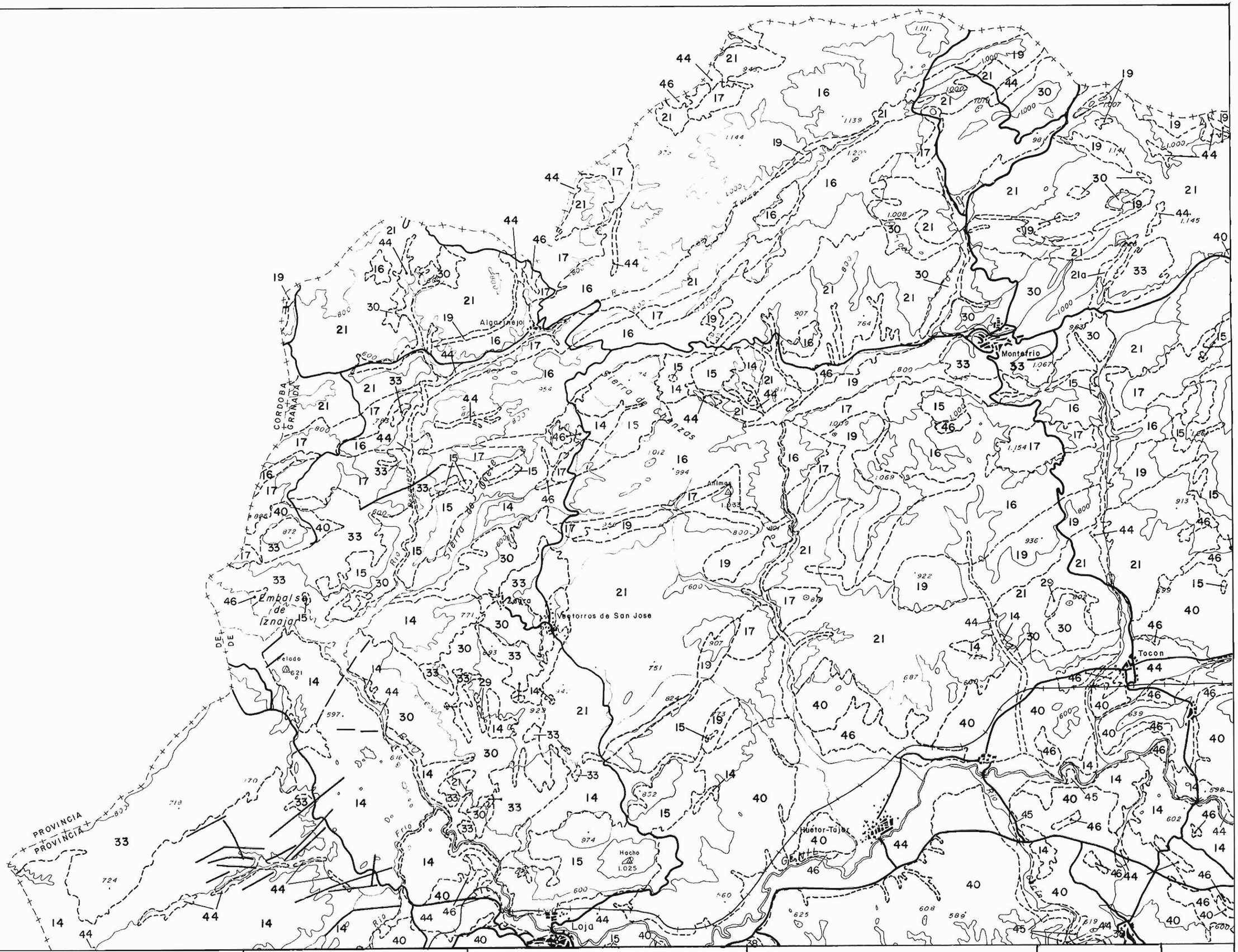
MAPA DE LITOGRUPOS
PLANO 7 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE LITOGRUPOS PLANO 8 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m	1987



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

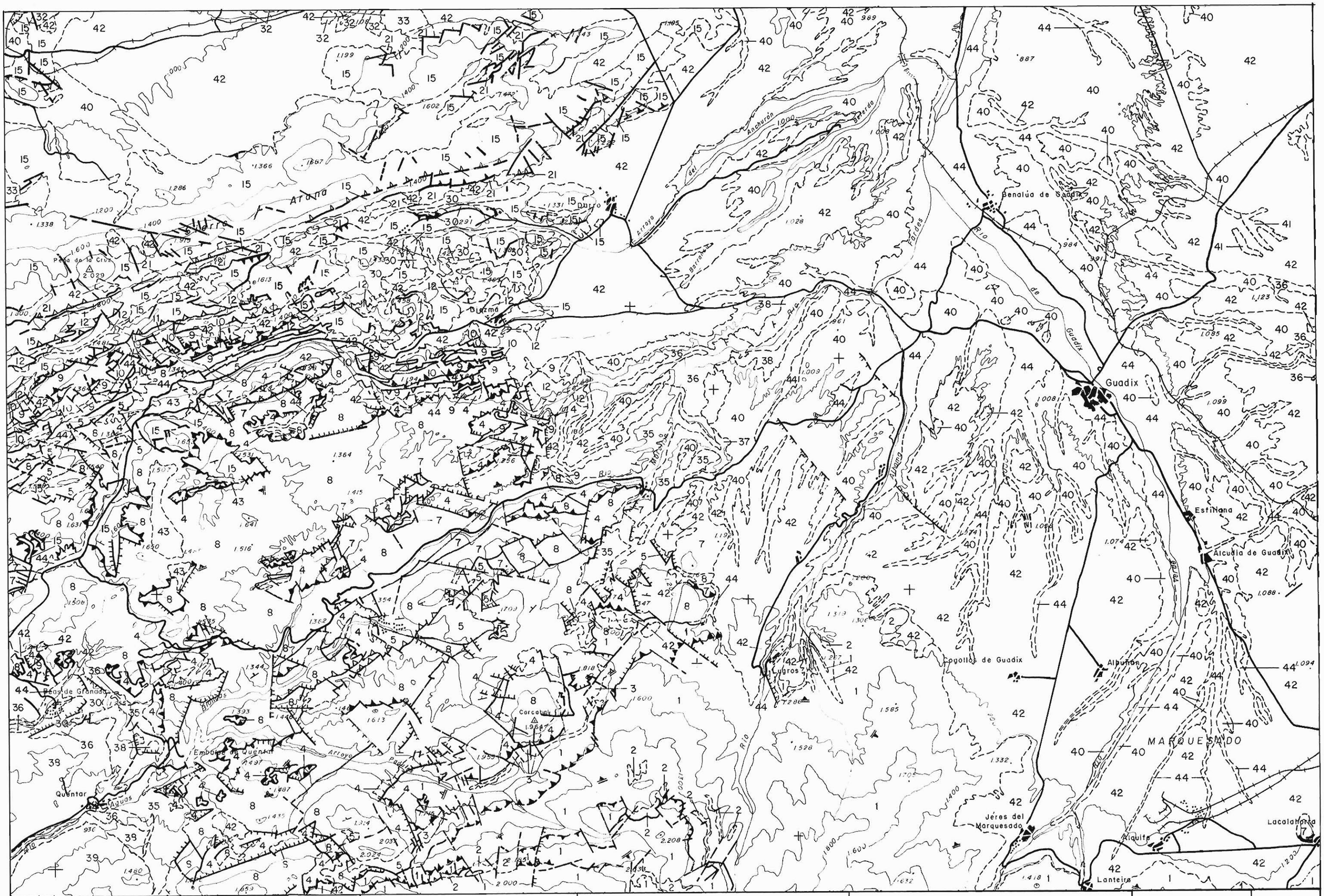
MAPA DE LITOGRUPOS
PLANO 9 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE LITOGRUPOS PLANO 10 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m	1987



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE LITOGRUPOS PLANO 11 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m 1987



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

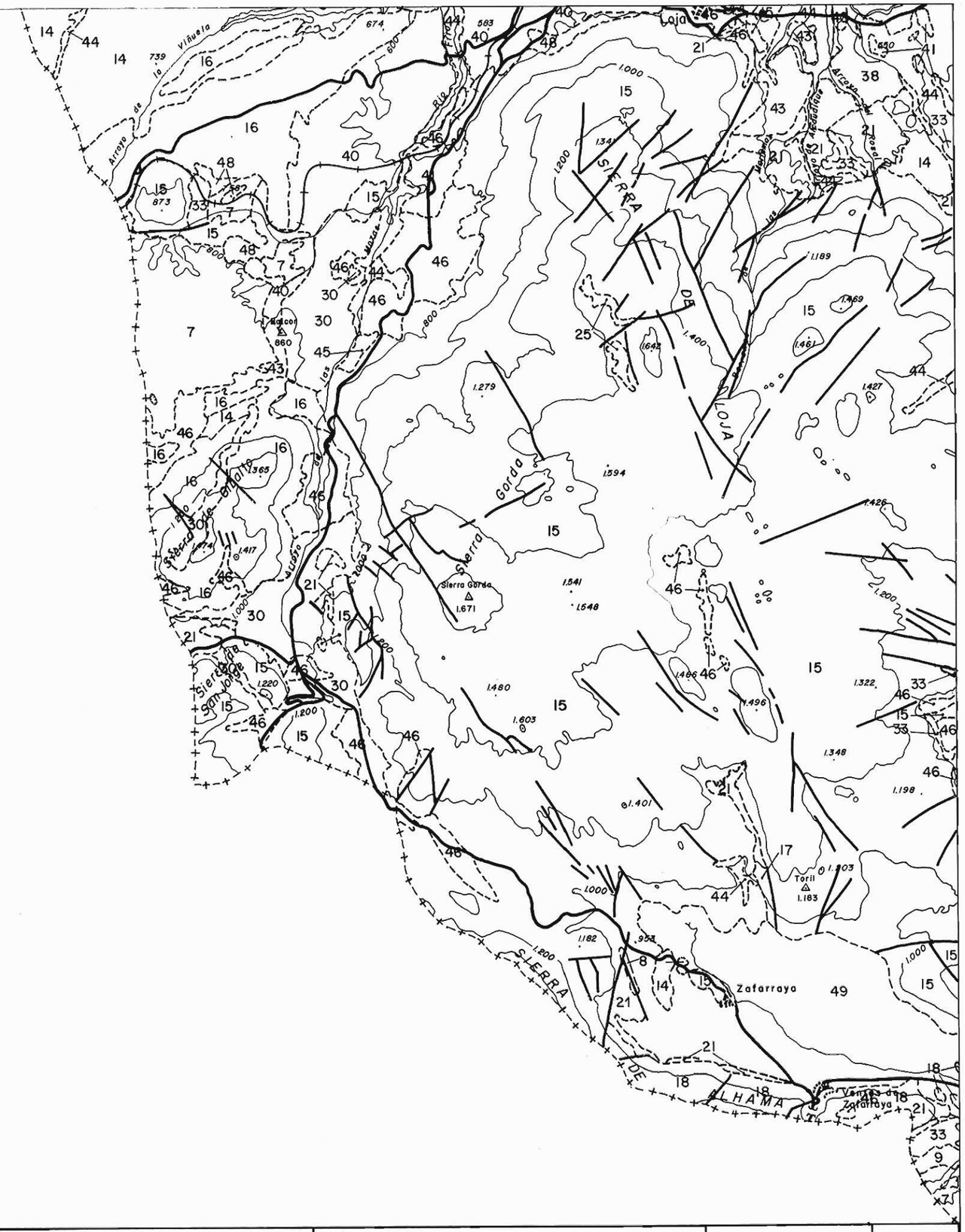
CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

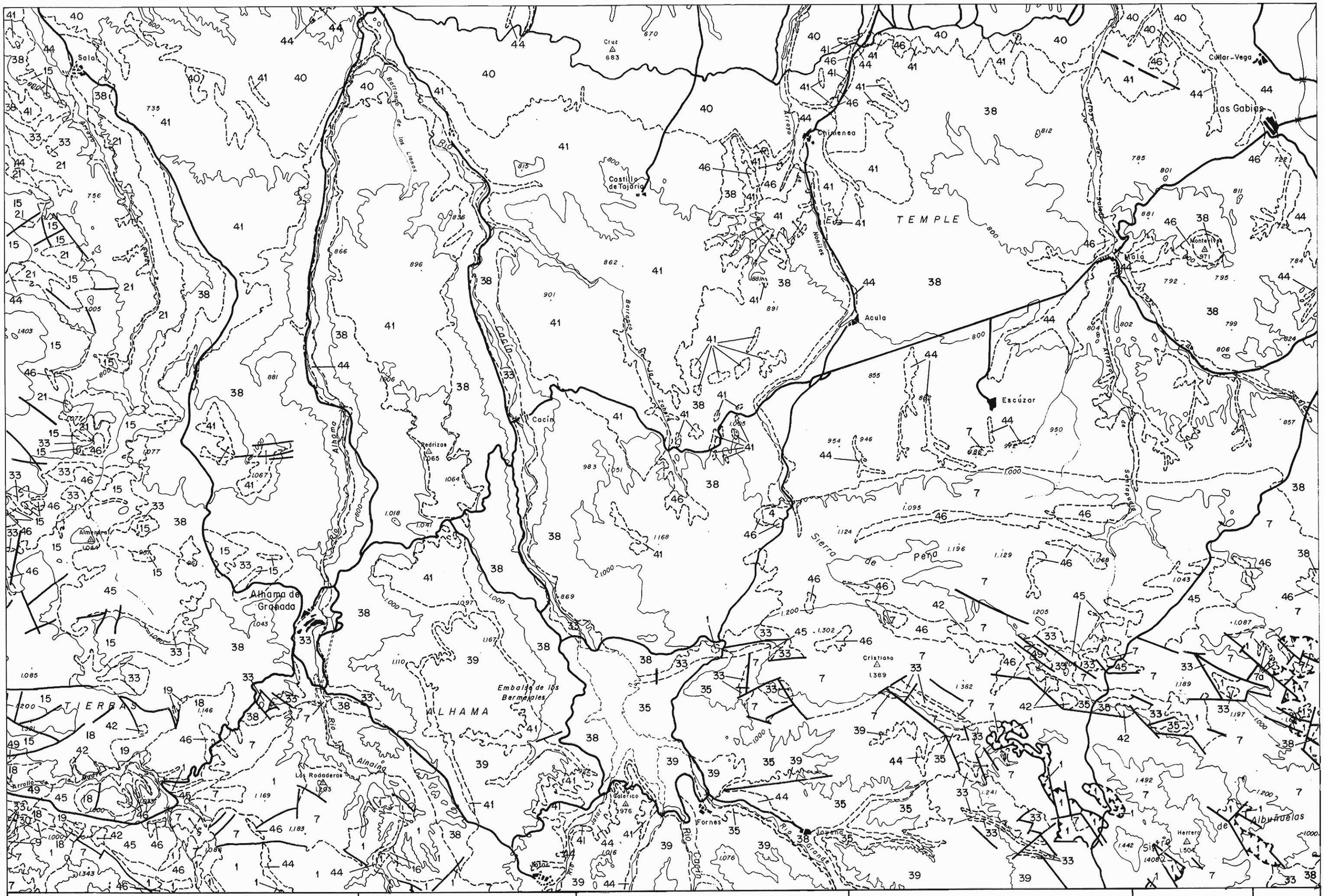
MAPA DE LITOGRUPOS
PLANO 12 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

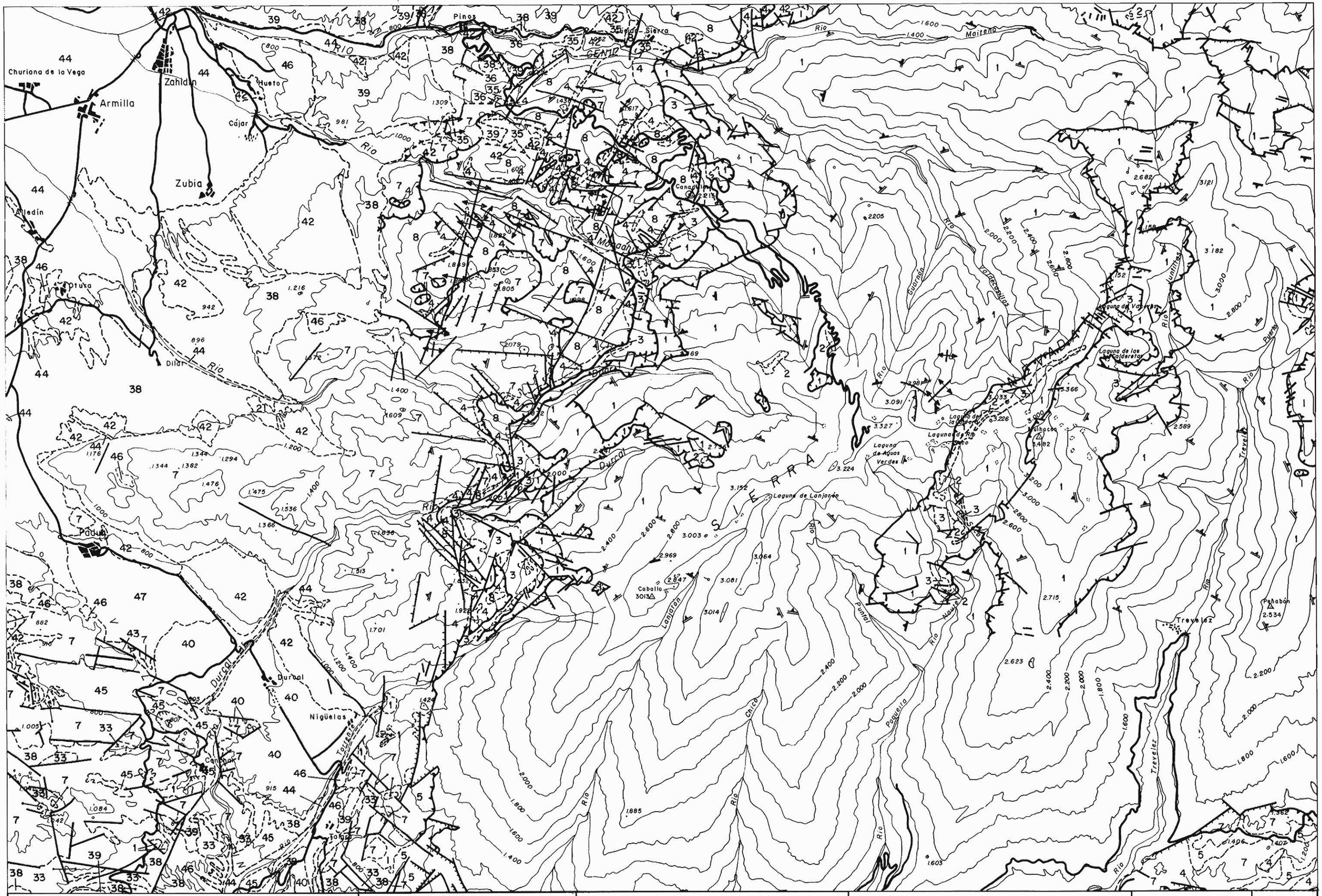
1987

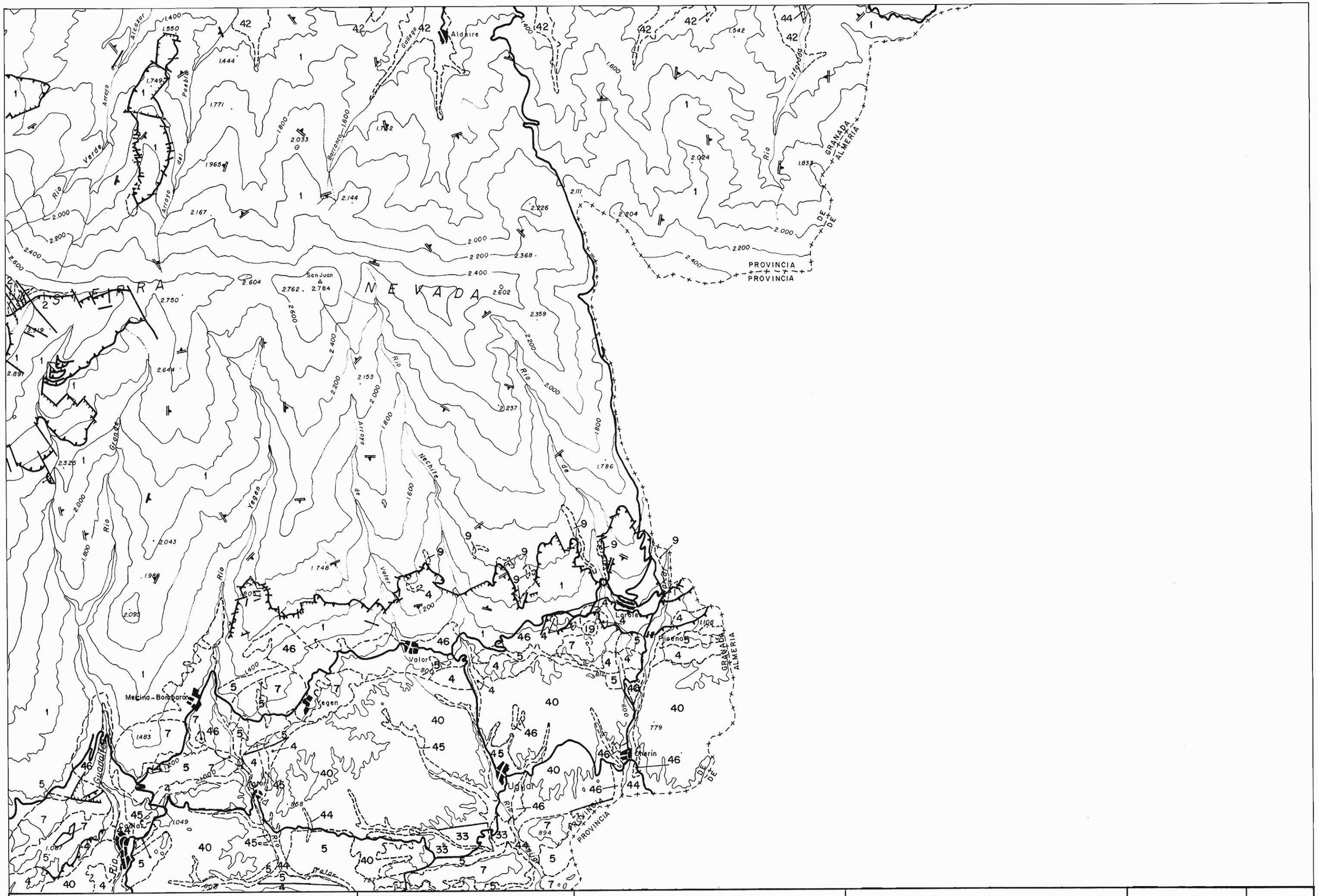


MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE LITOGRUPOS PLANO 13 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m	1987

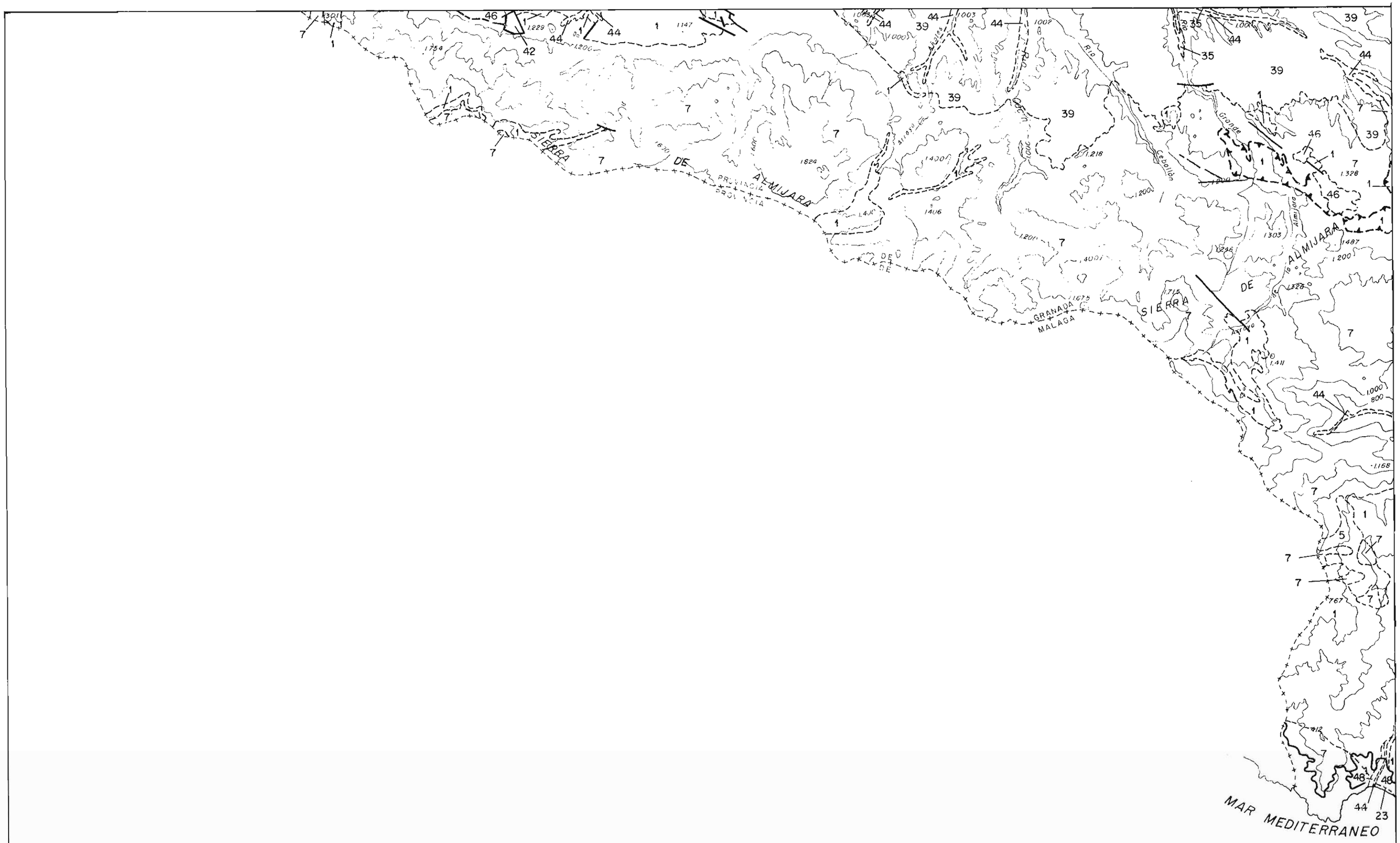


MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE LITOGRUPOS PLANO 14 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m 1987


Churiana de la Vega
Armilla
Zahíndn
Huetor
Cájar
Zubia
Alfacar
Alfacar
Dílar
Dílar
Pinos
Pinos
Sierra
Río
Maitena
Río
Genil
Río
Monachil
Canalizo
Río
Guarnón
Valdeinfierno
Río
Dílar
Río
Dílar
Río
Durcal
Río
Durcal
Río
Dúrcal
Río
Dúrcal
Río
Tablate
Río
Tablate
Río
Lanjarón
Río
Chico
Río
Paqueira
Río
Trevélez
Río
Trevélez
Río
Trevélez



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE LITOGRUPOS PLANO 16 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m 1987



MOPU tecnología carreteras
servicio de geotecnia

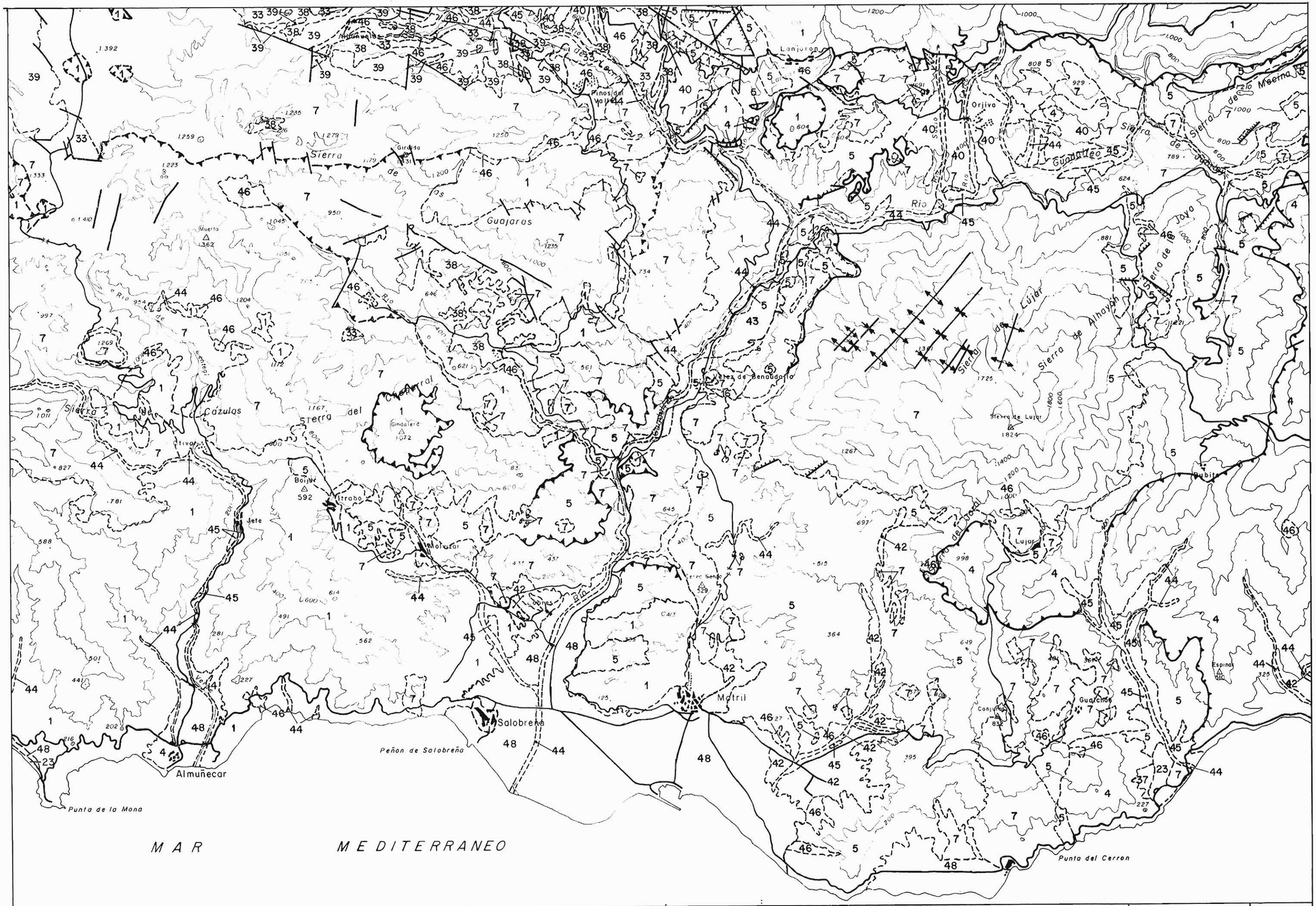
CONSULTOR:
EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.

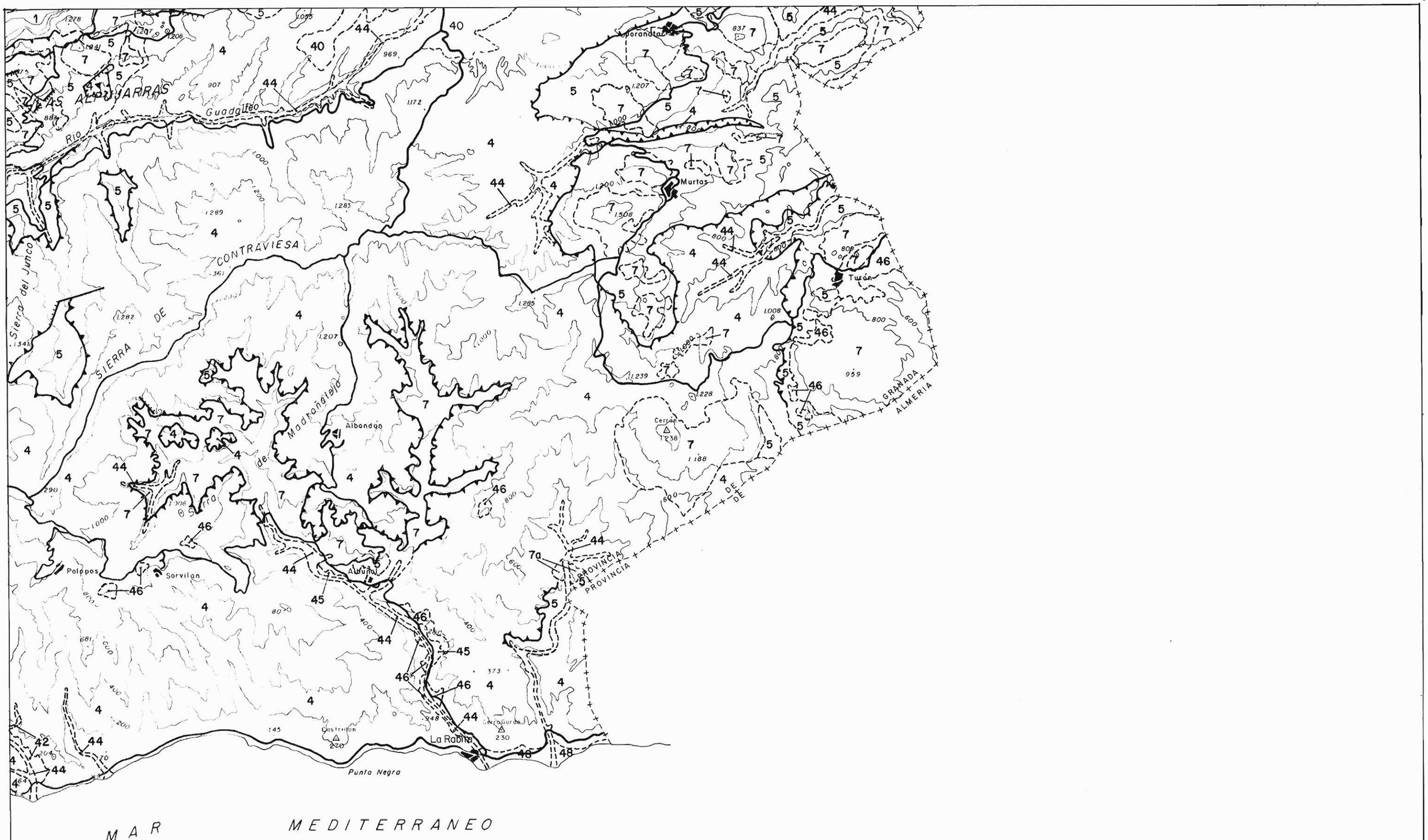
Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada

MAPA DE LITOGRUPOS
PLANO 17 DE 19

ESCALA 1:100.000
1.000 0 1.000 2.000m

1987


Sierra de los Guajaras
Sierra de Gádor
Sierra del Cabrito
Sierra de Lújar
Sierra de Alhaya
Sierra de Lújar
Sierra de Mecina
Sierra de Mecina
Sierra de Guadalfeo
Sierra de Jovar
Sierra de Jovar
Pinos del Valle
Lanjarón
Orjiva
Lújar
Motril
Salobreña
Almuñecar
Peñon de Salobreña
Punta de la Mona
Punta del Cerron
Jete
Molvizar
Rio Guadalfeo
Rio Guadalfeo
Rio Guadalfeo



MOPU tecnología carreteras servicio de geotecnia	CONSULTOR: EAT EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA S.A.	Movimientos del Terreno de la Provincia de Granada	MAPA DE LITOGRUPOS PLANO 19 DE 19	ESCALA 1:100.000 1.000 0 1.000 2.000m	1987

MOPU SECRETARIA GENERAL TECNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

MINISTERIO DE TRANSPORTES TURISMO Y COMUNICACIONES
DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

SINTESIS GEOTECNICA DE LOS SUELOS DE MADRID Y SU ALFOZ



MADRID 1985

Ministerio de Transportes Turismo y Comunicaciones
DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

SINTESIS GEOTECNICA DE LOS SUELOS DE MADRID Y SU ALFOZ

VENTURA ESCARIO
Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos
M. S. Universidad de Harvard (USA)
Laboratorio de Carreteras y Geotecnia «José Luis Escario» (CEDEX)



1985

Esta publicación forma parte de la serie denominada «La Definición de la Estructura Geotécnica de las Ciudades a través de las Obras del Metro» realizada por la Dirección General de Infraestructura del Transporte con la colaboración del Instituto Agustín de Bethencourt, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos y compuesta por los siguientes trabajos:

- *Síntesis Geotécnica de los Suelos de Madrid y su Alfoz.*
- *Síntesis Geotécnica de los Suelos de Valencia.*
- *Síntesis Geotécnica de los Suelos de Bilbao.*
- *Síntesis Geotécnica de los Suelos de Sevilla.*

Depósito legal: M. 1778-1986
ISBN: 84-505-2858-5
Imprime: ARGES - La Coruña, 24 - 28020 MADRID

INDICE

Página

1. INTRODUCCION 7
2. ASPECTOS GEOLOGICOS 9
3. ESTRUCTURA GEOTECNICA 15
   - 3.1. Estructura básica 15
   - 3.2. Formaciones detríticas 17
     - 3.2.1. Arenas de miga, formación Las Rozas 19
     - 3.2.2. Arenas de miga, formaciones El Pardo y Madrid 19
     - 3.2.3. Tosco 21
   - 3.3. La peñuela 22
   - 3.4. Transición tosco-peñuela 26
   - 3.5. Formaciones yesíferas 27
   - 3.6. Los rellenos cuaternarios y contemporáneos 29
4. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS 33
   - 4.1. Introducción 33
   - 4.2. Características de identificación 34
     - 4.2.1. Granulometría 34
     - 4.2.2. Plasticidad 35
   - 4.3. Características de estado 38
     - 4.3.1. Densidad seca 38
     - 4.3.2. Humedad 39

Página

4.4. Características resistentes y de deformación 40
4.4.1. Resistencia a la penetración 40
4.4.2. Resistencia a compresión simple 41
4.4.3. Resistencia a esfuerzo cortante 44
4.4.3.1. Consideraciones generales 44
4.4.3.2. Tosco y arena de miga 45
4.4.3.3. Peñuelas 46
4.4.3.4. Arcillas marrones de plasticidad elevada 48
4.4.4. Ensayos de carga sobre placa 49
4.4.4.1. Tosco y arena de miga 49
4.4.4.2. Peñuelas 54
4.5. Deformabilidad del tosco a escala natural 55
4.6. Características expansivas 57

5. AGUAS SUBTERRANEAS 59

5.1. El gran acuífero del Terciario detrítico 59
5.2. Acuíferos en los niveles superiores de arena de miga y tosco 59
5.3. Aguas subterráneas en el cuaternario 60
5.4. Otras aguas subterráneas 60

6. AGRESIVIDAD A LOS HORMIGONES 63
7. AGRADECIMIENTOS 67
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 69
RESUMEN 77

1. INTRODUCCION

La recopilación de los datos geotécnicos y su interpretación para definir la estructura del subsuelo de áreas urbanas es una tarea del máximo interés práctico.

Hasta hace unos años este tipo de iniciativas era tomado generalmente a título científico por algunas entidades o profesionales. Ultimamente, sin embargo, diversas instituciones del Estado se han hecho conscientes de la importancia de la inversión efectuada en investigaciones del terreno y del despilfarro que supondría dejar que se perdiera la información obtenida, si no se ordena debidamente y se pone al servicio del público.

Las obras de ferrocarriles metropolitanos, por ejecutarse generalmente bajo la superficie del terreno, son de las que exigen reconocimientos más detallados del subsuelo. Además, por su desarrollo lineal afectan a grandes longitudes, aportando series de datos bien relacionados entre sí, de valor incalculable para interpretaciones geotécnicas globales de las zonas afectadas.

Estos datos, unidos a los obtenidos a través de numerosos estudios puntuales de cimentaciones y a la circunstancia excepcional de que la ciudad de Madrid alberga en sus alrededores explotaciones mineras muy activas, que han enriquecido poderosamente los conocimientos del terreno, han permitido a la Dirección General de Infraestructura del Transporte promocionar un estudio sobre el tema, inscribiendo todas las redes de Metro existentes y en proyecto; es decir sobre lo que pudiera llamarse el casco urbano de Madrid.

Pero, por otra parte, si interesante es el conocimiento detallado del subsuelo de la urbe propiamente dicha, ya que en él se construirán nuevas obras en el futuro, se ha considerado, que de no menos interés es el estudio de los datos existentes sobre lo que se ha dado en denominar su alfoz, zona de expansión natural para nuevas actividades urbanísticas, industriales y de otros tipos. Ello ha llevado a la Dirección General a promover un trabajo de más amplia extensión geográfica.

El término alfoz se presta a interpretaciones poco precisas. La que se ha tomado para este estudio es de tipo práctico. El área que se ha incluido es aquella de los alrededores de Madrid de la que hay un mínimo de datos confiables y que circunscribe a los dos únicos ferrocarriles de cercanías de los que existen estudios geotécnicos: Atocha-Parla-Fuenlabrada y Madrid-Villalba.

La metodología seguida para esta ampliación ha consistido en extrapolar los detallados conocimientos de que se dispone sobre la zona del casco urbano de Madrid. Téngase en cuenta que, en el caso que nos ocupa, este procedimiento es completamente legítimo, al tratarse de un área con el mismo origen geológico. En efecto, como se verá en los correspondientes epígrafes, la zona estudiada del alfoz ocupa la misma cuenca endorreica, con sedimentos detríticos en los bordes y químicos en la zona central, y con franjas intermedias de deposición mixta. En la ciudad de Madrid se dan los tres tipos de sedimentos, que pasan de unos a otros por cambio lateral de facies. Se comprende, por tanto, la relativa facilidad con que pueden extrapolarse los datos a su periferia, apoyándose en la información adicional aportada por otros reconocimientos geotécnicos, aunque no sean muy numerosos.

2. ASPECTOS GEOLOGICOS

La Comunidad de Madrid está situada en el borde septentrional de la Meseta Sur, sobre la vertiente meridional de la Cordillera Central, extendiéndose hasta el río Tajo, que drena el sistema hidrográfico de la región.

La cota más baja de la comarca coincide con el nivel de base local del Tajo, algo inferior a 500 m, y la más elevada con el vértice de Peñalara, que alcanza los 2.430 m de altitud. En el Sistema Central se superan los 1.000 m, mientras que la zona meseteña queda a una cota inferior. En la ciudad de Madrid oscila entre los 720 m de Chamartín y los 560 m de la depuradora de La China, junto al Manzanares.

La importancia político-social de la región ha determinado, desde mediados del siglo XIX, un creciente interés por un mejor conocimiento de sus características físico-naturales, aún no completamente resueltas en toda su problemática.

A partir de la síntesis realizada por CASIANO DEL PRADO en 1864, los estudios sobre la región central de España han ido progresando de forma, podría decirse, acelerada, incluyendo investigaciones llevadas a cabo por autores extranjeros, en especial franceses y alemanes.

Cronológicamente, la siguiente publicación importante es de FERNANDEZ NAVARRO (1904), que en su «Nota sobre el territorio de los alrededores de Madrid» se ocupa específicamente del Terciario. E. HERNANDEZ PACHECO estudia los problemas estratigráficos de las dos submesetas, especialmente con motivo del XIV Congreso Internacional de Geología de 1926. ROYO GOMEZ publica, entre otras, la «Hoja Geológica 1/50.000 de Madrid» (1929). En 1933 redactan HERNANDEZ SAMPELAYO (P. y A.) la «Hoja Geológica 1/50.000 de Navalcarnero». De 1936 son los estudios morfológicos de SCHWENZNER, que recoge y amplía SOLE SABARIS (1952). A partir de 1941 el I.G.M.E. acelera la publicación de las Hojas Geológicas de la región, recientemente remozadas dentro del Plan Magna de Geología. F. HERNANDEZ PACHECO se ocupa en varias

ocasiones de diversos problemas regionales. RIBA (1957) acuña el término de «facies Madrid», posteriormente ampliado por BENAYAS, PEREZ MATEOS y RIBA (1960). La guía de PEREZ REGODON (1970) resume los estudios geológicos llevados a cabo hasta ese momento. Con posterioridad, el I.G.M.E. publica diversos Mapas Geológicos de síntesis 1/200.000 y Hojas Geológicas 1/50.000, entre ellas las de Getafe (1975) y Arganda (1975).

En años recientes, algunos autores abordan en profundidad diversos aspectos geológicos de Madrid y la Cuenca del Tajo: estudios geomorfológicos (LOPEZ y PEDRAZA, 1976; LAZARO, 1977; LAZARO y ASENSIO, 1978), mineralógicos y estratigráficos (MINGARRO y MARFIL, 1966; HUERTAS et al., 1971; BUSTILLO, 1976 y 1978; LOPEZ, 1977; GARCIA et al., 1979), tectónicos (ALIA, 1979; MARTIN, 1979 y 1980) e hidrogeológicos (MARTINEZ, 1978 y 1979). Por último, estos trabajos culminan en varias comunicaciones presentadas al I Congreso Español de Geología de 1984 (BUSTILLO y MARTIN; DURAN y VAL; LEGUEY et al.; TORRES et al.).

En el apartado de la investigación geotécnica la bibliografía es más escasa. Hay que comenzar por citar la Monografía sobre el tema de la Sociedad Española de Mecánica del Suelo (1963), que recoge una serie de datos interesantes, pero sin correlacionar. En un trabajo publicado por V. ESCARIO (1970) se efectúa una síntesis general de los terrenos de Madrid, basada en los estudios geotécnicos y mineros efectuados por el autor, en especial para varias líneas del Metro. Datos de interés tomados por el Servicio Geológico de Obras Públicas a lo largo del río Manzanares por ABOLLADO (1940) y AGUILA (1962) son recogidos por GARCIA YAGÜE (1973). En 1972 publica el I.G.M.E. el Mapa Geotécnico General 1/200.000 de Madrid, y en 1974 el de Segovia. Finalmente, hay que mencionar los Mapas Geotécnicos de Ordenación Territorial y Urbana de la Subregión de Madrid escala 1/100.000 (Madrid y Getafe, entre otros).

La estructura geológica de la región central peninsular se refleja en sus características fisiográficas: dos submesetas separadas por el Sistema Central.

Los materiales más antiguos son de edad hercínica, que sufrieron un arrasamiento generalizado, y sobre los que los movimientos orogénicos alpinos desarrollaron una tectónica de fractura a partir de finales del Mesozoico; coincidiendo con direcciones estructurales preexistentes se configuró la fosa del Tajo. Durante el Cenozoico, simultáneamente a las pulsaciones orogénicas alpinas, se producen reactivaciones de las grandes fallas de dirección NE-SO que delimitan la fosa y el Sistema Central. La fosa tectónica o «graben» actuó de cuenca endorreica (cuenca intramontana) donde, en condiciones de subsidencia lenta, se depositan grandes espesores de sedimentos (1.500 m en Tielmes de Tajuña, más de 2.000 m en Tres Cantos, hasta 3.500 m en San Sebastián de los Reyes).

El ciclo sedimentario culminó en el Pontiense, en que se rompe el régimen endorreico de la cuenca. El modelado superficial actual viene definido por una serie de superficies de aplanamiento (correspondientes a sucesivos ciclos erosivos o, más probablemente, a superficies desniveladas por la tectónica de fractura) que, partiendo del Guadarrama, se prolongan hasta los relieves estructurales conformados por las calizas del páramo. Estas superficies están disectadas por los cursos fluviales cuaternarios.

El esquema de sedimentación de la cuenca endorreica de Madrid es típico de las cuencas intramontanas en clima árido: sedimentos detríticos en los bordes y químicos en la zona central, con franjas intermedias de deposición en que se yuxtaponen las facies detríticas y las químicas.

La naturaleza de los sedimentos detríticos está estrechamente vinculada a las formaciones de procedencia. En el área de Madrid los materiales provienen de los relieves del entorno del Guadarrama, esencialmente graníticos. Los detritos arenosos son, pues, fundamentalmente, de composición cuarzo-feldespática, arcósicos. Se encuentran también micas y minerales resistentes a la desintegración. Hacia la ciudad de Madrid aparecen además minerales detríticos procedentes de la destrucción de rocas de alto me-

tamorfismo. La distribución granulométrica de las arcosas es polimodal, y la granulometría va siendo globalmente más gruesa hacia los relieves serranos, si bien únicamente se encuentran grandes bolos en los alrededores de las fallas que delimitan la cuenca. El grado de redondez de los clastos disminuye asimismo hacia los relieves de procedencia. Se trata de sedimentos poco maduros; únicamente hacia el centro de la cuenca existen granos redondeados.

Estos sedimentos se han depositado, en un ambiente semiárido, como abanicos aluviales imbricados que determinan frecuentes acuñamientos y cambios de granulometría en los depósitos. Dentro de estos abanicos aluviales cabe distinguir tres zonas o subfacies (LOPEZ VERA, 1977): subfacies proximal, junto al escarpe de falla, con depósitos detríticos gruesos de borde, aportados por corrientes de inundación; subfacies media, donde predominan las corrientes meandriformes, que comienzan siendo anastomosadas, con los depósitos más gruesos en los canales; subfacies distal, con canales imbricados y flujos de barro que depositan materiales más finos en la zona terminal, igualmente con sedimentos más gruesos en los canales. En el borde de esta subfacies, junto a la facies lagunar del centro de la cuenca, se produce abundante neoformación de minerales. Las facies lacustres son predominantemente evaporíticas.

Este esquema sedimentológico es de carácter demasiado general para tener un significado geotécnico concreto, aunque los distintos dominios geotécnicos (arena de miga, tosco, peñuela, etc.), ocupan posiciones específicas dentro de las subfacies de los abanicos aluviales.

Las condiciones sedimentológicas se han mantenido relativamente constantes a lo largo de la historia geológica de la cuenca. Los terrenos arenosos superficiales al Norte de la ciudad de Madrid tienen igualmente un carácter detrítico en profundidad, según se deduce de los datos aportados por sondeos profundos. Existen, no obstante, tramos de granulometría más fina, incluso calcáreos, equivalentes laterales de los depósitos intermedios y químicos del centro de la cuenca endorreica, por el fenómeno de cambio de facies. Dentro del casco urbano de Madrid, los tramos detríticos más superficiales son transgresivos respecto a los químicos, con lo que en algunas zonas pueden aparecer terrenos de esta naturaleza bajo el tosco e, incluso, las arenas de miga.

La sedimentación se ha producido, al menos, desde el Mioceno inferior hasta el comienzo del Cuaternario. No existen, sin embargo, datos paleontológicos completos que permitan una cronología precisa de todos los terrenos. Los fósiles encontrados lo han sido generalmente en las facies intermedias, y han sido datados como pertenecientes al Mioceno medio (Vindoboniense o Prepontiense antiguos, denominaciones reemplazadas en la actualidad por el Aragoniense). Por correlación estratigráfica se ha atribuido esta edad geológica a la mayor parte de los sedimentos arcósicos. Estos sedimentos, es decir, las arenas de miga y los toscos, eran atribuidos por F. HERNANDEZ PACHECO al Plioceno, por lo menos en sus niveles más altos, como son los situados en el mismo casco urbano de Madrid.

Las calizas lacustres del centro de la cuenca (que aparecen fuera del dominio del alfoz) o calizas del páramo, han sido dadas tradicionalmente como del Pontiense (piso equivalente al actual Villasiense). Existen, además, sedimentos pliocenos de tipo raña hacia Algete.

La red fluvial cuaternaria ha depositado terrazas que contienen no sólo materiales procedentes de los acarreos fluviales, sino, en ocasiones, aportes laterales de las zonas por las que discurren los cursos de agua. Existen también depósitos relacionados con glacis y fondos semiendorreicos, así como materiales de origen coluvial y conos de deyección.

En el entorno de la ciudad de Madrid se encuentran representados los tipos de sedimentos más característicos de la fosa del Tajo, excepto los detríticos más gruesos y las calizas del páramo.

Existe en superficie una franja de sedimentos predominantemente detríticos hasta una hipotética línea, naturalmente estimativa, que uniera Barajas y Leganés. Los depósitos evaporíticos francos comienzan según otra línea que enlaza-

ra San Fernando de Henares y Pinto. Entre ambas formaciones si sitúa una franja con los terrenos de facies intermedias. Se trata, ciertamente, de franjas flexuosas, y dentro de cada formación existen cambios graduales que denotan una mayor energía del medio sedimentario en dirección NO, zona de procedencia de los depósitos. No obstante, las propias características del medio, con continuos cambios de facies, determinan alternativas zonales que dificultan las correlaciones puntuales entre áreas relativamente próximas.

Los sedimentos detríticos constituyen la llamada facies Madrid, y comprenden materiales arcósicos medios a finos. Corresponden a las «arenas de miga» y «toscos», del lenguaje geotécnico. Unos y otros se presentan como lentejones imbricados. Dentro de la ciudad de Madrid pueden establecerse unos «dominios» donde predomina uno u otro tipo de unidad geotécnica.

En las zonas más septentrionales de la ciudad aparecen, entre las formaciones de arena de miga, lentejones correspondientes a fondos de paleocanales con gravillas y gravas. Por otra parte, las fracciones más finas de los sedimentos, incluyendo materiales arcillosos, se hacen más frecuentes hacia el SE, si bien están presentes en casi toda la formación arcósica.

Las facies intermedidas, constituidas por lo que suelen denominarse «peñuelas» en lenguaje geotécnico, que se sitúan en la zona terminal de los abanicos aluviales, colindantes con las facies lacustres evaporíticas, son de naturaleza compleja. Podrían definirse como una formación caracterizada por una identación de sedimentos transportados con sedimentos autóctonos. Entre los primeros, además de materiales granulares y sedimentos arcillosos heredados (contaminados por depósitos de neoformación), se encuentran arenas micáceas, que adquieren cierta entidad hacia Parla. Entre los depósitos autóctonos se encuentran arcillas esmécticas y fibrosas, además de depósitos calcáreos y magnésicos. Esporádicamente aparecen tablas y nódulos silíceos.

La peñuela se interestratifica con depósitos yesíferos en las facies geológicas centrales, que van siendo globalmente predominantes hacia el centro de la cuenca sedimentaria, esto es, hacia el SE de Madrid. Las evaporitas, esencialmente yesíferas, aunque con anhidrita residual, constituyen estratos globalmente subhorizontales que comienzan siendo centimétricos, con alternativas de mayor espesor que pueden tener grave incidencia geotécnica cuando se presentan fenómenos de disolución. Estos fenómenos (que pueden ir acompañados de replegamientos y reajustes de los estratos), así como las frecuentes removilizaciones de los yesos, están ligados a fracturas.

Con frecuencia existen también fracturas, de origen no definitivamente aclarado, que se manifiestan mediante superficies aparentemente estriadas o «lisos» en las peñuelas.

En el cuadro adjunto se da un esquema de la correspondencia entre las distintas facies geológicas, las formaciones geotécnicas y las características litológicas, tema que se detalla en los epígrafes sucesivos.

En la Fig. 1 se da un mapa litológico de Madrid y sus alrededores para completar la información general.

ESQUEMA DE CORRESPONDENCIA ENTRE LAS FACIES GEOLOGICAS Y LAS FORMACIONES GEOTECNICAS

FACIES GEOLOGICAS	FORMACIONES GEOTECNICAS	CARACTERISTICAS LITOLOGICAS
Detríticas	Arenas de miga, formación Las Rozas.	Arenas arcósicas color ocre o amarillento, de grano grueso a fino, con gravillas y niveles de cantos.
	Arenas de miga, formaciones El Pardo y Madrid.	Arenas color ocre o amarillento, con gravillas y esporádicos lentejones de gravas con tramos de arenas y arcillas limosas.
	Tosco.	Arcillas limo-arenosas color ocre o amarillento, con tramos arenosos. Niveles intercalados de naturaleza similar a la transición tosco-peñuela.
Intermedias	Transición tosco-peñuela.	Interestratificados carbonatados (a veces con sílex), sepiolíticos y montmorilloníticos en el contacto entre tosco y peñuela del S y E de Madrid.
	Peñuela.	Arcillas y arcillas margosas gris azulado o verdoso y marrones, endurecidas, con tramos de areniscas micáceas.
Centrales	Formaciones yesíferas.	Niveles y bancos de yeso alternando con arcillas y margas endurecidas.

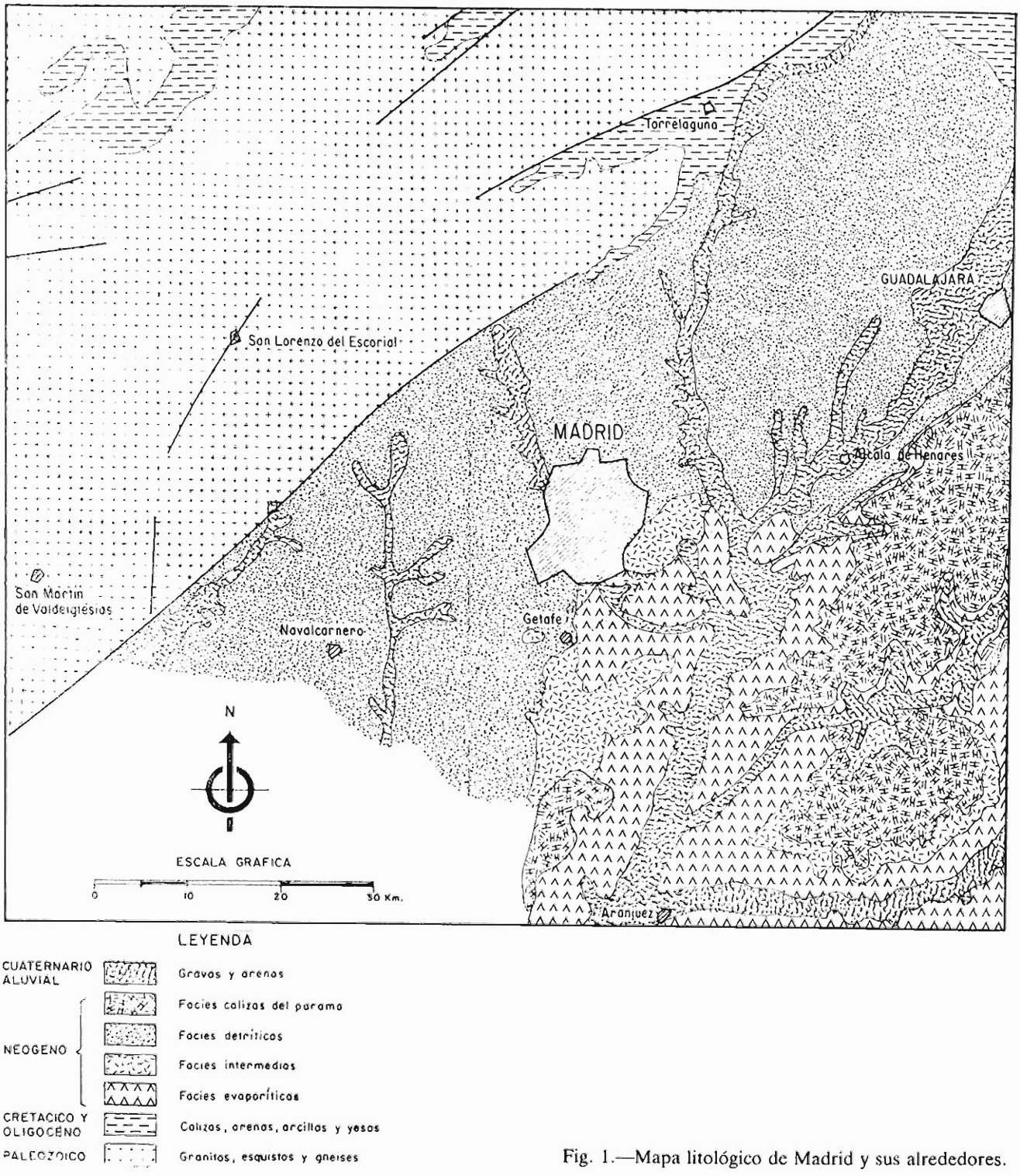


Fig. 1.—Mapa litológico de Madrid y sus alrededores.

3. ESTRUCTURA GEOTECNICA

3.1. ESTRUCTURA BASICA

Como se ha visto al describir la estructura geológica, la zona ocupada por Madrid y su alfoz puede incluirse en el esquema clásico de sedimentación en una cuenca continental cerrada en condiciones subdesérticas: sedimentos detríticos en el borde y evaporíticos en el interior, con una zona intermedia en la que se produce deposición mixta de materiales detríticos con interestratificados de minerales neoformados.

La franja Norte del alfoz está constituida, a partir de las formaciones rocosas del macizo del Guadarrama, por sedimentos típicamente detríticos, con proporciones decrecientes de elementos gruesos y disminución del tamaño máximo de los mismos al irse alejando de la sierra.

La ciudad de Madrid está situada en una zona afectada por los tres tipos de sedimentos citados y así, al moverse en dirección transversal al macizo serrano, de NO a SE de la capital, se pasa de las facies detríticas (arena de miga y tosco), a las intermedias (peñuelas), para terminar con las evaporíticas (yesos), según puede verse en el Mapa de Formaciones Geotécnicas de Madrid, que se adjunta a escala 1/25.000, que en adelante se denominará MFGM.

Más hacia el Sur las condiciones continúan congruentes con estas tendencias, constituyendo las peñuelas y formaciones yesíferas los terrenos dominantes al este de Getafe y Parla, mientras que al Oeste, todo el área del mismo Parla, Fuenlabrada, Móstoles, Alcorcón y Leganés queda emplazada en formaciones detríticas, según puede verse en el Mapa de Formaciones Geotécnicas del Alfoz de Madrid que se adjunta a escala 1/50.000 y que en adelante se denominará MFGA.

A la vista de la distribución genérica expuesta, condicionada fundamentalmente por la formación de una cuenca endorreica, se comprende que los fenómenos de cambio lateral de facies han de estar presentes en todo momento

para la explicación de la estructura geotécnica del área afectada.

Por ello, el procedimiento que se va a seguir para una más fácil comprensión de dicha estructura va a consistir en partir de la columna geotécnica (Fig. 2) típica de las zonas Sur y Este de Madrid (ESCARIO, 1970) y ver cuáles son sus variaciones al moverse hacia la sierra o bien en sentido opuesto.

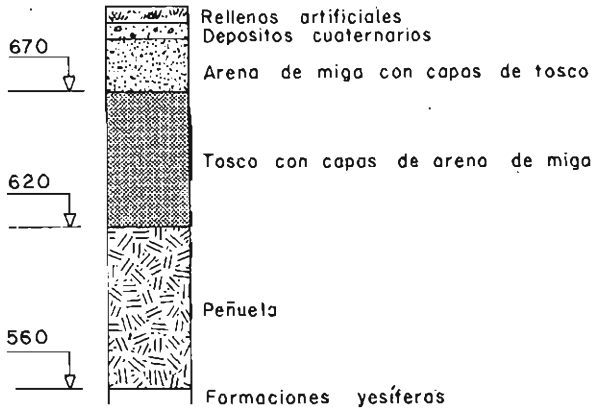


Fig. 2.—Columna estratigráfica típica de las zonas Sur y Este de Madrid (Escario. 1970).
(Las cotas señaladas son sólo orientativas.)

Se hará uso para ello del corte A-A de la Fig. 3 (señalado en planta tanto en el MFGM como en el MFGA), que va del cerro de Almodóvar al Polígono de AZCA y que, aunque abarca solamente un entorno relativamente próximo a Madrid, es en él donde se producen más claramente los fenómenos de cambios de facies. Este corte queda complementado con el B-B (Fig. 4) situado en el MFGM. Después, en la descripción detallada de cada una de las formaciones, se estudiarán las variaciones en áreas más extensas, incluso añadiendo algún nombre local al genérico, para identificar los matices diferenciales correspondientes.

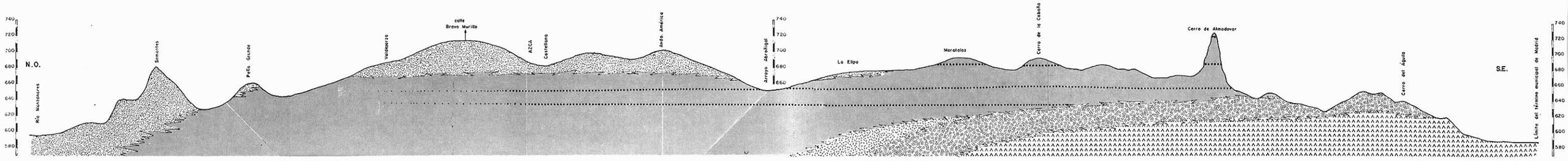
Como se ve en el corte A-A, las arenas de miga se extienden desde las cotas altas de la superficie del terreno de la mitad NO, hasta aproximadamente la 670, descendiendo después hacia el extremo del perfil. Sin un contacto muy definido, se puede decir que a partir de la citada cota predomina el tosco hasta llegar a los niveles de la peñuela. Pero, como se puede observar, el paso a la peñuela no es horizontal más que en zonas limitadas, lo mismo que no lo es tampoco el de la peñuela a los yesos.

Es aquí donde entra en juego el fenómeno del cambio lateral de facies (ESCARIO Y SALINAS, 1984). Las peñuelas al ir acercándose a la sierra, van pasando de verdes grises o azuladas, a marrones, van perdiendo carácter y acaban convirtiéndose en tosco. El tosco a su vez se convierte globalmente en arena de miga, con tamaños gruesos cada vez mayores al acercarse al macizo serrano. No existen pues propiamente contactos, sino cambios más o menos graduales de facies.

Con las formaciones yesíferas ocurre algo similar. Aparentemente los yesos descienden al desplazarse del SE al NO y con relativa rapidez en el último tramo. En realidad lo que ocurre es que, al moverse hacia el centro de la cuenca, el quimismo aumenta y las peñuelas se van cargando de yesos cada vez a cotas más altas. Pero la estratificación es básicamente horizontal.

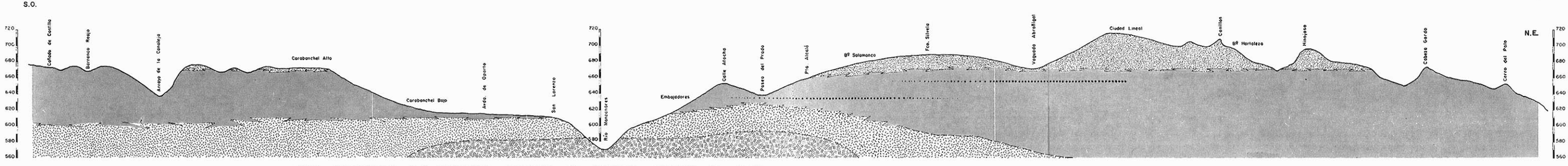
Para terminar con esta panorámica general, hay que hacer referencia a las capas que, más o menos horizontales, se señalan en el perfil dentro del tosco, que se han denominado niveles activos. La más baja corresponde a lo que se ha llamado transición tosco-peñuela (ESCARIO, 1970) y está constituida por sepiolitas, bentonitas, calizas y sílex. Esta capa aparece de manera sistemática en grandes extensiones de la zona SE de Madrid, entre el tosco y la peñuela. Al moverse hacia la sierra, va perdiendo personalidad, aunque aún puede localizarse en puntos como AZCA, según se verá. Pero debajo ya no se encuentra peñuela sino tosco, que es el material al que ha evolucionado aquélla por cambio lateral de facies.

Lo mismo sucede con las otras capas intermedias de características similares que se ven en el corte A-A dentro de los niveles de tosco. Presentan, en efecto, espesores y características bien diferenciados hacia el SE, perdiendo potencia y personalidad al moverse hacia la sierra, al hacerse todo el conjunto más detrítico.



CORTE ESTRATIGRAFICO A-A SOMONTES - VALLECAS DEL SUBSTRATO TERCIARIO DE MADRID

Fig. 3



CORTE ESTRATIGRAFICO B-B CARABANCHEL - HORTALEZA DEL SUBSTRATO TERCIARIO DE MADRID

ARENAS DE MIGA

TOSCO

PEÑUELA MARRON CON GRIS

PEÑUELA GRIS CON MARRON

FORMACIONES YESIFERAS

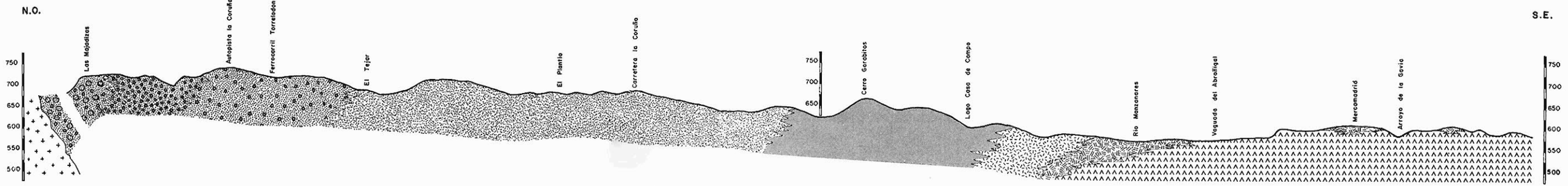
PROBABLES TRAMOS DE ALTA PLASTICIDAD, SILEX, ETC.

CONTACTOS POR CAMBIO DE FACIES

ESCALA HORIZONTAL

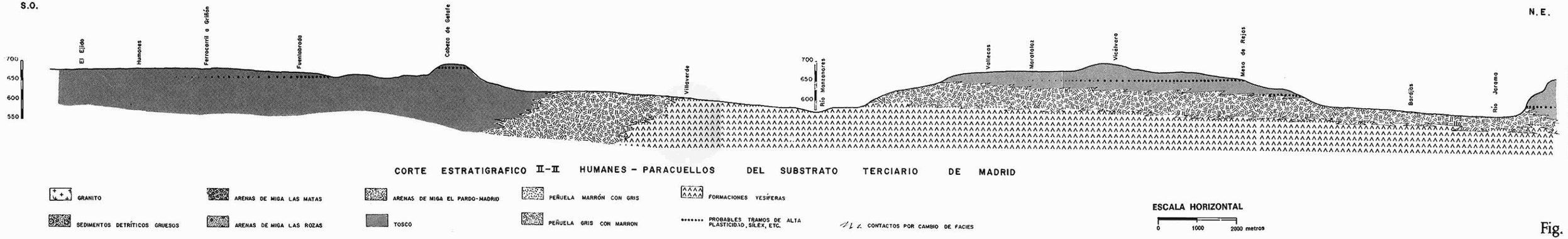
0 1000 2000 metros

Fig. 4



CORTE ESTRATIGRAFICO I–I TORRELODONES – CUMBRES DE VALLECAS DEL SUBSTRATO TERCIARIO DE MADRID

Fig. 5



CORTE ESTRATIGRAFICO II–II HUMANES – PARACUELLOS DEL SUBSTRATO TERCIARIO DE MADRID

Fig. 6

Probablemente por el mismo fenómeno de cambio de facies, resulta también más difícil establecer el contacto entre la arena de miga y el tosco, al moverse hacia el SE, al ser todo el conjunto más tosquizo.

Parece asimismo, que, en dicha dirección, se multiplican las capas intermedias plásticas, que en el momento actual no se tienen bien localizadas. Es probable, a estos efectos, que la parte superior de los cerros testigo, como el de Los Angeles, el Cabezo de Getafe y Cantueña, junto con el de Almodóvar, sean los residuos superficiales de capas de esta naturaleza en las que predomina el sílex, en lugar de los componentes arcillosos de alta plasticidad, dando de este modo continuidad a las mismas capas intercaladas en el tosco y arena de miga en otros parajes.

Partiendo de esta visión de conjunto, se pasará a estudiar en los epígrafes sucesivos cada uno de los terrenos en particular, cuya distribución en planta queda representada en el MFGM y MFGA. Su estructuración general dentro del alfoz queda integrada en los cortes I-I y II-II (Figs. 5 y 6) situados en planta en el MFGA, de direcciones aproximadamente transversal y paralela a la sierra de Guadarrama, respectivamente, lo mismo que los A-A y B-B de detalle para el área de la capital.

Como información complementaria, en la Fig. 7 se da el perfil geoténico de la Línea VI del Metro, en la que se atraviesan los distintos terrenos mencionados, aproximadamente a las cotas señaladas en la Fig. 2. Obsérvese, cómo en la segunda mitad las formaciones detríticas han sido en gran parte erosionadas. En la primera, los sondeos no llegan a los niveles correspondientes a las pañuelas, pero, aunque hubieran sido más profundos, no se hubiera encontrado a partir de un cierto punto del perfil, por haber evolucionado por cambio lateral de facies a tosco.

En el mapa de la Fig. 8 se dan las curvas de nivel de los contactos existentes y reconstruidos de las distintas formaciones. Debe, sin embargo, tenerse en cuenta que los datos disponibles para la confección de este plano han sido muy escasos; los resultados reflejados en el mismo deben, por tanto, tomarse solamente como una orientación (SALINAS y ESCARIO, 1984).

Por otra parte, en el MFGM se han dibujado las curvas de nivel de los contactos entre cada formación superficial y la situada inmediatamente por debajo, dentro del área de Madrid.

Un factor que interesa siempre mucho al ingeniero geotécnico es el grado de preconsolidación que los terrenos han sufrido. No disponemos de estudios generales al respecto; pero dado el tipo de cuenca de que se trata y alcanzando el cerro Almodóvar la cota 726, parece en principio poco probable, que los terrenos situados entre el mismo y el macizo serrano no hayan estado, por lo menos, cubiertos por una altura de materiales correspondiente a dicha cota.

3.2. FORMACIONES DETRITICAS

Prescindiendo de la franja próxima a la sierra, donde pueden encontrarse incluso bolos de gran tamaño, los sedimentos terciarios están constituidos, en los niveles más altos de los diversos perfiles representados en este trabajo, por los materiales denominados localmente «arena de miga» y «tosco». En términos geológicos se conocen con el nombre de arcosas.

Se trata en ambos casos de sedimentos detríticos inmaduros, constituidos por arrastres procedentes de los relieves de la sierra de Guadarrama, producidos por arroyadas de agua sin encauzar en época caracterizada por climas de acusada aridez, con precipitaciones violentas aunque accidentales.

Este conjunto, que geológicamente suele denominarse «Facies Madrid», se data generalmente como del Mioceno, aunque algunos geólogos, como F. HERNANDEZ PACHECO, sitúan los niveles más altos en el Plioceno. Como se ha visto en el epígrafe 2, con las clasificaciones más recientes estos depósitos corresponden al llamado Aragoniense.

En las arenas de miga predominan los elementos gruesos (retenidos en el tamiz n.° 200), mientras que en los toscos típicos sucede lo contrario; pero hay toda una gama de materiales in-

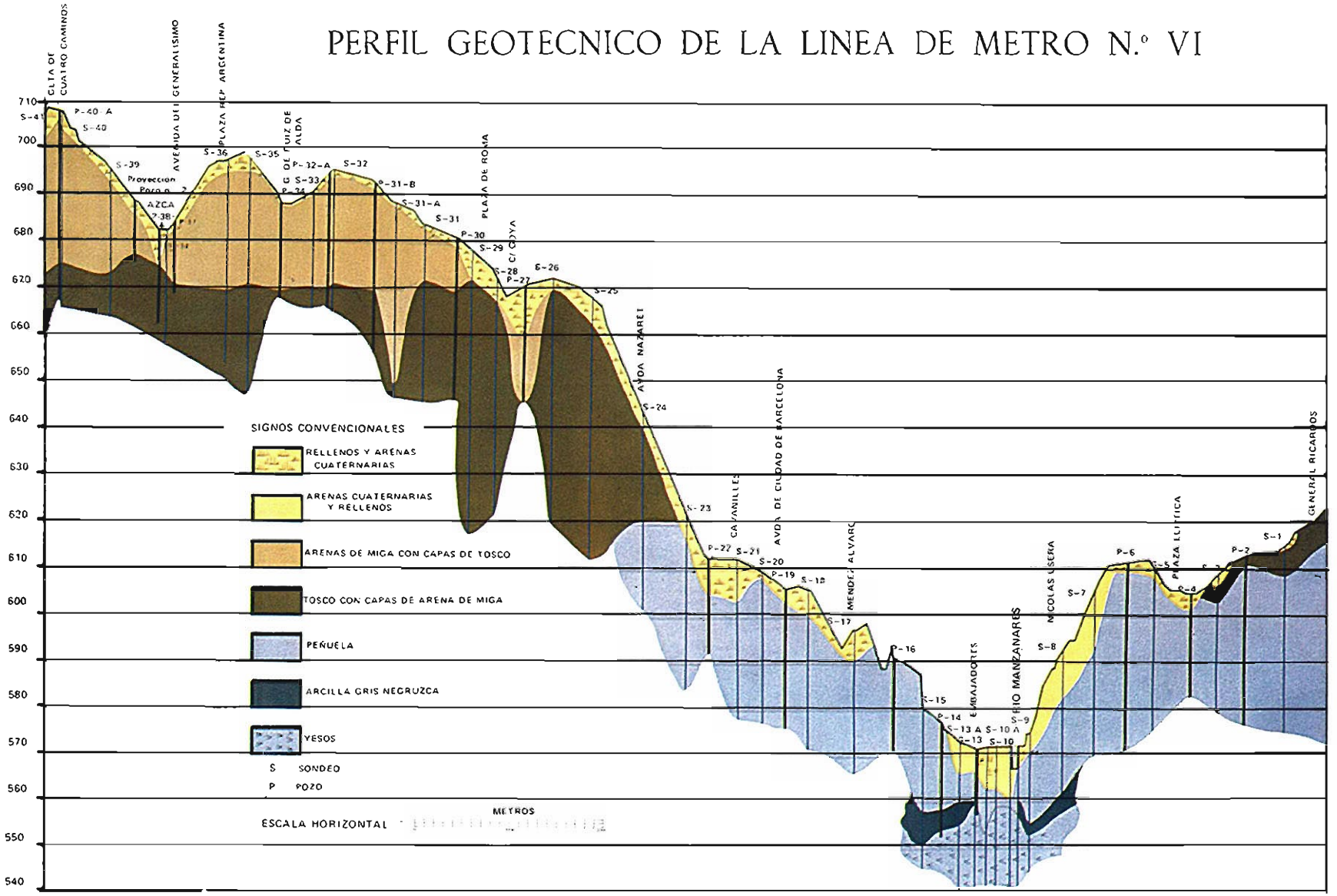


Fig. 7.—Perfil geotécnico de la Línea VI del Metro (tramo Cuatro Caminos-Pacífico-Oporto) (ESCARIO, 1970).

S.Sebastián de los Reyes

Alcobendas

Majadahonda

Barajas

Pozuelo de Alarcón

MADRID

Coslada

Vicálvaro

Vallecas

Alcorcón

Leganés

Móstoles

Getafe

Fuenlabrada

Pinto

Parla

600

650

500

670

550

700

620

630

CORTE ESTRATIGRAFICO

SIGNOS CONVENCIONALES

CURVAS DE NIVEL

CONTACTOS

Arena de miga / Tosco

Tosco/Peñuela.

Peñuela/F. Yesíferas

NOTA.- Este mapa pretende unicamente reflejar la tendencia general en el desarrollo de las formaciones

ESCALA GRAFICA

1 0.5 0 1 2 3 4 5 Km

MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO Y COMUNICACIONES

DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

FIG. 8 ESTRUCTURA RECONSTRUIDA DE LAS FORMACIONES GEOTECNICAS DEL ALFOZ DE MADRID

ESCALA 1:100 000

SALINAS y ESCARIO, 1984

termedios que se denominan «arenas tosquizas» o «toscos arenosos», que se definirán granulométricamente en el epígrafe correspondiente. Todo este conjunto estratigráfico presenta colores ocres o amarillentos.

No se pueden fijar límites definidos entre arenas de miga y toscos, ni en planta ni en perfil. En términos generales, sin embargo, puede afirmarse que en la ciudad de Madrid, en los niveles superiores predominan las arenas de miga y en los inferiores los toscos. Pero debe de tenerse en cuenta, que las arenas de miga de los niveles altos suelen llevar también intercaladas capas de tosco más o menos abundantes. Del mismo modo, el tosco puede llevar interestratificadas capas de arena. Estas capas son con frecuencia de tipo lenticular (correspondientes a fondos de paleocanales) y, por tanto, resulta difícil establecer su continuidad. A veces constituyen acuíferos confinados, cuya incidencia puede ser importante en obras subterráneas.

En los mapas de formaciones geotécnicas se cartografían de forma aproximada las áreas ocupadas por la arena de miga y por el tosco. En el MFGM y en el más extenso de la Fig. 8 se dibujan las curvas de nivel de la superficie de separación entre ambos materiales. Pero, como ya se ha dicho, no existe propiamente tal superficie de separación, y los datos que se dan deben tomarse solamente como una orientación entre los espacios donde predominan unos u otros.

Como puede observarse, en la zona ocupada por Madrid la cota 670 a 680 es un razonable valor medio. En el MFGM se ha pretendido afinar algo más y se refleja una tendencia según la cual parece que los toscos se encuentran más próximos a la cota 700 hacia la Plaza de Castilla y algo más bajos, hacia la 670, por el Sur. Al este del arroyo Abroñigal se dispone de menos datos, pero es posible que el pretendido contacto se difumine más.

Como dato curioso, citaremos que el estanque de El Retiro está situado aproximadamente en la cota media que hemos dado como contacto entre arenas de miga y tosco. Es por lo tanto posible que su existencia sea debida a afloramientos de agua en la zona desde tiempo inmemorial o simplemente a la gran impermeabilidad del tosco; se trata, sin embargo, de meras hipótesis sin confirmar y con contrapartidas como su reducida cuenca de alimentación.

Aunque la denominación «arena de miga» tiene un carácter muy local, aplicándose dentro de la ciudad de Madrid, se utiliza también por extensión al área de su alfoz, añadiendo el nombre de alguna localidad para distinguir sus variantes. A continuación se hace referencia a algunas de ellas.

3.2.1. Arenas de miga, formación Las Rozas

Comprenden una franja de terreno de sedimentos de color general ocre claro que se extienden en dirección NE-SO cruzando la población de Las Rozas.

Ocupan una posición intermedia entre la formación Las Matas al NO, con materiales detríticos de mayor granulometría, y la formación El Pardo al SE, con tramos arcillosos que van siendo más significativos hacia Madrid. No existe una separación real entre las formaciones, sino que se produce un cambio gradual entre unas y otras.

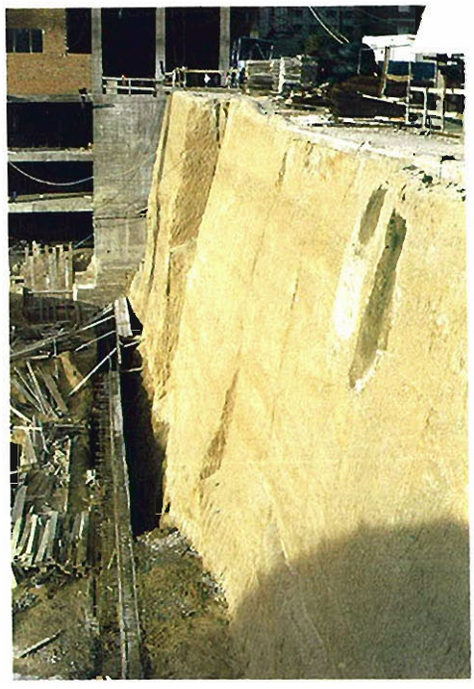
En el entorno de Las Rozas predominan las arenas de miga gruesas y medias, con algunos tramos de arenas finas y tosco y lentejones de cantos silíceos.

No se dispone de muchos datos geotécnicos concretos, pero parece que en conjunto sus características son parecidas a las descritas a continuación.

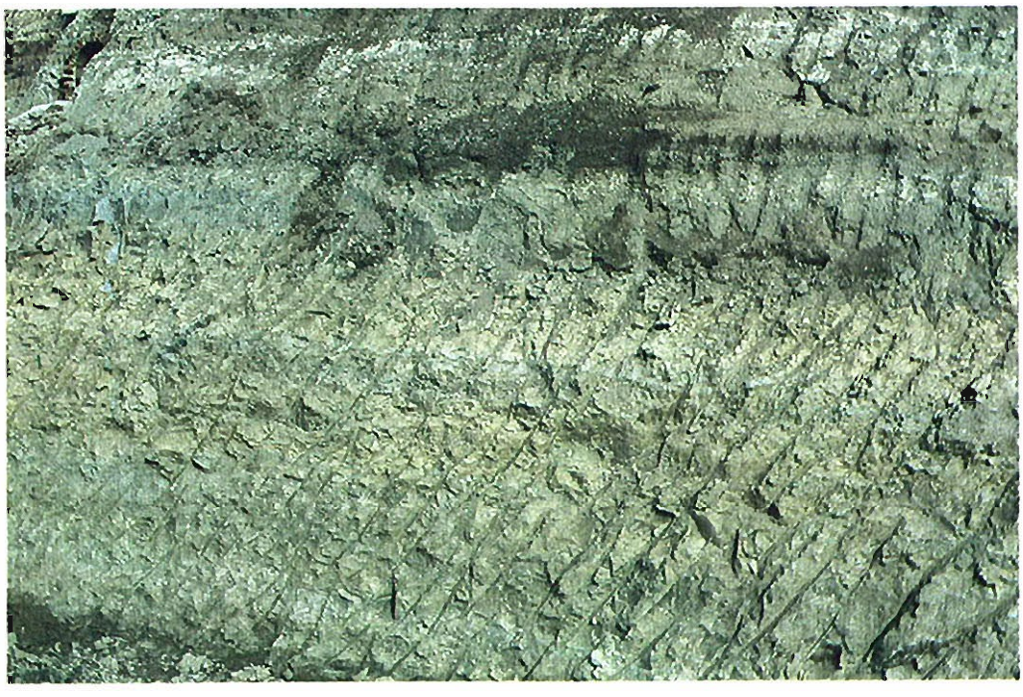
3.2.2. Arenas de miga, formaciones El Pardo y Madrid

En la formación El Pardo, junto a arenas de miga gruesas y medias, se encuentran tramos de tosco arenoso y arcilloso y lentejones de gravillas con esporádicas gravas. El porcentaje global de material arcilloso va siendo más importante hacia el SE.

La naturaleza mineralógica de los sedimentos es la misma que la de las arcosas o arenas de



Excavación en arenas tosquizas para el aparcamiento del Palacio de Exposiciones y Congresos.



Peñuelas típicas en la trinchera para el intercambiador de Méndez Alvaro (ferrocarril Atocha-Villaverde Alto).

miga típicas de Madrid: arenas predominantemente cuarzo-feldespáticas y arcillas de diversa índole procedentes esencialmente de la hidrólisis de los feldespatos, con predominio de los filosilicatos micáceos.

Abundan los sondeos realizados en la formación El Pardo, algunos de ellos profundos, para alumbrar aguas. Los datos proporcionados por este tipo de sondeos son únicamente de carácter general. Sabemos, sin embargo, que el desarrollo en profundidad de los sedimentos es relativamente similar al que puede ser observado en superficie. Se alternan tramos de granulometría más gruesa con otros más arcillosos, incluso calcáreos, que pueden confinar acuíferos.

La permeabilidad de estos materiales facilita a veces removilizaciones de sales disueltas, sobre todo carbonatos, que constituyen exudaciones y costras. El espesor de los sedimentos es considerable, de muchos centenares de metros.

Hacia el Sur la formación El Pardo enlaza en superficie con las arenas de miga de Madrid, que descansan sobre el tosco.

3.2.3. Tosco

Está formado por sedimentos de color ocre o marrón con predominio arcillo-limoso, y niveles arenosos. Localmente, en las zonas más elevadas, pueden encontrarse gravillas. Aparecen también tramos algo calcáreos.

Como se verá al describir sus características geotécnicas, el tosco típico tiene un límite líquido inferior a 40. Sin embargo, existen intercaladas capas más plásticas, fáciles de localizar en cuanto el límite líquido supera 50. Hay zonas en las que además, o en lugar de arcillas de alta plasticidad, albergan sepiolitas, calizas o dolomías y sílex. Al conjunto de estos materiales se les ha dado el nombre de niveles activos.

Según se indicó en la descripción general del epígrafe 3.1, el espesor y personalidad de estos niveles activos disminuye hacia la sierra. A la inversa, se hacen más potentes y característicos hacia el centro de la cuenca. En el casco urbano de Madrid, en sus zonas Este y Sur, existe uno relativamente bien localizado en el entorno de la cota 660 (650-665). Pero, según puede apreciarse en el corte estratigráfico A-A, también se ha situado otra capa muy plástica por la zona de Moratalaz, Vicálvaro y Cerro de Almodóvar, hacia la cota 680-685. Parece probable que, en estas áreas ubicadas más hacia el centro de la cuenca, existan otras no detectadas.

En la zona del alfoz no se dispone de muchos sondeos, pero se ha podido comprobar la existencia de capas de plasticidad alta intercaladas en el tosco en diversos emplazamientos, como Leganés, entre las 650 y 660 y hacia las 680, Alcorcón, una hacia la 680 y otra hacia la 700, y Fuenlabrada, con niveles hacia la 650, la 670 y la 690.

Como posible testimonio superficial de la existencia de capas de esta naturaleza, se pueden citar los tres relieves residuales coronados por sílex del Cerro de Cantueña, de la 675 a 680, Cabezo de Getafe a la 700 y Cerro de los Angeles a la 670 respectivamente. Es muy probable que, siguiendo estos niveles en detalle, teniendo en cuenta las suaves ondulaciones del terreno, se pudiera encontrar su correspondencia con los paquetes de alta plasticidad (límite líquido > 50) anteriormente citados u otros no detectados.

Esta interconexión es muy palpable prolongando hacia Madrid el tramo de sílex que aparece en Paracuellos hacia la cota 660. Esta verdadera capa guía reaparece en el Cerro de San Cristóbal y se corta al menos en la Ciudad Lineal y San Blas a cotas similares. Es posible que el tramo superior de sílex del Cerro de Almodóvar, situado hacia la cota 725, se correspondiera de igual modo con niveles plásticos hoy erosionados hacia el NO.

Todos los casos citados parecen reflejar, que en estas capas el cambio de facies se traduce también en un predominio de componentes de alta plasticidad en unas zonas de la cuenca y de sílex en otras, correspondiendo la del casco urbano más a las primeras que a las segundas, aunque se precisan más observaciones para poder llegar a conclusiones respecto a su ubicación relativa.

En las zonas Sur y Este de Madrid, en el paso del tosco a la peñuela, existe una de estas capas, que por su especial importancia, se describe en el epígrafe 3.4 bajo la denominación de transición tosco-peñuela. La base del tosco queda así situada hacia la cota 620 que se indica en la columna estratigráfica de la Fig. 2, aunque pueden esperarse variaciones de más de una decena de metros según se incluyan o no determinados niveles de una u otra naturaleza.

Pero al moverse hacia la sierra y como consecuencia del fenómeno de cambio lateral de facies, vuelve a aparecer tosco debajo de esta capa de transición, según ya se indicó en el epígrafe 3.1 y se detallará más en los epígrafes sucesivos. Los niveles detríticos se extienden por tanto a profundidades cada vez mayores al moverse hacia el NO, según queda reflejado en el corte estratigráfico A-A.

Es posible que existan más niveles activos por debajo del que se ha denominado transición tosco-peñuela, que pasen del cuerpo de la peñuela, donde se ha comprobado efectivamente su existencia, al tosco en que deriva por cambio lateral de facies.

3.3. LA PEÑUELA

a) Peñuela típica

En las zonas Sur y Este de la capital, por debajo del tosco y de la zona de transición, citada anteriormente y a la que se hará referencia en detalle en el próximo epígrafe, se encuentra la localmente denominada peñuela. Se trata de arcillas litificadas (lutitas) de alta plasticidad, de color gris verdoso-azulado, con episodios marrones. A veces son clacáreas, llegando a constituir las denominadas «cayuelas», de color blanquecino, y con algunos niveles detríticos que pueden llegar a formar auténticos lentejones areniscosos, con frecuencia muy micáceos. Aparecen además en determinadas áreas tablas y segregaciones nodulares de sílex, frecuentemente asociadas a la cayuela.

Muy característicos en estas arcillas son los denominados «lisos», constituidos por planos de fracturación claramente estriados, que parecen indicar pequeñas fallas en las que se acusa el movimiento relativo de un lado con relación al otro. Estos lisos pueden ser consecuencia (ESCARIO, 1970) de los movimientos tectónicos asociados al macizo del Guadarrama. Las fracturas se materializaron, como es lógico, solamente en los terrenos ya existentes cuando se produjo el correspondiente movimiento, es decir, refiriéndose a las zonas Sur y Este, en las peñuelas y en los materiales de transición; en cambio, posiblemente no se ha detectado en los niveles del tosco de estas áreas, por haberse depositado con posterioridad. Sería interesante conocer si se encuentran también lisos en los toscos que sustituyen a las pañuelas por camio lateral de facies hacia el NO, para lo que no se dispone actualmente de datos.

También puede ser contemplada otra hipótesis para explicar las fracturas. MARTIN ESCORZA (1979) apunta un origen atectónico para las fallas y fracturas que aparecen en las capas miocenas de Alcalá de Henares, por incidencia directa de disolución en los yesos basales. Esta circunstancia podía ser extendida a todas las áreas con substrato yesífero. Habría en este caso, sin embargo, que admitir de igual modo, que estos ajustes se produjeron solamente durante un cierto período, por no haber afectado a los niveles superiores.

Intercalados en la peñuela normal, que como se verá más adelante tiene un límite líquido que no suele sobrepasar valores del orden de 80, se encuentran capas de muy alta plasticidad, sílex y sepiolitas que, como ya se indicó en el epígrafe anterior, pudieran constituir niveles similares a los que se han denominado activos intercalados en el tosco; no se dispone, sin embargo, de datos suficientes para aclarar esta cuestión.

La peñuela que hemos denominado típica tiene un espesor de unos 60 metros hasta alcanzar los yesos subyacentes en la Línea VI del Metro, en las proximidades del puente de Andalucía (Fig. 7). Sin embargo, como ya se indicó anteriormente, hay un cambio sistemático de facies al alejarse o acercarse hacia la sierra, tema que pasa a considerarse a continuación.

b) Cambios de facies de la peñuela hacia el centro de la cuenca

Al alejarse de la sierra, la peñuela incluye abundantes de los citados niveles carbonatados, formando cayuelas típicas, y episodios detríticos de arenas micáceas. Se encuentran además con frecuencia tablas y segregaciones nodulares de sílex. En la Fig. 9 se indica un corte típico de estos materiales en Mercamadrid.

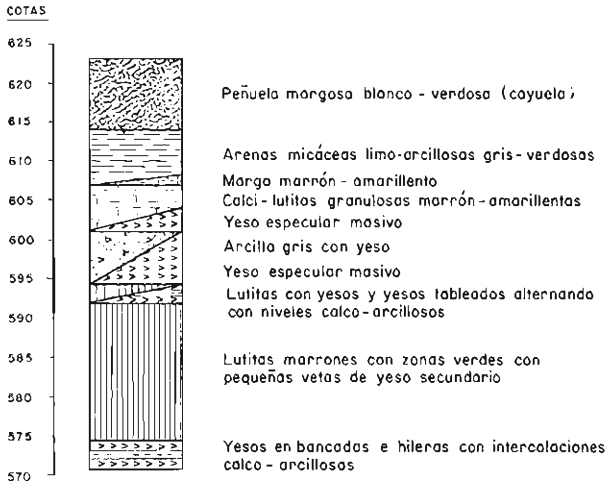


Fig. 9.—Perfil geotécnico típico de Mercamadrid (JIMENEZ SALAS, SERRANO y SALINAS, 1975).

Hacia el sur de Madrid (ver MFGA) la peñuela descrita se carga de areniscas y limolitas gris verdosas, muy micáceas, en ocasiones margosas y magnesianas. En algunas zonas llega a predominar este material detrítico sobre la peñuela arcillosa, que presenta igualmente tonalidades verdosas y a veces es de color oscuro.

Las características geotécnicas de la peñuela arcillosa del entorno de Pinto parecen similares a las de Madrid. Las de las areniscas micáceas no han sido descritas en la bibliografía geotécnica consultada, aún cuando se trata de verdaderas rocas dado el endurecimiento que normalmente presentan.

Pero la expresión más característica y de mayores consecuencias prácticas del cambio lateral de facies estriba en el hecho de que las peñuelas se hacen yesíferas desde niveles más altos al moverse hacia el centro de la cuenca. En el MFGM se ve, en efecto, cómo el techo de los yesos asciende desde la cota 560 en el puente de Andalucía, hasta la 620 hacia el Sudeste del mismo.

c) Cambios de facies de la peñuela hacia el borde de la cuenca

Hacia el Noroeste ocurre a la inversa. La peñuela tiende a hacerse más detrítica. Empieza por cambiar de coloración, predominando los tonos marrones hasta profundidades considerables. La plasticidad también va disminuyendo globalmente al moverse hacia la sierra, hasta llegar un momento en que, a los niveles que debería existir peñuela típica o marrón, se encuentran toscos de características similares a las que hemos descrito para cotas más altas.

No se dispone de datos muy concretos para juzgar sobre la rapidez con que se producen estos cambios. Como ejemplo, puede verse el corte a lo largo del río Manzanares (Fig. 10) de AGUILA (1962), donde se observa cómo los yesos van bajando hacia el Noroeste y al nivel de las peñuelas aparecen materiales en general marrones, aunque con episodios verdosos, y con lentejones de areniscas y carbonatos.

Examinando las líneas de Metro que cruzan el Manzanares, se pueden apreciar de forma general las variaciones del terreno que corroboran el citado cambio de facies.

Este cambio de facies horizontal de peñuela gris-azulada a marrón se refleja también en dirección vertical, ya que la peñuela en sus niveles superiores suele contener, por lo menos en algunas áreas, episodios marrones de más o menos importancia, que llegan a convertirse en espesores considerables con predominio de peñuelas marrones, en otras.

En el MFGM se señala, de forma aproximada, una línea a partir de la cual puede considerarse que las peñuelas marrones tienen ya un espesor importante antes de alcanzar las gris-azu-

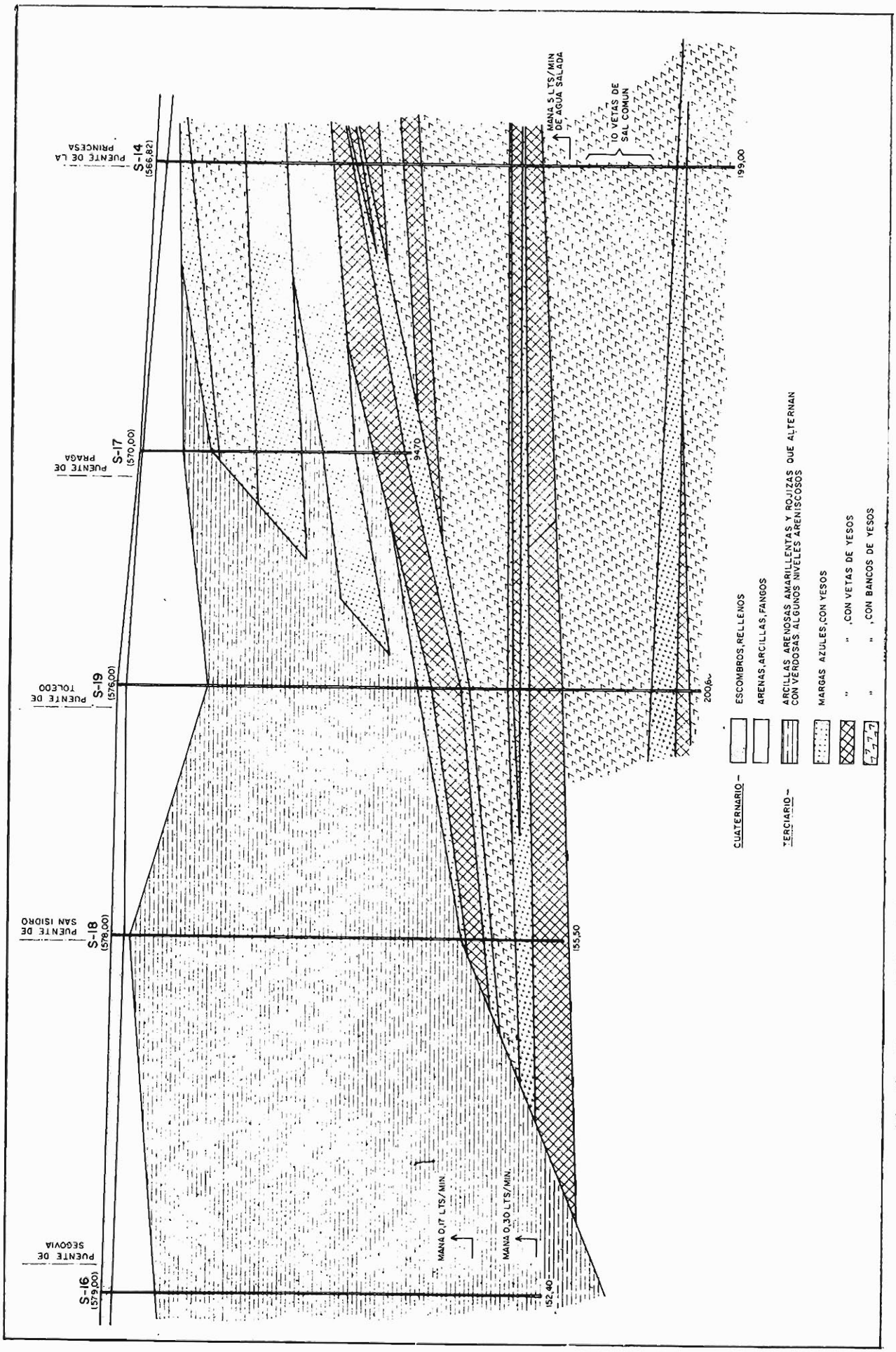


Fig. 10.—Corte geológico a lo largo del río Manzanares entre los puentes de Segovia y de la Princesa. (AGUILA, 1962).



«Liso» en peñuelas.



Cayuelas con sílex.

ladas. Su valor, como puede comprenderse después de todo lo dicho, es puramente orientativo.

d) Peñuelas blandas y meteorizadas

La peñuela, en las distintas variedades descritas hasta ahora, es dura y consistente. En algunos sitios se han encontrado, sin embargo, peñuelas relativamente blandas que podemos clasificar en tres tipos:

— Peñuela gris oscuro, con olor a materia orgánica, encontrada en la intersección de la Línea VI con el río Manzanares en las proximidades del puente de Andalucía (Fig. 7). Está situada justo encima del contacto con los yesos y tiene un espesor de 2 a 5 metros. Su extensión no está bien determinada ni su origen está claramente explicado. Es posible que esté asociado a fenómenos de disolución de los yesos infrayacentes (SALINAS, 1984).

Se cita en la Hoja 1/50.000 de Getafe (IGME, 1975) un nivel de arcillas negras organógenas entre las arcosas de facies de borde y las formaciones yesíferas, que pudieran ser similares a las descritas.

— Peñuelas reblandecidas o meteorizadas por haber sido erosionados los estratos superiores y encontrarse prácticamente en superficie o en las proximidades de cauces de agua.

— Peñuelas erosionadas y redepositadas, tratándose por tanto realmente de materiales cuaternarios y no miocenos, aunque en los karst yesíferos pueden existir rellenos de esa edad.

3.4. TRANSICION TOSCO-PEÑUELA

En las zonas Sur y Este de Madrid, entre el tosco propiamente dicho y la peñuela típica, hay una capa (ESCARIO, 1970) con un espesor de más de una decena de metros, cuando se encuentra bien desarrollada, formada por materiales bastante peculiares, entre los que se encuentran las sepiolitas, bentonitas, sílex y productos calcáreos y dolomíticos. Las sepiolitas y bentonitas son muy frecuentes, apareciendo entremezcladas o en estratos individualizados de espesores relativamente reducidos, en general no superiores a unos dos metros; normalmente se trata de lentejones superpuestos difíciles de correlacionar entre sondeos relativamente próximos.

Estos niveles de materiales peculiares han sido datados como inmediatamente anteriores al Pontiense, a través de los restos fósiles que se han encontrado en los trabajos de reconocimiento y excavación de las nuevas líneas de Metro (ESCARIO, 1970).

Esta capa se mueve en general entre las cotas 610 y 640 (más frecuentemente 620-630) y está bien localizada en el Sur y Este, por constituir uno de los niveles mineros de Madrid, especialmente en lo que a sepiolitas se refiere, que es el material más codiciado para su explotación. Sus afloramientos más importantes se encuentran, como es lógico, en la zona de contacto entre el tosco y la peñuela, que está cartografiada en el MFGM.

Al irse moviendo hacia el Noroeste, como va subiendo la superficie del terreno, las profundidades a que se atraviesa van siendo mayores y, como consecuencia, no se dispone de muchos datos precisos. Unos sondeos ejecutados en el edificio de Sindicatos del Paseo del Prado han detectado la presencia de bentonitas a los niveles mencionados. Parece ser, por otros datos conocidos, que esta capa va perdiendo personalidad al desplazarse hacia la sierra, pero dejando todavía trazas de su presencia a los niveles correspondientes. Y esto va sucediendo al mismo tiempo que la peñuela va perdiendo también sus características típicas y pasando en la misma dirección a peñuela marrón y más tarde a tosco, según se mencionó anteriormente.

En los sondeos ejecutados en el Polígono AZCA se encuentra el punto más alejado donde se ha podido observar, a pesar de disponer de pocos sondeos profundos, cómo a las citadas cotas aparecen en efecto toscos con límites líquidos de 50 a 70 y posiblemente mayores, cuando el tosco típico no suele sobrepasar de 40. Tam-

bién en AZCA se ha podido localizar la capa de arcillas plásticas citada en el epígrafe 3.2.3, intercalada en el tosco a niveles superiores (cota 650 aproximadamente en esta zona), con determinaciones del límite líquido próximas a 100. Evidentemente, entre la capa que se ha denominado transición tosco-peñuela y estas otras existe una similitud que inclina a pensar en un mismo ciclo sedimentológico.

3.5. FORMACIONES YESIFERAS

Ocupan una importante extensión superficial en toda la zona SE del alfoz de Madrid. Se trata de yesos, eventualmente anhidritas, interestratificados con arcillas y arcillas margosas endurecidas. Hacia el comienzo de la formación pueden encontrarse arenas yesíferas.

Los tramos evaporíticos se desarrollan en niveles tableados y nodulares de magnitud centimétrica que alternan con peñuelas, así como en bancos métricos de textura en general selenítica que son predominantes hacia el SE, aunque con notables alternativas. Aparecen también frecuentes vetas milimétricas fibrosas de yeso de segunda formación.

Las características de las formaciones yesíferas son, en general, difíciles de analizar, debido al complejo desarrollo microestratigráfico de las evaporitas: existen engrosamientos imprevisibles de los niveles de yeso, removilización de los mismos, contaminaciones de los estratos arcillosos, fenómenos de disolución, alteraciones estructurales, etc. Todo ello determina la necesidad de reconocimientos de detalle.

Las arcillas interestratificadas con los yesos son generalmente de color gris, a veces oscuras, frecuentemente con illita como mineral arcilloso predominante. Pueden ser muy calcáreas en ocasiones y magnésicas. Esporádicamente aparecen además limolitas micáceas. Entre las evaporitas se ha citado también la presencia de sales solubles.

De acuerdo con el fenómeno de cambio de facies expuesto en epígrafes anteriores, la peñuela se carga de yeso al desplazarse hacia el centro de la cuenca. Como consecuencia de este hecho, y moviéndose en dirección inversa, se observa (ver MFGM y mapa de contactos entre formaciones de la Fig. 8) que el techo de las formaciones yesíferas desciende desde el SE del casco urbano de Madrid, iniciando una inflexión brusca según una diagonal que cruza la ciudad en sentido NE-SO, dirección concordante con la de las grandes fallas que delimitan la fosa del Tajo junto al Guadarrama. Extrapolando los datos obtenidos de algunos sondeos periféricos a este borde de cuenca se llega a la conclusión provisional, de que los yesos alcanzan ya profundidades considerables al NO del eje Canillejas-Carabanchel, que señalaría la cota 500 para la formación yesífera.

El frente yesífero que, como se ha visto, tiene bajo el casco urbano de Madrid una dirección global NE-SO, inflexiona a la altura de la confluencia del arroyo del Abroñigal con el Manzanares hacia direcciones sensiblemente N-S, descendiendo también bastante rápidamente su cota.

Así pues, lo más probable es que las isolíneas que delimitan el techo del frente evaporítico tengan en la parte occidental de la zona estudiada una dirección sensiblemente N-S, y que los yesos dejen de tener una incidencia geotécnica directa (profundidad superior a algunas decenas de metros) a escasos kilómetros al oeste del contacto en superficie entre la formación yesífera y la de la peñuela.

Todas estas tendencias quedan expresadas en el mapa de contactos citado de la Fig. 8, aunque ya se ha advertido anteriormente del carácter meramente orientativo del mismo. Obsérvese que, además, se representan en él, no sólo los posibles contactos actuales sino también los que se supone existieron pero que ya han desaparecido.

La disposición general de las formaciones yesíferas es subhorizontal. Sin embargo, los yesos se encuentran perturbados por fenómenos de disolución, estando a veces afectados por movimientos atectónicos que pueden repercutir sobre la cobertera de peñuela. Así, los yesos masivos pueden estar localmente carstificados, con



Yesos tableados. Depuradora de La China.



Morfología de karst yesífero.

zonas hundidas o trastocadas que provocan reajustes de los estratos.

Un importante banco de yesos carstificados se encuentra bajo el solar de Mercamadrid, con grave incidencia geotécnica. Se reconocen fenómenos de este tipo en otros lugares, como Vaciamadrid, Villaverde, San Fernando de Henares, Cerro de los Castillejos, etc., habiendo sido descritos importantes aparatos carstidos en la provincia de Madrid (DURAN et al., 1984).

Las razones por las que este fenómeno de carstificación se ha producido sólo en determinadas zonas no están muy claras. Parece que pueden tener su origen en la fracturación general sufrida por los correspondientes niveles, que dio lugar a los lisos en las peñuelas, y lógicamente también en los niveles yesíferos. Al circular el agua por dichas fracturas en las zonas donde resultaban accesibles, se produjeron las consiguientes disoluciones.

La columna litológica de los niveles de yesos es, en el área del Mercado de Pescados de Mercamadrid, la que se indica en la Fig. 11. Las capas superiores de yesos masivos, que se encuentran parcialmente carstificados, han sido la causa de los problemas de cimentación. Están en efecto sujetas a fenómenos de disolución hasta su contacto con las lutitas yesíferas inferiores, lo que ha obligado en algunas zonas a cimentar sobre pilotes apoyados en las mismas. En otras áreas, el frente de disolución de los yesos ha dejado una capa de detritus arcillosos muy flojos, como se indica en el perfil transversal de la Fig. 12, correspondiente a la nave de pescados, que ha originado fuertes asientos en las instalaciones construidas sobre los mismos (ESCARIO et al., 1983).

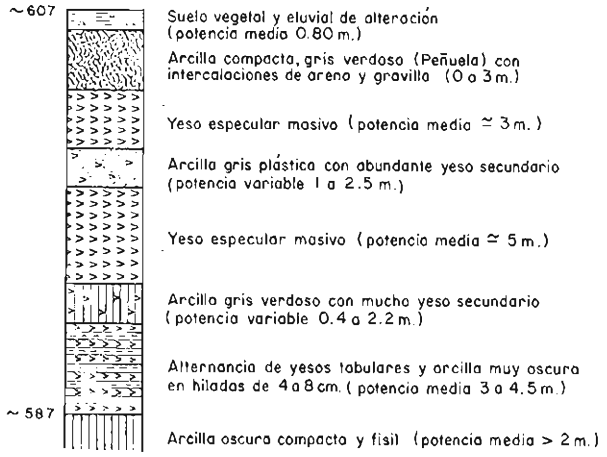


Fig. 11.—Columna estratigráfica de la zona de desmonte del mercado de pescados de Mercamadrid (ESCARIO y RODRIGUEZ ORTIZ, 1980).

3.6. LOS RELLENOS CUATERNARIOS Y CONTEMPORANEOS

Las formaciones terciarias están parcialmente recubiertas por depósitos cuaternarios naturales y por rellenos contemporáneos efectuados por el hombre (antrópicos).

Los rellenos contemporáneos se encuentran en la mayor parte de la zona estudiada, en el entorno de pueblos y ciudades, alcanzando en algunos lugares espesores considerables. Su naturaleza es muy diversa, pudiendo variar desde escombros y basuras hasta suelos de las áreas próximas, que son difíciles de diferenciar por su naturaleza de los materiales subyacentes; su compacidad es, sin embargo, muy distinta si han sido simplemente vertidos, y se distinguen por tanto fácilmente de ellos mediante ensayos de penetración in situ. Por razones de tipo práctico no han sido cartografiados en ninguno de los dos mapas de formaciones geotécnicas.

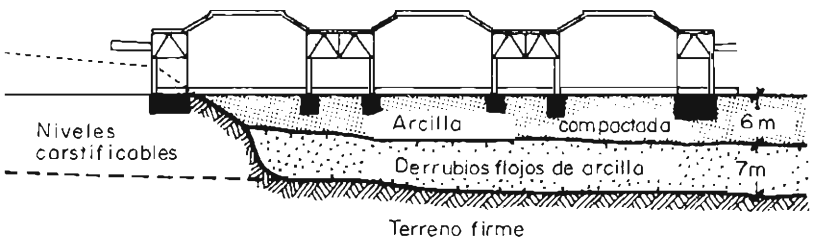


Fig. 12. -Perfil transversal de la zona de derrubios flojos de karst del mercado de pescados de Mercamadrid.

En cuanto a los depósitos naturales cuaternarios, se cartografían los de cierta entidad, y puede observarse que alcanzan un amplio desarrollo tanto en Madrid como en el conjunto del alfoz. Cabe, sin embargo, suponer la existencia de otros no detectados.

Los depósitos de origen aluvial comprenden desde sedimentos asociados a la llanura de inundación de los cursos de agua, hasta antiguas terrazas vinculadas a los ríos Manzanares y Jarama y a algunos de sus afluentes. Estas terrazas, aunque en la cartografía no se han individualizado, aparecen escalonadas de forma discontinua y en número variable, alcanzando en el valle del Jarama alturas incluso muy superiores a los 100 m sobre el cauce actual del río.

La naturaleza litológica de los depósitos aluviales es detrítica, de composición diferente entre los ríos Manzanares y Jarama, por ser distintas sus cabeceras (granitos en el Guadarrama y cuarcitas y pizarras en Somosierra). Existen en las terrazas contaminaciones coluviales y arrastres de las zonas drenadas por los afluentes. Los sedimentos típicos corresponden a arenas limosas, a veces arcillosas, con niveles y lentejones de gravas, generalmente con frecuentes alternativas granulométricas. Algunas de las terrazas pueden estar cementadas. En algún caso se ha citado la presencia de fangos.

El espesor de los depósitos de la llanura aluvial del Manzanares puede sobrepasar los 10 m, siendo muy variable el de los afluentes. En el Jarama se supera en algunas zonas aquel espesor (Barajas). En las terrazas, cuando se encuentran completas, son frecuentes espesores de hasta 5 m, aunque en algunos casos pueden ser de mucha mayor entidad.

Alcanzan también cierto desarrollo los depósitos asociados a fondos semiendorreicos, que se localizan en general en las facies intermedias. La naturaleza de sus sedimentos está muy vinculada a las formaciones del entorno, ya que en ellos se producen arrastres de materiales de los alrededores, además de los de origen fluvial. Pueden, por otra parte, desarrollarse procesos edáficos que determinan al color oscuro de algunos horizontes.

Hacia Getafe y Pinto existen importantes manchas de sedimentos cuaternarios que pudieran estar, al menos en parte, vinculados a depresiones morfológicas. En el Polígono Industrial de Pinto se detectan espesores de hasta por lo menos 10 m de formaciones de este tipo, compuestas por materiales poco consistentes. Una extensa depresión semiendorreica aparece entre Vicálvaro y Coslada, aunque allí el espesor de los sedimentos es más reducido.

Otros depósitos cuaternarios de distinta naturaleza, pero que adquieren gran desarrollo superficial, se localizan en el eje Villaverde-Getafe-Parla, uno de ellos, y el otro al oeste de Fuenlabrada. Para el primero se han citado hasta 6 m de arenas relativamente limpias. Respecto a la segunda formación, se ha visto en los reconocimientos de campo que se trata de sedimentos detríticos que pueden oscilar entre arenas no muy arcillosas y gravas silíceas. En esa zona se han desarrollado con profusión captaciones artesanales de agua, que demuestran la condición de manto freático de la formación sobre un sustrato mucho más impermeable (tosco). El origen de estos depósitos podría estar relacionado con antiguas superficies de aplanamiento.

Bajo el polígono de Santa Eugenia, enlazando con Vallecas, al SO del cerro de Almodóvar, existen depósitos que son, al menos en parte, característicos de pie de monte, con espesores locales de varios metros y naturaleza litológica heredada del área de procedencia.

Los suelos eluviales están en general muy poco desarrollados. Los depósitos estrictamente coluviales tienen asimismo escasa entidad. Por el contrario, en los puntos de confluencia de los arroyos con las vías principales pueden formarse conos aluviales de cierta envergadura.

Para completar el panorama de los sedimentos cuaternarios habría que añadir los depósitos recientes vinculados a los fenómenos de carstificación de los yesos, siempre muy localizados y que pueden encontrarse en un estado muy flojo, según se indicó en el epígrafe 3.5.

Haciendo referencia ahora concretamente a la ciudad de Madrid, su red básica está constituida por los siguientes cauces:

— El río Manzanares, único curso permanente actual de aguas, que fluye al Jarama.

— El arroyo Abroñigal, afluente del Manzanares, que discurre de Norte a Sur por el lado este de Madrid.

— La Vaguada de la Castellana, que se mueve también de Norte a Sur hasta la Glorieta de Carlos V, para desembocar después en el Abroñigal, probablemente a lo largo del denominado arroyo de Atocha, que bordea por el Sur la playa de vías de la Estación del Mediodía.

— Otros numerosos arroyos que afluyen a los cauces anteriormente mencionados y a varios de los cuales se hará referencia en los párrafos sucesivos.

En el MFGM se representan los sedimentos cuaternarios conocidos de mayor desarrollo. Sin embargo, el espesor de cualquiera de estas formaciones puede ser considerable en otros lugares. La extensión alcanzada por las formaciones cuaternarias sería muy superior si se incluyeran todos los coluviones, conos de deyección, cauces abandonados, terrazas antiguas, aluviones y depósitos similares. Todo ello sin contabilizar los vertidos y rellenos.

En el lecho actual del Manzanares aparecen, en general arenas limosas marrones y gravas silíceas. El espesor de los acarreos, como se ha dicho, puede sobrepasar los 10 m bajo el cauce.

Los aluviones enlazan a veces con una terraza baja, que en La Florida alcanza la cota 595 y hasta 20 m de espesor. Esta terraza se prolonga hacia el Parque del Oeste en una terraza media, que se eleva aproximadamente desde la cota 610 hasta la 630, con un desnivel de 30 a 50 m respecto al río, y un espesor de arenas con gravas de 10 m.

Otras terrazas medias se repiten en la Casa de Campo, junto al arroyo Meaques, y en el cerro de San Isidro, esta última con espesor de 15 a 20 m de arenas y gravas, explotada como arenero. En los Rosales (Villaverde) se han explotado también arenas fluviales.

Por último, la Línea VI del Metro atraviesa en la margen derecha del Manzanares una terraza de una altura de 35 m y 8 a 10 m de espesor, en la zona de la calle de Nicolás Sánchez.

Muy importante es la terraza del Jarama en Barajas, sobre la que se ha construido el aeropuerto. Está integrada por arenas arcillosas con gravas, y su espesor máximo puede llegar a los 20 m. El arroyo del Quinto, confluyente con dicha terraza, coadyuva a depositar en la Alameda de Osuna hasta 9 m de arenas con niveles de gravas. En la Ciudad Pegaso y en el Polígono de Las Mercedes se detecta también la existencia de materiales aluviales vinculados al Jarama.

El arroyo Abroñigal ha depositado materiales arenosos y limo-arcillosos, procedentes de las formaciones de su entorno, que pueden sobrepasar en algún punto los 10 m, aunque su potencia suele ser más moderada. Parecidas características presentan las arenas limosas de Vallecas, acarreadas por el arroyo de La Gavia, con espesores medios de 3 m, aunque en algunos lugares pueden también superar los 10 m.

Se han descrito asimismo acarreos cuaternarios de origen aluvial en la Vaguada de la Castellana, Méndez Alvaro (antiguo arroyo de Atocha), Casa de Campo, Dehesa de la Villa, Carabanchel, Aluche y junto a los arroyos de Butarque y Prado Longo (hasta Orcasitas), hoy muy enmascarados por el crecimiento urbano. En estos últimos lugares alcanzan espesores medios de 2-4 m, aunque en su confluencia con el Manzanares llegan a los 10 m.

4. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

4.1. INTRODUCCION

Según ha podido verse a través de las descripciones del epígrafe 3, la estructura geotécnica del alfoz de Madrid puede considerarse como una extensión de la del casco urbano. Basta en efecto apoyarse en el fenómeno de cambio de facies en dirección transversal al macizo del Guadarrama para llegar a una razonable extrapolación de los terrenos conocidos de la capital, introduciendo las oportunas variaciones basadas en los estudios geotécnicos consultados.

Las características geotécnicas que se van a comentar en los epígrafes sucesivos, se deducen fundamentalmente de los numerosos datos disponibles sobre la ciudad de Madrid, que se suponen aplicables a las diferentes áreas del alfoz, mientras en los citados estudios geotécnicos complementarios no se hayan observado discrepancias notorias con este criterio general.

La composición mineralógica de la fracción fina de los materiales que forman la cuenca endorreica de Madrid está formada por los siguientes minerales de arcilla:

— Arcillas heredadas: clorita, illita, caolinita.

— Arcillas neoformadas: montmorillonita, saponita, sepiolita y paligorskita.

— Interestratificados de illita/clorita-montmorillonita.

Como es lógico, la proporción global de neoformados se hace más sustancial hacia las facies centrales, llegando a ser localmente los únicos existentes.

Las características de los suelos resultantes según las diversas composiciones mineralógicas, se dividirán, desde el punto de vista geotécnico, en tres grupos: de identificación, de estado y resistentes y de deformación.

4.2. CARACTERISTICAS DE IDENTIFICACION

4.2.1. Granulometría

Sólo se hará referencia en este epígrafe a las arenas de miga y toscos que, dentro de los tipos de materiales que nos ocupan, es en los que tiene más importancia esta característica.

Hay una gama completa de suelos entre ambos cuya clasificación resulta difícil. Entre las diversas tendencias existentes se ha adoptado como más generalizada la siguiente, basada en el tanto por ciento de material que pasa por el tamiz n.° 200 (0,074 mm) y que encuadra los dos tipos básicos definidos por ESCARIO (1970):

Arena de miga $\leqslant 25\%$
$25\% <$ Arena tosquiza $\leqslant 40\%$
$40\% <$ Tosco arenoso $\leqslant 60\%$
$60\% <$ Tosco

Las arenas son materiales cuarzo-feldespáticos de color marrón o amarillento, con granos subangulosos y subredondeados. En la zona del casco urbano de Madrid, su tamaño máximo representado por D_{90}, es del orden de 2 a 3 mm; cuando contienen pocos finos, el valor de D_{50} es del orden de 1 mm. En la Fig. 13 se representan unas curvas granulométricas típicas.

Como ya se indicó anteriormente, al ir aproximándose hacia la sierra, el tamaño máximo va aumentando, circunstancia que establece la diferencia esencial existente entre las denominadas sucesivamente, formaciones El Pardo, Las Rozas y Las Matas. Los gruesos de estos materiales llegan a formar auténticos cantos y bolos, ya de composición heterogénea, en las proximidades de la falda de la sierra del Guadarrama.

Los toscos típicos tienen proporciones que pasan por el tamiz n.° 200 del 60% al 80%. Pueden llegar, sin embargo, al 100%, si se toman

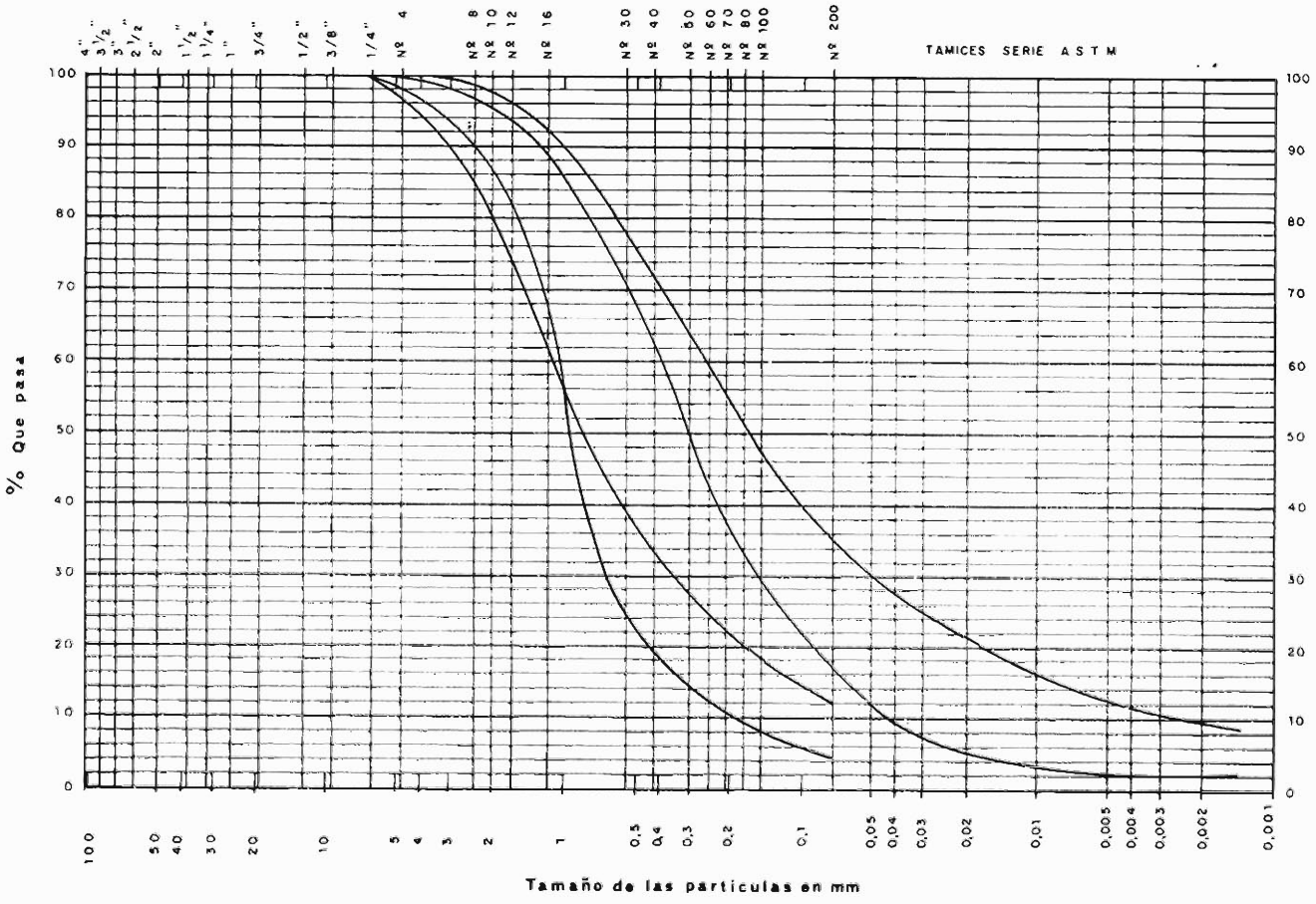


Fig. 13.—Curvas granulométricas de arenas de miga y tosquizas.

como tales los materiales más plásticos que aparecen en algunos niveles, aunque ya no son propiamente toscos. En la Fig. 14 se representan unas curvas granulométricas de materiales de este tipo.

4.2.2. Plasticidad

Para estudiar las condiciones de plasticidad en los distintos tipos de terrenos se hará uso del gráfico de plasticidad de Casagrande representado en la Fig. 15 para los suelos de los Línea VI (Cuatro Caminos-Pacífico-Oporto) como trazado típico, distribuyéndolos según las cotas a que aproximadamente se encuentran en ella. La peculiaridad de este gráfico es que, normalmente, los suelos de una misma naturaleza o época geológica suelen agruparse según franjas aproximadamente paralelas a la línea A. A continuación se comentan los resultados para cada clase de terreno, según su posición en el gráfico. También se hace un estudio estadístico de un conjunto de datos más amplio para cada uno de ellos.

a) Tosco

Los puntos correspondientes al intervalo entre las cotas 700 y 640 son de arena de miga o tosco, ya que este último se extiende incluso hasta cotas inferiores. Pues bien, los límites líquidos, como se ve en el gráfico, son en su mayoría inferiores a 40, aunque pueden llegar a superar los 50. El tosco que pudiéramos llamar típico no sobrepasa, sin embargo, el límite líquido 40. Como ya se señaló en epígrafes anteriores, hay intercalados varios niveles activos de mayor plasticidad. En algunas zonas dicha plasticidad es tan alta que se distingue fácilmente,

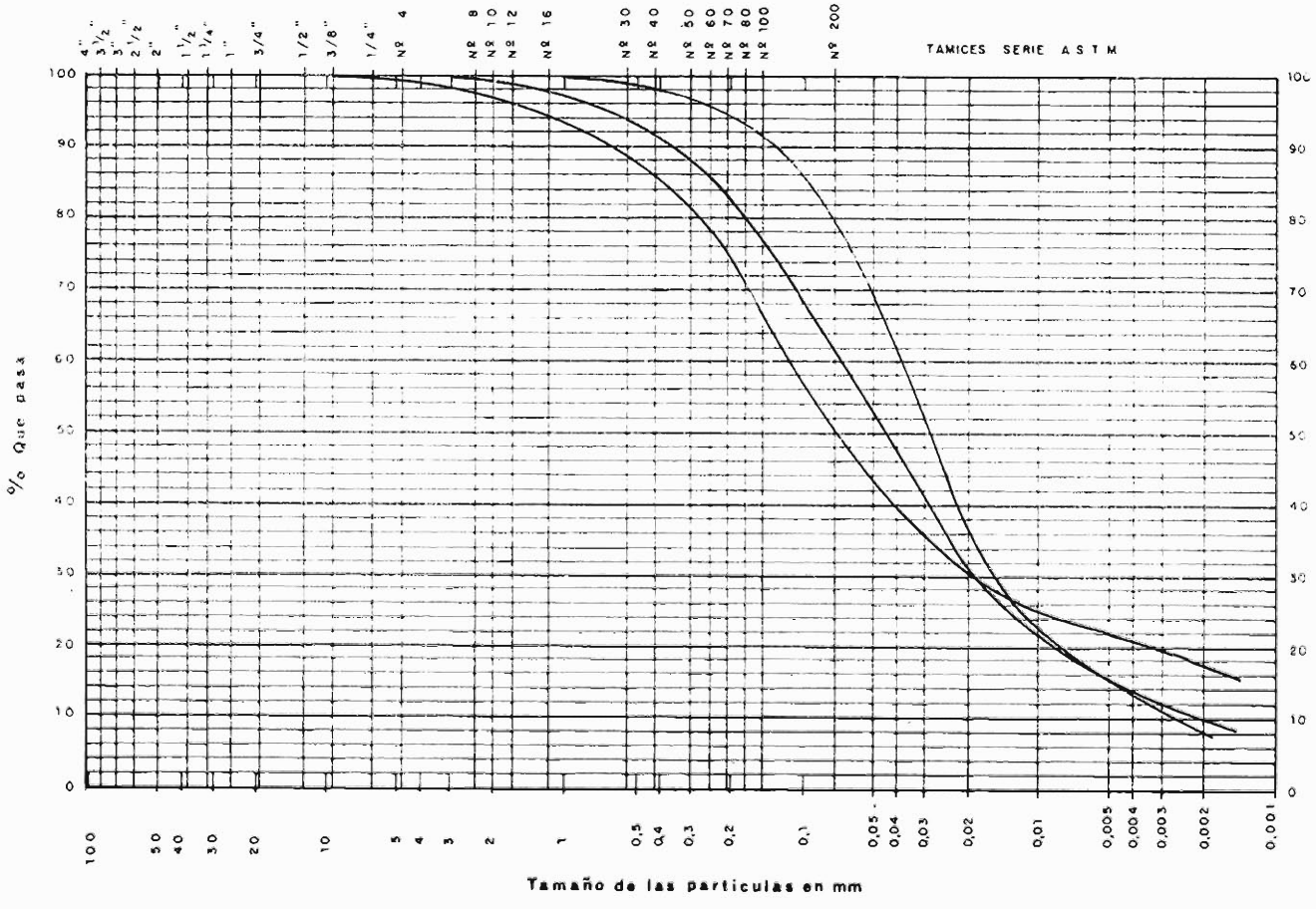


Fig. 14.—Curvas granulométricas de muestras de tosco.

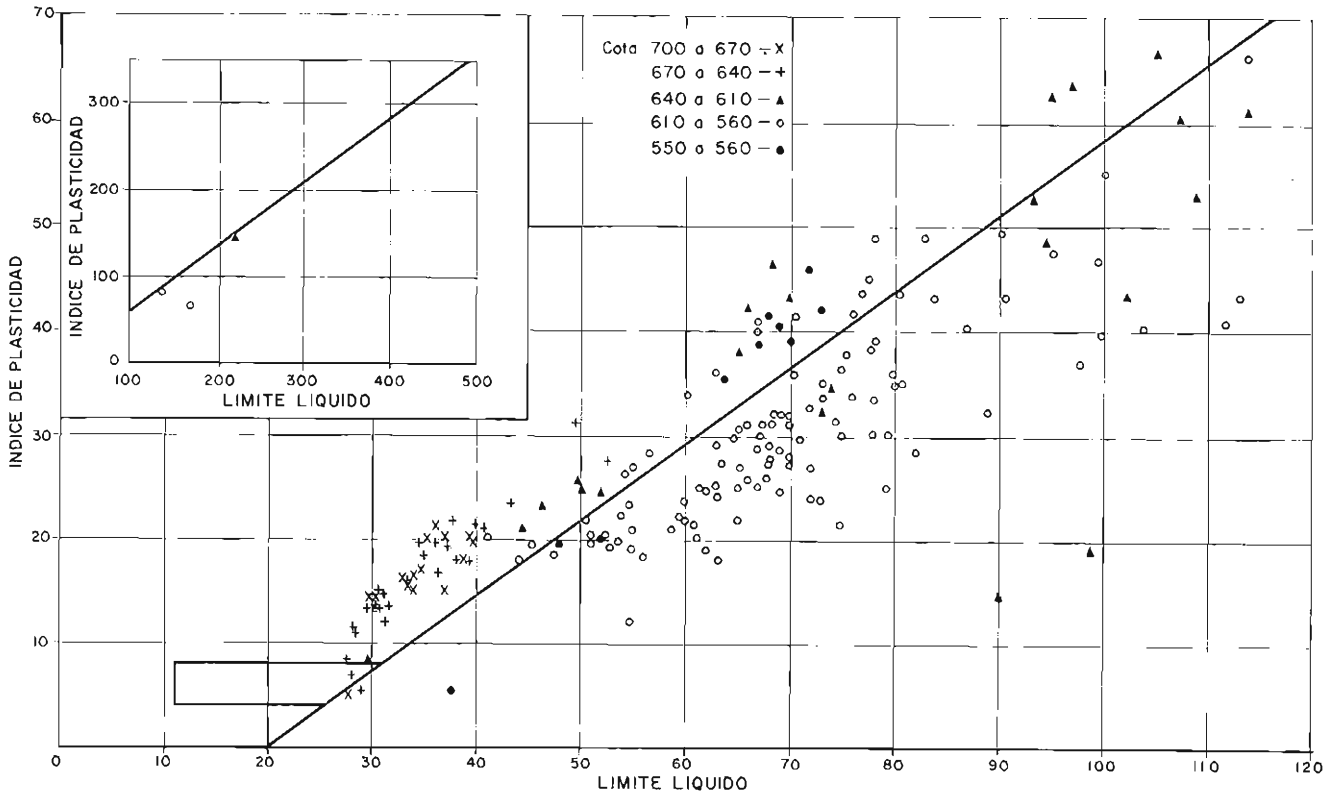


Fig. 15.—Gráfico de plasticidad de Casagrande para la Línea VI del Metro (ESCARIO, 1970).

por tratarse de bentonitas, que pueden ir mezcladas con sepiolitas y otros materiales, como el sílex y calizas más o menos magnesianas. Sin embargo, al moverse hacia el NO, esta capa tiende a ir desapareciendo, como también se indicó anteriormente, pero en sus últimas manifestaciones se detecta su presencia precisamente en cuanto el límite líquido supera el valor 50.

Lo mismo ocurre con el nivel situado en la base del tosco, en las zonas Sur y Este de la ciudad, que se ha denominado transición tosco-peñuela, de espesores y características especialmente acusadas. Del mismo modo que en los intermedios, cuando por cambio lateral de facies la peñuela tiende a convertirse en tosco, también quedan señalados sus últimos vestigios por un nivel de plasticidad más elevada que la del tosco típico.

Con objeto de disponer de una visión más amplia de la variación de la plasticidad del tosco típico y de sus valores medios, en las Figs. 16 a 19 se han dibujado los diagramas de frecuencias y se han calculado los valores medios y las desviaciones estándar para el límite líquido y el índice de plasticidad, en las líneas del Metro que se señalan, así como en el Polígono AZCA.

Como se ve, el valor medio del límite líquido

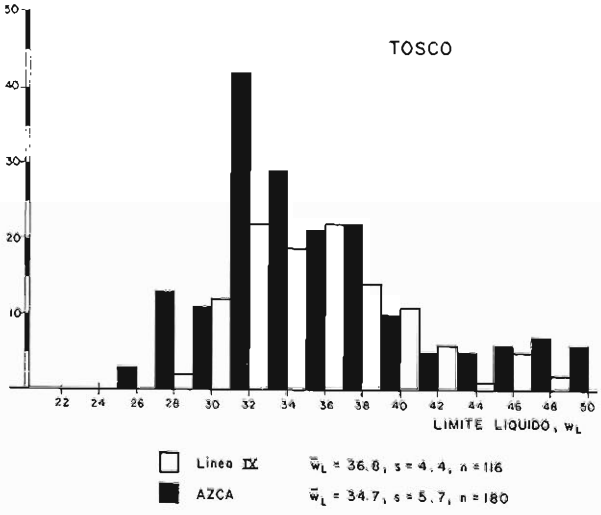


Fig. 16.—Gráfico de frecuencias del límite líquido w_L del tosco.

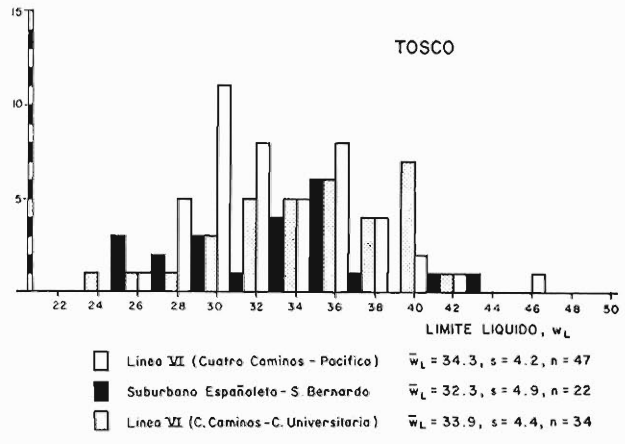


Fig. 17.—Gráfico de frecuencias del límite líquido w_L del tosco.

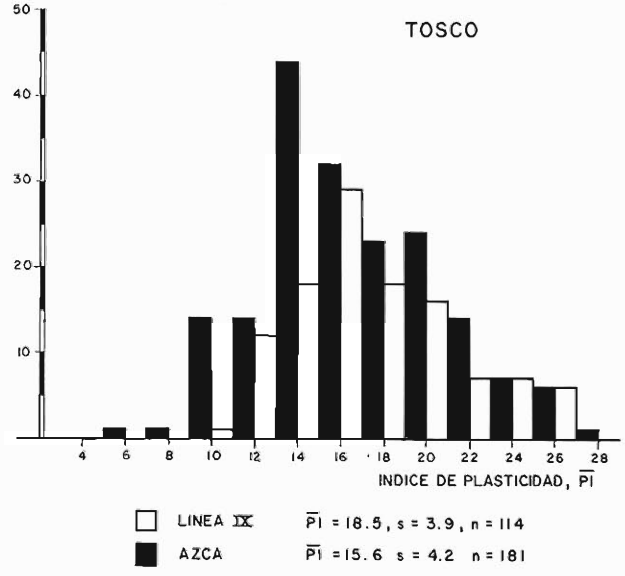


Fig. 18.—Gráfico de frecuencias del índice de plasticidad PI del tosco.

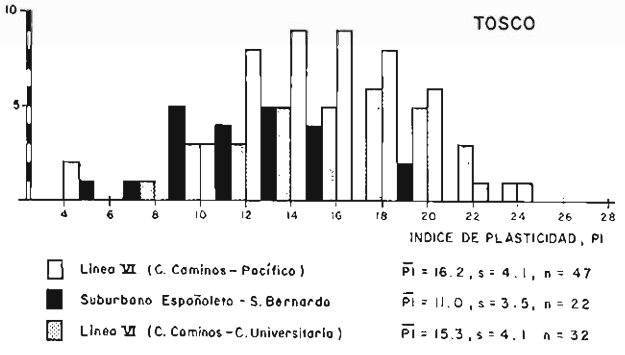


Fig. 19.—Gráfico de frecuencias del índice de plasticidad PI del tosco.

es del orden de 35, con una desviación estándar de alrededor de 5. El índice de plasticidad medio es del orden de 16 con una desviación estándar de alrededor de 4.

b) Peñuela

Los puntos del gráfico de Casagrande situados entre las cotas 610 y 560 corresponden esencialmente a peñuelas típicas. Como puede verse, la mayoría de los valores se sitúan por debajo de la línea A. Una posible explicación para tal comportamiento puede consistir en que contengan sepiolita, ya que los puntos representativos de dicho mineral quedan por debajo de la línea A. Es probable, sin embargo, que existan otras causas, no habiéndose llegado aún a conclusiones definitivas sobre el tema.

El límite líquido de la peñuela gris suele oscilar entre 50 y 80, sobrepasando raras veces el valor 100, salvo en intercalaciones específicas. El índice de plasticidad varía normalmente entre 18 y 45.

Para completar la información sobre estas características en las peñuelas, en las Figs. 20 y 21 se han dibujado los diagramas de frecuencias para tres líneas del Metro. Como se deduce de la observación de los valores estadísticos respectivos, el valor medio del límite líquido es del orden de 68 y el del índice de plasticidad de 30, con desviaciones estándar respectivas de aproximadamente 10 y 8.

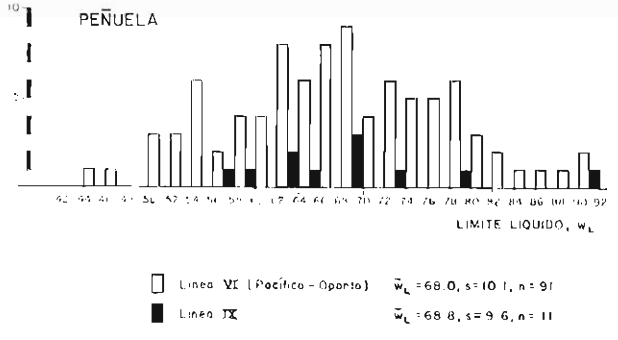


Fig. 20.—Gráfico de frecuencias del límite líquido w_L de la peñuela.

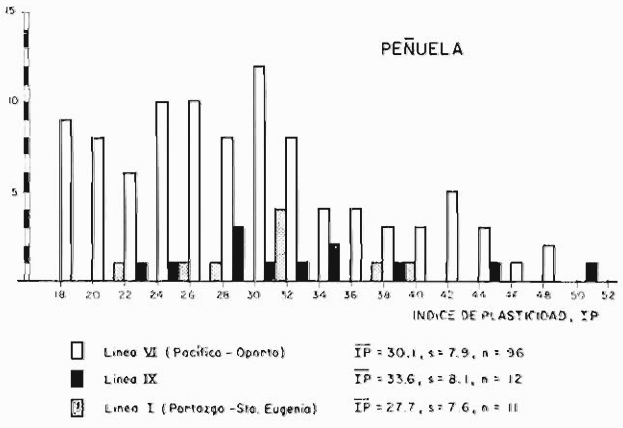


Fig. 21.—Gráfico de frecuencias del índice de plasticidad IP de la peñuela.

La peñuela marrón, en que deriva por cambio lateral de facies la gris verdosa hacia el borde de la cuenca, va perdiendo globalmente plasticidad, hasta llegar a convertirse también lateralmente en un tosco.

La peñuela blanda o gris oscura con olor a materia orgánica, encontrada encima de los yesos en la intersección de la Línea VI (tramo Pacífico-Oporto) con el río Manzanres (Fig. 7), se sale de la tónica general. Los pocos valores de plasticidad de que se dispone están representados en el gráfico de Casagrande como situados entre las cotas 560 y 550, quedando por encima de la línea A.

c) Zona de transición tosco-peñuela

Estos niveles intercalados entre el tosco y la peñuela en las zonas Sur y Este de la capital contienen, además de otros materiales, bentonitas y sepiolitas. Estos suelos, en algunas zonas se encuentran entremezclados entre sí, bien formando una masa uniforme o estratos alternados. Teniendo en cuenta que las bentonitas en el gráfico de Casagrande se sitúan por encima de la línea A, y las sepiolitas bastante por debajo, no es sorprendente que los puntos correspondientes presenten una gran dispersión. Así efectivamente puede comprobarse en la Fig. 15 en los niveles comprendidos entre 610 y 640.

Obsérvese cómo en una de las muestras de bentonita se alcanza un límite líquido de hasta 220 (cifra superada en otros puntos), valor muy elevado si se tiene en cuenta que se trata de bentonita cálcica. En cuanto a las sepiolitas, a título de ejemplo citaremos que una muestra de un desmonte de la estación de clasificación de Vicálvaro ha dado valores w_L = 156, IP = 42 y otra de la Mesa de Rejas, w_L = 166, IP = 57, cuya representación quedaría muy por debajo de la línea A de Casagrande.

4.3. CARACTERISTICAS DE ESTADO

4.3.1. Densidad seca

a) Tosco

Para dar una idea amplia de la variación de las densidades secas del tosco (incluido el tosco arenoso), en las Figs. 22 y 23 se han representado los gráficos de frecuencias para algunas líneas de Metro y para AZCA. Como se ve, los valores medios oscilan entre 1,85 y 1,91 gr/cm^3 con una desviación estándar del orden de 0,1.

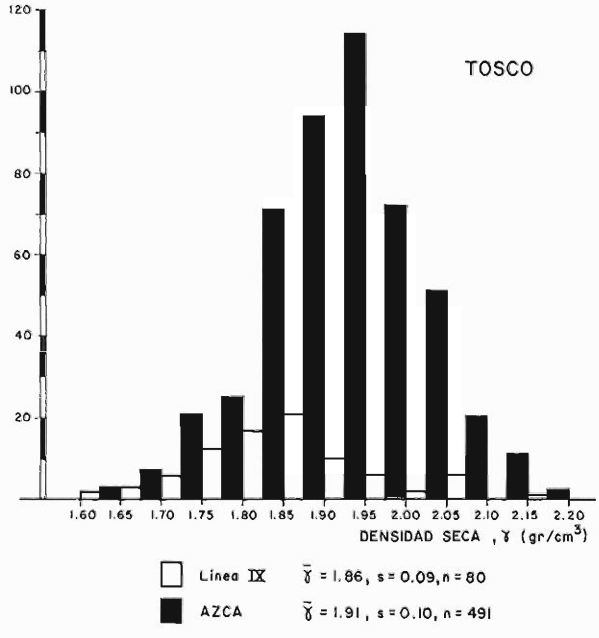


Fig. 22.—Gráfico de frecuencias de la densidad seca γ en el tosco.

Las capas más plásticas intercaladas arrojarán lógicamente valores más bajos, pudiendo llegar a los indicados para la transición tosco-peñuela.

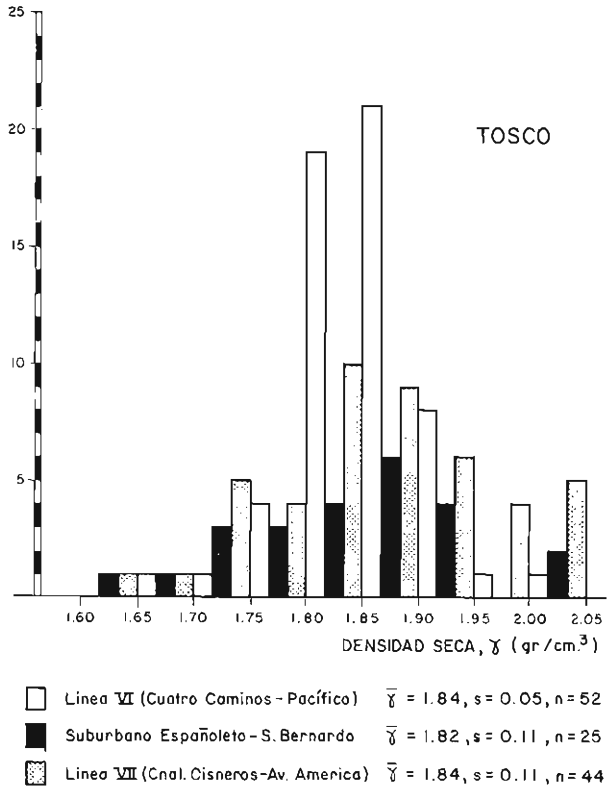


Fig. 23.—Gráfico de frecuencias de la densidad seca γ en el tosco.

b) Peñuela

A la vista de los gráficos de frecuencias de la Fig. 24, se deduce para la peñuela típica un valor medio de 1,45 gr/cm^3 con una desviación estándar de 0,15.

c) Zona de transición tosco-peñuela

Las sepiolitas y bentonitas que frecuentemente se encuentran en estos niveles tienen densidades secas muy reducidas, que oscilan alrededor de 1 gr/cm^3, e incluso inferiores a la unidad. Recuérdese a estos efectos el nombre de «espuma de mar» que se da a las primeras. Unidas a otros suelos aumentan de densidad.

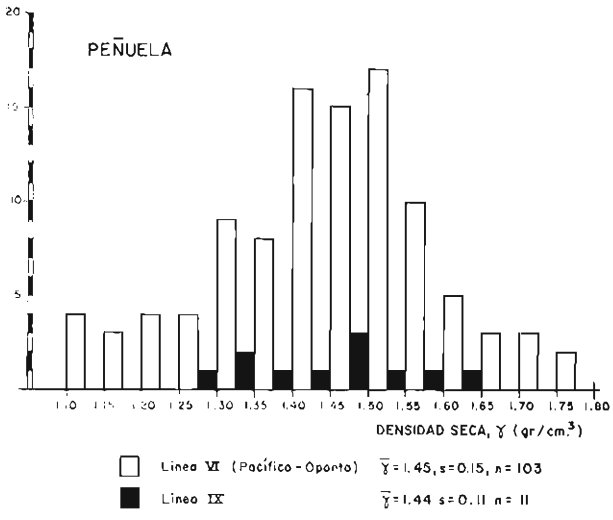


Fig. 24.—Gráfico de frecuencias de la densidad seca γ en la peñuela.

4.3.2. Humedad

a) Tosco

En las Figs. 25 y 26 se dan los gráficos de frecuencias de humedad del tosco en varias líneas del Metro y en AZCA. Como se ve, los valores medios oscilan del 13 al 15%, con desviaciones estándar del orden de 3.

La gama de resultados es en todo caso muy amplia, oscilando normalmente entre el 8 y el 22%. En las capas más plásticas intercaladas

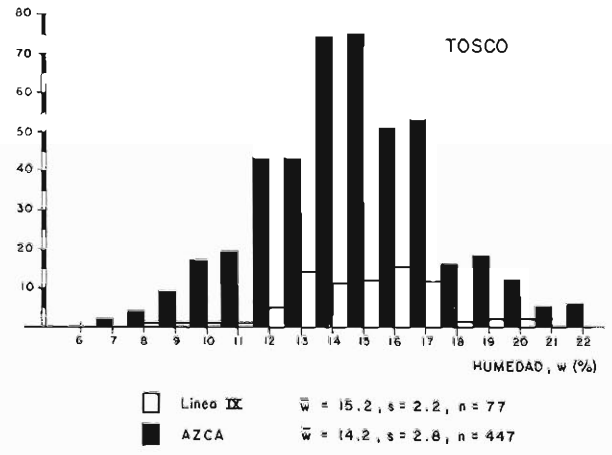


Fig. 25.—Gráfico de frecuencias de la humedad w en el tosco.

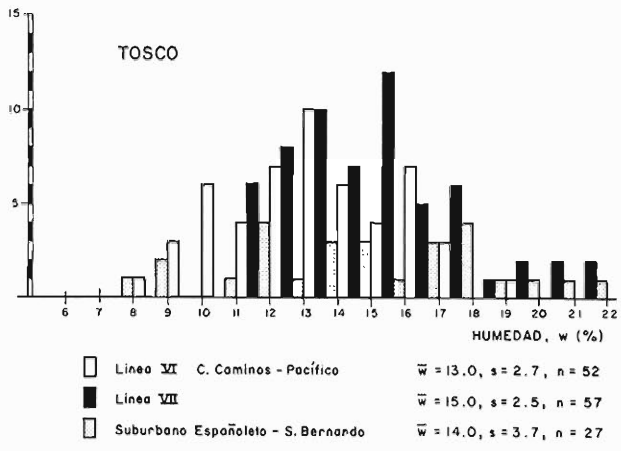


Fig. 26.—Gráfico de frecuencias de la humedad w en el tosco.

pueden esperarse valores más altos, pudiendo alcanzar las señaladas para la transición tosco-peñuela.

b) Peñuela

De los gráficos de frecuencias representados en la Fig. 27 se deduce un valor medio estadístico que oscila entre el 30 y el 32% con una desviación estándar del 7 al 8%. El rango de oscilación es amplio, variando por lo menos entre el 16 y el 44%.

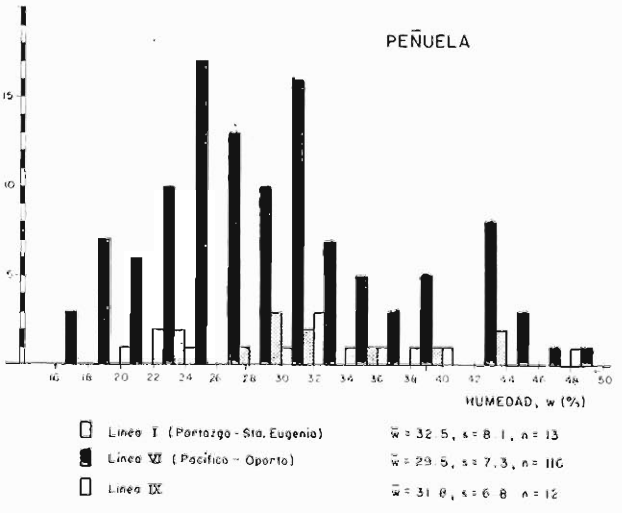


Fig. 27.—Gráfico de frecuencias de la humedad w en la peñuela.

c) Zona de transición tosco-peñuela

Las sepiolitas y bentonitas pueden alcanzar humedades muy elevadas, habiéndose determinado valores para las primeras de hasta el 100% y para las segundas del 75%, lo que no excluye puedan encontrarse valores más altos.

4.4. CARACTERISTICAS RESISTENTES Y DE DEFORMACION

Las características mecánicas de los terrenos atravesados se han valorado mediante ensayos «in situ» y de laboratorio.

Como ensayos «in situ» se suelen utilizar diversos tipos de penetración continua y el de penetración estándar (SPT). Se efectúan también en ocasiones ensayos de carga con placa. Asimismo, se han hecho observaciones directas de los asientos de edificaciones.

Como ensayos de laboratorio se han realizado un gran número de compresiones simples y ensayos triaxiales y de corte directo.

4.4.1. Resistencia a la penetración

En los terrenos de Madrid los ensayos de penetración estática únicamente pueden realizarse, en general, en los rellenos y materiales flojos, pues tan pronto como se alcanzan los niveles terciarios la resistencia es tal, que, salvo excepciones, resulta difícil hacer penetrar el aparato. Se usan en cambio con profusión los ensayos de penetración dinámica. En este trabajo se hará referencia solamente al denominado SPT.

Con este tipo de ensayos se suelen distinguir bastante bien los límites entre los materiales flojos y los terrenos terciarios. Sin embargo, no resultan muy útiles para cuantificar las características resistentes de estos últimos. El motivo es que el número de golpes necesario para la penetración suele ser muy elevado y los valores tan altos únicamente sirven para saber que se trata

de materiales duros, pero no para concretar respeto a cargas admisibles y características de deformación.

De las campañas efectuadas mediante el ensayo SPT se deduce, que en el tosco y arena de miga el número de golpes N no suele ser inferior a 40 ó 50, aproximándose con frecuencia a los 100 o rechazo. Estas condiciones son válidas también tanto en el Norte como en el Sur del alfoz, aunque, dada la gran extensión del área afectada y la escasez de datos disponibles, no puede hacerse esta afirmación más que de modo genérico. Concretamente, en los primeros metros del terreno se atraviesen a veces zonas más flojas, situación que pudiera responder a unas condiciones reales de los materiales terciarios superficiales o a que se trate de depósitos cuaternarios superpuestos, que no han sido debidamente identificados.

La gran compacidad de las peñuelas y su marcado carácter arcilloso hacen que normalmente no se utilice este ensayo en ellas. Sin embargo, se pueden citar casos en que, por circunstancias especiales, están reblandecidas o aflojadas, pudiendo entonces ser de utilidad.

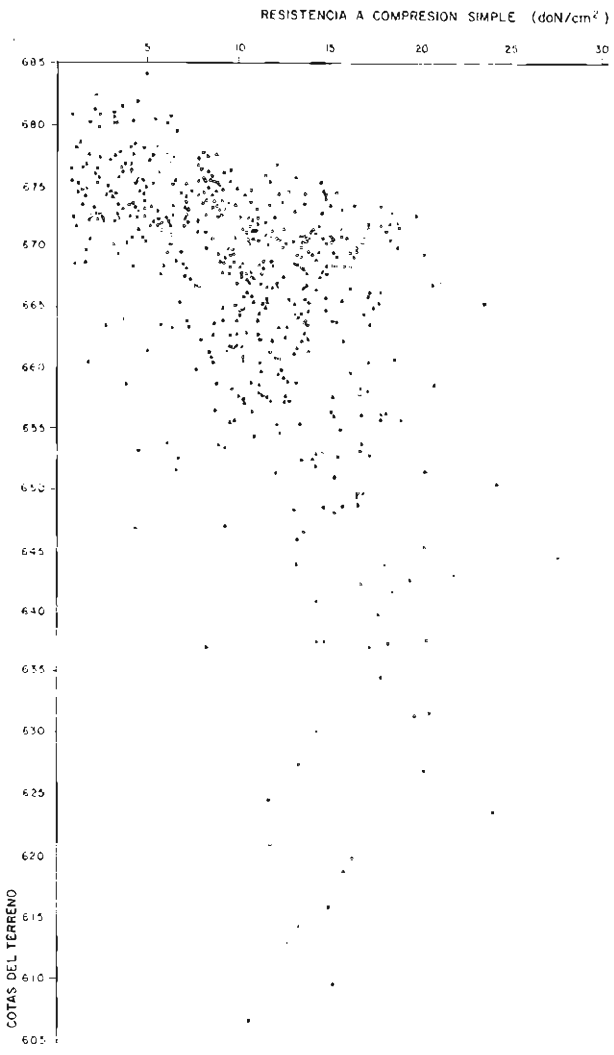


Fig. 28.—Valores obtenidos de la resistencia a compresión simple en AZCA.

4.4.2. Resistencia a compresión simple

a) Tosco

Bajo la denominación de tosco se engloba una amplia gama de materiales que, comenzando por el tosco arenoso, con un 40% de finos, pasa por el tosco típico, con más del 60%, y puede alcanzar proporciones elevadas en los niveles próximos a las zonas de transición o intermedias más plásticas, aunque ya no se trata propiamente de toscos. Es por ello natual que las correspondientes resistencias a compresión simple puedan también variar apreciablemente.

En la Fig. 28 se representan todos los valores de resistencia a compresión simple determinados en AZCA, según las correspondientes cotas. Parece observarse una tendencia a aumentar los valores medios de la resistencia con la profundidad, hasta alcanzar cifras del orden de 16 daN/cm²*. Esta tendencia, sin embargo, pudiera estar influida por la mayor facilidad con que se pierden los testigos tomados a rotación de los materiales más arenosos y menos resistentes, al aumentar la profundidad, además de por las razones que más adelante se comentan.

En las Figs. 29 y 30 se representan los mismos valores en forma de gráficos de frecuencias, habiéndose representado por separado los correspondientes hasta una profundidad de 50 metros (aprox. cota 640) y desde los 50 a los 80 metros (aprox. cota 610). El valor medio estadístico en

* 1 daN/cm² ≃ 1 kgf/cm².

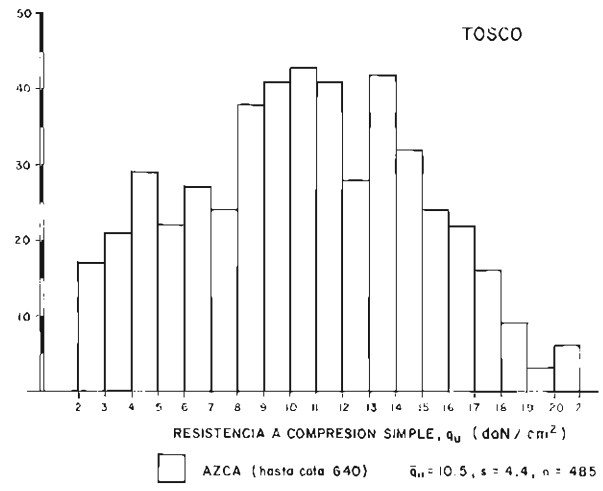


Fig. 29.—Gráfico de frecuencias de la resistencia a compresión simple q_u del tosco en AZCA, desde la superficie hasta la cota 640.

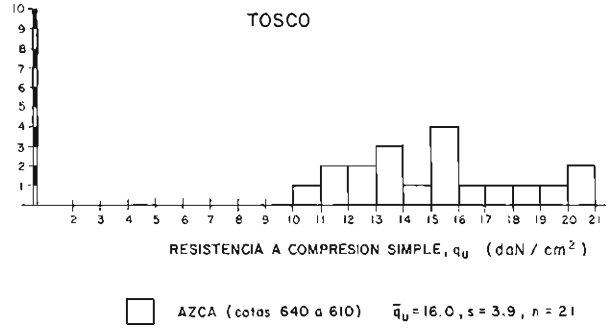


Fig. 30.—Gráfico de frecuencias de la resistencia a compresión simple q_u del tosco en AZCA, entre las cotas 640 y 610.

el primer tramo, que engloba todos los niveles con tosco típico y la capa intermedia más plástica citada repetidas veces, es de 10,5 daN/cm^2, con una desviación estándar de 4,4 daN/cm^2. En el tramo más profundo el valor medio es de 16 daN/cm^2, con una desviación estándar del mismo orden de magnitud; este segundo tramo comprende también niveles más plásticos, por cambio lateral de facies de la que se ha denominado capa de transición tosco-peñuela, que en esta área ha perdido ya sus pronunciadas características típicas.

Observando los gráficos de frecuencia correspondientes a diversas líneas de Metro que se representan en las Figs. 31 y 32, se deduce que los valores medios en el tramo de tosco se sitúan entre los 10 y 11 daN/cm^2, con desviaciones estándar de 4 a 5 daN/cm^2.

Todos estos datos deben, en todo caso, utilizarse con prudencia. Han de tenerse en cuenta, en efecto, diversos factores que contribuyen a que los valores medios resulten altos. Por un lado, en la toma de muestras se pierden con más facilidad los materiales más flojos. Después, al

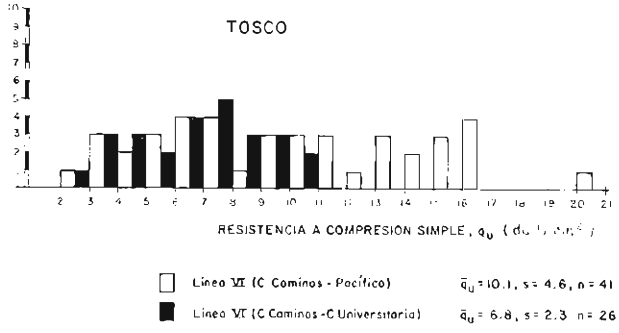


Fig. 31.—Gráfico de frecuencias de la resistencia a compresión simple q_u del tosco en la Línea VI del Metro.

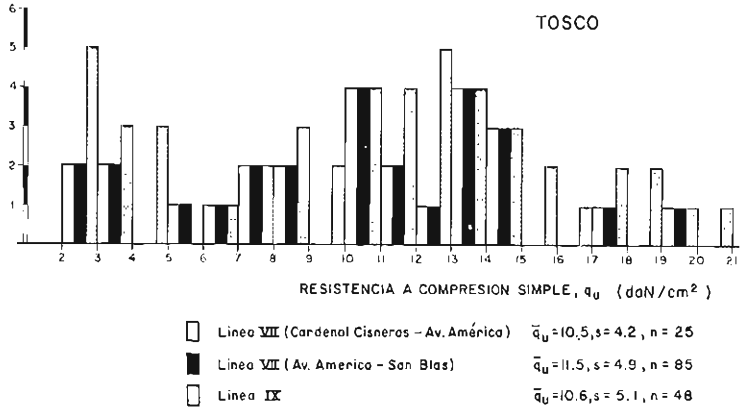


Fig. 32.—Gráfico de frecuencias de la resistencia a compresión simple q_u del tosco en las Líeas VII y IX del Metro.

tallar las muestras en el laboratorio, se estropean con frecuencia las más débiles y hay una tendencia general a escoger para los ensayos las partes más sanas y resistentes. Como contrapartida se puede argumentar para este tipo de ensayo, que en cuanto el material es relativamente arenoso, los valores de la resistencia a compresión simple bajan apreciablemente, dejando de ser representativos de la resistencia real.

El grado de preconsolidación, según la posterior descarga, así como la cementación que los materiales han sufrido en las diferentes áreas, son factores cuyos efectos se desconocen en el momento presente, por lo que resulta problemático un intento de generalización de los resultados recogidos.

Por todo ello, puede en principio concluirse que la resistencia a la compresión simple del tosco es normalmente igual o superior a 4,0 daN/cm^2, alcanzándose según las circunstancias valores del orden de los citados en los párrafos anteriores.

Como información complementaria se puede añadir que, en varias de las fases de reconocimiento de AZCA, se tallaron, a partir de muestras en bloque, probetas de compresión simple del tosco en tres direcciones: vertical, q_v, horizontal, q_h, e inclinada a 45°, q_i. Se han comparado estadísticamente los resultados que figuran en la Tabla V y se han representado en la Fig. 33. Las conclusiones que se sacan son las siguientes, sometidas a las limitaciones del reducido número de ensayos efectuados:

— El valor medio probable de $\frac{q_i}{q_v}$ es del 96% y la desviación estándar del 9,5%; existe una probabilidad del 85% de que el valor medio real sea inferior al 100%.

— El valor medio probable de $\frac{q_h}{q_v}$ es del 113% y la desviación estándar es 16,2%; existe una probabilidad de un 95% de que el valor medio real sea superior al 100%.

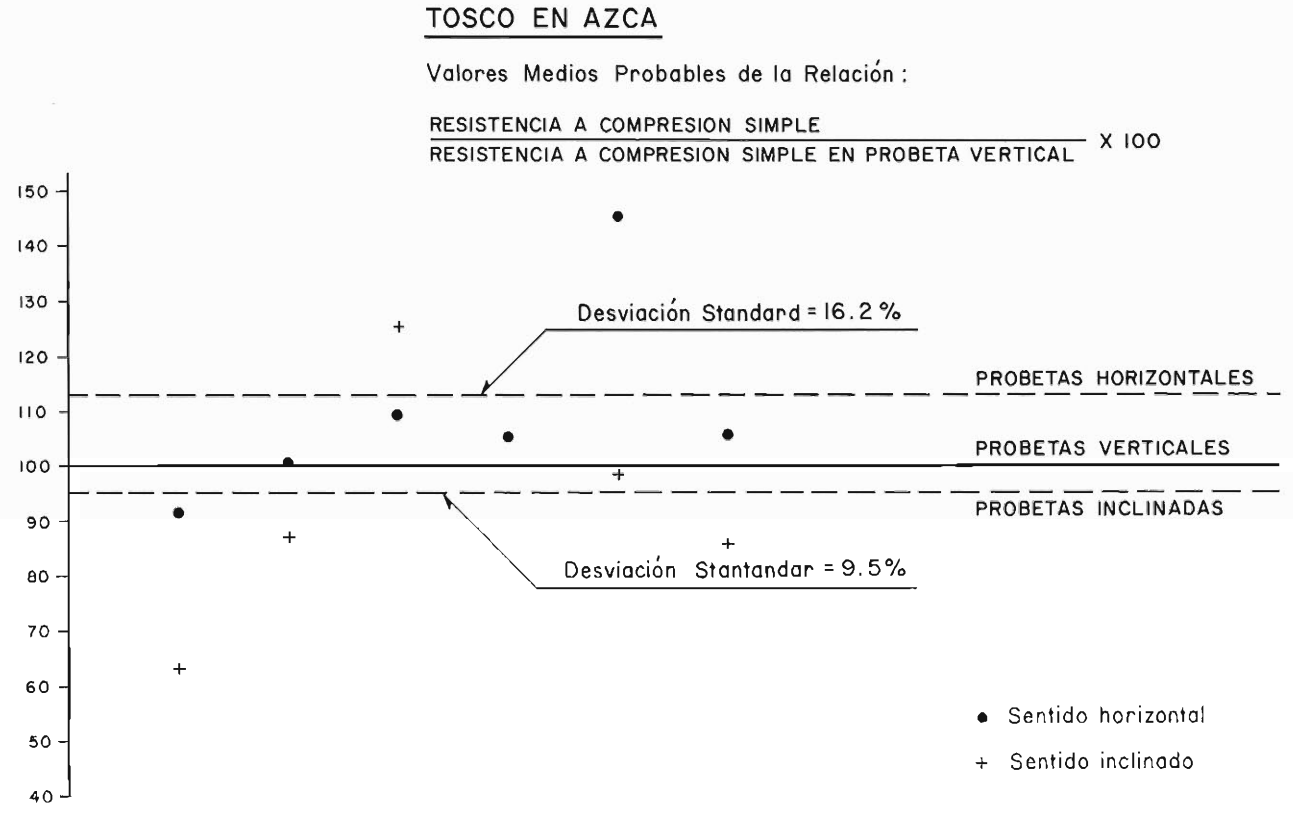


Fig. 33.—Comparación entre las resistencias a compresión simple del tosco en distintas direcciones (ESCARIO, 1970).

b) Peñuela

En la Fig. 34 se dan los gráficos de frecuencia de la resistencia a compresión simple de la peñuela normal, gris verdosa y azulada, en dos líneas del Metro. El valor medio es de unos 15 daN/cm^2, con una desviación estándar de 5 a 6 daN/cm^2. El rango de valores varía entre unos 5 y 24 daN/cm^2. La presencia de lisos puede, sin embargo, desvirtuar en ciertos casos el valor de este ensayo.

En la capa de peñuela blanda gris oscuro, que se ha mencionado queda justo por encima de los yesos en la zona del río atravesada por la Línea VI, las resistencias a compresión simple han oscilado de 2,0 a 5,0 daN/cm^2, según el reducido número de muestras disponibles. Los ensayos de carga realizados en ella confirman que se trata de un material mucho más blando y deformable que la peñuela normal.

Pueden darse otras condiciones, como las indicadas en el epígrafe 3.3d, que conduzcan a valores de la resistencia inferiores a los señalados anteriormente para la peñuela normal.

La evolución de la resistencia, cuando la peñuela pasa por cambio lateral de facies a marrón y más tarde a tosco, es difícil de prever.

4.4.3. Resistencia a esfuerzo cortante

4.4.3.1. Consideraciones generales

Tanto los ensayos de compresión simple como los de penetración son también pruebas indirectas de resistencia a esfuerzo cortante. Pero en este epígrafe se va a tratar solamente de los ensayos específicos de resistencia al corte utilizados para determinar el ángulo de rozamiento interno y la cohesión: triaxiales y corte directo.

Entre los estudios geotécnicos efectuados en Madrid, hay muchos en los que se han realizado ensayos de estos dos tipos. Sin embargo, se ha sido muy cauto en su utilización para este trabajo por las siguientes razones. Los ensayos triaxiales son bastante delicados de ejecutar, sobre todo, los que utilizan medida de las presiones intersticiales, tratándose de suelos duros, parcialmente saturados y en algunos casos muy plásticos. Los de corte directo son más sencillos de realizar, pero, aparte de su mayor dificultad de interpretación, los parámetros determinados no siempre responden a unas condiciones de drenaje claras.

Por estos motivos, se ha seguido el criterio de utilizar solamente un reducido número de ensayos triaxiales, efectuados todos en el Laboratorio de Carreteras y Geotecnia «José Luis Escario» y la mayoría con consolidación previa y rotura con drenaje, que para muchos de los suelos de Madrid son las únicas condiciones confiables. En cuanto a los ensayos de corte directo, se han empleado únicamente como referencia complementaria, ciertamente de utilidad en algunos casos específicos.

A pesar de esta selección, las conclusiones a que se llega son poco concretas, pues realmente se necesitaría para ello un estudio más extenso y detallado sobre el tema. Los datos que se pre-

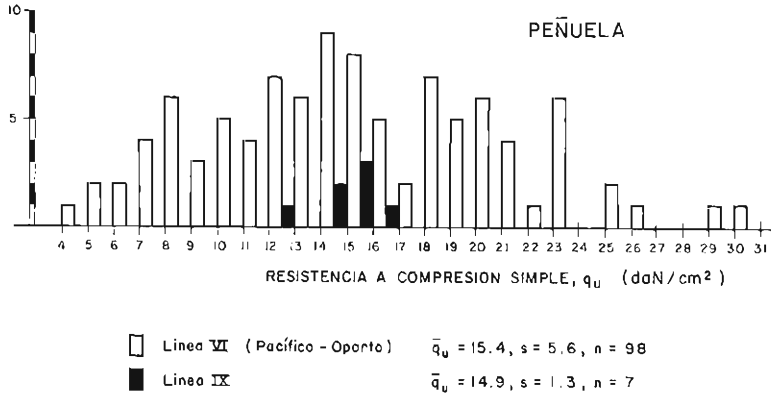


Fig. 34.—Gráfico de frecuencias de la resistencia a compresión simple q_u de la peñuela.

sentan a continuación sirven, sin embargo, al menos para tener una orientación de los órdenes de magnitud de la variación de los valores que pueden esperarse para los parámetros efectivos c' y ø', en muestras inalteradas.

Con varias de las muestras se han efectuado también ensayos con el material remoldeado con un contenido de agua elevado. Los parámetros que de estos ensayos se derivan, se comentan para cada tipo de suelo en particular.

4.4.3.2. Tosco y arena de miga

En la Tabla I se recogen los resultados de los ensayos triaxiales efectuados con 14 muestras inalteradas y con 6 remoldeadas con un contenido de agua elevado, apareciendo los específicos correspondientes a estas últimas representados entre paréntesis.

Todas pertenecen a estudios para la construcción de nuevas líneas de Metro. Figuran en primer lugar las de las Líneas IV y VII con la numeración del sondeo o pozo y profundidad del correspondiente reconocimiento (JIMENEZ SALAS y ESCARIO, 1968; ESCARIO, 1970). Seguidamente se dan los de la Línea IX, efectuados en el tramo de Moratalaz (OTEO y FERNANDEZ MOYA, 1979).

La mayoría de las muestras son de tosco (con un límite líquido de hasta 50) y arena tosquiza

TABLA I

Ensayos triaxiales en tosco y arena de miga

	Muestra n.° LTMS	Tramo o sondeo	Profund. m	w	w_L	w_P	IP	Pasa ≠ 200	γ (gr/cm³)	c' (daN/cm²)	ø' (grados)	Tipo ensayo
Línea IV	42.627	S-4	15,0	—	34	18	16	54	—	0,9	25,0	CD
	42.046	S-1	18,90	8,0	22	19	3	20	1,9	1,2	31,0	CD
				(17,7)					(1,77)	(0,3)	(31,5)	CD
Línea VII	42.388	S-1	8,0	8,7	33	17	16	55	1,81	0,9	26	CD
				(17)					(1,74)	(0,2)	(28)	CD
	42.211	S-14	16,0-16,4	(23,3)	32	16	16	66	(1,57)	(0,35)	(21)	CD
	41.402	S-14	16,0-16,5	13,7	32	14	18	95	1,85	2,9	34,5	CD
				(28,6)					(1,43)	(0,2)	(24)	CD
	41.404	S-14	20,5-21,0	11,8	47	17	30	91	1,86	0,8	36	CD
				(20,0)					(1,63)	(0,2)	(24)	CD
	42.619	S-13	28	(18,9)	26	24	2	27	(1,70)	(0,3)	(30,5)	CD
Línea IX	81.320	S-2	8,7-9,0	14,3	36	17	19	48	1,78	0,0	25,0	CU
	81.326	S-2	15,7-16,0	16,5	38	17	21	21	1,68	0,2	31,1	CU
	81.268	S-1	18,4-19,0	18,7	50	21	28	66	1,73	0,35	26,0	CD
	81.269	S-1	19,3-19,7	17,1	50	21	28	43	1,77	1,4	30,5	CU
	81.387	S-2	20,5-21,0	12,6	35	19	16	40	1,92	2,9	30,0	CU
	81.388	S-2	22,0-22,4	14,3	35	19	16	33	1,88	1,0	45	CD
	81.394	S-2	32,2-33,5	13,0	35	17	18	42	1,87	0,0	27,5	CU
	79.215	T-2		11,3	30,4	18,3	12,1	—	1,90	1,2	36,5	CD
	78.774	T-2		16,4	—	—	—	—	1,77	1,4	37,5	CD

NOTAS: 1) Ensayos triaxiales efectuados en el Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo «José Luis Escario». Muestras saturadas con presión en cola. CD: Con consolidación previa y rotura con drenaje. CU: Con consolidación previa, rotura sin drenaje y medida de presiones intersticiales.

2) Los números entre paréntesis corresponden a muestra remoldeada con la humedad y densidad indicadas.

y, solamente tres, de arena de miga. En dos de las muestras de tosco el porcentaje de material que pasa por el tamiz n.º 200, supera el 90%, valor más elevado de lo normal para dicho tipo de material.

Los resultados correspondientes a las muestras inalteradas se han situado en el gráfico de la Fig. 35, habiéndose representado los valores de c' y ø' en función del porcentaje que pasa por el tamiz n.º 200. Como se ve, c' oscila, en general, entre 0,8 y 1,2 daN/cm^2* predominando, dentro de esta gama de valores, los inferiores a 1 daN/cm^2; no faltan, sin embargo, algunos que se aproximan a 3 daN/cm^2 y otros que llegan a anularse; no es, por otra parte, sorprendente que las cohesiones lleguen prácticamente a cero para contenidos reducidos de finos.

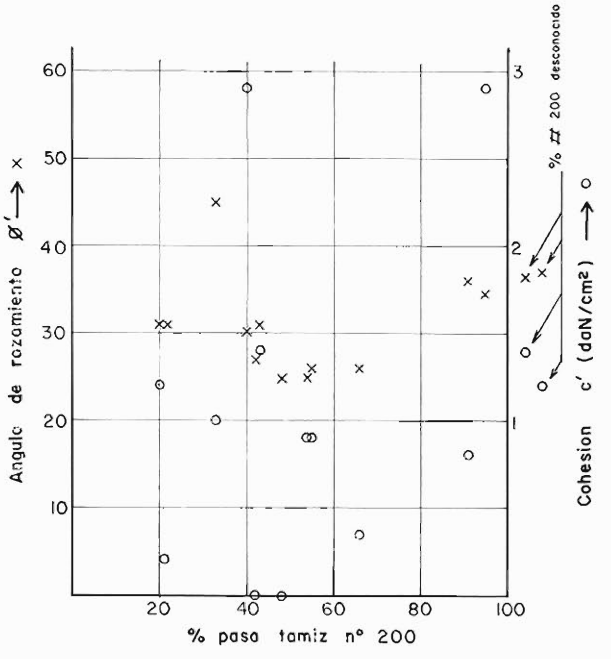


Fig. 35.—Valores de c' y ø' en función del porcentaje de material que pasa por el tamiz n.º 200, en muestras inalteradas de arena de miga y tosco.

Los valores ø' arrojan una media próxima a los 31º, pero con una desviación estándar fuerte, de 4,2º, y con una oscilación total de valores entre 25º y 37,5º (despreciando sólo un ensayo con ø' = 45º).

* 1 daN/cm^2 ≃ 1 kgf/cm^2.

En el gráfico puede también observarse que no se define correlación alguna entre la proporción de material que pasa por el tamiz n.º 200 y los parámetros considerados.

Los valores de ø' de las seis muestras remoldeadas se han representado en el gráfico de la Fig. 36. El valor de c' no se ha tomado en cuenta por ser reducido, debiendo en realidad resultar prácticamente nulo. Como se ve, los valores de ø' oscilan entre 31º y 24º, si se desprecia sólo uno de ellos que baja hasta 21º. Se observa una tendencia a descender los valores con el aumento de finos. No se ha intentado, sin embargo, deducir correlación estadística alguna, por la escasez de datos y porque los mencionados elevados contenidos de agua con que se remoldearon las muestras, tampoco se establecieron con un criterio concreto.

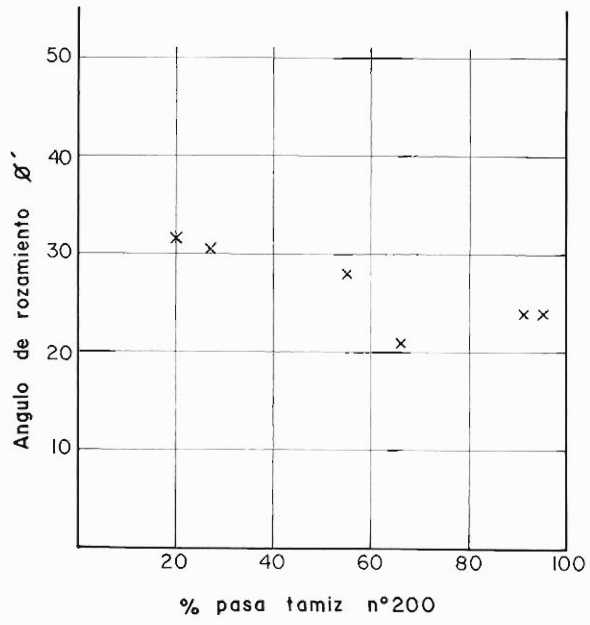


Fig. 36.—Valores de ø' en función del porcentaje de material que pasa por el tamiz n.º 200, en muestras remoldeadas de arena de miga y tosco.

4.4.3.3. Peñuelas

En la Tabla II se recogen los resultados de los ensayos efectuados en los estudios geotécnicos de la línea de Metro VI (JIMENEZ SALAS y ESCARIO, 1968; ESCARIO, 1970) y en la Línea IX (OTEO y FERNANDEZ MOYA, 1979).

TABLA II

Ensayos triaxiales con peñuelas

	Muestra n.º LTMS	Tramo o sondeo	Profund. m	w	w_L	w_P	IP	Pasa s 200	γ (gr/cm³)	c' (daN/cm²)	ø' (grados)	Descripción
Línea VI	42.626	S-2	11,0	39,8	78,0	47,6	30,4	99,5	1,25	2,80	28,0	Arcilla bentonítica amarillo verdosa.
	42.060	S-2	19,6	(69,2)	114,1	47,6	66,5	—	(0,90)	(0,30)	(25,5)	Arcilla verdosa.
	41.920	S-6	39,0	29,0	76,2	34,2	42,0	99,2	1,53	1,8	37,0	Arcilla verdosa.
	43.479	S-14	18,0	11,2	74,6	32,1	42,5	—	1,58	1,0	27,0	Arcilla verdosa.
				(35,9)					(1,24)	(0,2)	(22,0)	
	41.113	S-17	24,9a 25,4	(36,6)	54,0	24,9	29,1	99,6	(1,30)	(0,4)	(21,8)	Arcilla gris verdosa.
	41.131	S-21	19,3a 19,5	33,6 (50,3)	80,3	45,5	34,8	100	1,41 (1,11)	1,20 (0,20)	52,0 (27,5)	Arcilla gris verdosa.
	41.189	S-24	17,7a 18,2	(67,5)	109,0	56,0	53,0	99,8	(0,93)	(0,38)	(28,5)	Arcilla marrón.
	41.193	S-24	25,7a 26,2	(59,6)	107,6	47,0	60,6	98,6	(1,00)	(0,14)	(26,0)	Arcilla marrón con vetas grises.
Línea IX Moratalaz	74.260	1	—	30,5	71,4	36,4	35,0	—	1,45	3,60	30,2	Arcilla marrón con manchas grises y algunos lisos curvos.
	74.558	1	—	28,9	—	—	—	—	1,47	2,60	42,4	Archilla marrón y gris.

NOTA: Ensayos triaxiales efectuados en el Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo «José Luis Escario» con consolidación previa y rotura con drenaje (muestras saturadas con presión en cola).

* 1 daN/cm² ≈ 1 kgf/cm².

En la Fig. 37 se han representado los resultados correspondientes a los ensayos triaxiales efectuados en muestras inalteradas en función del IP. Como puede observarse, no existe correlación alguna y la dispersión es grande. Los valores de ø' han oscilado entre 27° y 37° en cuatro de los ensayos disponibles, pero los dos restantes suben a 42° y 52°. Las cohesiones han variado entre 1,0 y 3,6 daN/cm². No es de extrañar tanta dispersión, si se tiene en cuenta la gran variedad de características que existe dentro de estos materiales.

Los resultados de las muestras remoldeadas con contenidos de agua elevados se representan en la Fig. 38. Aquí la dispersión no es tan grande, con variaciones de ø' entre 22 y 28°.

Procede comentar también los ensayos de corte directo realizados en el Laboratorio de Ca-

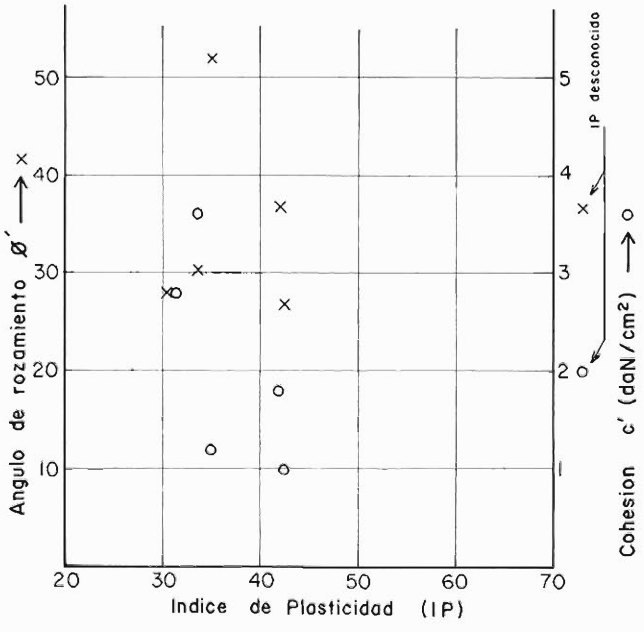


Fig. 37.—Valores de c' y ø' en función del Indice de Plasticidad, en muestras inalteradas de peñuelas.

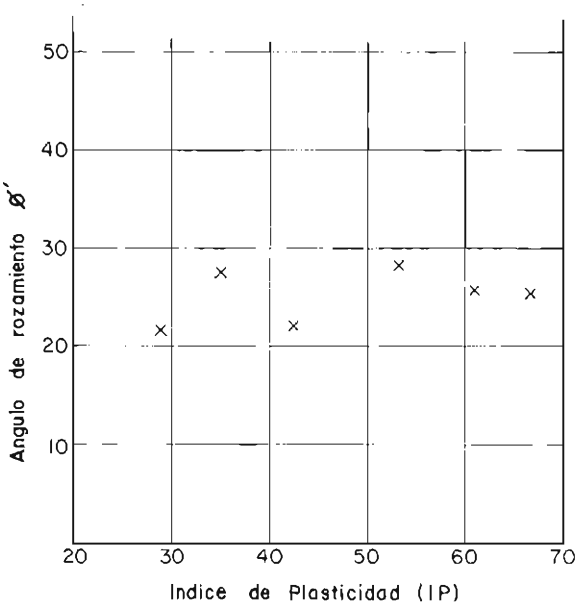


Fig. 38.—Valores de ø' en función del Indice de Plasticidad, en muestras remoldeadas de peñuelas.

rreteras y Geotécnica «José Luis Escario» sobre los lisos y superficies de contacto que contenían unas muestras de peñuela. El efectuado sobre una superficie de contacto, con w_L = 97, IP = 43 y w = 41, dio valores de ø' de pico y residual de 14° y 12,5° respectivamente. El realizado sobre lisos, con w_L = 128, IP = 66 y w = 44, condujo a valores tan bajos como 13,5° y 9°. Este es un hecho a tener en cuenta a la hora de estimar la resistencia de estos materiales, que puede estar condicionada por la presencia de lisos.

4.4.3.4. Arcillas marrones de plasticidad elevada

Los ensayos triaxiales con arcillas marrones más plásticas que el tosco normal se han recogido en la Tabla III. En la Fig. 39 se han dibujado los resultados de las muestras inalteradas en función del IP, sin que pueda deducirse correlación alguna. Los valores de ø' han oscilado entre 15° y 32° y las cohesiones c' desde 0 a 2,7 daN/cm^2. Parece natural esta dispersión, teniendo en cuenta los mismos motivos expuestos para las peñuelas. Cuando existan lisos en los estratos afectados, pueden esperarse también reducciones de resistencia importantes, especialmente cuando se trate de bentonitas muy plásticas, donde la resistencia residual puede disminuir considerablemente.

TABLA III

Ensayos triaxiales. Arcillas marrones y ocres con límite líquido > 50

	Muestra n.° LTMS	Tramo o sondeo	Profundidad	w	w_L	w_P	IP	Pasa # 200	γ (gr/cm^3)	c'* (daN/cm^2)	ø' (grados)
Líneas VI y VII	41.909	VII/S-17	32,5-33,0	23	66	22	44	65	1,65	2,7	32,5
				(33)					(1,36)	(0,2)	(23,5)
	41.496	VI/S-25	41,0-41,4	24,9	68,9	26,7	43,2	—	—	2,5	28,0
				35,9						(0,40)	(25,0)
Línea IX	76.728	2		21,2	57,5	25,6	31,9	42	1,67	1,80	29,6
	81.323	S-2	10,4-10,7	22,9	70	22	47	50	1,61	0,0	27,7
	81.325	S-2	13,7-13,9	23,6	57	25	32	59	1,59	0,6	14,9
	81.327	S-2	16,5-17,0	23,6	62	31	31	83	1,61	0,25	22,2

NOTAS: 1) Ensayos triaxiales efectuados en el Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo «José L. Escario» con consolidación previa y rotura con drenaje, excepto la muestra 81.323 en que la rotura fue sin drenaje y con medida de presiones intersticiales (todas saturadas con presión en cola).

2) Los números entre paréntesis corresponden a la muestra remoldeada con el contenido de humedad y densidad que se indica.

* 1 daN/cm^2 ≈ 1 kgf/cm^2.

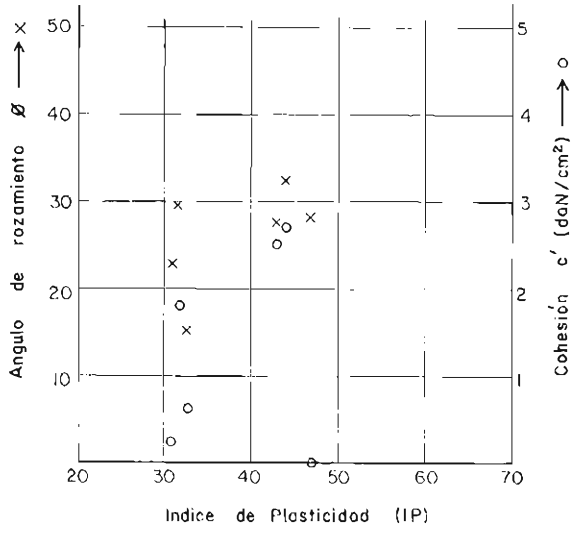


Fig. 39.—Valores de c' y ø' en función del Indice de Plasticidad, en muestras inalteradas de arcillas marrones y ocres con $w_L \geqslant 50$.

Las dos muestras remoldeadas con un contenido de agua elevado han dado valores muy parecidos de ø', de 23,5° y 25°, lo que no es de extrañar teniendo en cuenta la similitud de sus características.

4.4.4. Ensayos de carga sobre placa

4.4.4.1. Tosco y arena de miga

Con objeto de determinar las características resistentes y de deformación del terreno, se han efectuado ensayos de carga sobre placa de 0,30 × 0,30 m en diversos puntos de Madrid.

a) Ensayos de deformabilidad

Una serie de ensayos se realizaron en las líneas de Metro IV, VI y VII. Para ello se sacaron en algunos de los pozos unos ramales de galería coincidiendo aproximadamente con el nivel de hastiales previsto para los túneles. Se hacía un ensayo horizontal, situando una placa en cada extremo y tomando las medidas de deformación en ambas simultáneamente. Después se efectuaba un ensayo vertical con una placa solamente en la base. Los ensayos horizontales han arrojado, en general, valores superiores a los verticales, como se deduce de la observación de la Tabla IV; pueden haber influido en ello diversos factores, tales como el estado de tensiones en una galería, la anisotropia, el grado de alteración, etc.

En AZCA se efectuaron también una serie de ensayos en tosco y arena de miga, cuyos resultados se resumen en las Tablas V y VI. Los pozos llegaban hasta unos 10 m de profundidad y sólo se pudo restar en parte la deformabilidad de la columna metálica de carga para calcular las deformaciones reales que se medían en cabeza; por ello, en todo caso, los valores obtenidos para E pueden ser inferiores a los verdaderos.

De la observación del conjunto de estos datos se deduce que el módulo de deformación E oscila generalmente entre 400 y 1.500 daN/cm^2 (1 daN/cm^2 ≃ 1 kgf/cm^2).

Se ha efectuado posteriormente una selección y recopilación de ensayos de carga sobre placa de 0,30 × 0,30 m, realizados por diversas entidades. Los resultados se recogen en la Tabla VII junto con la información disponible sobre los mismos. Como se indica en las notas que van al pie, en general no se conocen los detalles sobre la posición del nivel de agua y condiciones de saturación, salvo en los casos específicos que se comentan.

De su observación se deduce que las cifras antes citadas son adecuadas. En efecto, no es corriente que E sea inferior a 400 daN/cm^2, aunque en algunos casos así haya sucedido. Por otra parte, el valor máximo es del orden de 1.500 daN/cm^2, aunque en un caso se hayan incluso superado los 2.000 daN/cm^2. El rango de valores más frecuente se sitúa por tanto entre 500 y 1.000 daN/cm^2.

b) Ensayos de rotura

Tanto en las líneas del Metro citadas, como en AZCA, se han realizado varios ensayos de carga hasta rotura. Sin embargo, ha sido en AZCA donde se han efectuado mayor número

TABLA IV

Ensayos de carga efectuados para el Metro en tosco y arena de miga (Líneas IV, VI y VII) (ESCARIO, 1970)

Pozo	Profund. galeria (m)	Tipo de ensayo	Descripción del suelo	K daN/cm³	E daN/cm²	Carga de rotura daN/cm²	Compresión simple daN/cm²	Limites de Atterberg w_L	IP	% pasa ø 200
IV-4	15,50	H	Arcilla limo arenosa marrón (Tosco).....	90 34	1.917 722	>15 >15	9,40	34,4	16	54,0
IV-4	15,50	V	Arena arcillosa marrón	15	332	>10	—	—	—	—
IV-6	20,00	H	Arena algo arcillosa marrón.	92 74	1.970 1.576	> 9 > 9	— —	N.P. N.P.	N.P. N.P.	5,0 5,0
VI-30	28	H	Arcilla limo arenosa marrón (Tosco).....	51 53	1.078 1.122	18,3 18,3	9,25	38,4	18,1	—
VI-30	28	V	Arcilla limo arenosa marrón (Tosco).....	18	383	22,5	9,25	38,4	18,1	—
VI-34	8,60	H	Arcilla limo arenosa marrón (Tosco).....	61 41	1.363 879	>23 >23	3,00	33,5	16,2	44,2
VI-34	8.60	V	Arcilla limo arenosa marrón (Tosco).....	47	1.014	>23	3,00	33,5	16,2	44,2
VII-7	17,00	H	Arena algo arcillosa	74,0 68,6	1.576 1.461	>20 >20	—	N.P.	N.P.	7 7
VII-7	17,00	V	Arena.....	72,4	1.542	>15	—	N.P.	N.P.	—
VII-13	28,00	H	Arcilla limo arenosa marrón	114,0 53,7	2.428 1.144	>16 >16	—	23,5	2,4	7 27

NOTA: Todos estos ensayos se han efectuado con la capa freática lo suficientemente baja para suponer que no afectaba a los resultados.

V significa ensayo realizado con la dirección de la carga vertical.

H significa ensayo realizado con la dirección de la carga horizontal.

de ellos en las capas superficiales del tosco (cotas 675 a 680). Los resultados se incluyen también en las Tablas V y VI.

Al mismo tiempo, se tomaban muestras inalteradas en bloque para efectuar ensayos de compresión simple y comparar las cargas reales obtenidas con la placa, con las de rotura derivadas de los ensayos de laboratorio, mediante la expresión:

$$p = 3{,}1\ q$$

siendo p la presión unitaria de rotura y q la resistencia a compresión simple.

En el gráfico de la Fig. 40 pueden verse los resultados obtenidos mediante esta comparación para el tosco. Como se observa, para valores de la resistencia a compresión simple reducidos la predicción resulta aceptable. Para toscos más duros, en cambio, las cargas de rotura reales pueden ser inferiores a las previstas, con una tendencia a aumentar la discrepancia con la dureza. Estas diferencias no son sorprendentes, dada la discutible aplicabilidad de la expresión utilizada a materiales de esta naturaleza y el hecho de que las probetas para el ensayo de compresión simple se suelen preparar normalmente con la parte

TABLA V

Resultados de los ensayos de carga en el tosco en AZCA (ESCARIO, 1970)

Pozo n.º	Profundidad en m	COMPRESION SIMPLE							PLACA DE CARGA				LIMITES		
		Sentido		Humedad %	Densidad seca gr/cm³	Resistenc. daN/cm²	Rotura teórica daN/cm²	Módulo E daN/cm²	K daN/cm³	Módulo E daN/cm²	ESCALON Rotura daN/cm²	ESCALON Anterior daN/cm²	w_L	IP	% pasa ø 200
1	7,80	VERT.	V			4,50		116					28,2	6,0	33,5
			V	18,5	1,78	5,53		267					37,1	16,3	71,1
			V										41,5	20,7	
		HORIZ.	H			4,47		259					38,0	17,0	65,3
			H	16,7	1,79	4,06	14,40	184	33,70	730	16,70	15,20			
			V	19,2	1,73	3,86		250							
		INCLIN.	I			2,85		154					31,4	12,4	24,6
			I	17,0	1,79	3,01		163							
			V	15,3	1,75	1,21		72							
	8,80	VERT.	V	16,3	1,79	14,70		590					37,7	17,6	73,7
			V			14,00		724							
		HORIZ.	H			14,30		800					38,6	18,8	72,6
			H	15,1	1,89	16,10	47,00	718	30,10	652	16,00	13,80			
			V	15,2	1,86	17,50		596							
		INCLIN.	I	15,5	1,83	13,63		375					37,8	17,8	71,5
			I			12,78		656							
			V	13,7	1,92	14,40		537							
	10,30	VERT.	V			7,81		510					29,8	11,0	51,5
			V	14,3	1,87	6,27		342					32,0	15,1	
		HORIZ.	H			8,53		202					30,6	12,2	54,6
			H	15,3	1,83	7,50	22,60	393	75,70	1.635	>23,00				
			V	15,1	1,85	7,86		483							
		INCLIN.	I			10,42		554					30,8	13,1	53,3
			I	15,2	1.85	7,89		330							
			V	14,0	1,86	7,23		235							
2	10,80	VERT.	V	17,8	1,76	3,73	13,7	130	28,60	620	14,50	12,70	36,5	17,2	70,0
			V	18,3	1,79	5,10		164					40,5	19,6	
	11,60	HORIZ.	H	17,3	1,79	3,99		241					33,9	16,1	62,8
			H	17,9	1,73	4,25		253					35,0	15,9	
		INCLIN.	I	19,8	1,76	4,12	12,8	303	25,60	555	15,40	14,50			
			I	17,2	1,80	4,56		262							
4	9,75	VERT.	V	16,3	1,80	8.72		404					33,4	15,5	59,3
			V			8,45		298					39,4	20,6	
		HORIZ.	H	17,5	1,83	9,14		582					35,3	15,8	67,8
			H			10,85	21,2	433	39,25	850	11,10	9,12			
			V	16,1	1,83	4,37		351							
		INCLIN.	I	15,4	1,85	7,80		226					29,8	9,8	52,2
			I			5,66		292							
			V	15,2	1,82	5,83		302							
	10,75	VERT.	V			14,43		810					41,2	19,3	82,8
			V	17,9	1,80	13,92		550					40,2	19,7	
		HORIZ.	H			13,00		566					42,8	81,7	88,9
			H	20,6	1,75	15,00	41,40	616	34,20	740	>24,20				
			V	18,2	1,82	12,85		660							
		INCLIN.	I	18,2	1,79	12,10		700					37,9	17,3	82,9
			I			10,61		610							
			V	17,8	1,79	11,80		758							

OBSERVACIONES: Las cargas de «Rotura teórica» se han obtenido a partir de la media aritmética de todas las probetas verticales correspondientes al nivel de que se trata. Junto a las muestras talladas en horizontal (H) e inclinadas (I) se ha roto siempre una vertical (V) que ha servido de control de comparación con el resto de las verticales.

TABLA VI

Resultados de los ensayos de carga en arenas de miga en AZCA (ESCARIO, 1970)

Pozo número	Profundidad en metros	PLACA DE CARGA				LIMITES		
		Módulo de reacción K daN/cm³	Módulo E daN/cm²	ESCALON				
				Rotura daN/cm²	Anterior daN/cm²	w_L	IP	% pasa # 200
1	6,55	27,90	605	>18,90		36,4	20,3	23,6
2	8,80	32,80	710	23,40	22,60	40,2	22,8	20,3
	9,80	36,50	790	18,30	17,30	35,0	11,5	9,6
3	9,00	37,60	815	27,00	26,00	37,5	19,2	24,8
	10,00	32,00	693	>27,00		35,0	14,7	21,6
4	8,00	28,70	620	19,65	18,30	37,0	15,3	6,8

TABLA VII

Ensayos de carga en arena de miga y tosco

LOCALIZACION		IDENTIFICACION					Módulo E* (daN/cm²)
Lugar	Cot. aprx.*	Descripción	Pasa # 200	w_L	IP	w (%)	
6.º Depósito Canal de Isabel II-Portazgo	674	Arena	—	—	—	—	1.294
»	»	Arcilla	—	—	—	—	521
»	»	Arcilla arenosa con peq. capas de arena	—	—	—	—	920
»	»	Arena	—	—	—	—	836
»	»	Arena	—	—	—	—	1.094
»	»	Arena	—	—	—	—	1.023
5.º Depósito Canal de Isabel II-Hortaleza	719	Arena de miga	6	NP	NP	—	428*
»	»	»	10	NP	NP	—	348*
»	»	»	8	NP	NP	—	474*
4.º Depósito Canal de Isabel II-Pl. Castilla	720	Arena de miga	7,5	NP	NP	4,7	462*-849
Investigación para la Educación. C. Universitaria	630	—	—	—	—	—	811
»	»	—	—	—	—	—	1.243
»	»	—	—	—	—	—	965
Pol. Sta. Maria. Hortaleza	705	—	—	—	—	—	900
Estación de Chamartín. Edificio Social	720	—	—	—	—	—	2.138
Gra. Mola, 104	695	Arena de miga	16	—	—	8,3	1.320
»	»	Tosco arenoso	45	—	—	13,5	599
Calle Arapiles	675	Arena de miga	7	—	—	6,0	1.435
»	»	»	5,5	—	—	6,5	1.168
MOPU. A. Bethencourt	678	Arena de miga	—	—	—	—	629
»	»	»	—	—	—	—	500-990
»	»	»	—	—	—	—	577-1.306
Edificio Torres Blancas. Calle Corazón de M.ª	695	Arena arcillosa	—	—	—	8,5	1.329
»	»	»	—	—	—	6,7	1.571
»	»	»	—	—	—	8,9	1.491
E.T.S. Ing. Industriales. P.º Castellana	680	Arena de miga	—	—	—	—	680-1.462
Aparcamiento Municipal. Calle José Cadalso	680	—	—	—	—	—	604-1.506
»	»	—	—	—	—	—	1.400-2.406
»	»	—	—	—	—	—	447*-1.257
»	»	—	—	—	—	—	297*-613
Carabanchel. C. la Isabela	665	—	50	32,2	10,3	—	611
»	»	—	75	38,3	14,7	—	360-1.880
C/. Telémaco, 5	705	Arena miga y tosco	—	—	—	—	733-1.400
C/. Juan Bravo, 34	675	—	—	—	—	—	635

* NOTAS: 1) Las cotas de los depósitos de agua del Canal de Isabel II son prácticamente exactas. Las restantes están tomadas, con la mejor aproximación posible, de las Hojas escala 1/25.000 del Servicio Cartográfico del Ejército, con curvas de nivel cada 10 m y solo parcialmente dibujadas en zona edificada.

2) Cuando se dan dos valores para E. corresponden al primer y segundo ciclo de carga respectivamente.

3) No se dispone en general de detalles respecto a la posición del nivel freático. Los ensayos en el 5.º Depósito se situaron con el terreno inundado desde el día anterior. Los del 4.º Depósito, debajo de la solera de un depósito existente anteriormente. Los del Aparcamento Municipal en la calle Cadalso, bajo un antiguo cauce con la arena saturada en los últimos ensayos.

4) 1 daN/cm² ≃ 1 kgf/cm².

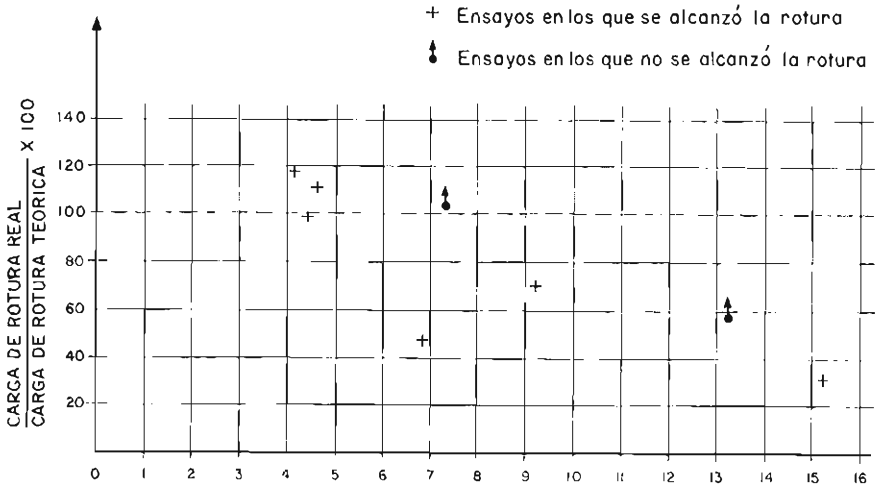


Fig. 40.—Comparación de cargas de rotura reales y previstas por el ensayo de compresión simple en el tosco en AZCA (placa de 0,30 × 0,30 m) (ESCARIO, 1970).

más sana de las muestras. En todo caso, el número de ensayos de que se dispone es muy reducido y las conclusiones no pueden, por tanto, generalizarse.

4.4 4.2. Peñuelas

a) Ensayos de deformabilidad

No se dispone de muchos ensayos de carga en peñuela. En la Línea VI del Metro se efectuaron una serie de ellos, cuyos resultados se recogen en la Tabla VIII. Como se ve, los módulos de deformación E en placa de 0,30 × 0,30 han oscilado, en general, entre 4.500 y 9.000 daN/cm^2, aunque un valor ha subido hasta 14.000 daN/cm^2.

En la nueva recopilación de datos que se ha efectuado, se han podido recoger muy pocos más, y no complementan sustancialmente los resultados citados.

Se comprende que, dada la gran diversidad de peñuelas existentes, el rango de variación sea muy amplio. Hay casos en que puede, en efecto, ser prácticamente una roca, por ejemplo, cuando está muy carbonatada. Hay otros, sin embargo, en que puede estar muy blanda, aunque no se tratará ya de peñuela típica.

Un caso concreto es el de la capa de arcilla gris negruzca, que, según se ha dicho, se encuentra encima de los yesos, en la zona del cruce del río con la Línea VI. Se ha efectuado un ensayo en un pozo, cuyos resultados figuran en la Tabla VIII, y ha dado valores de E del orden de 300 daN/cm^2; es decir, que se trata de un material sumamente deformable en comparación con el resto de la peñuela y es incluso posible que algo más abajo sea aún más blando.

Otro caso que merece citarse es el de una serie de ensayos efectuados en Mercamadrid con placa de 0,30 × 0,30, en la cota 610 aproximadamente. La explanación se encuentra a esa cota cerca de las formaciones yesíferas, sobre peñuelas flojas pero no blandas. En varias zonas se vio que los ensayos de penetración dinámica efectuados daban valores bastante bajos. Los ensayos de carga arrojaron módulos de deformación también reducidos, oscilando entre 300 y 500 daN/cm^2.

b) Ensayos de rotura

Solamente se dispone de dos ensayos de carga en los que se haya llegado a rotura y con los que se hayan efectuado ensayos de compresión simple. En ambos casos la carga de rotura real

TABLA VIII

Ensayos de carga efectuados en la Línea VI del Metro en peñuelas

(ESCARIO, 1970)

Pozo	Profund. galería (m)	Tipo de ensayo	Descripción del suelo	K daN/cm³	E daN/cm²	Carga de rotura daN/cm²	Compresión simple daN/cm²	Límites w_L	Límites IP	% pasa ø 200
VI-2	11,00	H	Arcilla amarillenta bentonítica	210	4.473	>16	19,42	78,0	30,4	99,5
				210	4.473	>16				
VI-2	11,00	V	Arcilla amarillenta bentonítica	63	1.359	>16	19,42	78,0	30,4	99,5
VI-4	9,80	H	Arcilla verdosa amarillenta	438	9.329	>54	26,45	62,9	25,2	—
				245	5.218	>54				
VI-4	9,80	V	Arcilla verdosa amarillenta	392	8.249	63,5	26,45	62,9	25,2	—
VI-6	39,00	H	Arcilla verdosa	675	14.377	>10	29,30	76,2	42,0	99,2
				295	6.283	>18	—	—	—	—
VI-14	18	H	Arcilla verdosa	—	—	25	21,34	74,6	42,5	—
				—	—	25	—	—	—	—
VI-14	18	V	Arcilla verdosa negruzca	17	368	9,5	9,70	64,8	36,2	—
				13	283	10				

NOTA: V significa ensayo realizado con la dirección de la carga vertical; H significa ensayo realizado con la dirección de la carga horizontal.

resultó inferior a la prevista, como se ve en la Tabla IX.

Se observa, por tanto, que lo mismo en el tosco que en la peñuela, en conjunto, las cargas de rotura reales son inferiores a las previstas por el ensayo de compresión simple o a lo sumo iguales. Este hecho ya había sido observado por otros con arcillas relativamente duras de diversa naturaleza. Una de las causas, como se ha indicado anteriormente, es que las probetas se tienden a tallar generalmente escogiendo las partes sanas de la muestra, mientras que los ensayos de placa incluyen también las zonas débiles del terreno. En la peñuela, además, la presencia de lisos puede conducir a diferencias importantes, como ocurre con rocas diaclasadas.

4.5. DEFORMABILIDAD DEL TOSCO A ESCALA NATURAL

En el solar de AZCA se ha construido el edificio Windsor de 34 plantas, 5 de ellas de sótano. La cimentación está constituida por una losa de hormigón armado de 2,0 m de espesor, apoyada sobre una capa de hormigón pobre de

TABLA IX

Comparación de los valores reales y previstos de la carga de rotura en placa en la «peñuela» de Madrid (ESCARIO, 1970)

Pozo	Sentido de la carga	Carga prevista daN/cm²	Carga real daN/cm²
VI-4	Vertical	82	63
VI-14	Horizontal	65	25

1,3 m. Las dimensiones de ambas son de 21,7 × 44,0 metros. El edificio tiene un núcleo central que incrementa la rigidez total de la cimentación.

El suelo está constituido, en toda la profundidad de influencia de la losa, por tosco con algunas capas intercaladas de arena de miga, como es corriente en este tipo de formación.

Desde el comienzo de la construcción del edificio hasta la terminación de la estructura, se fueron midiendo por el Laboratorio de Carreteras y Geotecnia «José Luis Escario» los asientos mediante nivelaciones de alta precisión; al mismo tiempo se calculaban las cargas. En la Fig. 41 se ha dibujado la curva carga-asientos (ESCARIO, 1978). Como puede verse, hay una primera zona con algunas irregularidades, cuya interpretación se recoge en la referencia mencionada. A partir de una presión de 1,4 daN/cm^2 la curva es aproximadamente una línea recta.

El coeficiente de Poisson, ν, se ha determinado independientemente mediante ensayos geofísicos dinámicos en tosco y arena de miga de Madrid (Plaza de Castilla) (ESCARIO y CUELLAR, 1978) y, en el estado actual de conocimientos, parece indicado tomarlo igual a 0,35. Partiendo de este valor y haciendo algunas correcciones de contorno, resulta un valor de E medio de 6.000 daN/cm^2. Este valor, evidentemente, es sólo aplicable a cimentaciones con aproximadamente las dimensiones citadas y en condiciones análogas, ya que las zapatas pequeñas afectan sólo a las capas superficiales.

La hipótesis de suelo homogéneo e isótropo en profundidad es demasiado simplista. Para llegar a una interpretación más general del ensayo, se hace a continuación la hipótesis de que el módulo de deformación E aumenta linealmente con la profundidad. Para ello es preciso partir del valor de E en la superficie, que puede variar de unas zonas a otras. Para un valor de E de 1.000 daN/cm^2 la ley correspondiente de incremento con la profundidad se ha determinado utilizando la aproximación de Brown y Gibson (1973) para ν = 0,35. Los resultados son (ESCARIO, 1981):

$$E = 1.000 + 400\ z$$

(para E en daN/cm^2 y la profundidad z en m).

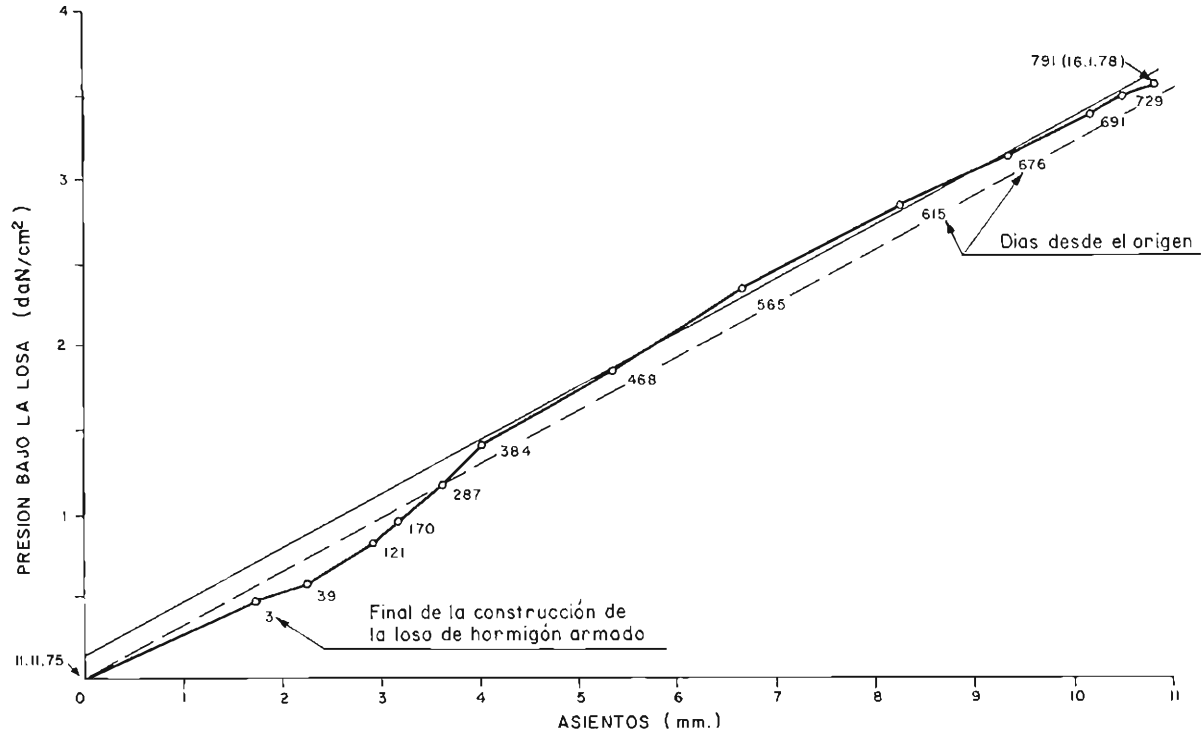


Fig. 41.—Relación cargas-asientos de la losa de cimentación del edificio Windsor en AZCA (ESCARIO, 1978).

Los módulos en superficie pueden ser diferentes al indicado, como se vio en el epígrafe 4.4.4.1. Por otra parte, la variación de E con la profundidad puede no ser lineal, sino, por ejemplo, mantenerse constante en los primeros metros de zona decomprimida, para aumentar posteriormente. Unos ensayos in situ efectuados con el dilatómetro Mazier por el Laboratorio de Carreteras y Geotecnica «José Luis Escario» en el solar de AZCA parecen confirmar la tendencia genérica a aumentar el valor de E con la profundidad. Sin embargo, estan aún pendientes de comprobación por una serie más detallada. Estos resultados deben de tomarse, por lo tanto, solamente como una orientación hasta tanto se disponga de nuevas medidas que permitan llegar a conclusiones más generales.

4.6. CARACTERISTICAS EXPANSIVAS

En los terrenos de Madrid y sus alrededores existen niveles donde pueden encontrarse materiales expansivos e, incluso, donde este fenómeno puede ser determinante para la definición de las cimentaciones. A veces se ha observado que no es la expansión propiamente dicha, sino la desecación la que ha provocado daños en las edificaciones.

Las características expansivas de un suelo pueden expresarse de muy diversas maneras. Aquí se van a considerar solamente los resultados obtenidos directamente, mediante ensayos de presión de hinchamiento e hinchamiento libre.

Lo que se ha denominado tosco típico, que es una arcilla limo-arenosa marrón, cuyo límite líquido es inferior a 40, no suele ser expansivo; se citan, sin embargo, algunos casos en que los ensayos han registrado expansividad, lo que pudiera suceder especialmente hacia el centro de la cuenca, en que la naturaleza de la fracción fina cabe que sea más activa. Así mismo, ya se ha indicado que existen niveles activos intercalados en el tosco que pueden ser muy plásticos y expansivos, y de hecho así ha podido comprobarse por lo problemas a que han dado lugar en diversas obras, como en el emplazamiento del 6.º Depósito del Canal de Isabel II en Portazgo (JIMENEZ SALAS, 1959) y en la zona de Vicálvaro (TAPIA y FDEZ. MOYA, 1984).

Al pasar a la que se ha denominado zona de transición tosco-peñuela, los resultados son muy variables, por las mismas características que la definen. Es corriente encontrar presiones de 2 ó 3 daN/cm^2, que en algún caso han llegado a los 6 daN/cm^2. Cabe suponer que se encuentren cifras bastante mayores en las capas bentoníticas que con frecuencia se atraviesan. Procede señalar aquí, que las sepiolitas puras no son expansivas; sin embargo, con frecuencia van asociadas o impurificadas por bentonitas, por lo que pudieran dar lugar a fenómenos de esta naturaleza.

Fenómenos muy acusados en estos niveles se han registrado al construir nuevas urbanizaciones sobre zonas sometidas al calentamiento de hornos de ladrillo demolidos, como en el barrio de Santa Ana (ESCARIO, 1964).

Una de las formaciones típicas desde el punto de vista de la expansividad y retracción es la de las peñuelas. Un detenido estudio sobre el tema fue realizado en el Poblado Dirigido de Orcasitas por el Laboratorio de Carreteras y Geotecnica «José Luis Escario» (RODRIGUEZ ORTIZ, 1974). La actividad de las arcillas, definida por la relación:

$$a = \frac{IP}{\text{Fracción} < 2\mu}$$

oscila entre 0,5 y 1,5 y el cambio potencial de volumen, según el ensayo Lambe, entre marginal y crítico, con hinchamientos libres que podrían superar el 7% y presiones de hinchamiento que en algunos casos llegaban a 4 daN/cm^2. Según parece, la mayoría de los daños de esta naturaleza observados obedecían a fenómenos de retracción.

Para las obras de las nuevas líneas de Metro se han efectuado numerosos ensayos de hinchamiento. Los resultados obtenidos han sido muy variables, ya que muchas de las muestras han conducido a valores despreciables, mientras que

en otras se ha llegado a alcanzar cifras de 30 daN/cm^2 para la presión de hinchamiento e hinchamientos libres del 24%. Hay que señalar, sin embargo, que valores tan altos se producen solo excepcionalmente, y es difícil tener la seguridad de que las correspondientes muestras no sufrieran alguna desecación. Con una cierta frecuencia en cambio se encontraron valores de la presión de 4 a 6 daN/cm^2.

En ocasiones se ha observado que una muestra inalterada apenas hinchaba, mientras que la correspondiente remoldeada resultaba altamente expansiva. Hay que atribuir este hecho a la presencia de enlaces diagenéticos que pueden inhibir la expansión en el suelo intacto, mientras que desaparecen al remoldearlo.

5. AGUAS SUBTERRANEAS

A continuación se hace una división y descripción de acuíferos que se ha considerado conveniente a los efectos prácticos del tema de este trabajo, que es puramente geotécnico.

5.1. EL GRAN ACUIFERO DEL TERCIARIO DETRITICO

Existe un importante acuífero que se alberga en la extensa y profunda masa de los depósitos detríticos terciarios, alimentado en el macizo serrano y los terrenos permeables que lo rodean, que en cierto modo queda «represado» por los niveles más impermeables, arcillosos y evaporíticos, en que van derivando por cambio lateral de facies hacia el centro de la cuenca. Este acuífero es muy explotado actualmente en la parte Noroeste de Madrid mediante pozos, en general de más de 50 metros de profundidad, que alumbran aguas con frecuencia artesianas. A pesar de su importancia como fuente de alimentación de agua, no la tiene normalmente de manera directa desde el punto de vista geotécnico, dada su profundidad, y prescindiremos por ello de entrar en detalles sobre el mismo, salvo en sus niveles superiores a los que expresamente se hace referencia a continuación.

5.2. ACUIFEROS EN LOS NIVELES SUPERIORES DE ARENA DE MIGA Y TOSCO

Existen otros acuíferos, que realmente forman parte del general anteriormente citado, alojados por tanto también en depósitos terciarios, pero en sus niveles superiores. La distribución en forma de lentejones de algunas capas de arena, las intercalaciones de materiales impermeables entre otros permeables y la mayor entidad de los primeros hacia el centro de la cuenca, da origen a acuíferos confinados que, en ocasiones, hasta presentan cierta presión artesiana.

Naturalmente, en el contacto más alto entre

materiales permeables e impermeables (arena de miga y tosco) puede encontrarse un primer nivel de agua colgada.

Estos acuíferos han sido explotados para abastecimiento de aguas de Madrid desde tiempo inmemorial, mediante la perforación de galerías denominadas «viajes de agua», hasta que entra en servicio el Canal de Isabel II (1858).

La existencia de estas galerías, en muchos casos sin revestir y a profundidades relativamente reducidas, puede originar problemas para las cimentaciones y, en ocasiones, ha sido la causa de socavones con graves consecuencias (RODRIGUEZ ORTIZ, 1983, LLORCA Y MONTE, 1984). Con frecuencia se indica que la causa de un socavón ha sido la rotura de una conducción de agua. Sin excluir esta posibilidad, hay que tener en cuenta que esto pueda haber sido solamente la consecuencia que ha precipitado el fenómeno. En efecto, lo que normalmente ocurre es que, los arrastres que a veces se originan hacia uno de estos «viajes» o cualquier otra excavación subterránea que no esté bien protegida, producen deformaciones y subsidencias que tienden a provocar la rotura de las citadas conducciones.

La localización de los viajes de agua es pues de suma importancia. Se dispone para ello de datos en varios organismos de la ciudad, como el Ayuntamiento y el Canal de Isabel II y existen diversos trabajos de investigación y recopilación sobre el tema, entre los que se pueden citar: SALESIO DE LA PRESA, 1975; LLAMAS MADURGA, 1976; BUSTAMANTE y MARTINEZ ALFARO, 1983; SAENZ RIDRUEJO et al., 1984 y LLORCA Y MONTE, 1984.

Si bien estos niveles de agua ya no se utilizan como fuente de abastecimiento, más que de forma muy puntual, son muy importantes desde el punto de vista geotécnico, pudiendo afectar tanto a las obras de cimentación como a las subterráneas, habiendo creado en algunos puntos situaciones conflictivas durante la construcción de las líneas del Metro y colectores.

Dada la naturaleza de estos acuíferos, no es posible definirlos de manera precisa. Los diferentes niveles de agua existentes dentro de este conjunto son difíciles de correlacionar unos con otros; es incluso posible que se trate de bolsadas que en muchas ocasiones lleguen a secarse después de estar drenando durante un cierto tiempo.

Para definir debidamente los niveles piezométricos registrados en los sondeos que se efectúan en terrenos de esta naturaleza, debe de tenerse en cuenta que, si se montan los piezómetros en la forma clásica, con un tubo perforado rodeado de gravilla, se conectan diversas capas permeables e impermeables, que según su disposición y permeabilidades relativas, pueden conducir a falsas interpretaciones en la distribución de los niveles freáticos, si no se toman las precauciones oportunas.

En los pozos, las capas que manan agua se pueden observar directamente según avanza la perforación y, por consiguiente, los datos recogidos son de gran valor.

5.3. AGUAS SUBTERRANEAS EN EL CUATERNARIO

Como es lógico, tanto en los valles actuales de la red fluvial, como en las antiguas terrazas, existen niveles freáticos que pueden ser muy superficiales. Así, en el aluvial actual del río Manzanares se encuentra a profundidades de 1,5 a 3,0 m. En los puntos más elevados de las terrazas baja y media del mismo río están en cambio más profundos.

Como datos informativos puntuales, podemos citar que en el Cuaternario del Arroyo Abroñigal se han encontrado niveles freáticos a unos 3 m de profundidad media, en la Alameda de Osuna, a 4,5 m y en Vallecas de 4,5 a 10,5 m.

5.4. OTRAS AGUAS SUBTERRANEAS

La peñuela es muy impermeable en su masa, pero como se ha indicado en epígrafes anterio-

res, presenta con frecuencia los denominados lisos o planos de fractura. En principio estos lisos deben de estar muy cerrados y, por tanto, no dejan un fácil acceso al agua. Sin embargo, si el terreno se descomprime, pueden abrirse y producirse filtraciones a lo largo de los mismos.

Otro caso especial es el de los karst yesíferos. Evidentemente, todas las canalizaciones creadas por disolución son posibles vías de conducción de agua. La localización de estas vías de disolución puede ser difícil e incluso cambiar como consecuencia de las obras ejecutadas.

6. AGRESIVIDAD A LOS HORMIGONES

La presencia de sales de diversa naturaleza en las facias químicas de la cuenca, puede dar lugar a la captación de aguas salobres, que en algunos casos son incluso explotadas como aguas medicinales. Por ello, cuando se construyen obras de hormigón, hay que tener en cuenta que la agresividad de los terrenos de Madrid y su alfoz es un factor que exige especial atención por la presencia de agentes que, en diversas ocasiones, han dado lugar a problemas de importancia.

Existen datos sobre agresividad tomados en diversos puntos del área objeto de este estudio. Como es natural, sin embargo, es en la zona del casco urbano donde son más numerosos los análisis disponibles. Concretamente, los estudios efectuados en las Líneas IV, VI y VII y para AZCA forman un conjunto homogéneo que se considera suficientemente orientativo, por afectar a todas las formaciones geotécnicas básicas que se encuentran también en el alfoz y, por ello, se va a hacer especial referencia a los mismos.

La potencialidad agresiva puede calificarse por razón del contenido de materias que contengan los suelos en sí, o por los que se encuentren disueltas en las aguas freáticas. Por este motivo, se va a considerar la proporción de posibles agentes agresivos tanto en los unos como en las otras.

Haciendo referencia en primer lugar al contenido de los suelos, recorriendo la Línea VI (Cuatro Caminos-Pacífico-Oporto), que es en la que se atraviesa más variedad de ellos, se encuentra que en las arenas de miga y el tosco los contenidos de SO_4 son relativamente reducidos, oscilando en general entre 0,02% y el 0,04%, aunque eventualmente en algunos puntos pueden encontrarse cifras mayores.

Según se va avanzando hacia los sondeos en los que también se ha atravesado la peñuela, se observa que los contenidos en SO_4 van aumentando, alcanzándose con frecuencia proporciones del 0,04% y en general valores superiores, hasta cifras del orden del 0,20%. Naturalmente, al llegar en el Manzanares a los yesos pro-

piamente dichos, todo el material puede consistir en sulfatos.

De la consideración de estos resultados se deduce, por tanto; que la impregnación de sulfatos es inferior en el tosco y arena de miga que en la peñuela, como era de esperar.

Los análisis químicos de las aguas se han recopilado en las Tablas X, XI y XII. Examinan-

TABLA X

Ensayos químicos en aguas. Línea IV (ESCARIO, 1970)

Sondeo	Pozo	Profundidad	% SO_4^{-2}	pH	Mg^{+2} mg/l	Cl^{-1} mg/l	Ca^{+2} mg/l	NO_3^{-1} mg/l
	1	18,00*	0,0317	7,6				
	3A	22,00*	0,0246	7,6				
2A		40,00	0,0249	7,2	10,2	62,1	118,0	
	4	23,00	0,0487	8,3	42,0	75,9	253,0	
		24,00	0,0146	8,3	0,2	8,9	41,4	
4A		47,00	0,0314		0	38,6	128,0	117,5
6		22,00	0,0264		7,0	58,0	105,0	>0,5

NOTAS: 1) Las profundidades que se indican en los sondeos son las totales de la perforación.

2) En los pozos, las profundidades indican las capas acuíferas diferentes donde se tomaron las aguas. Cuando llevan un asterisco, quiere decir que el agua fue tomada cuando la excavación había alcanzado el nivel correspondiente; entonces, la muestra es mezcla de todas las que manan a niveles superiores al señalado.

TABLA XII

Ensayos químicos en aguas. Línea VII (ESCARIO, 1970)

Sondeo	Pozo	Profundidad	% SO_4^{-2}	pH	Mg^{+2} mg/l	Cl^{-1} mg/l	Ca^{+2} mg/l	NO_3^{-1} mg/l
	4	21,00*	0,0654	7,7	38,0			
5		35,00	0,0156	7,6	27,0	24,8	101,5	
6		37,00	0,0151	7,8	28,0	24,1	31,5	
	7	19,00	0,0208		24,0	99,0	75,1	60,0
		26,50	0,0206		28,0	94,1	78,5	71,5
	10	26,00	0,0786	7,9	60,0			
11		47,00	0,0579	7,7	312,0			
12		59,30	0,0579	7,7	32,0			
	13	29,00*	0,0444		32,0	147,0	216,0	42,5
14		50,00	0,0597	7,9	64,0			
	14M	24,50*	0,0532	8,1	60,0			
15		50,50	0,0822	8,8	220,0			
	16	22,00*	0,0952	11,2	0	40,0	141,4	157,5

NOTAS: 1) Las profundidades que se indican en los sondeos son las totales de la perforación.

2) En los pozos, las profundidades indican las capas acuíferas diferentes donde se tomaron las aguas. Cuando llevan un asterisco, quiere decir que el agua fue tomada cuando la excavación había alcanzado el nivel correspondiente; entonces, la muestra es mezcla de todas las que manan a niveles superiores al señalado.

TABLA XI

Ensayos químicos en aguas. Línea VI (ESCARIO, 1970)

Sondeo	Pozo	Profundidad	% SO_4^{-2}	pH	Mg^{+2} mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl^{-1} mg/l	Ca^{+2} mg/l	NO_3^{-1} mg/l
	2	9,50	0,0293							
		14,00	0,0128							
3		30,50	0,0346	7,7	204,0			86,2	53,2	
	4	11,00*	0,0396		256,0					
5		35,60	0,0322	8,1	134,0			74,5	248,0	
	6	12,00*	0,0036		104,0			135,0	41,7	10
9		29,85	0,0156		172,0					
10		30,50								
	12	5,80	0,0087	7,4	23,0					
		11,00	0,0100	7,3	26,0	9,0	5,0	4,8	49,6	1,4
13		10,00	0,193							
		31,00	0,192		240,0					
	14	13,00	0,0475	7,9	168,0	52,0	10,0			
	16	9,00	0,0593		226,0	72,0	29,0			
	19	6,00	0,0300		268,0					
21		35,00	0,0275							
	22	6,00	0,0780		256,0					
23		40,00	0,0335		52,0					
24		57,20	0,0262		32,0					
26		52,00	0,0662		88,0					
	27	17,00	0,0504							
		22,00	0,0636	7,9	64,0					
29		62,00	0,0457							
	30	31,00*	0,0384		8,6					
31		38,00	0,0300	8,2	28,0			35,2	175,0	
	31B	32,00*	0,0450	7,9	5,0					
32		30,00	0,0300	7,9	29,0			35,2	168,0	
	32A	27,00*	0,0486	7,5						
	34	14,00	0,0048		48,0	39,0	4,0			
	37	12,00	0,0216		0			21,8	2	75
	38A	13,00	0,0492	9,3	6,5	48,0	21,0			
	40A	34,00	0,0113	7,3	16,6	60,0	11,0			

NOTAS: 1) Las profundidades que se indican en los sondeos son las totales de la perforación.

2) En los pozos, las profundidades indican las capas acuíferas diferentes donde se tomaron las aguas. Cuando llevan un asterisco, quiere decir que el agua fue tomada cuando la excavación había alcanzado el nivel correspondiente; entonces, la muestra es mezcla de todas las que manan a niveles superiores al señalado.

do los datos de la Línea VI (Fig. 7), el contenido de SO_4 varía desde proporciones muy pequeñas hasta valores del 0,05% a lo largo de todo el tramo considerado. Esta cifra, sin embargo, es superada en varios puntos en la zona que va desde la Plaza de Roma o estación de O'Donnell hasta la Avda. de Oporto, alcanzando valores del orden del 0,06 al 0,08% e incluso el 0,20% en sondeos situados en la zona del río. El hecho de que en esta parte del Manzanares

no se hayan registrado en todos los sondeos y pozos valores muy altos, probablemente solo significa que predominan en el conjunto de la perforación las aguas del cauce, que no tienen por qué ser fuertemente salinas, disminuyendo la concentración media. Pero después de la construcción de una obra, puede haber zonas que queden expuestas al contacto directo con fuertes concentraciones salinas, hecho que habrá de tenerse en cuenta al decidir las precauciones a adoptar. Situaciones análogas son de prever en otras áreas.

En la Línea IV (tramo Diego de León-Alfonso XIII) también las concentraciones de SO_4 en las aguas han llegado hasta valores del orden del 0,05%, pero en ningún caso han sido sobrepasadas, debido probablemente a que los sondeos atravesaban terrenos relativamente altos.

En la Línea VII (tramo Avd. América-San Blas), en algunas zonas la proporción registrada de SO_4 no supera el 0,02%; pero en el resto, las concentraciones son elevadas, oscilando entre el 0,05% y el 0,10%.

Conviene advertir, en lo que se refiere al contenido de SO_4, que las proporciones pueden variar notablemente en distancias relativamente pequeñas. Se ha podido constatar este hecho en el solar de AZCA, donde en algunos puntos el contenido de SO_4 en las aguas era prácticamente nulo y en cambio había zonas donde sobrepasaba el 0,1%, a pesar de tratarse de sondeos en arena de miga y tosco. Pudieran influir en ello las capas intercaladas más plásticas y activas que se atraviesan, hipótesis que se maneja también más adelante para otros casos.

En cuanto al magnesio, cuya incidencia en los fenómenos de agresividad es bien conocida, se observa una variación de concentraciones al pasar de la zona del tosco a la peñuela en la Línea VI. En efecto, en el tosco y arena de miga el contenido de magnesio en el agua oscila, en general, entre ser prácticamente nulo y unas 30 partes por millón o menos, aunque en AZCA se han determinado contenidos próximos al 100 ppm. En cambio, en la zona de la peñuela se encuentran proporciones en casi todos los sondeos del orden de las 200 ó 250 ppm.

En la Línea IV el contenido de magnesio en el agua es pequeño, probablemente por desarrollarse en las zonas de tosco y arena de miga.

En la Línea VII el contenido de magnesio en el agua es en general relativamente reducido. Pero, en algunos puntos (sondeos S-11 y S-15, situados en la calle Virgen del Castañar y en la estación Avenidas), las proporciones son mayores (312 y 220 ppm). La razón pudiera estribar en que se trata de sondeos profundos que llegan hasta los niveles de la zona de transición. También pudiera haber influido la presencia del nivel activo intercalado en el tosco, de naturaleza análoga. Hay, sin embargo, otros pozos y sondeos de esta línea que también han atravesado materiales semejantes, sin que se hayan registrado proporciones similares de magnesio. Hay que recordar, por otra parte, que las aguas analizadas son las del conjunto del sondeo, lo que puede enmascarar la posible existencia de concentraciones mayores a determinados niveles.

A la vista de los resultados expuestos, se puede concluir que hay zonas en Madrid donde es preciso tomar las máximas precauciones respecto a la agresividad, mientras que en otras el terreno puede ser inofensivo.

Hacia el centro de la cuenca las condiciones pudieran ser más críticas, debido al predominio de las facias químicas, que pueden dar lugar a una mayor presencia de aniones y cationes de diversa naturaleza en las aguas.

En las áreas próximas a la sierra debe considerarse también la posibilidad de ataque a los hormigones por aguas muy puras, que pueden originar fenómenos de agresividad.

7. AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración de diversas instituciones oficiales y empresas privadas, que han puesto a disposición del mismo una valiosa información geotécnica. Han sido muchos los que han prestado una ayuda en forma directa, o indirectamente a través de sus escritos. A continuación se cita expresamente a los que de manera más acusada han servido de apoyo en su elaboración:

CIMENTACIONES ESPECIALES, S. A. (Proc. RODIO)

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS DEL MOPU

EAT

EUROCONSULT

GEOEXPERTS

GEOS

GEOTECNIA Y CIMIENTOS S. A.

GEOTEYCO

IBERINSA

INECO

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

INTEMAC

KRONSA

LABORATORIO DE CARRETERAS Y GEOTECNICA «JOSE LUIS ESCARIO» (CEDEX)

PILSON, S. A.

RENFE

SERVICIO GEOLOGICO DE OBRAS PUBLICAS

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGUILA, A. (1962). «Exploraciones recientes en el subsuelo yesífero de Madrid (capital)». I Coloquio Internacional sobre las Obras Públicas en los Terrenos Yesíferos. Madrid. Tema VI, Comunicacien C. 6-1, 4 págs.

ALIA MEDINA, M. (1979). «El entorno de Madrid: geología». Bol. de la Real Sociedad Geográfica, tomo 115, n.os 1-12, pp. 35-43.

BENAYAS, J.; PEREZ MATEOS, J. y RIBA, O. (1960). «Asociaciones de minerales detríticos de los sedimentos de la cuenca del Tajo». Anales de Edaf. y Agrob., tomo 19, pp. 635-670, C.S.I.C., Madrid.

BROWN, P. T. y GIBSON, R. E. (1973). «Rectangular loads on inhomogeneous elastic soil». Journal S.M., ASCE, vol. 99, S.M. 10, pp. 917-20.

BUSTAMANTE, I. y MARTINEZ ALFARO, P. E. (1983). «Los viajes del agua del abastecimiento antiguo de la Villa de Madrid. Algunas consideraciones hidrogeológicas». III Simposio Nacional de Hidrogeología. Madrid, pp. 419-432.

BUSTILLO REVUELTA, M.ª A. (1976). «Estudio petrológico de las rocas silíceas miocenas de la cuenca del Tajo». Estudios geol. 32, 451-497.

BUSTILLO REVUELTA, M.ª A. (1978). «Significado de las rocas silíceas de la sedimentación miocena de la cuenca del Tajo». Estudios geológ. 34, 129-132.

BUSTILLO REVUELTA, M.ª A. y MARTIN ESCORZA, C. (1984). «Estructuras primarias y de deformación en rocas opalinas del Mioceno medio (Toledo)». I. Congr. Esp. de Geología. Proc., tomo I, 159-171.

CABEZAS, J. V. y GILABERT, M. (1976). «Construcción de un túnel de 8,85 m de diámetro en margas yesíferas con un escudo de rueda excavadora». Simposio Nacional sobre Rocas Blandas. Madrid. Tomo 1.

CASIANO DEL PRADO (1864). «Descripción física y geológica de la provincia de Madrid». Colegio de Ingenieros de Caminos, Madrid 1975, 352 pp.

DE LA FUENTE, P. (1984). «Estudio de la deformabilidad de los suelos arcillosos de Madrid». Tesis Doctoral dirigida por Carlos Oteo, presentada en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS Y

CAMINOS VECINALES (1971). «Autopista Madrid-Burgos, tramo: Torrelaguna-Prádena». Estudio Previo de Terrenos, M.O.P., 88 págs.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES (1971). «Autopista Madrid-Zaragoza, tramo: Madrid-Guadalajara». Estudio Previo de Terrenos, M.O.P., 62 págs.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES (1971). «Autopista Madrid-Córdoba, tramo Getafe-Toledo». Estudio Previo de Terrenos, M.O.P., 78 págs.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES (1971). «Autopista Madrid-Valencia, tramo: Arganda-Villarejo de Fuentes». Estudio Previo de Terrenos, M.O.P., 88 págs.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS. 1.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS. DIVISION DE MATERIALES (1974): «Red Arterial de Madrid. Cuarto Cinturón. Tramo A-3-CN IV y Enlace A.3». Plantas litológicas con situación de sondeos, ensayos de penetración y obras de fábrica.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS. 1.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS. DIVISION DE MATERIALES. «4.º Cinturón. Enlace del Manzanares-Enlace de Boadilla». Plantas litológicas generales y esquema de distribución estratigráfica del substrato.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS. SERVICIO DE MATERIALES DE LA 1.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS, MOPU (1976). «A-5. Autopista Madrid-Lisboa, tramo Madrid-Límite». Planta litológica general, perfiles y ensayos de penetración.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS. SERVICIO DE MATERIALES DE LA 1.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS, MOPU (1977). «4.º Cinturón. Enlace Boadilla-Enlace La Zarzuela». Plantas litológicas generales y perfiles geotécnicos.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS. 1.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS. DIVISION DE MATERIALES (1978). «Carretera C-602 de circunvalación a Madrid. Tramo: Valleca-Villaverde. Variantes entre los p.k. 2,050 al 3,120 y 4,900 a 5,400». Planos de situación, plantas litológicas y perfiles geotécnicos.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS. 1.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS. DIVISION DE MATERIALES (1980). «Enlace Sur. Carretera M-30-3.er cinturón de Madrid». Plantas con situación de sondeos y ensayos de penetración y perfiles geológicos.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS. SERVICIO DE MATERIALES DE LA 1.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS, MOPU (1980). «Enlace Puerta de Hierro. Ampliación O.F.-N.º 7 (Puente sobre el Manzanares)». Planta, perfiles geológicos y ensayos de penetración dinámica.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS. DIVISION DE MATERIALES DEL C.E.A.T., MOPU (1981). «Acceso a Madrid de la CN-I. Enlace Manoteras-Alcobendas». Plantas litológicas.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS. DIVISION DE MATERIALES DEL C.E.A.T., MOPU (1981). «CN-IV. Madrid-Cádiz, p.k. 6 a 15 Nudo Sur-Cerro de Los Angeles». Planta litológica general y perfiles geológicos.

DURAN VALSERO, J. J. y VAL MELUS, J. (1984). «El Karst yesífero en España: Condicionantes geológicos y problemática territorial, ambiental y geotécnica». I. Congr. Esp. de Geología, Proc., tomo I, 623-634.

ESCARIO, V. (1964). «Investigación sobre las causas de los desperfectos observados en el barrio de Santa Ana y posibles soluciones», 30 págs., 4 apéndices.

ESCARIO, V. (1967). «Estudio geotécnico preliminar sobre la cimentación de los pasos a distinto nivel de la Glorieta de Carlos V». 12 págs., 4 anejos.

ESCARIO, V. (1969). «Informe sobre las minas de sepiolita y bentonita denominadas Castellana e Isidra en la provincia de Madrid», 13 págs., 2 anejos.

ESCARIO, V. (1970). «Los Suelos de Madrid». Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo. Publicación n.º 25, 24 págs., y planos. Conferencia pronunciada en 1969 en I Jornadas Técnicas Nacionales de Cimentaciones. Madrid.

ESCARIO, V. (1978). Los suelos de Madrid y la deformabilidad del «tosco» determinada por los asentamientos de un edificio de gran altura. Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería. III Congreso Internacional. Sección III. Vol. 2, págs. 251-259. Madrid.

ESCARIO, V. y CUELLAR, V. (1978). «Estación de bombeo de Plaza de Castilla». Laboratorio del

Transporte y Mecánica del Suelo «José Luis Escario».

ESCARIO, V. y ESTRUCTURAS Y GEOTECNICA, S. A. (1967). «Informe geotécnico sobre la zona comercial de la Avda. del Generalísimo». 101 págs. y 11 anejos.

ESCARIO, V. y RODRIGUEZ ORTIZ, J. M. (1980). «Informe sobre las pruebas efectuadas para estudiar la viabilidad de una solución a base de inyecciones para el refuerzo de la cimentación en Pabellón de Pescados de Mercamadrid». 42 págs. y anejos.

ESCARIO, V. y RODRIGUEZ ORTIZ, J. M. (1982). «Informe sobre las obras de refuerzo de la cimentación ejecutadas en el Mercado de Pescados de Mercamadrid». Memoria de 52 páginas y 7 anejos.

ESCARIO, V., RODRIGUEZ ORTIZ, J. M. y MUZAS, F. (1983). «Improving defective foundations in gypgeous ground by cement-bentonite grouting». VIII European Conference Soil Mechanics and Foundations. Helsinki. Traducido en Revista Obras Públicas, 1985.

ESCARIO, V, y SALINAS, J. L. (1984). «Introducción del concepto de cambio lateral de facias en la definición de la estructura geotécnica de Madrid». Simposio sobre Geotecnología del Subsuelo de Madrid. También publicado en Boletín de Información del Laboratorio de Carreteras y Geotecnia, n.° 168, y de la Sociedad Española de M.S. y C. n.° 74, marzo-abril 1985.

ESCARIO, V., GARCIA GONZALEZ, J. M., MOYA, J. F., OTEO, C. S. y SAGASETA, C. (1981). «Geotechnical problems during the construction of the Madrid subway extension». Volumen de «Case Histories» anejo a la IX Conferencia Internacional de Mecánica de Suelos y Cimentaciones de Tokio, 1977. Traducido Rev. Obras Públicas, enero-febrero 1981. Madrid.

FERNANDEZ RENAU, L. (1965). «Centro Sindical de Formación Profesional Acelerada de Barajas (Madrid)». Arquitectura-Arte-Técnica, n.° 80.

GALVAN GARCIA, J. (1959). Minerales Estepanos. Tesis Doctoral. Universidad de Madrid. 249 págs.

GARCIA DEL CURA, A., ORDOÑEZ, S. y LOPEZ-AGUAYO, F. (1979). «Estudio petrológico de la «Unidad Salina» de la Cuenca del Tajo». Estudios geol. 35, pp. 325-339.

GARCIA GONZALEZ, J. M.; ESCARIO, V.; FERNANDEZ MOYA, J.; OTEO, C.; SAGASETA, C. (1984): «La ampliación del Metro de Madrid y sus problemas geotécnicos». Congreso Latinoamericano de Obras Subterráneas. Caracas.

GARCIA YAGÜE, A. (1973). «La geología de Madrid». Revista de Obras Públicas, pp. 1043-1055.

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe Geotécnico sobre el tramo Cuatro Caminos-República Argentina (Línea VI)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe Geotécnico sobre el tramo Alfonso XII-Arturo Soria (Línea IV)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe Geotécnico sobre la estación Plaza de Roma (Drenaje)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe Geotécnico sobre la consolidación (Línea VI)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe Geotécnico sobre Obras de Infraestructura».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe Geotécnico sobre la Intersección Francisco Silvela-General Mola (Línea VI)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe Geotécnico sobre la Línea VI, Posibilidades de Inyección y Revestimiento Prefabricado».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe Geotécnico sobre el tramo República Argentina-P.° de la Castellana. (Línea VI)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Consideraciones sobre el terreno afectado por las construcciones en República Argentina-Generalísimo».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «República Argentina-Sondeos».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe sobre la línea Fuencarral-Plaza de Castilla. (Línea 8, bajo tubería CY II)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe sobre el Suburbano Españoleto-San Bernardo».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe sobre el tramo Cuatro Caminos-Ciudad Universitaria (Línea VI)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe sobre el tramo La Laguna-Atocha (Línea VI)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe Geotécnico complementario sobre el tramo Puerta del Angel (Línea VI)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe Geotécnico complementario sobre el tramo La Laguna-Puerta del Angel).

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. «Informe Geotécnico sobre el tramo Portazgo-Santa Eugenia (Línea I)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A.: «Informe Geotécnico sobre el tramo Puerta del Angel-Norte (Línea VI)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A.: «Informe Geotécnico sobre el tramo La Bombilla-Ciudad Universitaria (Línea VI)».

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. (1970). «Nuevo ferrocarril suburbano. Sondeos de reconocimientos próximos a la estación de San Blas». 11 págs., 2 columnas y cortes de sondeos.

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. (1970). «Paso inferior en D. Esquerdo (cruce con O'Donnell). Sondeos de reconocimiento y cálculo de los muros pantalla». 24 págs., 1 anejo y documentación gráfica.

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. (1976). «Viaducto en la c/. Segovia, Madrid». Reconocimiento Geotécnico, 21 págs. y 3 anejos.

GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S. A. (1977). «Futuras cocheras del Metro de Carabanchel, Madrid». Reconocimiento Geotécnico. 21 págs., documentación gráfica y anejo.

HERNANDEZ PACHECO, F., ALBERDI, M. T. y AGUIRRE, E. (1969). «Proceso formativo y época de la sierra del Guadarrama». Bol. Real Soc. Española Hist. Nat. (Geol.), 67, pp. 225-237.

HUERTAS, F., LINARES, J. y MARTIN, J. L. (1971). «Minerales fibrosos de la arcilla en cuencas sedimentarias españolas. Cuenca del Tajo». Boletín Geológico y Minero T. LXXXII-VI, pp. 534-542.

IBERINSA (1972). «Línea VII-Tramo III-Trozos I y II-Avenida de América-Bravo Murillo-Cardenal Cisneros. Informe Geotécnico».

IBERINSA (1972). «Línea IX-Tramos I, II y III-Mirasierra-Pavones. Informe Geotécnico».

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1929). Mapa Geológico de España 1/50.000, n.º 559 (Madrid). Madrid, 133 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1945). Mapa Geológico de España 1/50.000, n.º 605 (Aranjuez). Madrid, 55 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1971). Mapa Geológico 1/200.000, n.º 45 (Madrid). Ministerio de Industria, Madrid. 19 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1972). Mapa Geológico de España 1/50.000, n.º 510 20-20 (Marchamalo). Ministerio de Industria. Madrid, 42 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1972). «Investigación de áridos en la zona de Madrid». Ministerio de Industria. Madrid, 5 anejos.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1972). Mapa Geotécnico General: Madrid. Ministerio de Industria. Madrid, 34 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1973). Mapa Geológico de España 1/50.000, n.º 583 20-23 (Arganda). Ministerio de Industria. Madrid, 25 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1973). Mapa Geológico de España 1/50.000 N 582-19-23 (Getafe). Ministerio de Industria. Madrid, 26 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1973). Mapa de Rocas Industriales de Madrid. 1/100.000. Ministerio de Industria. Madrid, 44 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1974). Mapa geotécnico de Ordenación Territorial y Urbana de la Subregión de Madrid (Madrid). Hoja 10-11, 1/100.000. Ministerio de Industria. Madrid, 41 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1974). Mapa geotécnico de Ordenación Territorial y Urbana de la Subregión de Madrid (Navalcarnero). Hoja 9-12, 1/100.000. Ministerio de Industria. Madrid, 34 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1974). Mapa geotécnico de Ordenación Territorial y Urbana de la Subregión de Madrid (San Lorenzo de El Escorial). Hoja 9-11, 1/100.000. Ministerio de Industria. Madrid, 32 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1974). Mapa geotécnico de Ordenación Territorial y Urbana de la Subregión de Madrid (Torrelaguna). Hoja 10-10, 1/100.000. Ministerio de Industria. Madrid, 43 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1974). Mapa geotécnico General: Segovia. Ministerio de Industria. Madrid, 44 págs.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1976). Mapa geotécnico de Ordenación Territorial y Urbana de la Subregión de Madrid (Getafe), 1/25.000. Ministerio de Industria. Madrid. 58 págs. y 7 anejos.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1977). «Estudio Geotécnico de los terrenos en los que se ha construido la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Madrid». Ministerio de Industria. Madrid, 18 págs.

INTECSA-GEOCISA (1972). «Línea VI-Tramo 4-El Lago-Cuatro Caminos. Informe Geotécnico».

1.ª JEFATURA DE CONSTRUCCION. DIRECCION GENERAL TRANSPORTES TERRESTRES, MOP (1976). «Ferrocarril Madrid-Móstoles».

1.ª JEFATURA DE CONSTRUCCION. DIRECCION GENERAL TRANSPORTES TERRESTRES. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (1978). «Proyecto reformado del de la Nuevo Estación de Chamartín. Modificación de Obra n.º 1. Doc. n.º 1, anejo n.º 3: Informe Geotécnico».

1.ª JEFATURA DE ESTUDIOS Y CONSTRUCCION DE FERROCARRILES. MOP (1958). «Enlaces Ferroviarios de Madrid».

1.ª JEFATURA ZONAL DE CONSTRUCCION DE TRANSPORTES TERRESTRES. DIRECCION GENERAL INFRAESTRUCTURA TRANSPORTE, MINISTERIO TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (1980). Proyecto de Doble Vía Atocha-Parla. Tramo: Atocha-Villaverde (2.ª Fase). Infraestructura Manzanares-Méndez Alvaro. Tomo III, Doc. n.º 1, anejo n.º 4 - Geología y Geotecnia.

JIMENEZ SALAS, J. A. (1959). «Cimentación del 6.º Depósito del Canal de Isabel II». Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo.

JIMENEZ SALAS, J. A. y ESCARIO, V. (1961). «Informe sobre la cimentación del viaducto de ferrocarril en la Alameda de Osuna». Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo. 12 págs., 2 apéndices.

JIMENEZ SALAS, J. A. y ESCARIO, V. (1968). «Estudio geotécnico para el proyecto de ampliación del Ferrocarril Metropolitano de Madrid, Líneas IV, VI y VII». 132 págs., 9 anejos y planos.

JIMENEZ SALAS, J. A. y SERRANO, A. (1975). «Reconocimiento estratigráfico de detalle en la ubicación de la unidad alimentaria de Mercamadrid». 122 págs. y anejos.

LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO «José Luis Escario» (1978). «Informe sobre la auscultación del túnel y propiedades del terreno Estrella-Pavones (Línea IX del Ferrocarril Metropolitano de Madrid)». Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Madrid, 185 págs.

LAZARO OCHAITA, J. (1977). «Estudio geomorfológico de la cuenca del río Guadalix (Evolución Neogeno-Cuaternario)». Estudios geológicos, vol. 33, pp. 101-117.

LAZARO, I. y ASENSIO, I. (1978). «La Raña, glacis encajados y terrazas al NE de Madrid (Estudio geomorfológico)». Estudios Geológicos, vol. 34, pp. 45-51.

LEGUEY, S., ORDOÑEZ, S., GARCIA DEL CURA, A. y MEDINA, J. A. (1984). «Estudio geoquímico y mineralógico de las facies arcósicas distales de la cuenca de Madrid». I Congr. Esp. de Geología, Proc., tomo II, pp. 355-371.

LOPEZ RUIZ, J., APARICIO, A. y GARCIA CACHO, L. (1975). «El Metamorfismo de la sierra de Guadarrama. Sistema Central Español». Memoria del Instituto Geológico y Minero de España. 128 págs.

LOPEZ VERA, F. (1977). «Modelo de sedimentación de los materiales detríticos de la fosa de Madrid». Tecniterrae, pp. 64-67.

LOPEZ VERA, F. Y PEDRAZA, J. (1976). «Síntesis geomorfológica de la cuencia del río Jarama en los alredesores de Madrid». Estudios geológicos, vol. 32, pp. 499-508.

LLAMAS MADURGA, M. R. (1976). «La utilización de agua subterránea en Madrid. De los «mayrat» musulmanes a los modelos digitales». Estudios Geológicos, 33, pp. 121-139.

LLORCA, J. y MONTE, J. L. (1984). «El antiguo sistema de abastecimiento de aguas a Madrid y su influencia en la vía pública, construcciones en servicio y nueva construcción». Rev. Obras Públicas, junio, pp. 407-428.

MARTIN ESCORZA, C. (1979). «Fallas y fracturas en las capas miocenas de Alcalá de Henares (Madrid). Interpretación tectónica». Estudios Geol., 35, pp. 599-604.

MARTIN ESCORZA, C. (1979). «Método gradual de homologación de la investigación fotointerpretativa: aplicación a las fotolíneas tectónicas del graben de Madrid». Tecniterrae, 32, pp. 6-14.

MARTIN ESCORZA, C. (1980). «Las grandes estructuras neotectónicas de la cuenca cenozoica de Madrid». Estudios Geol., 36, pp. 247-253.

MARTINEZ ALFARO, P. E. (1978). «Contribución al conocimiento de la geología del casco urbano de Madrid». Estudios Geológicos, vol. 34, pp. 241-249.

MARTINEZ ALFARO, P. E. (1979). «Características hidrológicas generales del entorno de Madrid». Bol. de la Real Sociedad Geográfica, tomo 115, n.os 1-12, pp. 45-52.

MINGARRO, F. y MARFIL, R. (1966). «Estudio de los sedimentos detríticos del SE de Guadarrama (Madrid)». Notas y Comunicaciones. Inst. Geol. y Min. de España, n.º 81, pp. 21-51.

MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO Y COMUNICACIONES (1980). «Proyecto de doble vía Atocha-Parla, tramo Atocha-Villaverde (2.ª Fase). Infraestructura Manzanares-Méndez Alvaro». Tomo III, 39 págs, mapas y anejos.

MOYA, J. F., OTEO, C. y SAGASETA, C. (1981). «Predicción de asientos producidos por la excavación de túneles». Simposio sobre Uso Industrial del Subsuelo. Madrid, tomo 1.

OTEO, C. (1981). «Repercusión de la construcción de túneles urbanos en edificaciones próximas». Simposio sobre Uso Industrial del Subsuelo. Madrid, tomo 2.

OTEO, C. y MOYA, J. F. (1979). «Settlements induced by a tunnel in Miocenic soft rocks of Madrid». 4th Int. Congress on Rock Mechanic Montreux.

OTEO, C. y MOYA, J. F. (1979). «Estimation of the soil parameters of Madrid in relation to the tunnel construction». Proc. 7th European Conf. on Soil Mech. and Found Eng., Brighton.

PEREZ MATEOS, J. y VAUDOUR, J. (1972). «Estudio mineralógico y geomorfológico de las regiones arenosas al sur de Madrid». Estudios Geológicos, vol. XXVIII, pp. 201-208.

PEREZ REGODON, J. (1970). «Guía Geológica, Hidrológica y Minera de la provincia de Madrid». Instituto Geológico y Minero de España, 184 págs.

RENFE (INECO) (1975). «Atocha-Parla-Fuenlabrada (Cercanías Sur-Suroeste)». Tomo II, anejos 1 y 2.

RENFE (INECO) (1975). «Aluche-P. Pío-Atocha-Fase I». Tomo I, Memoria. Tomo II, anejos 1 a 3. Tomo VI, planos.

RENFE (INECO) (1975). «Aluche-P. Pío-Atocha». Tomo I, Memoria. Tomo II, anejos 1 a 3. Tomo VI, planos.

RENFE (INECO) (1979). «Proyecto de cúadruple vía Madrid-Villalba. Infraestructura y Superestructura». Tomo III, 1.5 Anejos de Geología y Geotecnia.

RENFE (INECO) (1980). «Cúadruple vía Vallecas-Vicálvaro». 1.5 Geología y Geotecnia. Planos.

RIVA, O. (1957). «Terrasses du Manzanares et du Jarama aux environs de Madrid. Guide de l'Excursion C_2». 5.º Congreso Internacional I.N.Q.U.A., Madrid.

RODRIGUEZ ORTIZ, J. M. (1974): «Estudio sobre los daños originados en el Poblado de Orcasitas». Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo.

RODRIGUEZ ORTIZ, J. M. (1983): Comunicación verbal.

SAENZ RIDRUEJO, C., ARENILLAS, M., OCTAVIO DE TOLEDO, F. y LOPEZ CAMACHO, B. (1984). «Utilización de aguas subterráneas en el Terciario detrítico de Madrid». I Congreso Español de Geología. Segovia, tomo IV, pp. 345-352.

SAGASETA MILLAN, C. (1973): «Estado tenso deformacional alrededor de un túnel excavado en un medio elasto-plástico con especial consideración de la influencia del proceso constructivo». Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. 317 págs., 1 apéndice.

SALESIO DE LA PRESA, M. T. (1975). «Antiguos viajes de agua de Madrid». Instituto Eduardo Torroja, Monogr. 330.

SALINAS, J. L. (1984). Comunicación personal.

SANZ DONAIRE, J. J. (1979). Geomorfología del entorno de Madrid. Bol. de la Real Sociedad Geográfica. Tomo 115, n.os 1-12, pp. 53-83.

SERVICIO GEOLOGICO DE OBRAS PUBLICAS (1962): «Informe de los sondeos y estudios efectuados para la línea del metropolitano: Plaza

de Callao-Puente de Toledo, Madrid». 17 págs. y 4 anejos.

SERVICIO GEOLOGICO DE OBRAS PUBLICAS (1965): «Informe acerca de los sondeos realizados para el estudio de la cimentación de un puente en el F.C. Villaverde-Vallecas (Madrid), (Nueva traza)». 6 págs. y planos.

SERVICIO GEOLOGICO DE OBRAS PUBLICAS (1972). «Informe sobre los trabajos realizados para los Ministerios de Industria y de Comercio y un Colector Axial en la Avda. del Generalísimo». 49 págs., anejo de gráficos de los sondeos y ensayos de laboratorio y planos.

SERVICIO DE MATERIALES DE LA 1.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS (1975). «4.º Cinturón de la Red Arterial de Madrid. Enlace Manoteras-Enlace Canillejas». Planta litológica general.

SERVICIO DE MATERIALES DE LA 1.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS ( ). «Red Arterial de Madrid. 4.º Cinturón de A-2 a A-3 y Autopista de O'Donnell». Plantas litológicas.

SERVICIO DE MATERIALES DE LA 1.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS (1978). «A-5, Madrid-Extremadura. Acondicionamiento P.ª Santa María de la Cabeza. Puente Héroes del Alcázar-Plaza Elíptica». Plano litológico, perfiles geológicos y planta.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MECANICA DEL SUELO (1963): «Datos Geotécnicos sobre el subsuelo de Madrid». Monografía, 73 págs.

SOLE SABARIS, L. (1952). «España: Geografía Física. Geografía de España y Portugal», tomo I. Montaner y Simón, S. A., 500 págs.

TAPIA, J. y FERNANDEZ MOYA, J. (1984). «Experiencias sobre las arcillas expansivas del subsuelo de Madrid». Simposio sobre Geotecnología del Subsuelo de Madrid. Ayuntamiento de Madrid.

TORRES PEREZ-HIDALGO, T., JUNCO AGUADO, F., ZAPATA DE LA VEGA, J. L. y PLAZA HERNANDO, S. M. (1984). «Similitud de procesos sedimentarios del Neógeno en la cuenca del Tajo y en la Depresión Intermedia». I Congr. Esp. de Geología. Proc., tomo I, pp. 285-300.

VAUDOUR, J. (1979). «La Règion de Madrid. Altération, sols et paleósols-Contribution à l'étude géomorphologique d'une région méditerranéenne semi-aride». Editions Ophrys, 390 págs.

RESUMEN

1. ESTRUCTURA BASICA

La zona ocupada por Madrid y su alfoz constituye el esquem clásico de sedimentación de una cuenca continental cerrada en clima árido: sedimentos detríticos en el borde y evaporíticos en el interior, con una zona intermedia en la que se produce deposición mixta de materiales detríticos con interestratificados de minerales neoformados.

La franja Norte del alfoz está formada, desde las formaciones rocosas del macizo de Guadarrama, por sedimentos típicamente detríticos, con proporciones decrecientes de elementos gruesos y disminución del tamaño máximo de los mismos al irse alejando de la sierra.

La ciudad de Madrid está situada en una zona afectada por los tres tipos de sedimentos citados y así, al moverse en dirección aproximadamente perpendicular al macizo serrano, de NO a SE de la capital, se pasa de las facies detríticas (arena de miga y tosco) a las intermedias (peñuelas) para terminar con las evaporíticas (yesos).

Más hacia el Sur las condiciones continúan congruentes con estas tendencias, de forma que las peñuelas y formaciones yesíferas constituyen los terrenos dominantes al Este de Getafe y Parla, mientras que al oeste, todo el área del mismo Parla, Fuenlabrada, Móstoles, Alcorcón y Leganés queda emplazada en formaciones detríticas.

A la vista de la distribución genérica expuesta, condicionada fundamentalmente por la formación de una cuenca endorreica, se comprende que los fenómenos de cambio lateral de facies han de estar presentes en todo momento para la explicación de la estructura geotécnica del área afectada.

Por ello, el procedimiento que se ha seguido para una más fácil compensión de dicha estructura ha consistido en partir de la columna geotécnica (Fig. 2) típica de la zona Sur y Este de

Madrid y ver cuáles son sus variaciones al moverse hacia la sierra o bien en sentido opuesto. Para ello, es conveniente apoyarse en un corte del terreno de dirección transversal a la sierra, como es el A-A de la Fig. 3 que, aunque abarca solamente la zona más próxima a Madrid, se producen precisamente en ella fenómenos de cambio de facies muy variados y acusados.

Como se ve en el corte citado, las arenas de miga aparecen en las cotas altas de la mitad NO, hasta aproximadamente la 670. Sin un contacto muy definido, se puede decir que a partir de esa cota predomina el tosco hasta llegar a los niveles de la peñuela. Pero, el contacto con la peñuela no es horizontal más que, como primera aproximación, para extensiones reducidas, lo mismo que no lo es tampoco el de los yesos con la peñuela, a pesar de que la deposición es básicamente horizontal y no ha sido posteriormente alterada de forma sustancial.

Es para explicar esta situación donde entra en juego el fenómeno del cambio lateral de facies. Las peñuelas al ir acercándose a la sierra, pasan de verdes, grises o azuladas, a marrones, pierden globalmente plasticidad y acaban convirtiéndose en tosco. El tosco a su vez se convierte en arena de miga, con tamaños gruesos cada vez mayores al acercarse al macizo serrano. No se puede por ello hablar propiamente de contactos, sino más bien de tránsitos de un material a otro.

Con las formaciones yesíferas ocurre algo similar. Aparentemente los yesos descienden al desplazarse del SE al NO y con relativa rapidez en el último tramo. En realidad lo que ocurre es que, al moverse hacia el centro de la cuenca, el quimismo aumenta y las peñuelas se van cargando de yesos cada vez a cotas más altas.

Para completar esta panorámica general hay que referirse a las capas que, más o menos horizontales, se señalan en el perfil mencionado dentro del tosco y que se han denominado niveles activos. La más baja corresponde a lo que se ha llamado transición tosco-peñuela y está constituida por sepiolitas, bentonitas, margas y sílex. Esta capa aparece de manera sistemática en grandes extensiones entre el tosco y la peñuela en las zonas Sur y Este de la capital. Al moverse hacia la sierra, va perdiendo personalidad, aunque aún puede localizarse en puntos como AZCA. Pero debajo ya no se encuentra peñuela, sino tosco, que es el material al que ya ha evolucionado aquélla por cambio lateral de facies.

Lo mismo sucede con las otras capas intermedias de características similares que se ven en el corte dentro de los niveles de tosco. Presentan, en efecto, espesores y características bien diferenciadas hacia el SE, perdiendo potencia y personalidad al moverse hacia la sierra, al hacerse todo el conjunto más detrítico.

Parece asimismo, que hacia el SE se multiplican también las capas intermedias plásticas, que en el momento actual no se tienen bien localizadas. Es probable, a estos efectos, que la parte superior de los cerros testigo, como el cerro de Los Angeles, el Cabezo de Getafe y la Cantueña, junto con el de Almodóvar, sean los residuos superficiales de capas de esta naturaleza en las que predomina el sílex, en lugar de los componentes arcillosos de alta plasticidad, dando de este modo continuidad a las mismas capas intercaladas en el tosco y arena de miga en otros parajes. A título provisional, podría llegarse por tanto a la conclusión, de que el fenómeno de cambio de facies para estas capas activas se traduce también en un predominio silíceo en unas zonas y montmorillonítico en otras.

Sobre todo este conjunto de formaciones terciarias se encajan los depósitos cuaternarios en sus diversas variantes: glacis, terrazas, llanuras aluviales, etc.

Las características de estos depósitos son muy variadas según las distintas áreas de que se trate, pudiendo encontrarse desde materiales muy sueltos, hasta terrazas con suelos granulares cementados. No deben tampoco olvidarse las depresiones semiendorreicas rellenas de materiales flojos, cuyo espesor puede alcanzar varios metros.

2. FORMACIONES DETRITICAS

La naturaleza de los sedimentos detríticos está estrechamente vinculada a las formaciones de

procedencia. En el área de Madrid los materiales provienen de los relieves del entorno del Guadarrama, esencialmente graníticos. Los detritos arenosos son, pues, fundamentalmente, de composición cuarzo-feldespática, arcósicos. Se encuentran también micas y minerales resistentes a la desintegración.

La granulometría de las arcosas va siendo globalmente más gruesa hacia los relieves serranos, si bien únicamente se encuentran grandes bolos en los alrededores de las grandes fallas que delimitan la cuenca. El grado de redondez de los clastos disminuye asimismo hacia los relieves de procedencia.

Desde la zona próxima al Norte de la capital hasta el Sur del área del alfoz, a estas formaciones se las denomina localmente como arenas de miga y toscos y constituyen lo que también a veces se conoce como Facies Madrid.

Las arenas de miga típicas tienen un tamaño máximo de 2 a 3 mm y un contenido de material que pasa por el tamiz n.º 200 (0,074 mm) inferior al 25%. Los toscos típicos, entre el 60 y el 80%. Existe una gama completa de materiales intermedios que se denominan arenas tosquizas o toscos arenosos, según las proporciones de material fino.

En cuanto a su plasticidad, tanto la arena de miga como el tosco típico tienen límites generalmente inferiores a 40. Cuando un tosco da un límite líquido superior a 50, se trata probablemente de algun nivel activo intercalado, según se hizo mención en el epígrafe anterior.

La resistencia a compresión simple del tosco, cuando no es muy arenoso, suele ser igual o superior a 4 daN/cm^2, alcanzando fácilmente valores medios de 10 daN/cm^2, con máximos en determinados casos superando los 20 daN/cm^2 (1 daN/cm^2 $\simeq$ 1 kgf/cm^2).

Tanto las arenas de miga como los toscos suelen encontrarse muy compactos, salvo en algunos casos en los metros más superficiales. El ensayo de penetración estándar, SPT, arroja normalmente un número de golpes N superior a 40 ó 50, alcanzando con frecuencia el rechazo.

Los módulos de deformación E para ambos materiales en placa de 0,30 $\times$ 0,30 m suelen variar entre 500 y 1.000 daN/cm^2, aunque no son infrecuentes valores de 1.500 daN/cm^2, con un rango de oscilación entre unos 350 y 2.000 daN/cm^2.

En medidas efectuadas en un edificio cimentado en tosco típico, sobre una placa de aproximadamente 22 $\times$ 44 m, se ha determinado un valor medio para E de 6.000 daN/cm^2. Este valor puede solamente considerarse para cimentaciones de dimensiones similares y en condiciones análogas. Es probable, en efecto, que el modulo de deformación aumente con la profundidad desde los valores señalados en el párrafo anterior, de acuerdo con lo detallado en el texto.

Ni la arena de miga ni el tosco típico suelen ser expansivos. Sin embargo, en las capas más plásticas intermedias (niveles activos) puede producirse este fenómeno de manera acusada.

En estas formaciones, a veces se encuentran acuíferos en las capas más arenosas, que en ocasiones, incluso tienen alguna presión artesiana, pudiendo dar origen a problemas constructivos.

3. PEÑUELA

La peñuela típica, en su acepción más extendida, está formada por una arcilla muy plástica, dura, de color gris, verdoso o azulado. Este es el tipo de material que aparece en el Sur y Este del alfoz desde los límites igualmente orientados de la capital, bordeando siempre el frente yesífero.

Sin embargo, como consecuencia de los cambios laterales de facies, se observa que, al moverse hacia la sierra, las coloraciones mencionadas van quedando relegadas cada vez a mayores profundidades, siendo sustituidas por la marrón, al mismo tiempo que globalmente la plasticidad disminuye. Este proceso continúa más hacia la sierra y la peñuela marrón llega a convertirse en un auténtico tosco o arena de miga, ya por la zona de la Ciudad Universitaria.

Al moverse en sentido inverso, es decir, hacia el centro de la cuenca, el cambio de facies se refleja en dos aspectos principales. Por un

lado la peñuela se carga más de carbonatos, encontrándose abundantes cayuelas (peñuelas calcáreas blanquecinas), que pueden ir acompañadas por segregaciones de sílex, así como de tramos con arenas micáceas, especialmente hacia el Sur. Por otro, los niveles yesíferos, van apareciendo cada vez más altos, sustituyendo a los correspondientes de peñuelas.

El límite líquido de la peñuela gris verdosa o azulada suele oscilar entre 50 y 80, sobrepasando raras veces el valor 100. Su representación en el gráfico de plasticidad de Casagrande queda con frecuencia por debajo de la línea A.

Se trata de un material de gran consistencia, con una resistencia a compresión simple que, normalmente, varía entre 7 y 25 daN/cm^2, aunque en algunas zonas se ha encontrado peñuelas reblandecidas o meteorizadas.

Su módulo de deformación puede variar entre límites muy amplios, dada la extensa gama de materiales englobada bajo esta dominación, habiéndose registrado valores para placa de 0,30 × 0,30 m, entre 2.500 y 14.000 daN/cm^2, excluyendo casos especiales como el de las peñuelas reblandecidas o las que constituyen prácticamente una roca.

Desde el punto de vista geotécnico es muy importante la presencia de «lisos», auténticos planos de falla estriados por el movimiento relativo de una cara con relación a la otra. La existencia de lisos puede condicionar las características resistentes y de deformación de estos materiales.

En algunas zonas las peñuelas son expansivas, mientras que en otras no lo son. No es extraño encontrar presiones de hinchamiento de 4 a 6 daN/cm^2; pero a veces los ensayos arrojan valores superiores.

4. FORMACIONES YESIFERAS

Ocupan una importante extensión superficial en toda la zona SE del alfoz de Madrid. Se trata de yesos, eventualmente anhidritas, interestratificados con arcillas y arcillas margosas endurecidas. Hacia el comienzo de la formación pueden encontrarse arenas yesíferas.

Los tramos evaporíticos se desarrollan en niveles tableados y nodulares de magnitud centimétrica que alternan con peñuelas, así como en bancos métricos de textura en general selenítica que son predominantes hacia el SE, aunque con notables alternativas. Aparecen también frecuentes vetas milimétricas fibrosas de yeso de segunda formación.

Las peñuelas interestratificadas con los yesos son generalmente de color gris, a veces oscuras. Pueden ser muy calcáreas en ocasiones y magnésicas. Esporádicamente aparecen además limolitas micáceas. Entre las evaporitas se ha citado también la presencia de sales solubles.

Los bancos de yeso pueden estar parcialmente disueltos, habiendo sido descritos importantes aparatos cársticos en la provincia de Madrid, que han ocasionado en algunos casos problemas geotécnicos difíciles.

MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO Y COMUNICACIONES
DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

MAPA DE FORMACIONES GEOTECNICAS DE MADRID

ESCALA 1: 25.000 | JULIO 1984

SIGNOS CONVENCIONALES

- Sedimentos cuaternarios
- Arena de miga
- Tosco y transición tosco / peñuela
- Peñuela
- Formaciones yesíferas

- Curvas de nivel estimadas de la formación geotécnica inferior
- Curvas de nivel supuestas de la formación geotécnica inferior
- Cambio estimativo de facies entre peñuela marrón y peñuela gris azulada o verdosa
- Cambio estimativo de facies entre peñuela gris azulada ó verdosa y peñuela con cayuela, silex, arenas micáceas

ESCALA GRAFICA

500 0 500 1.000 1.500 2.000 m.

CORTE ESTRATIGRAFICO A

CORTE ESTRATIGRAFICO B

CORTE ESTRATIGRAFICO C

CORTE ESTRATIGRAFICO D

CORTE ESTRATIGRAFICO A

CORTE ESTRATIGRAFICO I

CORTE ESTRATIGRAFICO II

CORTE ESTRATIGRAFICO A'

CORTE ESTRATIGRAFICO I'

CORTE ESTRATIGRAFICO II'

SIGNOS CONVENCIONALES

- Sedimentos cuaternarios
- Arenas de miga formación Las Rozas
- Arenas de miga formaciones El Pardo y Madrid
- Tosco
- Niveles superficiales con sílex
- Peñuela (con predominio arcilloso)
- Peñuela (con predominio de arenas micáceas)
- Formaciones yesíferas

ESCALA GRAFICA

1 0.5 0 1 2 3 4 5 Km.

MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO Y COMUNICACIONES

DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

MAPA DE FORMACIONES GEOTECNICAS DEL ALFOZ DE MADRID

ESCALA 1:50.000

JULIO 1984

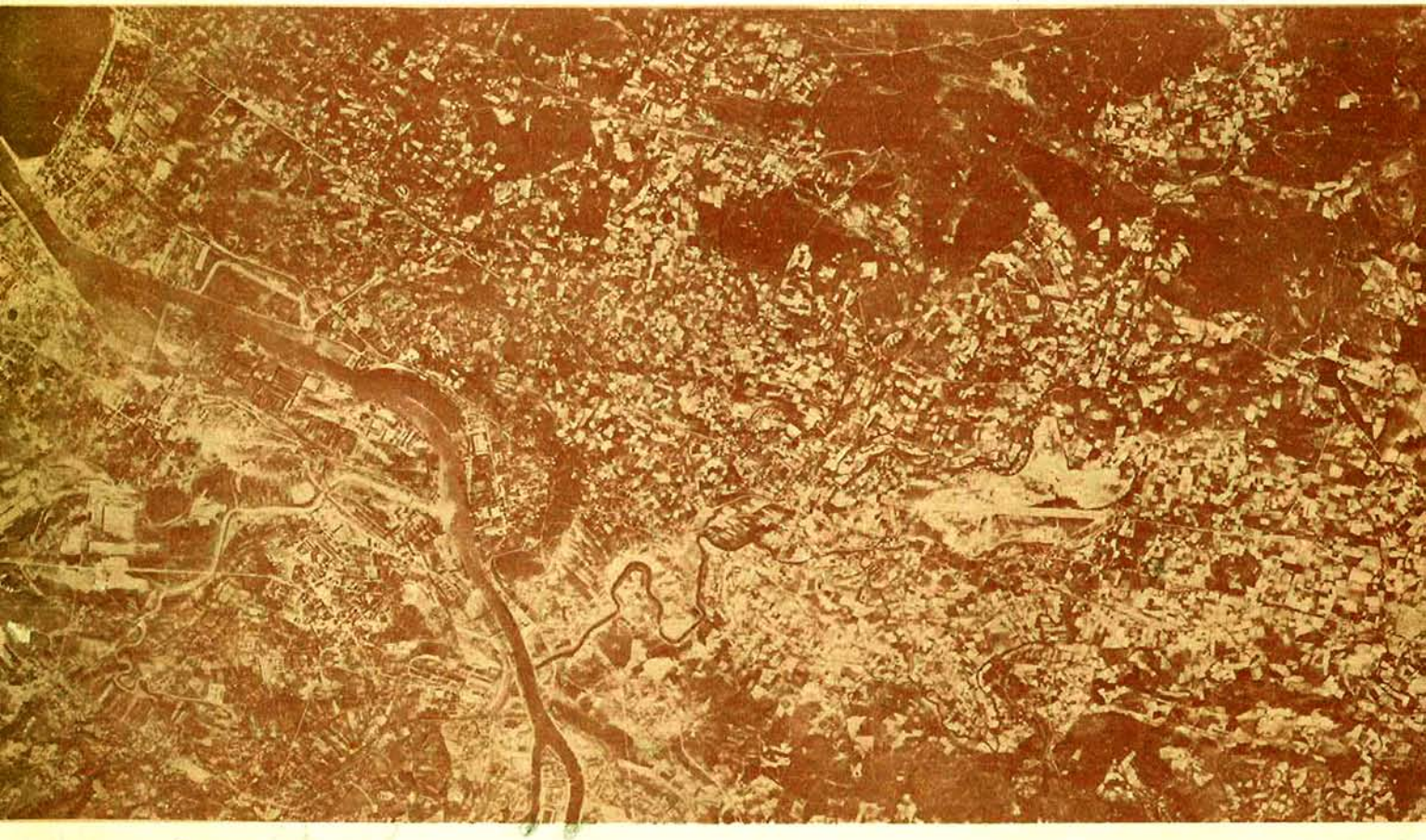


SECRETARIA GENERAL TECNICA
SERVICIO DE PUBLICACIONES

MOP

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES

estudios previos de terrenos para carreteras



PRIMER CURSILLO DE GEOLOGIA APLICADA ● MADRID 10 AL 18 DE MARZO DE 1966



estudios previos de terrenos para carreteras

por

ILDEFONSO HERRERO GOMEZ

Jefe del Servicio de Laboratorios y prospecciones
de la Direccion General de Carreteras

Depósito Legal: M. 16766 - 1966

1 · DESCRIPCION

ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENOS - DESCRIPCION

1. OBJETO DE LOS ESTUDIOS

Los estudios previos de terrenos, tienen por objeto la - prospección de las distintas clases de suelos, yacimientos -- granulares y rocas, susceptibles de utilizarse como materiales en la construcción de carreteras, bien sea como cimiento (conveniente o inconveniente) o como material constituyente de la explanación y el firme.

Constituyen información uniforme, sistemática y básica - para la realización de los informes de materiales para la - redacción de estudios previos, anteproyectos y proyectos.

El terreno, bien como soporte o como recurso de materiales para la carretera, reserva sorpresas desagradables - - cuando no se tiene información sobre él, y aún teniéndola.

Según un análisis, en un cierto periodo, de los motivos que han obligado a redactar proyectos reformados, se cifró en un 54 % del total, el número de ellos que se han producido por fallo del terreno en alguno de sus aspectos.

A lo largo de este trabajo, se describe y justifica la forma de operar en la realización de los estudios previos - de terrenos.

La necesidad de los estudios previos de terrenos, nació de las dificultades que se planteaban a las obras, al no -

disponerse de una información completa y sistemática sobre las canteras y yacimientos granulares.

La necesidad del estudio litológico de todos los terrenos, que estaba latente y aún sin plantear, era más perentoria áun. En primer lugar, por la falta de información geológica previa, con que se encontraba el Ingeniero al acometer un proyecto. Esto producía en algunos casos la ausencia de toda consideración geológica en la elaboración de los estudios y en la mayoría, la heterogeneidad y grado de confianza que se podía depositar en la información disponible la restaba eficacia.

Al cambiar la escala de los volúmenes afectados por los nuevos trazados, los problemas geotécnicos influyen cada vez más en la economía de la obra.

Con los estudios previos de terrenos, se pretende adecuar los medios a los problemas a resolver de la forma más económica posible.

La economía se consigue al evitar la repetición de los reconocimientos de una zona, dando una información uniforme y dando los datos que ahorren el empleo de investigaciones más costosas (sondeos mecánicos y geofísicos).

Los estudios geotécnicos para carreteras pueden clasificarse, según su objeto en tres tipos diferentes:

a) Estudio previo de terrenos

b) Estudio del trazado

c) Estudio de problemas especiales

Esta enumeración corresponde también al orden cronológico en que suelen hacerse.

1.1. Definición de las zonas a estudiar

Ateniéndose a las prioridades señaladas por la División - de Planes y Tráfico y los datos obtenidos de los distintos - Servicios de la Dirección General, se programa anualmente el número de cuadrantes del mapa publicado por el Instituto Geo gráfico y Catastral a estudiar.

Con esta programación, se pretende cubrir las necesidades inmediatas de información; pero no puede evitarse que -- surjan imprevistos y que para un problema concreto, se carez ca del cuadrante.

Como es natural, a medida que aumenta el número de cua-- drantes estudiados, las lagunas disminuyen.

Los cuadrantes que se programan, se disponen procurando cubrir unos 15 km. a ambos lados de la carretera objeto del estudio, para batir las posibles zonas de materiales eco nomicamente utilizables. La distancia de 15 km., suele redu cirse en aquellos tramos, en que por la litología y topogra fía que se le presume, carecen de interés.

1.2. Presentación de resultados

1.2.1. Cartografía

La documentación cartográfica consiste en un fotoplano a escala apróximada 1:25.000 que se confecciona a partir -- del "vuelo americano" a escala próxima a 1:33.000, realizado en 1.956 por la Air Force Maping Service.

Cada fotoplano lleva su correspondiente superponible -- transparente, delineado y reproducido en línea negra.

La elección de un solo color, se ha hecho por sencillez - de reproducción de los grupos litológicos. Las ediciones en va rios colores además de su alto precio, requiere un plazo largo

y por otra parte no pueden hacerse las pequeñas correcciones - que deben hacer los Servicios Regionales de Materiales.

El fotoplano por otra parte, proporciona en planta todos los accidentes del terreno que un plano topográfico a escala - 1:25.000 no puede recoger.

Para resumir la litología de un conjunto de cuadrantes, - se incluye un mapa general con la cuadricula de los cuadrantes que comprende. En él, se agrupan los distintos grupos litológi cos atendiendo a las características geológicas.

1.2.2. Datos básicos de inventario.

Para cumplimentar uno de los objetivos fundamentales de - los estudios previos, se incluyen las fichas de materiales que se describen a continuación.

Ficha P-1 de canteras

En el anverso se describen gráfica y cuantitativamente los datos de interés para la explotación. En el reverso se inclu-- yen tres tipos de datos de ensayos que se distribuyen en los - tres cuerpos verticales de la ficha.

El cuerpo de la izquierda contiene las características fí sicas del material, susceptibles de determinarse por medio de las "técnicas geológicas".

El cuerpo central contiene los resultados de los ensayos de Laboratorio dirigidos a el empleo en carreteras, Se prevé - el ensayo de hasta cuatro muestras.

La columna de la izquierda se destina a los posibles son- deos realizados en la formación interesada.

El establecimiento de los dos primeros tipos de datos, se hace con objeto de poder establecer una correlación entre los de procedencia geológica y los de laboratorio, para que en un futuro muy próximo no sean necesarios estos últimos para dis-- cernir, durante el trabajo, entre los materiales que merecen -

atención y los que unicamente producen resultados de ensayos.

Ficha P-2 de yacimientos granulares

Tiene una disposición análoga a la P-1 y responde a los objetivos ya mencionados. En este caso no puede pretenderse - más que una correlación grosera a partir de los cantos constituyentes.

El cuadro resumén de suelos

Trata de definir los grupos litológicos correspondientes tanto para su utilización como címiento o préstamos.

Se dan las características de las muestras obtenidas en sondeos realizados en los grupos litológicos más representativos. Estos sondeos, se situan en los superponibles para su -- utilización por los Servicios Regionales de Materiales.

Cuadros resumenes de canteras y yacimientos

En estos cuadros, se dan las características más importantes de canteras y yacimientos, para una primera selección comparativa.

Tanto las fichas como los cuadros resúmenes de suelos -- son elementos de trabajo que en estos estudios, de tipo informativo, no se juzga conveniente su publicación. Un sondeo o - una muestra no es suficiente para dar como buena o rechazar - una formación.

1.2.3. Preparaciones en lámina delgada.

Como ya se sabe, estas preparaciones tienen por objeto - proporcionar la información precisa para la identificación -- exacta del tipo de roca y dar los minerales accidentales y -- accesorios que tanto pueden influir en el comportamiento de - la roca empleada en carreteras.

1.2.4. Memorias

Se redactan dos tipos de memoria: memoria general y memoria de hoja.

La primera se refiere a la descripción del tramo completo. Las segundas, corresponden a cada hoja.

En 3.5.1. se da el indice de esta memoria.

El contenido de la memoria general parece muy ambicioso. En la práctica lo es, y el objeto de incluir un indice tan detallado es para que sirva de recordatorio en aquellas zonas en que sea posible tal descripción.

Por las diversidades de todo tipo que se presentan dentro de los 137 km^2. de extensión de cada una de las hojas, lo más frecuente es que no puedan glosarse más que algunos aspectos predominantes en la hoja. El resto solo se puede tratar en los problemas concretos.

La memoria de cada hoja responde en todos los casos al indice que se indica en 3.5.2. Este documento complementa y describe la información cartográfica y junto con ella constitiye el conjunto publicable.

2. EJECUCIÒN DE LOS TRABAJOS

Los comentarios y detalles de ejecución de los estudios previos constituyen el tema de la segunda parte de este trabajo.

En este apartado, se continúa describiendo el contenido de los estudios previos en cuanto al alcance de la información contenida en los símbolos y signos de la cartografía.

2.1. Clasificación y representación de los terrenos

Se han elegido los símbolos de los terrenos de forma que para el manejo de datos masivos se pueden codificar facilmente en fichas perforadas. Con esto, se pretende obviar un pro-

blema que se presenta en el cálculo mecanizado de compensación de tierras.

Por otra parte, aunque no es tan gráfico como los colores, permite la representación de una casuistica más amplia.

En la representación de las distintas clases de terreno, se distinguen:

a) Suelos

b) Yacimientos granulares

c) Rocas

2.1.1. Clasificación de suelos

No se ha encontrado aún una definición de suelo enteramente satisfactoria para los fines que se persiguen.

En la memoria nº 18 del VI CONGRESO INTERNACIONAL DE MECANICA DEL SUELO Y CIMENTACIONES DE MONREAL 1965 de V. NACIMENTO, I. BRANCO y E. DE CASTRO, titulada Identificación del grado de petrificación de un suelo, se pone de manifiesto la dificultad de la definición de suelo.

Se dan a continuación tres buenas definiciones de suelo y sus correspondientes objeciones:

1) Zona superficial meteorizada, de la corteza terrestre, en cuanto es apta para que en ella prospere el germen vivo.

2) Cualquier depósito natural, suelto o blando, disgregable -- por agitación en agua, que forma parte de la corteza terrestre y que proviene de la meteorización o desmenuzación de las rocas o de la descomposición de los vegetales.

3) Formaciones cuaternarias

A la definición 1) puede objetarsele que la cumplen por ejemplo los granitos con liquenes adheridos.

La definición 2) la pueden cumplir ciertos tipos de mar--

gas y en estos estudios, se las considera como rocas.

Aunque no muy frecuentes, se encuentran, terrazas cuaternarias suficientemente cementadas que cumplen la definición - 3) pero que no pueden considerarse como suelos.

De estas tres definiciones, es la primera la adoptada en estos estudios, añadiendo la condición de que la formación en cuestión, tenga un espesor superior a los 10 cm. por ejemplo, y que no sean yacimientos granulares.

Los suelos se representan con una letra mayúscula, (según su origen) seguida de dos números, (según su clasificación H.R.B.) de acuerdo con el siguiente código:

ORIGEN DEL SUELO	SIMBOLO REPRESENTATIVO
Químico	Q
Glaciárico	H
Terraza	T
Acarreo	A
Cono de deyección	D
Eólico	E
Marino	R
Coluvial	C
Marismal	M
Lacustre	L
Pantanoso	P
Eluvial	V

Se toma como definición de estos términos la dada en el Diccionario de Geología y Ciencias Afines de la Editorial Labor (Edicción 1957).

Se clasifican los suelos de acuerdo con la Highway research Board, adoptándose como símbolo representativo de cada grupo el número del mismo, de acuerdo con el cuadro siguiente:

Grupo de la clasificación H.R.B.	Descripción general del material	Símbolo representativo
A-1	Fragmentos de piedra, grava y arena	1
A-2	Grava y arena limosa o arcillosa	2
A-3	Arena fina	3
A-4	Limo	4
A-5	Limo (plástico)	5
A-6	Arcilla	6
A-7	Arcillas (plásticas con cambio de volúmen apreciable)	7

Dentro de cada formación se señalan las condiciones generales de drenaje mediante los símbolos siguientes:

Condiciones de drenaje	Símbolo
Excelentes	ε
Tolerables	τ
Malas	μ

A estos efectos se estiman las condiciones naturales del terreno para desalojar las aguas (capa freática y escorrentía).

De esta forma, un suelo cualquiera vendrá representado por un símbolo compuesto de una letra mayúscula, dos números y una letra griega.

Por ejemplo, en el caso de suelos poco uniformes se utilizan dos números para caracterizar la zona correspondiente. Así, una zona de terraza con suelo A-2 y A-5, y drenaje excelente se representará por el símbolo T 25 ε

Por el contrario, en el caso de suelos muy uniformes se repetirá el número de su clasificación. Así, una zona de arena fina eólica, muy uniforme, con drenaje excelente, se representará por el símbolo E 33 ε

Las zonas peligrosas desde el punto de vista del movimiento del terreno se representán con los símbolos correspondientes encerrados en un triángulo. A estos efectos se entiende por zona peligrosa aquella en que se hayan producido movimientos del terreno o la que por ser de las mismas características hidrolitológicas que ésta, hace temer movimientos en un eventual trazado de carretera.

La letra griega, se puede colocar separada de la mayúscula y los dos números, en el caso de que dentro del mismo grupo litológico sean distintas las condiciones de drenaje.

No se ocultará la gran utilidad que reporta al geotécnico, el conocimiento del origen del suelo en cuanto a su composición, compacidad y a veces espesor, que se revela a traves del origen.

La razón de no consignar el espesor de las formaciones, es por su gran variabilidad y la consiguiente imposibilidad física de realizar los sondeos precisos para no dar datos que induzcan a error.

Lo que si se consigna, siempre que se puede, es la naturaleza de la formación subyacente mediante los símbolos que se describen en 2.1.5.

2.1.2. Clasificación de materiales granulares

En estos estudios, se define como material granular el que se presenta suelto y tiene unas condiciones de granulometría y calidad que le hacen apto para su empleo en sub-bases o capas más nobles del firme, mediante la única manipulación de clasificación.

Los yacimientos granulares, se designan mediante una letra mayúscula que indique su origen (la misma codificación que

para el de suelos) seguida de otras dos mayúsculas que correspondan a la combinación de los materiales cuyos símbolos se incluyen a continuación.

Descripción general de material	Símbolo representativo
Bolos	B
Grava	G
Arena	S
Finos (limos y arcillas)	F
Grava y arena	R
Grava y finos	H
Arena y finos	N
Grava, arena y finos	Z

Así, una terraza de gravas y arenas, puede ser TGS, TRR o TGR. En el primer caso se supone mayor cantidad de grava que arena, en el segundo de proporción aproximada igual, en el tércero la cantidad de grava supera sensiblemente a la de arena.

En un principio se intentó utilizar para designar a los yacimientos granulares, la clasificación de Casagrande; pero resultó que a una misma formación se le podían asignar varias clasificaciones, según la zona o capa. En consecuencia se optó por dar unas características granulométricas, más imprecisas, pero que diesen una idea de conjunto del yacimiento.

2.1.3. Clasificación de rocas

En los estudios previos de terrenos, se consideran 64 especies simples de rocas que se clasifican atendiendo a su tipo y grupo de acuerdo con el cuadro que se adjunta en que se da el símbolo con que se representan en la cartografía.

CUADRO I

TIPO DE ROCA	GRUPO	Símbolo representativo
Plutónicas	Granitos	Pg
	Sienitas	Ps
	Monzonitas	Pm
	Dioritas	Pd
	Gabros	Pb
	Peridotitas	Pp
Filonianas	Pórfidos cuarcíferos	Fp
	Pórfidos sieníticos	Fs
	Pórfidos monzoníticos	Fm
	Porfiritas	Ff
	Cuarzo	Fq
	Diabasas	Fd
	Ofitas	Fo
	Picritas	Fc
	Aplitas	Fa
	Lamprófidos	Fl
Volcánicas	Tobas	Vz
	Riolitas	Vr
	Traquitas	Vt
	Fonolitas	Vf
	Traqui-Andesitas	Vq
	Andesitas	Va
	Dacitas	Vd
	Basaltos	Vb
	Limburgitas	Vl
	Conglomerados	Vc

TIPO DE ROCA	GRUPO	Símbolo representativo
Metamórficas	Micacitas	Mm
	Cuarcitas	Mq
	Gneis	Mn
	Filadios	Mf
	Esquistos	Me
	Pizarras	Mp
	Piroxenitas	Mx
	Anfibolitas	Ma
	Cipolinos	Mz
	Mármol sacaroideo	Mc
	Serpentinas	Ms
Detríticas	Arenas	Dr
	Conglomerados	Dc
	Pudingas	Dp
	Brechas	Db
	Areniscas	Da
	Molasas	Dm
	Arcosas	Dk
	Grauwacas	Dg
	Samitas	Ds
	Maciños	Dñ
Precipitación Química	Calizas	Qc
	Margas	Qm
	Dolomías	Qd
	Carniolas	Qk
	Travertinos	Qt
	Caliche y costras calcáreas	Qh
	Anhidritas	Qa
	Yesos	Qy
	Sales solubles	Qs

TIPO DE ROCA	GRUPO	Símbolo representativo
Arcillas	Arcillas en general	Ar
	Arcillas residuales	As
	Limos	Am
	Kaolinitas	Ak
	Lateritas	Al
	Bauxitas	Ab
	Argilitas	Aa
	Pizarras	Ap
Orgánicas	Turba	Ot

La formación de los símbolos de rocas se ha hecho añadiendo a la inicial del nombre del tipo de roca (letra mayúscula), una letra característica de la familia.

La razón de esta simbología está en que por el número de rocas a distinguir, se precisan dos caracteres. El haber elegido letras y no números, responde a que aquellas se ha procurado asignarlas atendiendo a la inicial del concepto que se quiere expresar. El ser una mayúscula y otra minúscula permite diferenciar rápidamente el carácter rocoso de la formación. Se resume a continuación la diferenciación gráfica de suelos, yacimientos granulares y formaciones rocosas.

Suelos - Una letra mayúscula y dos números E35

Yacimientos granulares - Tres letras mayúsculas seguidas TGS

Rocas - Una letra mayúscula seguida de minúscula Fp

2.1.4. Signos empleados en cartografía

Además de los símbolos litológicos, se utilizan los signos gráficos que se incluyen a continuación:

SIMBOLO	CONCEPTO
	CONTACTOS ENTRE MATERIALES DIFERENCIADOS: CONTACTO COMPROBADO
	CONTACTO SUPUESTO
	ESCARPE
	ESCARPE A AMBOS LADOS
	ESTRATOS HORIZONTALES
	ESTRATOS ONDULADOS
	ESTRATOS REPLEGADOS
	BUZAMIENTO VARIABLE
	BUZAMIENTO DE 00° A 30°
	BUZAMIENTO DE 30° A 60°
	BUZAMIENTO DE 60° A 90°
	BUZAMIENTO VERTICAL
	CABALGAMIENTO
	PLIEGUE VOLTEADO
	DIACLASAS
	FALLA SUPUESTA
	FALLA OBSERVADA
	ANTICLINAL CON BUZAMIENTO DESCONOCIDO
	ANTICLINAL CON BUZAMIENTO CONOCIDO DE 00° A 30°
	ANTICLINAL CON BUZAMIENTO CONOCIDO DE 30° A 60°
	ANTICLINAL CON BUZAMIENTO CONOCIDO DE 60° A 90°
	SINCLINAL CON BUZAMIENTO DESCONOCIDO
	SINCLINAL CON BUZAMIENTO CONOCIDO DE 00° A 30°
	SINCLINAL CON BUZAMIENTO CONOCIDO DE 30° A 60°
	SINCLINAL CON BUZAMIENTO CONOCIDO DE 60° A 90°
	DESPRENDIMIENTO OBSERVADO
	DESLIZAMIENTO OBSERVADO
	HUNDIMIENTO OBSERVADO
	CANTERA EN EXPLOTACION
	CANTERA ABANDONADA
	CENTRO DE GRAVEDAD DE YACIMIENTO O CANTERA A EXPLOTAR
	SONDEOS DE COMPROBACION EJECUTADOS: SISMICO
	ELECTRICO
	MECANICO
	SONDEOS DE COMPROBACION RECOMENDADOS: SISMICO
	ELECTRICO
	MECANICO
	ESTACION DE OBSERVACION CON TOMA DE MUESTRAS
	ESTACION DE OBSERVACION SIN TOMA DE MUESTRAS
	DIQUES
	RIO ENCAJADO
	ZONA PELIGROSA

2.1.5. Otros signos empleados en cartografía

Además, se utilizan los que a continuación se citan:

a) El signo de alternancia consistirá en un paréntesis encerrando los signos a que haga referencia, separados por un punto.

Alternancia de Pizarras y Cuarcitas (Mp . Mq)

b) La intercalación de uno o más materiales en uno principal se expresa poniendo, detrás del símbolo de éste, un paréntesis que encierre los símbolos de aquél o aquellos separados por el signo +

Intercalación de areniscas y conglomerados en arcillas -- Ar (Da + Dc)

c) Para aquellos casos de terrenos no cartografiados de pequeña extensión dentro de otra unidad principal se utiliza el mismo criterio que en el caso de intercalación con la diferencia de que se coloca delante del símbolo principal. Así:

Recubrimientos parciales de areniscas y conglomerados sobre arcillas detríticas:

(Da + Dc) Ar

d) El signo de superposición de materiales consiste en un trazo inclinado entre los símbolos a que haga referencia:

Arcillas sobre calizas: Ar/Qc.

e) Cuando se trate de zonas que, por la disposición de los materiales no sea posible aplicar alguno de los signos anteriores, se coloca el signo + entre los símbolos de los diferentes materiales. Así:

Qc + Qm + Da.

que indica la existencia de los tres materiales sin especificar sus posiciones estratigráficas relativas.

f) Para aquellas rocas de composición mixta, se emplean los símbolos simples, uno a continuación del otro, sin signo alguno por medio. Ejemplo:

Arenas calcáreas. DrQc.

g) Cuando se trata de una zona en la que interesa consignar diferencias dentro de un tipo de material, pueden utilizarse comillas (') ("), hasta tres, y en el caso que lleguen a cuatro - o más se utilizará números romanos. Ejemplo:

Qc' , Qc'' , Qc''' , Qc^{IV}.

para calizas de diferentes tipos.

h) Los terrenos no incluidos en las clasificaciones anteriores irán precedidos de la letra W. En cada caso se los define en la memoria de la Hoja correspondiente. Si se trata de material granular esta letra va seguida de los símbolos correspondientes que clasifican el material.

Escombreras de mina formados por bolos y arenas de diferentes orígenes:

WBS

Además de su símbolo representativo, los yacimientos y canteras que se incluyen en las fichas citadas en el apartado 2.1.6 tienen asignado en la cartografía un número de orden dentro de cada tipo de materiales que permita identificar la ficha correspondiente. Este número de orden se asigna siguiendo una numeración correlativa dentro de cada hoja del mapa a escala 1/50.000

Cuando se trata de consignar una cantera dentro de una zona compleja, se utiliza el símbolo del material de mayor interés de explotación.

No se hacen las distinciones expresadas en g) para la denominación de yacimientos y canteras, pero sí, para los recintos que los comprenden.

2.1.6. Datos básicos de inventario

Se incluye un conjunto de fichas relativas a los yacimientos de roca o de materiales granulares de la zona estudiada, -- confeccionadas según los modelos P.1 y P.2, de acuerdo con lo - indicado en el apartado 3.

Se completan unos cuadros resúmenes de suelos, yacimientos y canteras, según los modelos P.3., P.4 y P.5. que se cumplimentan de acuerdo con lo indicado en 4.

3. FICHAS DE INVENTARIO

Dentro de la zona estudiada, todos y cada uno de los yacimientos de roca y de materiales granulares que, según las especificaciones normalmente admitidas, pueden ser explotadas para las obras de carreteras, se registran separadamente en las fichas P.1 y P.2. cuyos modelos se adjuntan, cumplimentándose todos los datos que figuran en ellas.

3.1. Criterios para cumplimentar la ficha P.1

Los números entre paréntesis se refieren a la casilla correspondiente en el modelo de la ficha que se incluye. En dichas casillas se indica:

(1) Nombre genericó del material (por ejemplo, caliza, granito, pórfido, etc) sin especificar ninguna otra característica secundaria.

(2) Símbolo que designa el tipo de material de acuerdo con el apartado 2.1.3. y el número de orden que figura como referencia del yacimiento en la cartografía.

(3) Número de la hoja del mapa del Instituto Geográfico a escala 1/50.000 con indicación del cuadrante donde está situada la zona que interesa.

(4) Fotografía significativa de algún punto del yacimiento (9 x 12,5).

(5) Número de referencia de la fotografía.

(6) Título o descripción somera de la fotografía.

(7) Número de referencia de la fotografía microscópica.

(8) Referencia a la muestra de la que se ha hecho la preparación.

(9) Fotografía microscópica de una muestra representativa de la cantera (9 x 12,5).

(10) Longitud horizontal estimada del frente de cantera explotable.

(11) Profundidad explotable estimada en el sentido normal al frente establecido anteriormente.

(12) Potencia o espesor del material utilizable.

(13) Espesor del recubrimiento no utilizable.

(14) Coeficiente de aprovechamiento del banco, una vez descontado el recubrimiento de tierra vegetal o suelo suelto. Este coeficiente se estima como la relación en el frente de cantera, de la superficie de material aprovechable dentro del banco explotable, a la totalidad de la superficie vista del mismo, descontando el recubrimiento.

(15) Volumen mínimo total aprovechable que se estima.

(16), (17), (18), (19), (20), (21) Se consignarán números de orden de las estaciones de observación indicadas en la cartografía (superponible), que correspondan a la cantera registrada en la ficha. A estos efectos conviene resaltar que la fotografía se toma siempre en una estación y por tanto el punto donde se ha tomado la de la ficha debe figurar en la casilla (16).

(22) Corte estratigráfico significativo, deducido de los datos obtenidos en los trabajos de campo, indicando la dirección del corte.

(23) Esquema en planta de la zona explotable, con indicación de los sondeos realizados, sus referencias, caminos de acceso y distancias a la carretera Nacional, Comarcal o Local más próxima.

(24) Escala aproximada del esquema.

(25) Coordenadas geográficas del centro de gravedad de la posible explotación.

(26) Descripción de la roca, de sus características fundamentales, de los minerales esenciales que la componen, y de su proporción.

(27) Enumeración de los minerales accidentales y accesorios más abundantes en su composición petrográfica.

(28) Dureza, según la escala E.P.C., modificada, cuya relación con las escalas de Mohs y Vickers se indica en el cuadro - II adjunto.

(29) Porosidad $P_o = 1 - \frac{P_a}{P_r}$ donde P_a es el peso específico aparente y P_r el peso específico real.

(30) Grado de alteración, que se expresa por la relación:

$$Al = \frac{D'_u - D_u}{D'_u}$$

en la que D_u es la dureza superficial de la roca y D'_u la media ponderada de las durezas de los componentes esenciales de la roca, todas ellas medidas con la escala Vickers.

(31) Tectonicidad de la roca, asignándole un valor estimado entre 0 y 3. Asímismo se indica si es milonitizada, diaclasada, etc.

(32) Tamaño del grano, dando las medidas aproximadas en milímetros, si es aproximadamente uniforme o no, en caso contrario, dando las características de su falta de uniformidad.

(33) Descripción somera de la cantera, consignándose las -

características que pudieran influir en su explotación.

(34) Se consigna el número de la estación donde se tomó la muestra y el número de orden de la muestra en esa estación.

(35) Se consignan las granulometrías tipo A, C, que se hayan utilizado para ejecución del ensayo de Los Angeles, de acuerdo con la Norma N.L.T. 149/63.

(36) Estabilidad frente a la acción del SO_4Mg (5 ciclos).

(37) En este espacio se consignan los cortes estratigráficos deducidos de los sondeos mecánicos, sísmicos y eléctricos - realizados, con las referencias correspondientes indicadas en - (23).

(38) Información complementaria de interés, tal como indicaciones sobre explotación, características negativas que pudieran influir en ella y recomendaciones a tener en cuenta en un - estudio más profundo.

En las restantes casillas no numeradas se registran los resultados de los ensayos de laboratorio que se hayan realizado - con las muestras.

Estos ensayos se realizan siguiendo las normas siguientes:

ENSAYO	NORMA
Peso específico aparente, peso - específico real y absorción de - agua %	N.L.T. 153/63 utilizando - la granulometría A de la - norma N.L.T. 149/63
Desgaste "Los Angeles"	N.L.T. 149/63 utilizando - granulometría A.C.
Estabilidad frente a la acción - del SO_4Mg	N.L.T. 158/63 utilizando - la granulometría A de la - norma N.L.T. 149/63.
Adhesividad	N.L.T. 166/63 utilizando - betún de penetración 180/ 200.

ENSAYO	NORMA
Carbonatos y sulfatos	N.L.T. 166/63 y N.L.T. -- 120/63 respectivamente.

3.2. Criterios para cumplimentar la ficha P.2.

En las casillas números (1) al (25) se consignan datos análogos a los de las mismas casillas de la ficha P.1., excepto en las casillas (7), (8) y (9) donde se sustituye la fotografía microscópica de la ficha P.1. por una fotografía más del yacimiento.

En las restantes casillas se indica:

(26) En esta casilla se consignan las características del yacimiento en cuanto a su alterometría, uniformidad y procedencia geológica de sus materiales, y una información análoga a la de la casilla (26) de la ficha P.1.

(27) Curvas granulométricas de las muestras reseñadas en las casillas (28). A cada curva se le asigna una letra de referencia para ser utilizada en las casillas (29).

(28) Se consigna el número de la estación donde se tomó la muestra y el número de orden de la muestra en esa estación.

(29) Letra de referencia de la curva granulométrica de (27) que corresponde a cada una de las muestras.

(30) En este espacio se consignan datos análogos a los de la casilla (37) de la ficha P.1.

En las restantes casillas no numeradas se registran los resultados de los ensayos de laboratorio que se hayan realizado con las muestras.

Estos ensayos se realizan siguiendo las normas siguientes:

ENSAYO	NORMA
Análisis granulométrico	N.L.T. 104/58

ENSAYO	NORMA
Equivalente de arena	N.L.T. 113/58
Presencia de sulfatos	N.L.T. 119/59
Materia orgánica	N.L.T. 117/59

CUADRO II

ESCALAS DE DUREZA					
ROCA	METAL	METODO DE ENSAYO	ESCALA DE MOHS	ESCALA E. P. C. MODIFICADA	DUREZA VICKERS SOBRE 50 KGP/MM^2
TALCO			1		2,4
	MINERAL DE PLOMO			A	
	PLOMO			AB	
YESO	PLOMO PURO			B	36
SAL GEMA	ALUMINIO		2		
	ALEACION FUSIBLE			C	
	ZINC			D	
	HULLA	UÑA	2,5		
	LATON RECOCIDO			E	
	COBRE		2-3		
CALCITA			3	EF	110
MARMOL					
ANHIDRITA					
SERPENTINA	BRONCE DE ALUMINIO			F	
ESPATO FLUOR			4		190
	HIERRO DULCE		4-5	FG	
		VIDRIO			
APATITO			5		540
AUGITA	ACERO	NAVAJA		G	
FELDESPATO	ACERO RAPIDO		6		800
PERIDOTITA		SILEX			
CUARZO			7	H	1.120
TOPACIO			8		1.400
CORINDON			9	I	2.000
	CARBURO DE TUNGSTENO				
	CARBURO DE SILICIO				2.200
	CARBURO DE BORO				3.000
DIAMANTE			10		10.000

INVENTARIO NACIONAL DE CANTERAS

(1)

(2) .....

(3) HOJA .....

(4)

A

N

V

CANTERA

(10) FRENTE (X) ..... m

(11) FONDO (Y) ..... m.

(12) POTENCIA (Z) ..... m.

(13) RECUBRIMIENTO ..... m.

(14) COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO $\alpha = o_{\frac{x}{z}}$

(15) VOLUMEN APROVECHABLE

..... m^3

(22)

ESTACIONES

(16) (17) (18)

(19) (20) (21)

(5) FOTO Nº

(6)

(7) FOTO Nº

(8)

CORTE ESTRATIGRAFICO

CROQUIS DE LA CANTERA

(9)

E

(24) ESCALA

(25) COORDENADAS DEL C. DE G.

LONGITUD .....

LATITUD .....

R

S

O

(23)

26

CARACTERISTICAS FISICAS

(26) TIPO DE ROCA

(27) MINERALES ACCIDENTALES Y ACCESORIOS

(28) DUREZA : Du =

(29) POROSIDAD : Po =

(30) GRADO DE ALTERACION AI =

(31) TECTONICIDAD :

(32) TAMAÑO DEL GRANO :

(33) TIPO DE CANTERA :

ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO		(34) MUESTRA Nº			
PESO ESPEC. APAR.					
PESO ESPEC. REAL					
ABSORCION DE AGUA %					
pH					
DESGASTE "LOS ANGELES"	(35)				
ESTABILIDAD al SO_4 Mg	(36)				
ADHESIVIDAD	% PIEDRA CUBIERTA				
	% PUNTOS DESCUB.				
	% ZONAS DESCUB.				
COMPOSICION	CARBONATOS				
	SULFATOS				

(38) OBSERVACIONES

SONDEOS DE COMPROBACION

(37)

INVENTARIO NACIONAL DE YACIMIENTOS GRANULARES

(1)

(2) | (3) HOJA

(4)

A

N

V

CANTERA

(10) FRENTE (X) - m

(11) FONDO (Y) m

(12) POTENCIA (Z) m

(13) RECUBRIMIENTO m

(14) COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO $\alpha = D_f$

(15) VOLUMEN APROVECHABLE m^3

ESTACIONES

(16) (17) (18)

(19) (20) (21)

(22)

(5) FOTO Nº | (6)

(7) FOTO Nº | (8)

CORTE ESTRATIGRAFICO

CROQUIS DEL YACIMIENTO

(9)

E

(23)

(24) ESCALA

(25) COORDENADAS DEL C DE G.

LONGITUD . . . . .

LATITUD . . . . .

R

S

O

COMPOSICION

(26)

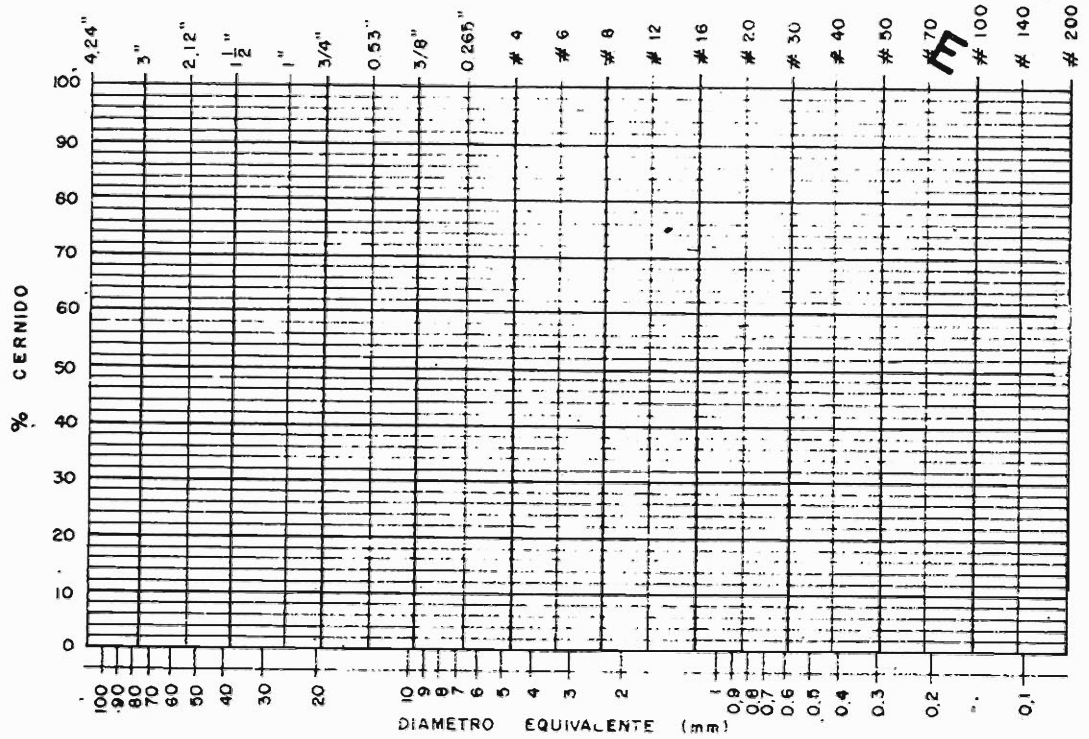
R E V

ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO	MUESTRA (28)	(28)	(28)	(28)
	(29)	(29)	(29)	(29)
GRANULOMETRIA				
EQUIVALENTE DE ARENA				
PRESENCIA DE SULFATOS				
MATERIA ORGANICA				
CLASIFICACION H.R.B.				
CLASIFICACION CASAGRANDE				

(27)

ANALISIS GRANULOMETRICO



SONDEOS DE COMPROBACION

(30)

R S O

3.3. Criterio para cumplimentar los cuadros resúmenes

3.3.1. Cuadros resúmenes de suelos

Por cada cuadrante estudiado se realiza un cuadro resumén - de suelos que se cumplimenta de acuerdo con los que sigue:

Los números entre paréntesis se refieren a la casilla co- - rrespondiente en el modelo del cuadro que se incluye (P.3)

En dichas casillas se indica:

(1) Número del cuadrante a que pertenece la muestra de suelo ensayada.

(2) Origen del suelo según 2.1.1.

(3) Número de la estación con toma de muestra donde se ha realizado el sondeo y que figura en la cartografía (superponible).

(4) Número de la muestra correspondiente al sondeo (3)

(5) Espesor del estrato al que pertenece la muestra (4)

(6) Tamaño máximo

(7) % cernido por el tamiz 200 de la serie ASTM

(8) Límites de Atterberg obtenidos según ensayos N.L.T. -- 105/58 y N.L.T. 106/58

(9) Equivalente de arena obtenido según ensayo N.L.T. 113/58

(10) Contenidos, en casos que se presuma su nocividad, de - materia orgánica, carbonatos y sulfatos, determinados según las normas N.L.T 118/59, N.L.T 116/59 y N.L.T 120/59 respectivamente.

(11) Clasificación de Casagrande y del Highway Research - - Board.

(12) Descripción del material

3.3.2. Cuadro resumen de canteras

Este cuadro resume las características más importantes de todas las canteras del tramo. Estos datos se obtienen de las fichas correspondientes consignando los datos que figuran en el modelo P.4

3.3.3. Cuadro resumen de yacimientos granulares.

Análogo a 3.3.2. para los yacimientos granulares, según modelo P.5

P-3

CUADRO RESUMEN DE SUELOS

LOCALIZACION (1)	ORIGEN (2)	SONDEO Nº (3)	MUESTRA Nº (4)	ESPESOR DE ESTRATOS en m. (5)	TAMAÑO MAX. (6)	% CERNIDO POR # 200 (7)	LIM. ATT. (8)		EQUIVALENTE DE ARENA (9)	M.O., CO_3 y S (a) (b) (c) (9)	CLASIFICACION (11)		DESCRIPCION (12)
							L. L.	I. P.			Casagrande	H. R. B.	

P-4

CUADRO RESUMEN DE CANTERAS

LOCALIZACION	CANTERAS	PESO ESPECIFICO		DESGASTE L.A.		ESTABILIDAD al SO_4Mg	ADHESIVIDAD	ABSORCION	VOLUMEN APROXIMADO	OBSERVACIONES
		APAR.	REAL	A	C					

P-5

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS

LOCALIZACION	YACIMIENTO	TAMAÑO MAX.	% CERNIDO POR # 4	%..CERNIDO POR # 200	EQUIVALENTE DE ARENA	VOLUMEN APROXIMADO	CASAGRANDE	OBSERVACIONES

M. O. P. — DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS — DIVISION DE MATERIALES — SERVICIO DE LABORATORIOS Y PROSPECCIONES

3.4. Preparaciones en lámina delgada

Cada ficha del modelo P.1. va acompañada de una o varias - preparaciones en lámina delgada para estudio petrográfico con - microscopio. Estas preparaciones se harán con muestras que sean representativas de los materiales existentes en el yacimiento.

Los resultados del estudio de cada preparación en lámina - delgada, irán reflejados en la ficha correspondiente.

El soporte de cristal es de 27 x 47 mm. y en el se indican además de la referencia de la casilla (8) para identificación - de la muestra, los datos que figuran en las casillas (2) y (3) de la ficha correspondiente.

3.5. Memorias

3.5.1. Memoria general

La Memoria general del estudio incluye la siguiente información:

1. ANTECEDENTES

   1.1. Objeto
   1.2. La zona estudiada
   1.3. Criterios y símbolos utilizados
   1.4. Fuentes de información
   1.5. Procedimiento seguido en el estudio
   1.6. Personal que ha intervenido en el estudio

2. GEOLOGIA DE LA ZONA

   2.1. Morfología
   2.2. Hidrografía. Drenajes
   2.3. Estratigrafía y Litología
   2.4. Tectónica

3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

   3.1. El terreno como cimiento del firme

3.1.1. Cimiento rocoso

3.1.2. Cimiento en terreno de transición

3.1.3. Cimiento en terreno suelto

3.2. El terreno como cimiento de obras de fábrica

3.3. Estabilidad del terreno

4. MATERIALES

4.1. Terrenos de préstamo

4.2. Yacimientos granulares

4.3. Canteras

ANEJOS

A.1. Cuadros resumenes

A.1.1. Cuadro resumen de suelos (por cuadrantes)

A.1.2. Cuadro resumen de yacimientos granulares (por tramo)

A.1.3. Cuadro resumen de canteras (por tramo)

A.2. Fotografías

A.3. Gráficos y cortes geológicos

A.4. Fichas de canteras y yacimientos granulares

3.5.2. Memoria de Hojas

La Memoria de cada Hoja (cuadrante) incluirá la siguiente información:

1. DESCRIPCION GEOLOGICA GENERAL

Este apartado constará de los siguientes datos:

1.2. Morfología: Topografía, Movimientos del terreno y taludes naturales, Circunstancias estratigráficas, Tectónicas y Petrográficas.

1.3. Hidrografía: Drenaje superficial y profundo.

1.4. Estratigrafía: Las series existentes y su exposición en orden cronológico (cuando las circunstancias lo permitan), o bien, la posición relativa entre ellas.

1.5. Tectónica: Rasgos estructurales característicos de la zona.

2. GRUPOS LITOLOGICOS

Se describen tantos grupos litológicos como se diferencien en la cartografía y tendrán la información que se cita:

a) Localización: situación e importancia de su extensión
b) Descripción: litofacies
c) Datos técnicos: características y comportamiento mecánico de los materiales.
d) Canteras y yacimientos granulares: descripción de cada una de las canteras existentes, incluyendo corte geológico cuando se crea de interés. Descripción de zonas de posible explotación.

3. CONCLUSIONES

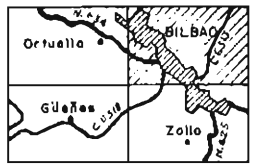
Resumen general de las condiciones de la Hoja 1/25.000 en cuanto se refiere a la amplitud y características de los materiales existentes (suelos, yacimientos granulares, canteras), para ser utilizados en carreteras.

A continuación se ilustra la descripción con uno de los estudios realizados por el Servicio de Laboratorios y Prospecciones.

BILBAO



M O P — DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS — DIVISION DE MATERIALES — SERVICIO DE PROSPECCIONES

M.O.P	DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES DIVISION DE MATERIALES SERVICIO DE LABORATORIOS Y PROSPECCIONES	PLANO DE SITUACION	
	Estudio previo de terrenos HOJA - 61-1		

1. DESCRIPCION GEOLOGICA GENERAL

La Hoja 61-1 está ocupada totalmente por profundos valles y agrestes montañas con alineaciones NO-SE.

Los materiales dominantes en la Hoja son cretácicos; encontrándose una estrecha franja al NE de la Hoja, de materiales eocenos y una reducida extensión de depósitos cuaternarios circunscritos a las proximidades de los ríos que la surcan.

La mayor parte de las sierras están constituídas por materiales correspondientes al Cretácico Medio. Estas formaciones cretácicas empiezan en su base por unas margas de tonos gris-oscuro, algo arenosas, en bancos potentes y compactos de más de 1 m. A medida que se asciende en la serie estratigráfica, se van intercalando estratos tableados de areniscas micáceas duras, al mismo tiempo que las margas van aumentando en contenido de arenas. En la fase final las margas toman aspecto tableado, haciendose más potentes las areniscas. Estas margas se encuentran a lo largo del Valle del Nervión, ladera N. de la Sierra de Archanda y montes del SE de la Hoja. En concordancia estratigráfica descansan sobre estas margas, unas pizarras sedimentarias arcillo-micáceas, con concreciones ferríferas, entre las que se interestratifican paquetes de estratos de areniscas moscovíticas deleznables con tonos pardo-amarillentos. Con la alternancia en facies flysch de estos materiales se extiende la formación desde la Sierra de Archanda, Santo Domingo, etc., hasta el valle de Asua.

El Cretácico Superior ocupa todo el valle de Asua y -

está representado en su base por una alternancia en facies flysch de margas grises arriñonadas, con areniscas tableadas grises, de grano fino, cementadas por carbonato cálcico. En su fase final el Cretácico Superior pasa a una alternancia en facies flysch de finos estratos de areniscas deleznables con estratos limosos y areniscas algo compactas.

El Eoceno comienza en su base con unas calizas tableadas gris azuladas, muy margosas, sobre las que descansan en concordancia estratigráfica unas areniscas deleznables amarillentas en estratos de unos 30 cm. de potencia. Estas areniscas, en cambios laterales de facies, pasan a ser de grano grueso, compactas y duras. Esta formación se encuentra en toda la alineación de las sierras de Umbe, Goico -- Echevarri, etc.

El Cuaternario se encuentra en los valles surcados por los ríos, alcanzando su máxima extensión en las proximidades de Baracaldo, Sestao y Las Arenas. El exiguo desarrollo de los depósitos aluviales, se debe al corto recorrido de la red hidrográfica. El eluvial se encuentra recubriendo las formaciones anteriormente descritas a excepción de las calizas recifales del Cretácico Medio.

2. TECTONICA

La tectónica de esta Hoja, es la del conjunto de cadenas montañosas Cantábricas originadas por el plegamiento Alpino. Los grandes esfuerzos tangenciales de la orogenia Alpina, han dado lugar a una intrincada topografía con profundos y encajados valles, pasando rápidamente de cotas de escasa elevación a crestas y sierras de unos 400 m. de altitud.

La dirección general de los pliegues, así como la orientación de las sierras es aproximadamente NO-SE.

Los apretados pliegues, la disposición vertical de --

los estratos y número de fallas observadas, nos dan un índice de los intensos esfuerzos a que ha estado sometida la zona.

Donde mejor puede observarse la tectónica, es en la formación flysch de pizarras sedimentarias y areniscas micáceas deleznables. Debido a las dislocaciones locales y al carácter tableado de las formaciones litológicas, los pliegues se encuentran acostados y con frecuentes cambios de rumbo en la dirección de sus estratos.

Es muy difícil localizar los accidentes tectónicos y mucho más apreciar sus formas sobre el terreno.

La falta de la observación directa de los estratos -- por falta de afloramientos enmascarados por el eluvial, y la espesa vegetación que sobre él se desarrolla, dificultan el estudio tectónico y estratigráfico de la región.

Relacionado con la tectónica se encuentran las manifestaciones volcánicas de tipo fisural, que afloran en Las Arenas, Sangróniz, etc.

3. GRUPOS LITOLOGICOS

Qm (Da") - Este grupo litológico corresponde al complejo Urgoniense, ocupa la parte SO de la Hoja y el valle del Nervión.

Empieza la serie con potentes estratos de margas grises oscuras de 1 m. de potencia, algo arenosas, compactas e impermeables.

Entre estas margas se interestratifican estratos de areniscas negras, moscovíticas, arcillosas con fracturación concoidea, cementadas por carbonato cálcico.

Esta formación se repite en facies flysch aumentando los estratos de areniscas al mismo tiempo que disminuyen -

sus potencias a medida que ascendemos en la serie estratigráfica, hasta tomar en su fase final un aspecto tableado en el contacto con las pizarras sedimentarias.

Esta formación es muy difícil separar en subgrupos litológicos debido a la similitud de los mismos y a los rápidos y frecuentes cambios laterales de facies.

Oc - Calizas de color gris en superficie y de aspecto gris oscuro o azulado en fractura a veces negra, de grano fino; de aspecto algo margoso en algunos puntos y en otros semicristalinas, duras y compactas, siendo objeto de explotación de cantera.

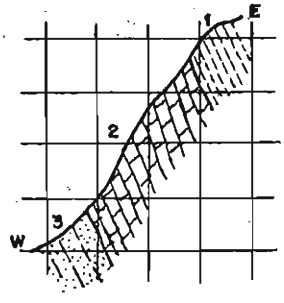
Lo característico de estas calizas es su presentación en masas alargadas y discontínuas observándose una perfecta estratificación en determinados puntos y pasando rápidamente a formas masivas.

Por disolución y alteración superficial dan lugar a - numerosas torcas con superficies cársticas muy agudas. Las dolinas generalmente se sitúan en línea, impuesta por alguna falla o línea de fractura.

Los límites entre esta caliza y el resto de las formaciones, son tajantes o por grandes fallas.

El desarrollo del carst es tan intenso, que se presumen abundantes simas en el interior de las calizas.

El carácter arrecifal se debe, no solo a su morfolo-- gía, sino también al contenido faunístico de las mismas. - Es curioso observar que la inmensa mayoría de las minas de hierro se encuentran en estas calizas o en el contacto por falla entre las calizas y las areniscas (Da") micáceas.

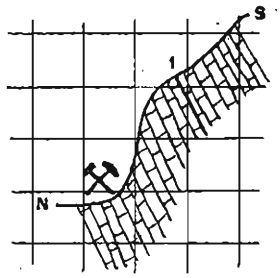


1 - Margas grises

2 - Calizas recifales

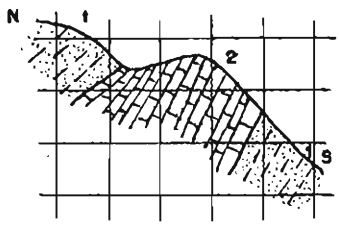
3 - Margas arenosas con intercalaciones de areniscas.

Qc-1 - Caliza gris muy oscura, semicristalina en potentes estratos casi verticales.



1 - Calizas recifales

Qc-2 - Cantera a pleno rendimiento en el flanco del gran sinclinal; caliza compacta de grano fino con diaclasas rellenas de calcita.



1 - Margas algo arenosas

2 - Caliza recifal

Qc-3 - Cantera de caliza en el flanco de un sinclinal. Caliza gris oscura de grano fino algo arcillosa, microfosilífera, en potentes estratos que pasan paulatinamente de 30º de buzamiento a verticales.

Ap (Da^{IV}.Da^{V}) - Componen este grupo litológico unas pizarras sedimentarias, micáceas, esquistosas de tonos pardos y oscuros, con concreciones de limonita, de formas caprichosas e irregulares, con un mayor predominio de tipo -

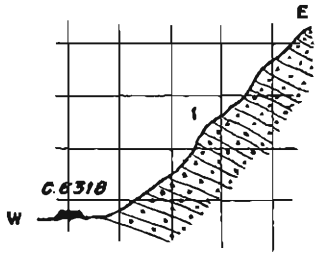
ovoide. Entre estas pizarras se interestratifican en facies flysch unas areniscas pardo-amarillentas, micáceas - de grano fino a medio, unas veces compactas (Da^{V}) y otras deleznables (Da^{IV}).

Estas areniscas son objeto de explotación para la extracción de arenas o material refractario.

En esta formación se encuentran esporádicamente estratos de arcilla de escasísima potencia pero muy plásticos.

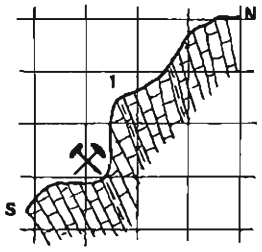
Sobre estas pizarras y areniscas se ha formado un - eluvial propenso a deslizamiento en zonas de acusada pendiente, cuando se carga de agua.

El grado de escarificación de este grupo depende de la clase de estratos encontrados en cada caso. Sin embargo, aunque la compacidad de los estratos es diferente para cada clase de roca, se ha considerado esta propiedad para el conjunto del grupo litológico, por existir una mayor - proporción (70%) de pizarras sedimentarias, (Ap). En general puede decirse que la escarificación es posible hasta unos 10 metros de profundidad, a partir de la cual se - - hace necesario el uso de explosivos para la excavación. - Dentro de estos 10 m escarificables se distingiran dos capas; la primera, facilmente escarificable tiene una profundidad de unos 4 m e incluye la capa de eluvial que recubre la formación; la segunda, hasta los 10 m es de ripabilidad media debido a la mayor compactación y menor alteración de los estratos que la forman.



1 - Estratos de areniscas deleznables.

rales de facies, se encuentran unas areniscas de grano medio y grueso (Da^{V}), compactas y duras, en potentes estratos de más de 5 m de potencia.



1 - Caliza brechoidea

Qc'''-1 - Caliza brechoidea con intercalación de algún estrato fino de caliza margosa.

En el frente se observan muchas fracturas, por las que circulan las aguas de filtración, dejando una película arcillosa sobre la caliza.

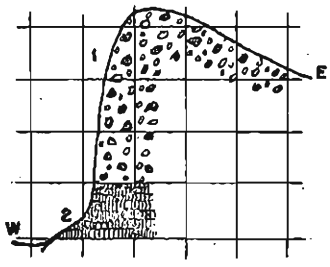
(Da''',Qm');Da''' - Grupo formado por una alternancia en facies flysch de margas arenosas arriñonadas, de tonos grisáceos, con areniscas tableadas, grises, de grano fino, cementadas por carbonato cálcico. Esta formación, correspondiente al Cretácico Superior, se encuentra totalmente replegada, formando apretados anticlinales y sinclinales. A medida que ascendemos geológicamente van disminuyendo la potencia de las margas, al mismo tiempo que aumentan las areniscas en frecuencia de estratos y potencia (Da''').

Esta formación es escarificable casi en su totalidad y sobre ella se encuentra una capa eluvial de unos 50 cm poblada de verdes praderas.

Vb; Vc; Da - Las manchas eruptivas de tipo fisural encontradas en Las Arenas, Desierto, Sangróniz, etc. descritas como ofitas por Adán de Yarza, no son tales. Se han hecho preparaciones microscópicas de estas rocas y se ha llegado a la conclusión de que se trata de unas rocas volcánicas, tipo andesítico basáltico, con textura traquítica (Vb).

Estas rocas aparecen en promontorios formados por -- bombas volcánicas (Vc) adosadas unas a otras formando un aglomerado, o por conglomerados volcánicos formados por - bombas volcánicas englobadas en una matríz constituída -- por elementos cineríticos piroclásticos. Estos conglomerados y aglomerados están frecuentemente atravesados por coladas magmáticas de tipo andesítico o basáltico.

En la carretera local de Asua a Luchana, se encuentran en discordancia erosiva con las rocas volcánicas, - unos estratos detríticos (Da) formados por minerales de - análoga composición a las rocas volcánicas. Los cambios - de tonalidad, que estos estratos presentan, se deben a la alteración de los minerales ferromagnesianos producida -- por las emanaciones hidrotermales.

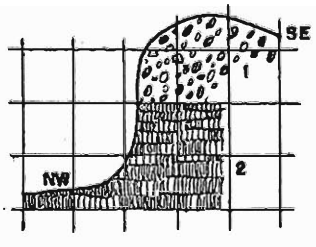


1 - Conglomerado volcánic

2 - Colada basáltica

Vb-1 - La cantera se encuentra en unos conglomerados formados por bombas volcánicas, tipo basaltos, englobados en una matríz cinerítica. En la base de estos conglomerados se encuentra una colada basáltica.

Al microscopio se observa una textura traquítica, formada por plagioclasas y piroxenos.

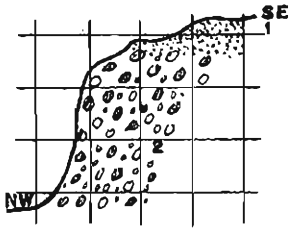


1 - Conglomerado volcánico

2 - Colada basáltica

Vb-2 - Basalto en masa. Al microscopio se observan-- unos microcristales de plagioclasa, piroxenos rómbi-

cos y monoclínicos, cementados por una pasta criptocristalina con gran cantidad de esferolitos de plagioclasa.



1 - Arenas marinas

2 - Conglomerado volcánico

Vc-1 - Conglomerados volcánicos tipo basalto. Al microscopio se observan microcristales de plagioclasa y piroxenos cementados por una matríz criptocristalina de feldespatos con gran cantidad de esferolitos de plagioclasa.

A - El Aluvial de la presente Hoja se encuentra en los valles de los ríos que la surcan.

El carácter accidentado de la topografía y el corto recorrido de los cursos fluviales, hacen que esta formación ocupe una extensión mínima dentro de la Hoja. Los depósitos son generalmente arcillo-limosos, sobre los que se desarrolla un suelo vegetal arcilloso.

El suelo superficial cartografiado como A67 tiene una profundidad media de 2 m. A continuación el suelo se hace grafualmente más granular, aumentando en profundidad el contenido de arenas, gravas y bolos, sin desaparecer el material arcilloso. Este suelo más profundo es de los tipos A2-6 y A2-7.

Una característica importante a tener en cuenta en estos suelos es su alto contenido en materia orgánica, dado el potente tapíz vegetal que cubre la región. El porcentaje de materia orgánica de la capa superficial A67, es del orden del 2%, llegando en algunos casos a sobrepasar el 5%.

RSS-2 - Cantera de areniscas deleznables de la que - se extraen arenas para la construcción.

Son areniscas pardo-amarillentas de grano fino.

$(Da^{IV}.Am)/(Qm'.Da''')$ - Ocupa todo el valle de Asua, Sondica, etc. Empieza en su base con una alternancia en - facies flysch de margas arriñonadas de tonos grisáceos -- (Qm'), con areniscas tableadas grises de grano fino, compactas y duras, cementadas por carbonato cálcico (Da'''). Esta formación se presenta en estratos casi verticales, - con dirección aproximada E-O. A medida que se asciende en la serie estratigráfica, las margas se van haciendo más - arenosas, dando lugar en su fase final a una alternancia en facies flysch de areniscas deleznables (Da^{IV}), pardo-amarillentas y estratos limosos (Am) cuyas potencias oscilan entre unos 5 y 12 cm.

Esta formación es casi totalmente escarificable, y sobre ella se encuentra una capa eluvial de unos 50 cms. en la que se desarrolla un frondoso tapíz vegetal.

$(Da^{IV}.Da^{V})/(Qc".Qm")+ Qc'''$ - Con este grupo queda representada toda la formación eocena del NE de la Hoja. Empieza la serie estratigráfica con unas margas arriñonadas arenosas con tonos vinosos o verdosos (Qm"). Sobre - estas margas descansan unas calizas tableadas gris-azuladas, muy margosas entre las que se interestratifican finos estratos de margas grises arriñonadas (Qc".Qm"). - - Este conjunto se altera con facilidad. Por cambios laterales de facies, aparecen en esta formación potentes estratos de calizas gris clara (Qc'''), algo brechoidea - con intercalación de finos estratos margosos.

Sobre las calizas grises margosas, se encuentran - unas areniscas deleznables pardo-amarillentas micáceas - (Da^{IV}), en estratos cuya potencia oscila entre 10 y 50 - cm. unos compactados y otros no. Estas areniscas se ex-- plotan como material granular. También por cambios late-

Los índices de grupo se mantienen acordes con la clasificación H.R.B. y varían de 10 a 20 en el suelo superficial A67, disminuyendo a valores muy bajos en profundidad. (Indices de grupo 0 y 1 para suelos del tipo A2-6).

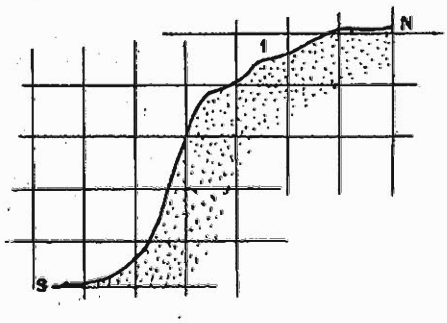
C - El Coluvial tiene desarrollo aún más escaso que el Aluvial.

Aunque la naturaleza de estos suelos es la misma que la del Aluvial, se diferencia en que el grado de descomposición de las rocas de que proceden es menor, encontrándose diferencias de tamaños y plasticidad.

En muchos casos el origen margoso de estos suelos se traduce en una plasticidad elevada, como corresponde a los cartografiados como C75.

En las proximidades de los grupos areniscosos se encuentran coluviales menos plásticos. A estos pertenecen los terrenos cartografiados como C13.

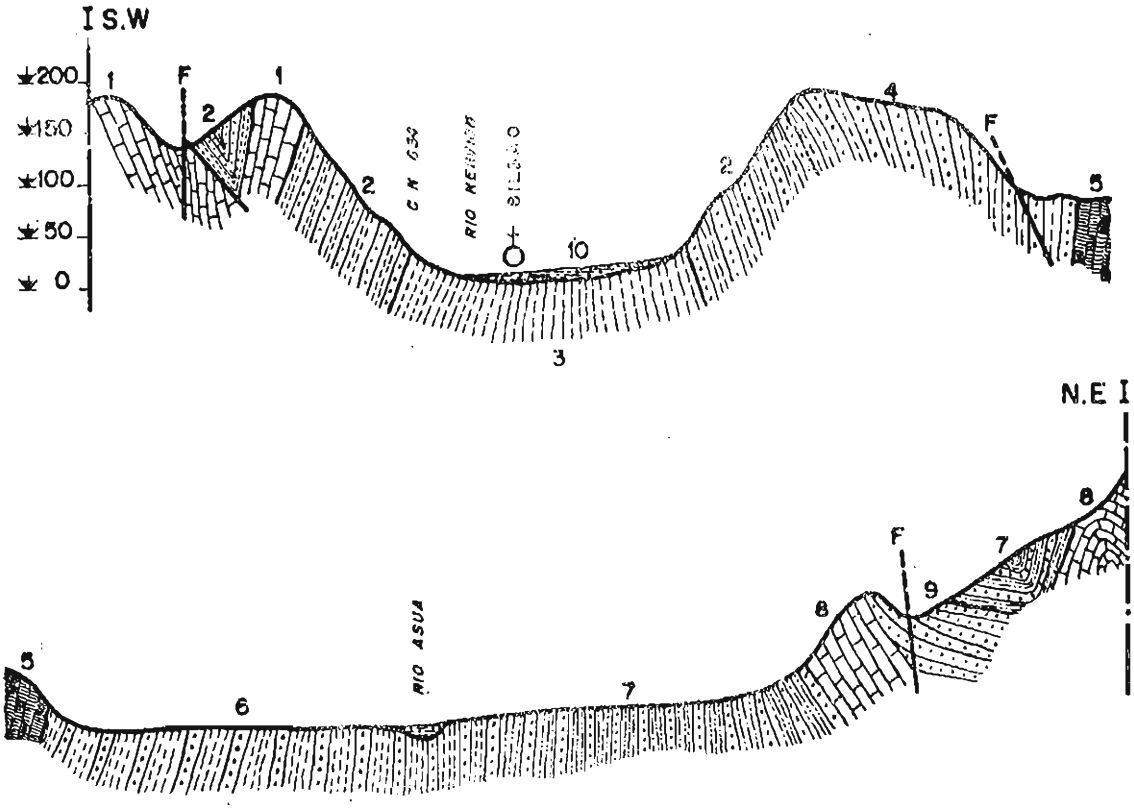
R - Con este grupo se han cartografiado unas arenas pardo-amarillentas conchíferas correspondientes a la transgresión marina del Cuaternario. Estas arenas yacen en discordancia erosiva sobre pequeños promontorios formados por bombas volcánicas.

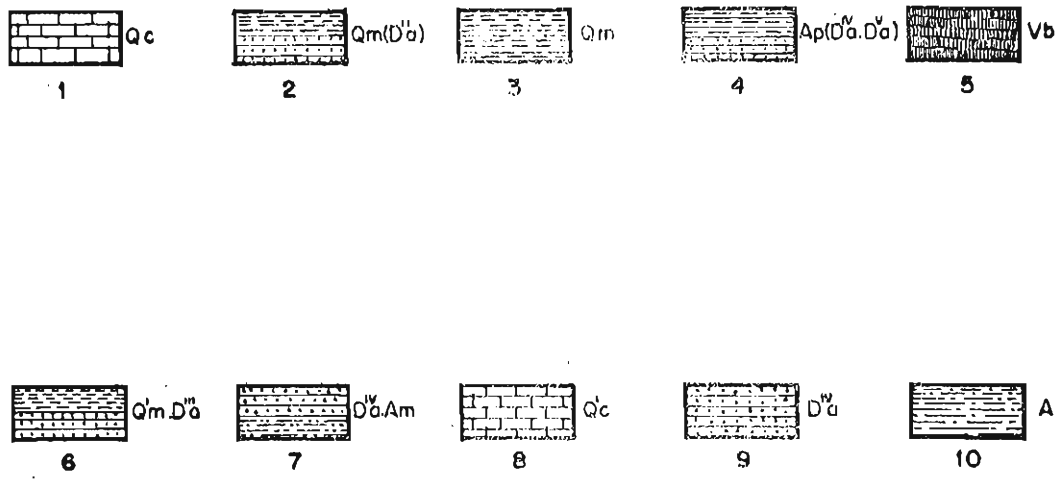


1 - Arenas finas

RSS-1 - Arenas marinas con fragmentos conchíferos, pardo-amarillentas; muy limpia, se encuentra en discordancia erosiva sobre pequeños promontorios de rocas volcánicas. Fácil acceso y explotación.

CORTE GEOLOGICO





2 · REALIZACION

ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENOS - REALIZACION

1. GENERALIDADES

El contenido de un estudio previo de terrenos ha venido condicionado por las limitaciones que impone la posibilidad de su realización a un costo reducido, al mismo tiempo que se consigue la información suficiente para llevar a cabo los estudios de carreteras que se enumeran más adelante.

La fotointerpretación ha puesto en manos de la técnica de carreteras un arma poderosa, que en último término ha sido la que ha hecho posible estos estudios. Implica, el poder llevarse el campo a la oficina.

Se quiere recalcar que se trata de la fotointerpretación en su sentido amplio y no solo de fotogeología o de fotogrametría. El Ingeniero puede sacar partido de la fotointerpretación tanto para buscar un acceso a un punto de sondeo como para asignar a cada cuenca el coeficiente de escorrentía, en el proyecto de drenaje superficial, etc.

2. FASES DE LA REALIZACION DE UN ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS

Es muy conocido el hecho de que en un pais con una civilización milenaria, cada metro cuadrado de la nación ha sido investigado numerosas veces por el hombre con diversos fines. - - Nuestros organismos de carreteras, varias veces centenarios, han conocido y conocen profundamente las franjas de terreno por donde discurren nuestros caminos o las zonas de donde se extraen los materiales para su construcción. Pero todos estos conoci- -

mientos por dispersos y poco sistemáticos no eran utilizables -- por la técnica actual.

Los estudios previos de terrenos deben realizarse pues, en dos grandes fases: 1ª Confección y 2ª Actualización.

La primera fase la viene realizando el Servicio de Laboratorios y Prospecciones de la División de Materiales y la segunda, los Servicios Regionales de Materiales.

2.1. Etapas de la 1ª fase

En la programación C.P.M, que se adjunta, se enumeran en - detalle todas las actividades y sucesos de las etapas necesa- - rias para terminar la 1ª fase de un estudio previo.

Etapas

1ª. Estudio de la documentación existente
2ª. Estudio interpretativo de fotografías aéreas
3ª. Confrontación del estudio anterior en el campo
4ª. Toma y análisis de muestras
5ª. Preparación de resultados

2.1.1. Estudio de la documentación existente

Al iniciarse el trabajo de la zona a estudiar, el personal encargado de su realización estudia con detenimiento toda la información geológica y geotécnica de que se disponga.

Se juzga muy importante el tratar de conseguir toda la información, de forma que en las cuestiones opinables no se emita un juicio que no esté suficientemente probado. Entre las cuestiones opinables, figura como más significativa la edad de los - terrenos que en último término no es más que un dato intermedio para el usuario de los estudios previos.

La existencia o no de información, se traduce más en diferencía de rendimiento que de calidad del trabajo.

2.1.2. Estudio interpretativo de fotografía aérea

Desde que se iniciaron los estudios previos de terrenos, - ha crecido en intensidad el empleo de la fotointerpretación.

En la programación C.P.M., aparece en el camino crítico -- con 6,1+28,7 = 34,7 días sobre 108; esto es, aproximadamente la tercera parte del tiempo necesario.

Las dos actividades en que se realiza la fotointerpreta- - ción, consisten en un primer examen fotogeológico para un reconocimiento previo en el campo, y la otra, en la cartografía detallada de los diversos terrenos; cartografía que solo requiere pequeñas correcciones después de la visita al campo.

La primera actividad, la suele realizar el geólogo y la segunda, el fotogeólogo especialista.

En realidad, la fotointerpretación, se continúa haciendo - durante todo el estudio.

En esta etapa, es donde realmente se da el peso de gigante en la posibilidad económica del trabajo.

Permite, nada menos, que trazar los límites entre las distintas formaciones, y en muchos casos, su identificación.

2.1.3. Confrontación del estudio en el campo

Una vez terminada la fotointerpretación, se desplaza el -- equipo de campo para proceder a la comprobación de los supuestos de la cartografía previa y la identificación de los distintos - terrenos con todos los matices que se han descrito en la primera parte.

Esta actividad es la que presenta una mayor dispersión en los valores de su duración por hoja. Los factores que más influyen son:

Topografía
Accesos

Variabilidad litológica
Tectónica
Vegetación
Climatología

Aunque se ha pretendido hacer estos estudios lo más objetivamente posible, no puede dejar de notarse la personalidad del geólogo. Poco a poco ha habido que luchar contra la meticulosidad superflua y contra alegres optimismos.

Es muy recomendable y siempre que se ha podido, se ha hecho, la contrastación del trabajo de campo.

El trabajo de campo, con la fotointerpretación, ha dejado de ser un marathon interminable. Ahora se va a detalles concretos que puedan definir toda una serie que antes, solo el genio o la fortuna podrían poner al alcance del caminante.

Solo en el caso de tener que hacer un corte geológico para seguir la serie, se hace inevitable la caminata.

Un Land-Rover, prismáticos, brújula, altímetro y las fotografías aéreas con el estereóscopo de campo constituyen la dotación del equipo de campo. Es muy necesario llevar conductor que se constituye en un auxiliar muy valioso del geólogo. Toma muestras, ayuda al montaje del estereóscopo, acude al final del corte, etc.

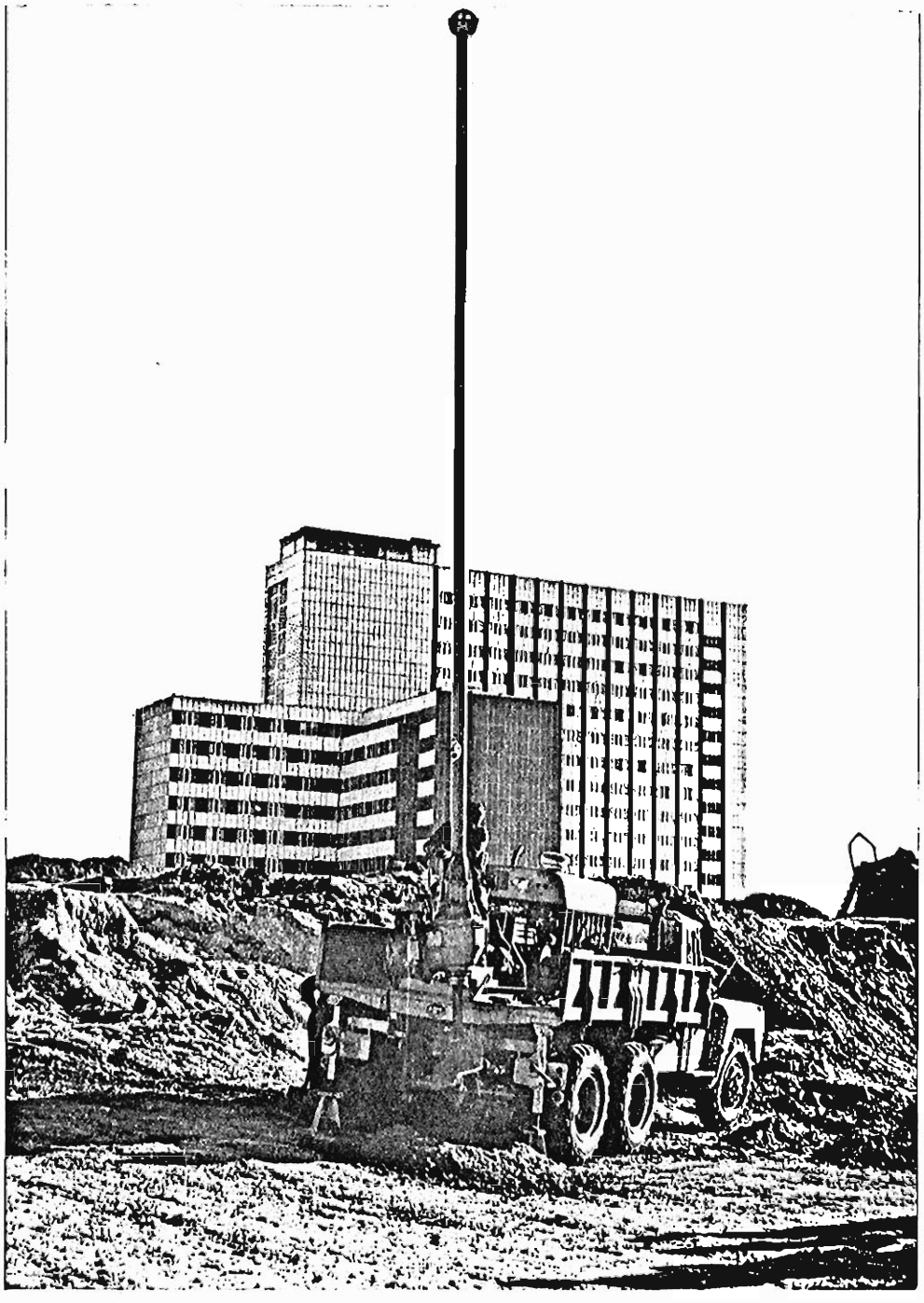
En esta actividad es donde se toman las muestras de rocas. Para tomar las de suelos y yacimientos granulares, hay que recurrir a las sondas.

Repetidas veces, se ha intentado adoptar la sonda de mano para obtener muestras de suelos durante la confrontación del estudio en el campo. Se ha desistido de hacerlo así, en parte por aumentar el rendimiento del geólogo en su misión de discurrir - pero sobre todo para que esta actividad no pierda el carácter - de confrontación detallada pero rápida y sin perder la perspectiva.

2.1.4. Toma y análisis de muestras

Aunque durante la actividad anterior se suelen tomar las muestras de rocas, es esta la que puede considerarse la de toma de muestras, ya que a veces, en aras de la rapidez, se deja para este período la toma de muestras de rocas entre otras cosas, por el enorme peso que representan.

La toma de muestras de suelos, se realiza con una sonda - mecánica helicoidal sobre vehículo.



La ventaja de utilizar estos poderosos medios de toma de - muestras es su economía. En una jornada de trabajo se pueden -- hacer 15 sondeos de hasta 5,40 m.

Aunque por cada hoja 1:25.000 no se suelen hacer más de 10 sondeos, el regreso del camión de una campaña de media semana supone la - invasión de la Sección de Suelos del Laboratorio. Hay que precaverse de este peligro real, limitándose a tomar las muestras estrictamente necesarias. Cualquier descuido en este asunto supone el agarrotamiento del Laboratorio. Tal es la capacidad de -- trabajo de una sonda mecánica helicoidal.

Por otra parte una abundancia de muestras y resultados de ensayos, aunque dé más elementos para clasificar, a veces sume en la perplejidad al que las maneja.

En resumen, el criterio de toma de muestras es que sean pocas y significativas.

2.1.5. Preparación de resultados

Esta etapa está constituída por el resto de las actividades que se consignan en la programación C.P.M.

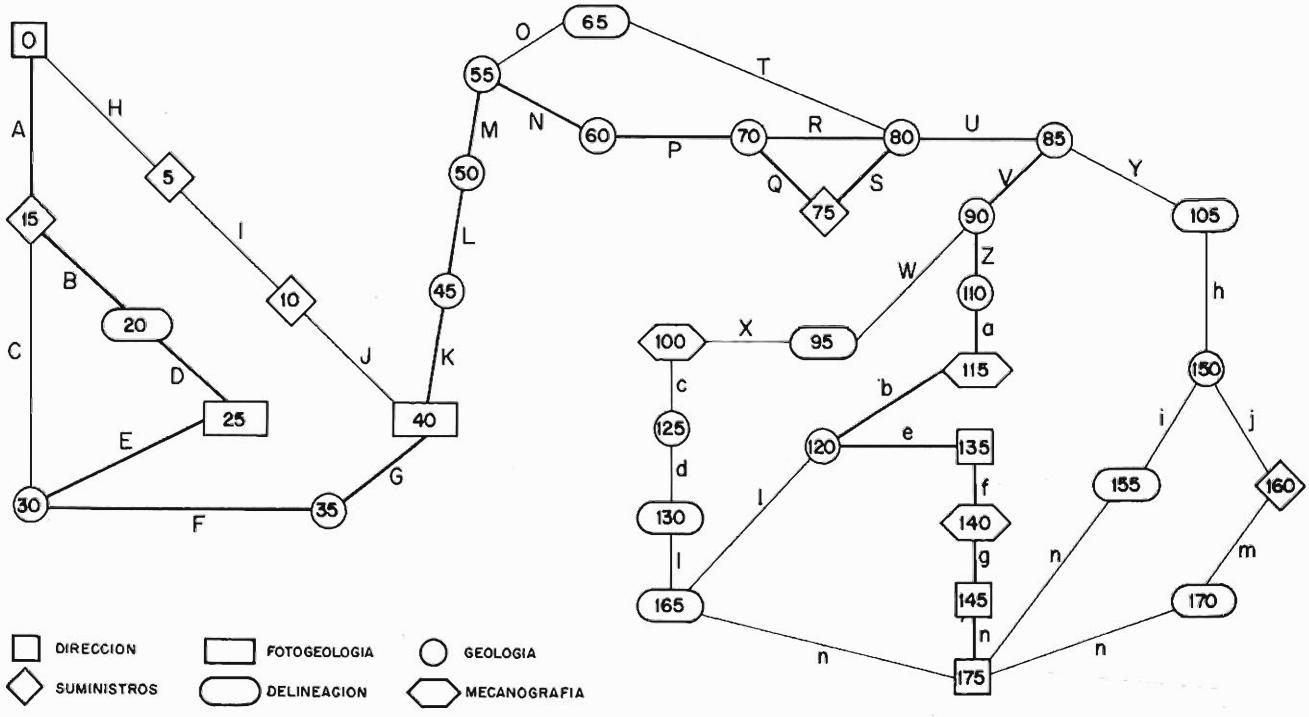
Si bien las etapas anteriores tienen un gran contenido e - importancia, la que cuesta más trabajo conseguir es la de preparación y edición de los trabajos.

Ha sido el cúmulo de "pequeños" detalles lo que ha obligado a esta minuciosa programación. La enumeración de las actividades releva de una más amplia explicación

Actualmente, se editan cinco ejemplares de fotoplano y superponible a escala aproximada 1:25.000 y cincuenta ejemplares a escala 1:33.000.

PROGRAMACION CPM PARA ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS.——

RESPONSABLE	NUDO	SUCESO	PRED.	FLECHA	ACTIVIDAD	T_D	T_E	T_L	T_S		
□	175	Entrega del estudio					108	108	0		
			170	n	Encuadernación	1,5					
			165	n	"	1,5					
			155	n	"	1,5					
			145	n	"	1,5					
⬭	170	Entrega de transparentes coloreados					88	107	19		
			160	m	Coloreado de transparentes	2,1					
⬭	165	Entrega de informe y fichas					102	107	5		
			130	l	Pegado de fotos	1,6					
			120	l	" " "	1,6					
⬡	155	Entrega del plano 1: 100.000					88	107	19		
□	145	Entrega del informe geotécnico	150	i	Confección plano 1:100.000	4,6	107	107	0		
◇	160	Recepción de transparentes	140	g	Corrección y mecánica del informe geotécnico	0,6	86	105	19		
○	130	Entrega de fichas a falta de fotos	150	j	Confección de transparentes	3	92	105	13		
○	150	Superponibles terminados	125	d	Confección copias de fichas	1,6	83	102	19		
◇	140	Entrega del informe geotécnico para corregir	105	h	Corrección y delineación final de superponibles	0,2	106	106	0		
○	125	Entrega de fichas para sacar copias	135	f	Mecanografía del informe geotécnico	1,6	90	103	13		
⬭	105	Entrega del superponible para corregir	100	c	Corrección y delineación final de fichas	1	83	101	18		
□	135	Entrega del informe geotécnico borrador	85	y	Delineación de superponibles	1	104	104	0		
◇	100	Entrega de fichas para corrección	120	e	Redacción del informe geotécnico	4	89	102	13		
○	120	Informe geológico terminado(a falta de fotoplano)	95	x	Mecanografía de fichas	2	100	100	0		
⬭	95	Entrega de fichas para mecanografía y corregir	115	b	Corrección del informe geológico y mecanografía final	4	87	100	13		
○	115	Entrega informe geológico para corregir	90	w	Delineación de fichas	2	98	98	0		
○	110	Entrega borrador informe geológico	110	a		3,1	93	93	0		
○	90	Entrega borrador de fichas	90	z	Redacción del informe geológico	8,1	85	85	0		
○	85	Entrega superponibles para delineación	85	v	Confección borrador fichas	3,5	82	82	0		
○	80	Superponibles a falta de pasar ultimos datos borrador Entrega borrador cuadros de ensayos. Recepción de fotos.	80	u	Pasar últimas datos a superponibles	2	80	80	0		
			75	S	Pasar ensayos a cuadros borrador	1,6					
			70	R	Confección de fotos pequeñas	3					
			65	T	Corrección superponibles	1,1					
◇	75	Recepción resultados de ensayos	70	Q	Ejecución de ensayos	13,7	78	78	0		
⬭	65	Entrega de superponibles para corregir	55	O	Delineación de superponibles	3,8	60	79	19		
◇	70	Envio de muestras al laboratorio	60	P	Toma de muestras	8	64	64	0		
○	60	Salida de la sonda	55	N	Preparación toma de muestras y señalar sondeos	1,6	58	58	0		
○	55	Entrega de contactos a delineación	50	M	Corrección borrador contactos	2,1	57	57	0		
○	50	Regreso del geologo del campo	45	L	Comprobación en el campo de contactos	14	55	55	0		
○	45	Salida al campo del geólogo	40	K	Paso de contactos a 1:25:000 borrador	3,7	41	41	0		
□	40	Terminación trabajos fotogeología	35	G	Estudio fotogeológico especialista	23,4	37	37	0		
○	35	Regreso del reconocimiento previo	10	J	Preparación de vegetales	0,5	14	14	0		
◇	10	Recepción fotoplanos	30	F	Reconocimiento previo	5	29	36	7		
○	30	Salida reconocimiento previo	5	f	Confección fotoplanos	28,6	9	9	0		
◇	5	Recepción pruebas fotoplanos	25	E	Entrega fotogeología preliminar	0					
			15	C	Estudio bibliografia y ordenación viaje	2,2	1	8	7		
⬭	25	Entrega estudio fotogeológico preliminar	0	H	Petición de fotoplanos	0,6	9	9	0		
⬭	20	Entrega de fotos para estudio fotogeológico	20	D	Estudio fotogeológico preliminar	6,1	3	3	0		
◇	15	Recepción fotos aéreas y bibliografía	15	B	Marcar puntos homólogos y pegar kodatrace	1	2	2	0		
			0	A	Organización y distribución trabajo	1,5					



3 · UTILIZACION

ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENOS: UTILIZACION

1. GENERALIDADES

La información que se pretende dar en estos estudios es de tipo geológico y geotécnico, llegando a una definición del terreno lo más completa posible desde el punto de vista de la carretera.

Su utilización inmediata es para estudios previos de carreteras.

En las fases de anteproyecto, proyecto e incluso construcción, la utilización de los Estudios Previos de Terrenos es una información básica para guiar los estudios geotécnicos, desde el principio, a los objetivos concretos.

Sin entrar en la gran utilidad que pueden reportar a estudios de presas de embalses, trazado de canales, urbanizaciones, etc. se pasa a describir el detalle de la utilización en los siguientes trabajos concretos de carreteras:

a) Fichero de prospección de materiales

b) Estudio de un trazado

c) Emplazamientos de obras de fábrica

d) Proyecto de drenajes.

e) Estudios de comportamiento

Por otra parte, estos estudios previos constituyen un punto de partida o primera edición de un trabajo que se ha hecho de forma que se pueda verter en él, a posteriori, todas las correcciones y precisiones, que en la actividad normal de los Servicios Regionales de Materiales obtengan del campo y del laboratorio.

Las sucesivas ediciones de los estudios previos, serán - consecuencias de los trabajos realizados por los Servicios Regionales de Materiales.

1.1. Fichero de prospección de materiales

Los estudios previos, permiten en primer lugar asignar - una momenclatura codificable para toda España consignando el número de hoja a escala 1:50.000, el tipo de material y el número de orden dentro de las del mismo material de la hoja.

A partir de la ficha que se realiza en el estudio previo, el Servicio correspondiente completa los datos desde el punto de vista de la explotación: propietario, precios del material o cánones, facilidad para instalaciones, etc.

Parte de los ensayos de control de calidad, se consignan en la ficha o expediente, consiguiendose así un número suficiente de datos para juzgar sobre la dispersión de la calidad del material.

Los nuevos yacimientos o canteras detectados por los Servicios, son fichados y númerados de la misma forma y se cartografía su emplazamiento sobre el superponible.

La búsqueda de un yacimiento granular, una cantera o de préstamos de calidad, que no están fichados, se facilita acudiendo a las formaciones análogas a las de los datos ya fichados.

Tal información, así recopilada permite a los Servicios Regionales de Materiales, con rápidez y economía, dar los informes precisos tanto para proyecto como para obra.

1.2. Estudio de un trazado

Establecida la necesidad de un nuevo trazado de carretera, por consideraciones de tráfico u otras necesidades, es el terreno el que condiciona dicho trazado.

La forma de operar para su definición viene determinada

a su vez por los planos disponibles. Si no se dispone de la altimetría a una escala mayor de la 1:25.000 es recomendable hacer los tanteos sobre el fotoplano. Teniendo en cuenta los datos que figuran en el superponible, puede encajarse el trazado, evitando las circunstancias desfavorables: mala calidad de suelo, fallas, coluviales inestables, etc.

Una vez encajada la zona donde pueden ir las distintas alternativas, se está en condiciones de hacer su topografía restringida y programar la campaña de reconocimientos en que puede definirse con precisión:

- Tipo de sondeos mecánicos
- El número de ellos y su profundidad
- Número y tipo de muestras alteradas e inalteradas
- Tipo de aparatos de geofísica a emplear
- Definición del método operativo

Una vez realizados los sondeos y reconocimientos geofísicos, se llevan sus resultados a la planta, a cortes o perfiles, que se completan con el reconocimiento geológico concreto de la zona. Esta operación ya es la última en que, como documentación de apoyo, se emplean los estudios previos para este tipo de trabajo.

1.3. Emplazamientos de obras de fábrica

Al ser una obra de fábrica parte de un trazado de la carretera, es de aplicación al estudio de su emplazamiento lo dicho en el apartado 1.2.

La información litológica, morfológica y tectónica que facilita un estudio previo permite prever los siguientes aspectos:

- Variación de cauces en zonas de meandros
- Existencia de fallas (muy frecuentes en vaguadas)
- Evaluación de coeficientes de escorrentia (a través de

la vegetación identificada en el fotoplano)

- Disposición y tipo de los estratos

Por fin, puede estudiarse la ambientación geológica del emplazamiento que supone en la mayoría de los casos un ahorro en sondeos de reconocimiento.

1.4. Proyecto de drenajes

Para proyectar correctamente un sistema de drenaje de -- acuerdo con la Instrucción de Carreteras 5.1.-IC, es preciso tener en cuenta una serie de datos, la mayor parte de los cuales pueden encontrarse en la correspondiente hoja de estudio previo. A continuación y siguiendo el orden de la IC. se relacionan y se indica el camino para su deducción.

1.4.1. Hidrología

En el fotoplano, puede deducirse con frecuencia la extensión de las zonas inundables, dato que puede completar los de aforos que se obtengan.

Para el análisis de los cauces existentes, que no esten aforados, es preciso asignarles un coeficiente de Manning que depende de la naturaleza del cauce. El fotoplano da la suficiente información como para ver si se trata de orillas rectas, si hay meandros, si es rocoso el cauce, etc. Con frecuencia es posible también medir las dimensiones transversales del cauce en los puntos de interés.

Para evaluar los coeficientes de escorrentía en cuencas extensas, el mejor procedimiento es servirse del fotoplano -- que da en cada zona el tipo de vegetación, el relieve (sirviéndose además del mapa topográfico a escala 1:25.000 ó 1: - 50.000), la permeabilidad (a través de la litología consignada en el superponible), la capacidad de imbibición, etc.

1.4.2. Drenaje superficial y profundo

Las zonas de posibles deslizamientos (coluviales, eluvia

les, etc.) se localizan sobre la litología y facilita el trazado de cunetas de coronación, captaciones de manantiales, -- drenes interceptores, de arena, etc.

En los estudios previos, solo se puede encontrar, para - el drenaje del firme, los datos de la clase de material a emplear en la explanada y en el propio firme.

1.5. Estudios de comportamiento

En combinación con el clima, la litología condiciona en gran medida el comportamiento de la carretera.

Para poder tipificar el dimensionamiento de firmes, se - está estudiando una división de España en zonas climáticas, - para una superposición con la litología.

Estos estudios se han comenzado llevando a fichas perforadas, las características geográficas, litológicas y climáticas (datos estadísticos) según se indica en la ficha que se - adjunta y de acuerdo con el código que también se acompaña.

Este procesamiento de datos, tiene una aplicación directa a las secciones de control y por supuesto a cualquier traza nueva que se quiera estudiar.

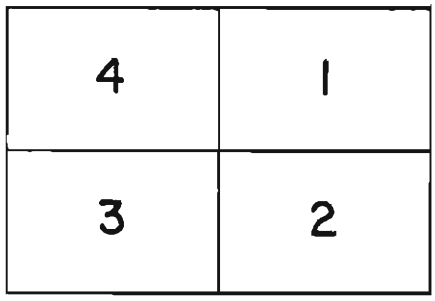
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS — DIVISION DE MATERIALES — SERVICIO DE LABORATORIOS Y PROSPECCIONES

FECHA _____ HOJA _____ DE _____

IDENTIFICACION SERVICIO DE ESPECIFICACIONES	SITUACION					SUELOS			ROCAS							TEMPERATURA			INDICE DE HELADA	MEDIA ANUAL DE HORAS DE SOL DE 20 EN 20 HORAS	INDICE DE CALENTAMIENTO		PRECIPITACION			EVAPOTRANSPIRACION	ORIENTACION	SIMBOLO OROGRAFICO	DISTANCIA EN Km	COTA RELATIVA EN m.	
	Nº DE HOJA DEL MAPA 1:50.000	CUADRANTE	CUADRICULA ORDENADAS	CUADRICULA ABCISAS	ALTITUD	ORIGEN	CLASIFICACION	DRENAJE	SIGNO	SIMBOLO	SIGNO	SIMBOLO	SIGNO	SIMBOLO		MEDIA ANUAL	MEDIA DE LAS MAXIMAS VERANO	MEDIA DE LAS MINIMAS INVIERNO					LLUVIA MEDIA ANUAL	Nº MEDIO DE DIAS DE LLUVIA	Nº MEDIO DE DIAS DE NIEVE						
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	25 26 27 28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38 39	40	41	42	43	44 45	46 47	48	49 50	51	52 53	54	55	56 57	58 59	60 61	62 63	64 65	66 67	68 69	70 71	72 73	74	75	76 77	78	79 80

CODIGO INTERPRETATIVO PARA LA TOMA DE DATOS GEOGRAFICOS, GEOLOGICOS Y CLIMATICOS EN LOS TRAMOS DE CONTROL

COLUMNA	DESCRIPCION	CLAVE
1 a 24	DATOS IDENTIFICATIVOS DEL TRAMO DE CONTROL	
25 a 32	DATOS GEOGRAFICOS	
25 a 28	Nº de Hoja del Mapa de España del Instituto Geográfico y Catastral 1:50.000	
29	Cuadrante	



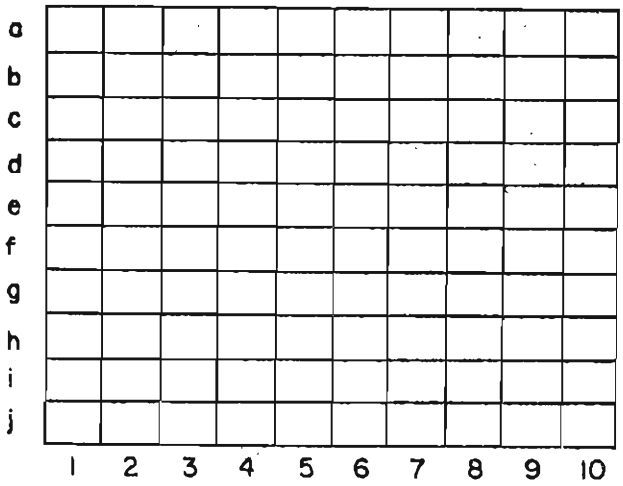
Cuadrante nº	uno	1
"	" dos	2
"	" tres	3
"	" cuatro	4

30 a 31 Cuadrícula

Se divide el cuadrante en diez partes iguales; las ordenadas estarán representadas por las primeras letras del alfabeto, y las abscisas por números del 1 al 0.

En la columna 30 se escribirá la letra de ordenada a que corresponde, y en la columna 31 el número de la abscisa.

COLUMNA	DESCRIPCION	CLAVE



32 Altitud

0 - 100 m	1
100 - 200 m	2
200 - 500 m	3
500 - 700 m	4
700 - 1.000 m	5
1.000 - 1.500 m	6
1.500 - 2.000 m	7
2.000 - 3.000 m	8
> - 3.000 m	9

33 a 45 DATOS GEOLOGICOS

33 a 36 Suelos

33 a 34 Origen	Símbolo	
Químico	Q	01
Glaciárico	H	02
Terraza	T	03
Acarreo	A	04
Cono de deyección	D	05
Eólico	E	06

COLUMNA	DESCRIPCION		CLAVE
	Origen	Símbolo	
	Marino	R	07
	Coluvial	C	08
	Marismal	M	09
	Lacustre	L	11
	Pantanoso	P	12
	Eluvial	V	13
35	Clasificación	Grupo	
	Fragmentos de piedra, grava y arena	A - 1	1
	Grava y arena limosa o arcillosa	A - 2	2
	Arena fina	A - 3	3
	Limo	A - 4	4
	Limo (plástico)	A - 5	5
	Arcilla	A - 6	6
	Arcilla (plástica con cambio de volumen apreciable)	A - 7	7
36	Drenaje	Símbolo	
	Condiciones excelentes	ε	1
	" tolerables	τ	2
	" malas	μ	3
37 a 45	Rocas		
	En cada grupo de columnas 37 a 39, 40 a 42, 43 a 45, se describirá el tipo de roca según la clave que figura a continuación.		
	Cuando figure un solo tipo se anotará en el primer grupo y en los restantes equis o sin referencia de acuerdo con el sistema de programación.		
37, 40 y 43	Signo		
	ALTERNANCIA. El signo consiste en un paréntesis encerrando los símbolos a que haga referencia, separados por un punto p. ej. Alternancia de pizarras y cuarcitas (Mp.Mq)		1

COLUMNA	DESCRIPCION	CLAVE
	INTERCALACION de uno o más materiales - en uno principal. Se expresa poniendo, detrás del símbolo de éste, un paréntesis que encierre los símbolos de aquél o aquellos, separados por el signo + p. ej. Intercalación de areniscas y conglomerados en arcillas Ar (Da + Dc)	2
	TERRENOS NO CARTOGRAFIADOS. Para aquellos casos de terrenos no cartografiados de pequeña extensión, se utiliza el mismo criterio que en el caso de intercalación, colocando el signo ( ) delante del símbolo principal p. ej. Recubrimientos parciales de areniscas y conglomerados sobre arcillas detríticas (Da + Dc) Ar	3
	SUPERPOSICION DE MATERIALES. Trazo inclinado entre los símbolos a que haga - referencia p. ej. Arcillas sobre calizas Ar/Qc	4
	COMPOSICION MIXTA DE ROCAS. Se utilizan símbolos simples, uno a continuación de otro p. ej. Arenas calcáreas -- Dr Qc	5
	PRESENCIA DE VARIOS MATERIALES en los - que por su disposición no es posible -- aplicar alguno de los signos anteriores: se coloca el signo + entre los símbolos de los diferentes materiales p. ej. Calizas, margas y areniscas sin especificar sus posiciones estratigráficas relativas Qc + Qm + Da	6
	TIPOS DE UN MISMO MATERIAL cuyas diferencias se consignan utilizando comillas (') , (") , (''') , hasta tres como - máximo y numeros romanos para cuatro o más tipos. p. ej. Calizas de diferentes tipos Qc', Qc", Qc''', Qc^{IV}	7
38, 39 41, 42 44, 45	Símbolo	

COLUMNA	DESCRIPCION			CLAVE
	Grupo	Símbolo	Tipo	
	Granitos	Pg	Plutónicas	11
	Sienitas	Ps	"	12
	Monzonitas	Pm	"	13
	Dioritas	Pd	"	14
	Gabros	Pb	"	15
	Peridotitas	Pp	"	16
	Pórfidos cuarcíferos	Fp	Filonianas	21
	" sieníticos	Fs	"	22
	" monzoníticos	Fm	"	23
	Porfiritas	Ff	"	24
	Diabasas	Fd	"	25
	Ofitas	Fo	"	26
	Picritas	Fc	"	27
	Aplitas	Fa	"	28
	Lamprófidos	Fl	"	29
	Tobas	Vz	Volcánicas	31
	Riolitas	Vr	"	32
	Traquitas	Vt	"	33
	Fonolitas	Vf	"	34
	Traquiandesitas	Vq	"	35
	Andesitas	Va	"	36
	Dacitas	Vd	"	37
	Basaltos	Vb	"	38
	Limburgitas	Vl	"	39
	Conglomerados	Vc	"	30
	Micacitas	Mm	Metamórficas	41
	Cuarcitas	Mq	"	42
	Gneis	Mn	"	43
	Filadios	Mf	"	44
	Esquistos	Me	"	45
	Pizarras	Mp	"	46
	Piroxenitas	Mx	"	47
	Anfibolitas	Ma	"	48
	Cipolinos	Mz	"	49
	Mármol sacaroideo	Mc	"	40
	Serpentinas	Ms	"	40̄
	Arenas	Dr	Detríticas	51
	Conglomerados	Dc	"	52
	Pudingas	Dp	"	53
	Brechas	Db	"	54
	Areniscas	Da	"	55
	Molasas	Dm	"	56
	Arcosas	Dk	"	57
	Grauwakas	Dg	"	58
	Samitas	Ds	"	59
	Maciños	Dñ	"	50
	Calizas	Qc	Prec. Quim.	61
	Margas	Qm	"	62
	Dolomías	Qd	"	63
	Carniolas	Qk	"	64
	Travertinos	Qt	"	65

COLUMNA	DESCRIPCION			CLAVE
	Grupo	Símbolo	Tipo	
	Caliche	Qh	"	66
	Anhidritas	Qa	"	67
	Yesos	Qy	"	68
	Sales solubles	Qs	"	69
	Arcillas en general	Ar	Arcillas	71
	" residuales	As	"	72
	Limos	Am	"	73
	Kaolinitas	Ak	"	74
	Lateritas	Al	"	75
	Bauxitas	Ab	"	76
	Argilitas	Aa	"	77
	Pizarras	Ap	"	78
	Turbas	Qt	"	81

46 a 48 Disponible para cualquier clasificación que se estime oportuna

Nota:

El último tipo de roca del grupo 4 se codificará 0 con un flag.

49 a 78 DATOS CLIMATICOS

49 a 57 Temperatura

49 a 51 Temperatura media anual

52 a 54 Temperatura media de las máximas de verano

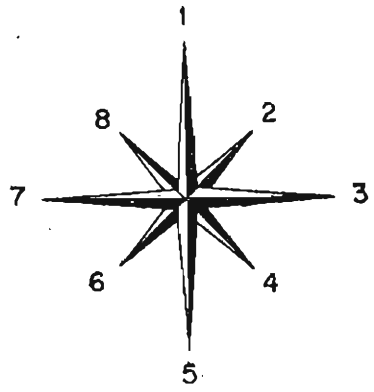
55 a 57 Temperatura media de las mínimas de invierno

Nota:

Estos datos se expresarán en grados centígrados, sin decimales. Cuando la cifra decimal sea 5 ó mayor de 5 se aumenta una unidad. Cuando sea menor de 5, se desprecia. Cuando el valor sea negativo se pondrá un flag sobre las unidades.

COLUMNA	DESCRIPCION	CLAVE
58 a 59	Indice de Helada	
	0 a 10 dias grado	01
	10 a 20	02
	20 a 40	03
	40 a 60	04
	60 a 80	05
	80 a 100	06
	100 a 150	07
	150 a 200	08
	200 a 300	09
	300 a 400	10
	400 a 500	11
	Mayor de 500	12
60 a 61	Media anual de horas de sol	
	0 a 1.500 horas	01
	1.500 a 1.520	02
	1.520 a 1.540	03
	1.540 a 1.560	04
	1.560 a 1.580	05
	1.580 a 1.600	06
	1.600 a 1.620	07
	1.620 a 3.200	08
	Mayor de 3.200	09
62 a 65	Indice de calentamiento (EN ESTUDIO)	
	Se prevé señalar dos indices de calentamiento (cada uno en dos columnas) que se identificarán con una clave del 01 al 99	
66 a 71	Precipitación	
66 a 67	Precipitación media anual	
	0 a 200 l/m^2	01
	200 a 300	02
	300 a 400	03
	400 a 500	04
	500 a 600	05
	600 a 700	06
	700 a 800	07
	800 a 900	08
	900 a 1.000	09
	1.000 a 1.100	10
	Hasta el 2.300	11

COLUMNA	DESCRIPCION	CLAVE
68 a 69	Número anual de días de lluvia	
	0 a 40	01
	40 a 45	02
	45 a 50	03
	50 a 55	04
	55 a 60	05
	60 a 65	06
	Hasta 250	07
70 a 71	Número anual de dias de nieve	
	Se identificarán con clave del 01 al 99	
72 a 74	Balance Hídrico	
	En estudio, la clave será del 000 al 999	
75	Orientación principal	



Clave de la orientación	N	1
	NE	2
	E	3
	SE	4
	S	5
	SO	6
	O	7
	NO	8
	Calma	0

76	Exposición en el terreno	Esquema	
	Tramo a un lado de un sistema orográfico		1

COLUMNA	DESCRIPCION	CLAVE
	Tramo en la divisoria de un sistema orográfico 	2
	Tramo en la bisectríz de un sistema orográfico formando ángulo recto u obtuso 	3
	Tramo en la bisectríz de un sistema orográfico formando ángulo agudo 	4
	Tramo entre dos sistemas -- orográficos 	5
	Tramo en el centro de un -- sistema orográfico en forma de anfiteatro 	6
	Tramo en terreno llano	7
	Tramo en terreno ondulado - con escasa pendiente 	8
77	Distancia (en kilómetros) desde el tramo al sistema orográfico más importante	
	0 a 1 km	1
	1 a 2	2
	2 a 3	3
	3 a 4	4
	4 a 5	5
	5 a 6	6
	6 a 7	7
	7 a 8	8
	8 a 9	9
	Llano u ondulado	0
78	Desnivel relativo entre el tramo y el -- sistema orográfico	
	0 a 100 m	1
	100 a 200	2
	200 a 300	3
	300 a 400	4
	400 a 500	5
	500 a 600	6
	600 a 700	7
	700 a 800	8
	800 a 900	9
	900 a 1.000	0

COLUMNA	DESCRIPCION	CLAVE
79 a 80	Disponible para cualquier clasificación que se estime oportuna	

1.6. Conclusiones

Disponer de los estudios previos de las zonas que interesan en un problema concreto, significa tener todo el terreno en el gabinete.

El plano topográfico tradicional se complementa con las características geotécnicas a una escala suficiente que permite abordar los problemas a escala de proyecto.

MOP SECRETARIA GENERAL TECNICA
Servicio de Publicaciones

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Autovía del Cantábrico: Avilés-Baamonde

Tramo: Grado-Ribadeo



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

96-01

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Autovía del Cantábrico: Avilés-Baamonde

Tramo: Grado-Ribadeo

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCION 4

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGÍA 7
2.2. TOPOGRAFÍA 18
2.3. GEOMORFOLOGÍA 19
2.4. ESTRATIGRAFÍA 26
2.5. TECTÓNICA 28
2.6. SISMICIDAD 33

3. ESTUDIO DE ZONAS 35

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 35
3.2. ZONA 1: UNIDAD GEOMORFOLÓGICA DE PLATAFORMA COSTERA Y RÍAS 38

3.2.1. Geomorfología 38
3.2.2. Tectónica 40
3.2.3. Columna estratigráfica 41
3.2.4. Grupos litológicos 45
3.2.5. Grupos Geotécnicos 76
3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos de la Zona 1 82

3.3. ZONA 2. UNIDAD GEOMORFOLÓGICA DE FUERTES PENDIENTES Y VALLES FLUVIALES ENCAJADOS EN FORMA DE "V" 82

3.3.1. Geomorfología 82
3.3.2. Tectónica 84
3.3.3. Columna estratigráfica 90
3.3.4. Grupos litológicos 90
3.3.5. Grupos geotécnicos 135
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 2 140

ÍNDICE (cont.)

Pág.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 142

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS 142
4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS 142
4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS 144
4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 145

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS 149

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 149
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS 149
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES 157
5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES 159
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MÁS DETALLE 159

6. BIBLIOGRAFÍA 161

7. ANEJOS 163

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 164
7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 167

1. INTRODUCCION

El principal objetivo de este Estudio Previo de Terrenos es la descripción de los caracteres litológicos, estructurales y geotécnicos del área comprendida en el Tramo Grado-Ribadeo del Itinerario Avilés Baamonde (Autovía del Cantábrico) para su utilización en estudios posteriores y más detallados relacionados con el proyecto y la construcción de esta infraestructura.

El Tramo Grado-Ribadeo se encuentra ubicado íntegramente en la provincia de Asturias (Figura 1.1) y comprende las siguientes Hojas y Cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1.50.000:

Nº	Hoja	Cuadrante
10	Ribadeo	2
11	Luarca	2 y 3
12	Busto	2 y 3
27	Tineo	1, 2 y 4
28	Grado	3

El presente Estudio Previo de Terrenos está compuesto por dos documentos: Cartografía litológico-estructural a escala 1.50.000 con base topográfica del Instituto Geográfico Nacional y la Memoria correspondiente a esta cartografía.

El contenido de la memoria está organizado en seis apartados de los que, a continuación, se hace una breve síntesis de las materias que contemplan.

El *primer capítulo*, la presente *Introducción*, consta de una declaración de objetivos y una exposición de información general del Itinerario, Tramo, documentos del Estudio, personal que interviene en su realización, etc.

El *segundo* apartado se interpretan y relacionan entre sí los caracteres generales del Tramo, dando una visión de conjunto del área de estudio en relación a la Climatología, Topografía, Geomorfología, Estratigrafía, Tectónica y Sismicidad.



Figura 1.1. *Esquemas de situación del Tramo Grado-Ribadeo.*

En el *tercer capítulo* se realiza una división del Tramo en Zonas, atendiendo fundamentalmente a los caracteres geomorfológicos. Para cada una de las Zonas establecidas se describen los caracteres geomorfológicos que la definen, sus características tectónicas, la columna estratigráfica, se describen los grupos litológicos (haciendo especial hincapié para cada grupo litológico en su litología, estructura y geotecnia) y se finaliza el apartado con un resumen final de los principales problemas geotécnicos que se hayan detectado.

En el *capítulo cuatro* del Estudio, se establecen las conclusiones derivadas del análisis de los problemas topográficos, geomorfológicos y geotécnicos, siendo fruto de este análisis la sugerencia de los trazados de los corredores que se presentan en un esquema a escala 1:200.000.

En el *quinto* apartado se indica la *Bibliografía* consultada para la realización del Estudio.

Por último, en el *sexto capítulo* se incluyen los *anejos* correspondientes a la simbología que se ha utilizado para la elaboración de las columnas estratigráficas y a los criterios tenidos en cuenta para las descripciones geotécnicas.

Respecto a los *Planos*, se incluye una cartografía litológico-estructural a escala 1:50.000 y esquemas geológico, geotécnico, geomorfológico y de formaciones de pequeño espesor a escala 1:200.000 con sus correspondientes leyendas.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Jesús Martín Contreras
Licenciado en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. Oscar de la Torre Alvarez
Licenciado en Ciencias Geológicas

D. Francisco Miguel Sánchez Pérez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGÍA

Para el estudio de la climatología de la zona han sido escogidas un cierto número de estaciones meteorológicas, pertenecientes a la red del Instituto Nacional de Meteorología. Las características geográficas y el nombre de cada una de las estaciones están recogidos en la Tabla 1. No todas las estaciones se encuentran dentro del área de estudio, pero se han incluido por su proximidad al Tramo.

De todos los datos suministrados por estas estaciones se han seleccionado unos determinados parámetros, de los cuales se ha extraído el valor medio, el máximo y el mínimo. Todos estos valores se han recogido en dos Tablas; una con los parámetros de pluviometría y otra con los parámetros de temperaturas, hay que observar, que en la mayoría de las estaciones los datos no están completos. El Instituto Meteorológico tiene estos datos incompletos puestos como cero.

Los gráficos 1 y 2 muestran los climogramas de todas las estaciones consultadas.

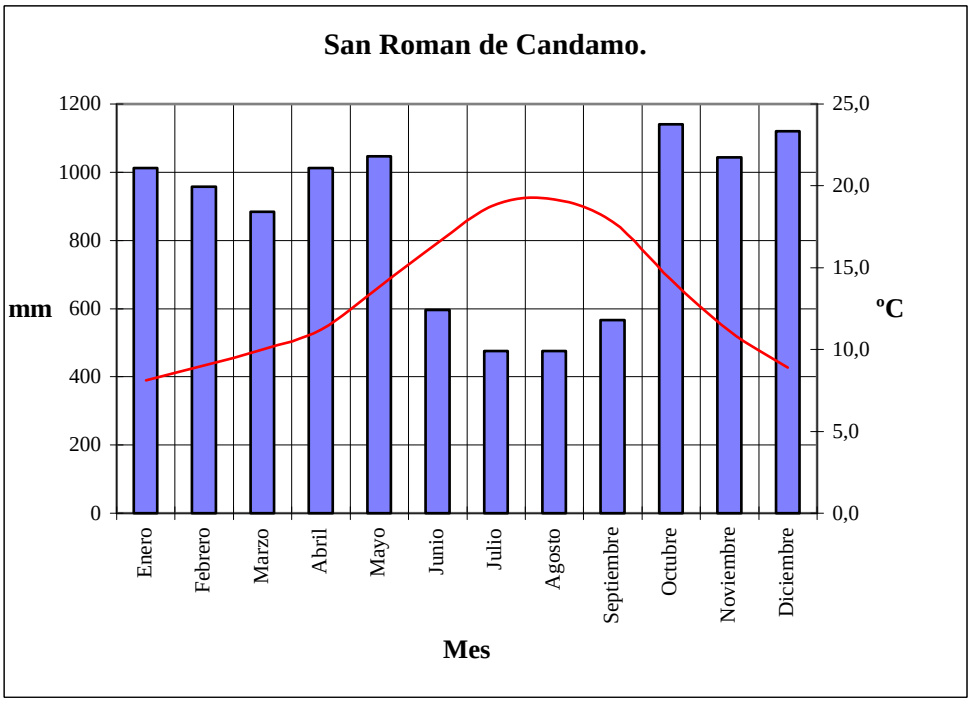
Las tablas 1 a 8 contienen los datos de temperatura y de precipitaciones.

Las precipitaciones medias anuales recogidas en las estaciones de referencia son bastante semejantes entre si, siendo la media anual de 900 mm, cantidad superior a la media nacional, estas precipitaciones se producen en un promedio de 55 días lluviosos al año, siendo los meses más lluviosos los de Septiembre, Octubre, Abril y Mayo. La nieve de suelo apenas está presente en el Tramo, únicamente en el mes de Enero se registran 4 días.

Las nieblas son muy frecuentes con un promedio de 81 días al año, siendo predominante en los meses de Septiembre, Octubre, Diciembre, Marzo, Abril y Mayo.

Los días de rocío y escarcha se dan durante un promedio de 79 y 16 días respectivamente, siendo los meses más frecuentes los de Mayo, Junio, Julio y Agosto para los primeros y Noviembre, Enero, Febrero y Marzo para los segundos.

Las temperaturas tienen un mínimo invernal de -3 ° C en Enero y de máxima 33 ° C en los meses de Julio y Agosto. El mes más frío corresponde a Enero con una media de 5.6 grados y los meses más calurosos a Julio y Agosto con una media de las máximas de 29 °C.


San Roman de Candamo.
1200
1000
800
600
400
200
0
mm
25,0
20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
ºC
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Mes

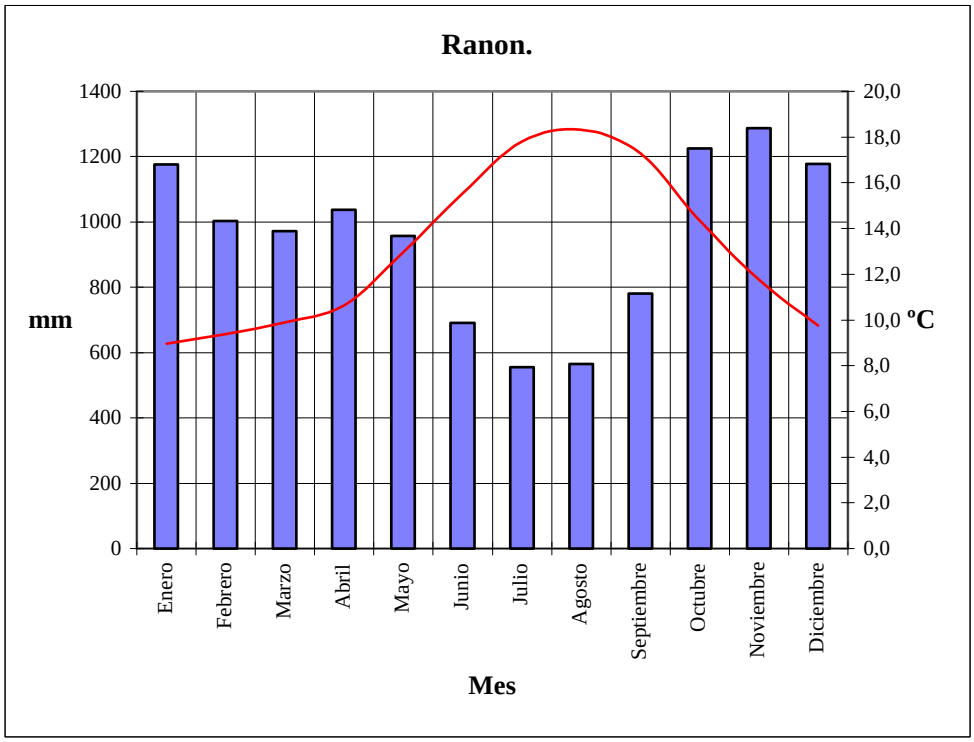
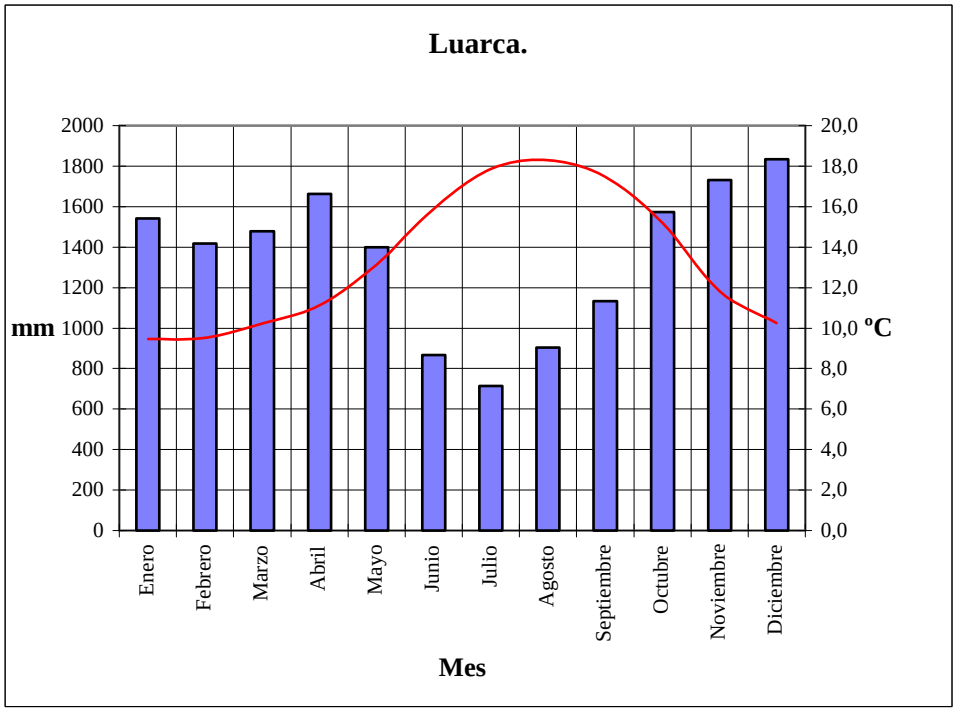

Ranon.
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
mm
20,0
18,0
16,0
14,0
12,0
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,0
ºC
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Mes

Gráfico 1


Luarca.
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
mm
20,0
18,0
16,0
14,0
12,0
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,0
ºC
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Mes

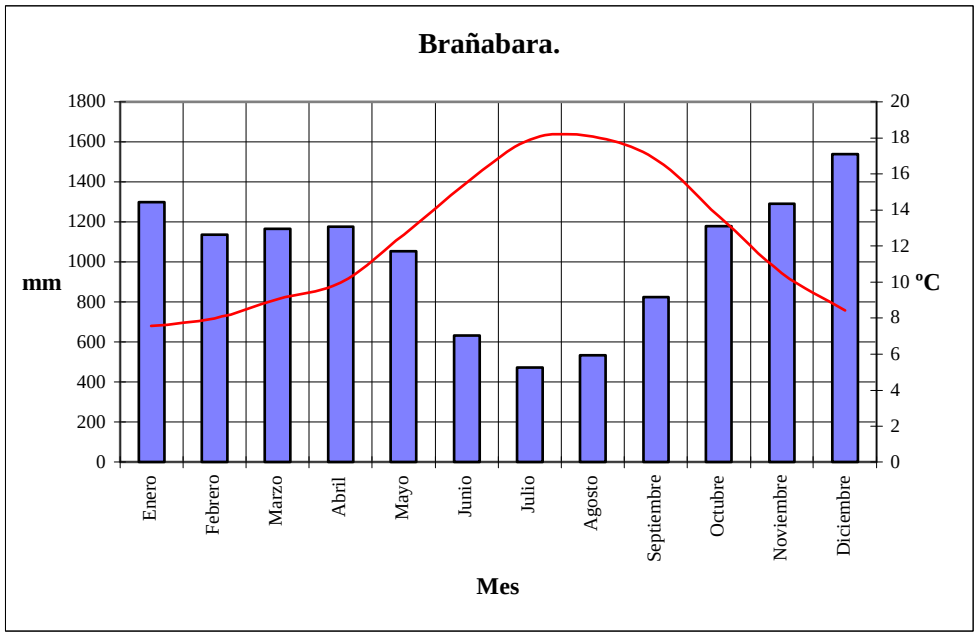

Brañabara.
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
mm
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
ºC
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Mes

Gráfico 2

PRECIPITACIONES. RANON Período 1.960-1.990

Mes		Precipitación Total (Litros/m^2)	Precipitación Max 1 día (Litros/m2)	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Meteoro diferente	Días precip >10 litros/m2	Días precip >30 litros/m2
Enero	***Media***	118	26	4	1	2	1	0	3	2	0	0	4	1
Enero	***Máxima***	272	50	9	7	12	6	2	10	7	5	1	10	2
Enero	***Mínima***	24	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	100	20	4	1	2	1	1	2	1	0	0	3	0
Febrero	***Máxima***	233	39	9	4	10	5	3	6	6	1	1	10	2
Febrero	***Mínima***	16	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	97	22	5	0	1	1	2	3	1	0	0	4	0
Marzo	***Máxima***	194	40	9	3	4	4	16	10	5	1	0	8	1
Marzo	***Mínima***	31	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Abril	***Media***	104	25	4	0	1	2	2	2	0	0	0	4	0
Abril	***Máxima***	222	65	9	1	5	6	11	9	4	0	0	9	2
Abril	***Mínima***	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	96	25	5	0	1	2	3	2	0	0	1	3	0
Mayo	***Máxima***	310	70	9	1	14	6	11	18	1	1	14	10	3
Mayo	***Mínima***	16	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	69	23	5	0	0	2	4	1	0	0	0	2	0
Junio	***Máxima***	161	56	9	0	1	4	11	6	0	1	1	6	2
Junio	***Mínima***	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	55	22	5	0	0	2	5	2	0	0	0	1	0
Julio	***Máxima***	154	115	9	0	3	7	12	8	0	0	0	5	2
Julio	***Mínima***	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	56	18	4	0	0	2	3	2	0	0	0	2	0
Agosto	***Máxima***	241	66	9	0	1	4	12	11	0	0	0	5	4
Agosto	***Mínima***	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	78	25	5	0	0	2	3	4	0	0	0	3	0
Septiembre	***Máxima***	201	85	9	0	0	6	9	15	0	0	3	8	2
Septiembre	***Mínima***	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	122	36	4	0	0	1	2	4	0	0	0	4	1
Octubre	***Máxima***	387	90	9	0	2	4	14	13	0	1	0	10	7
Octubre	***Mínima***	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	129	35	5	0	1	1	1	4	0	0	0	4	1
Noviembre	***Máxima***	306	109	9	0	4	4	4	14	2	0	2	12	3
Noviembre	***Mínima***	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	118	30	5	0	1	1	1	2	2	0	0	4	1
Diciembre	***Máxima***	227	71	9	3	8	4	7	10	7	1	0	9	2
Diciembre	***Mínima***	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 1

PRECIPITACIONES. SAN ROMAN DE CANDAMO Período 1.960-1.990

Mes		Precipitación Total (Litros/m2)	Precipitación Max 1 día (Litros/m2)	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Meteoro diferente	Días precip >10 Litros/m2	Días precip >30 Litros/m2
Enero	***Media***	101	22	5	1	1	1	7	6	6	0	0	4	0
Enero	***Máxima***	261	56	9	6	7	5	19	21	14	4	0	10	3
Enero	***Mínima***	25	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	96	21	4	1	1	2	6	7	3	1	0	3	0
Febrero	***Máxima***	208	43	9	7	4	4	11	19	11	9	0	9	1
Febrero	***Mínima***	8	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	88	23	5	0	2	2	7	9	2	0	0	3	0
Marzo	***Máxima***	150	51	9	2	7	6	13	18	11	2	1	5	1
Marzo	***Mínima***	22	9	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	101	25	4	0	1	3	5	8	0	0	0	3	0
Abril	***Máxima***	229	49	9	1	6	10	15	21	2	0	0	7	2
Abril	***Mínima***	11	8	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	105	30	5	0	1	4	4	7	0	0	0	3	1
Mayo	***Máxima***	269	87	9	0	4	9	15	17	1	0	0	11	2
Mayo	***Mínima***	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	60	20	4	0	0	3	4	6	0	0	0	2	0
Junio	***Máxima***	166	46	9	0	1	10	15	20	0	0	0	6	2
Junio	***Mínima***	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	48	21	4	0	0	4	5	4	0	0	0	1	0
Julio	***Máxima***	207	78	8	0	1	9	16	17	0	0	0	6	2
Julio	***Mínima***	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	48	18	4	0	0	3	6	6	0	0	0	2	0
Agosto	***Máxima***	148	53	9	0	0	7	16	18	1	0	0	6	2
Agosto	***Mínima***	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	57	17	4	0	0	2	8	9	0	0	0	2	0
Septiembre	***Máxima***	155	45	9	0	1	7	14	20	0	0	0	7	1
Septiembre	***Mínima***	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	114	34	4	0	0	1	10	11	0	0	0	4	1
Octubre	***Máxima***	316	70	9	0	2	4	20	20	0	0	0	11	3
Octubre	***Mínima***	13	7	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	104	27	5	0	1	2	9	10	2	0	0	3	1
Noviembre	***Máxima***	280	65	8	0	4	5	23	20	7	0	0	12	2
Noviembre	***Mínima***	10	7	2	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	112	29	6	0	1	1	7	8	5	0	0	4	1
Diciembre	***Máxima***	233	59	9	6	4	3	14	19	12	4	1	8	3
Diciembre	***Mínima***	3	2	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0

Tabla 2

PRECIPITACIONES. BRAÑABARA Período 1.960-1.990

Mes		Precipitación Total (Litros/m2)	Precipitación Max 1 día (Litros/m2)	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Meteoro diferente	Días precip >10 Litros/m2	Días precip >30 Litros/m2
Enero	***Media***	106	26	4	0	1	0	0	0	2	0	0	4	1
Enero	***Máxima***	302	72	9	4	5	5	3	5	17	4	0	10	5
Enero	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	102	26	5	0	1	0	0	0	0	0	0	4	1
Febrero	***Máxima***	212	84	9	6	4	5	3	8	3	2	0	9	3
Febrero	***Mínima***	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	91	26	5	0	1	0	0	1	0	0	0	3	0
Marzo	***Máxima***	165	58	9	2	7	6	6	8	1	1	0	6	2
Marzo	***Mínima***	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	102	29	4	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1
Abril	***Máxima***	281	87	9	0	3	4	3	6	0	0	8	11	5
Abril	***Mínima***	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	95	29	4	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1
Mayo	***Máxima***	256	81	9	0	2	4	7	6	0	0	17	10	2
Mayo	***Mínima***	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	58	21	4	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
Junio	***Máxima***	166	67	8	0	3	6	6	1	0	0	0	6	2
Junio	***Mínima***	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	36	17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Julio	***Máxima***	191	74	8	0	0	3	4	1	0	0	0	7	2
Julio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	52	21	5	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
Agosto	***Máxima***	144	62	9	0	1	4	1	3	0	0	0	5	2
Agosto	***Mínima***	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	73	24	4	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Septiembre	***Máxima***	237	74	9	0	1	3	9	4	0	0	0	7	3
Septiembre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	112	36	4	0	0	0	0	1	0	0	0	4	1
Octubre	***Máxima***	293	84	9	0	1	2	6	26	0	0	0	9	3
Octubre	***Mínima***	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	125	33	5	0	1	0	0	1	0	0	0	4	1
Noviembre	***Máxima***	301	86	9	0	6	3	2	19	7	0	7	12	4
Noviembre	***Mínima***	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	141	34	4	0	1	1	0	0	2	0	0	5	1
Diciembre	***Máxima***	364	85	9	2	7	5	1	7	21	1	0	17	3
Diciembre	***Mínima***	32	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Tabla 3

PRECIPITACIONES. LUARCA Período 1.960-1.990

Mes		Precipitación Total (Litros/m2)	Precipitación Max 1 día (Litros/m2)	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Meteoro diferente	Días precip >10 Litros/m2	Días precip >30 Litros/m2
Enero	***Media***	125	32	4	0	1	0	0	12	1	0	0	5	1
Enero	***Máxima***	281	75	9	4	9	3	3	27	6	2	12	13	3
Enero	***Mínima***	24	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Febrero	***Media***	123	30	4	0	1	0	0	8	1	0	0	5	1
Febrero	***Máxima***	304	61	9	2	7	5	3	18	5	6	0	10	4
Febrero	***Mínima***	29	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Marzo	***Media***	116	32	4	0	1	1	0	10	0	0	0	5	1
Marzo	***Máxima***	218	59	9	2	6	7	4	19	0	2	0	9	3
Marzo	***Mínima***	17	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Abril	***Media***	114	29	5	0	1	1	1	9	0	0	1	4	0
Abril	***Máxima***	280	78	9	2	4	8	5	21	0	0	20	12	2
Abril	***Mínima***	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	109	29	5	0	0	1	1	10	0	0	0	4	0
Mayo	***Máxima***	288	95	9	0	2	5	5	25	0	0	0	9	2
Mayo	***Mínima***	29	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	73	25	4	0	0	1	3	12	0	0	0	3	0
Junio	***Máxima***	198	78	9	0	3	3	12	22	0	0	0	8	1
Junio	***Mínima***	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	54	24	5	0	0	1	3	9	0	0	0	1	0
Julio	***Máxima***	217	78	9	6	1	10	11	25	0	0	0	6	2
Julio	***Mínima***	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	63	26	4	0	0	1	2	13	0	0	0	2	0
Agosto	***Máxima***	163	70	9	0	0	8	14	25	0	0	0	6	2
Agosto	***Mínima***	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	89	29	5	0	0	1	3	15	0	0	0	3	1
Septiembre	***Máxima***	275	76	9	0	1	5	9	30	0	0	0	8	3
Septiembre	***Mínima***	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	127	39	4	0	0	0	1	16	0	0	0	4	1
Octubre	***Máxima***	360	144	9	0	4	4	9	27	1	0	0	9	4
Octubre	***Mínima***	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	146	37	5	0	0	1	0	12	0	0	0	5	1
Noviembre	***Máxima***	306	70	9	0	2	7	5	30	0	2	0	11	4
Noviembre	***Mínima***	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	140	35	5	0	1	1	0	11	1	0	0	5	1
Diciembre	***Máxima***	241	63	9	4	5	3	3	23	12	3	0	12	2
Diciembre	***Mínima***	37	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0

Tabla 4

TEMPERATURAS. RANON Período 1.960-1.990

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media Mes	Días temp. Min. < 0º C	Días temp. Min. >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Media***	18	0	13	5	9	1	0	0	0
Enero	***Máxima***	24	4	15	8	11	9	0	0	0
Enero	***Mínima***	14	-3	10	3	7	0	0	0	0
Febrero	***Media***	20	1	13	6	9	1	0	0	0
Febrero	***Máxima***	24	5	18	9	13	9	0	0	0
Febrero	***Mínima***	15	-3	11	3	7	0	0	0	0
Marzo	***Media***	20	1	14	6	10	0	0	0	0
Marzo	***Máxima***	24	5	17	8	12	2	0	0	0
Marzo	***Mínima***	15	-2	10	4	7	0	0	0	0
Abril	***Media***	21	3	14	7	11	0	0	0	0
Abril	***Máxima***	27	6	17	9	13	1	0	1	0
Abril	***Mínima***	16	-1	12	5	9	0	0	0	0
Mayo	***Media***	23	5	17	9	13	0	0	0	0
Mayo	***Máxima***	34	9	19	11	15	0	0	3	1
Mayo	***Mínima***	17	2	13	8	10	0	0	0	0
Junio	***Media***	25	8	19	12	16	0	0	0	0
Junio	***Máxima***	31	10	22	14	18	0	0	5	2
Junio	***Mínima***	19	6	16	11	14	0	0	0	0
Julio	***Media***	26	11	21	14	18	0	0	2	0
Julio	***Máxima***	33	14	24	16	19	0	1	8	4
Julio	***Mínima***	22	8	20	12	16	0	0	0	0
Agosto	***Media***	26	11	22	15	18	0	0	3	0
Agosto	***Máxima***	32	14	24	17	20	0	0	8	1
Agosto	***Mínima***	24	8	20	13	17	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	28	9	21	14	17	0	0	3	0
Septiembre	***Máxima***	36	14	24	17	20	0	1	10	2
Septiembre	***Mínima***	23	7	19	11	15	0	0	0	0
Octubre	***Media***	24	6	18	11	14	0	0	1	0
Octubre	***Máxima***	31	10	20	13	16	0	0	3	1
Octubre	***Mínima***	20	3	14	9	11	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	22	3	15	8	12	0	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	31	10	20	13	16	1	0	3	1
Noviembre	***Mínima***	19	-1	12	6	9	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	20	1	13	6	10	1	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	26	6	17	9	13	5	0	1	0
Diciembre	***Mínima***	14	-3	10	4	7	0	0	0	0

Tabla 5

TEMPERATURAS. SAN ROMAN DE CANDAMO Período 1.960-1.990

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media Mes	Días temp. Min. < 0º C	Días temp. Min. >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Media***	18	0	13	5	9	1	0	0	0
Enero	***Máxima***	24	4	15	8	11	9	0	0	0
Enero	***Mínima***	14	-3	10	3	7	0	0	0	0
Febrero	***Media***	20	1	13	6	9	1	0	0	0
Febrero	***Máxima***	24	5	18	9	13	9	0	0	0
Febrero	***Mínima***	15	-3	11	3	7	0	0	0	0
Marzo	***Media***	20	1	14	6	10	0	0	0	0
Marzo	***Máxima***	24	5	17	8	12	2	0	0	0
Marzo	***Mínima***	15	-2	10	4	7	0	0	0	0
Abril	***Media***	21	3	14	7	11	0	0	0	0
Abril	***Máxima***	27	6	17	9	13	1	0	1	0
Abril	***Mínima***	16	-1	12	5	9	0	0	0	0
Mayo	***Media***	23	5	17	9	13	0	0	0	0
Mayo	***Máxima***	34	9	19	11	15	0	0	3	1
Mayo	***Mínima***	17	2	13	8	10	0	0	0	0
Junio	***Media***	25	8	19	12	16	0	0	0	0
Junio	***Máxima***	31	10	22	14	18	0	0	5	2
Junio	***Mínima***	19	6	16	11	14	0	0	0	0
Julio	***Media***	26	11	21	14	18	0	0	2	0
Julio	***Máxima***	33	14	24	16	19	0	1	8	4
Julio	***Mínima***	22	8	20	12	16	0	0	0	0
Agosto	***Media***	26	11	22	15	18	0	0	3	0
Agosto	***Máxima***	32	14	24	17	20	0	0	8	1
Agosto	***Mínima***	24	8	20	13	17	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	28	9	21	14	17	0	0	3	0
Septiembre	***Máxima***	36	14	24	17	20	0	1	10	2
Septiembre	***Mínima***	23	7	19	11	15	0	0	0	0
Octubre	***Media***	24	6	18	11	14	0	0	1	0
Octubre	***Máxima***	31	10	20	13	16	0	0	3	1
Octubre	***Mínima***	20	3	14	9	11	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	22	3	15	8	12	0	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	31	10	20	13	16	1	0	3	1
Noviembre	***Mínima***	19	-1	12	6	9	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	20	1	13	6	10	1	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	26	6	17	9	13	5	0	1	0
Diciembre	***Mínima***	14	-3	10	4	7	0	0	0	0

Tabla 6

TEMPERATURAS. BRAÑAVARA Período 1.960-1.990

Mes		Máxima	Mínima	Media mes	Días temp. Min. < -5º C	Días temp. Min. < 0º C	Días temp. Min. >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Media***	15	-2	6	0	5	0	0	0
Enero	***Máxima***	19	0	7	3	14	0	0	0
Enero	***Mínima***	11	-6	4	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	13	-2	5	0	6	0	0	0
Febrero	***Máxima***	18	0	7	2	14	0	0	0
Febrero	***Mínima***	11	-6	4	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	15	-2	6	0	8	0	0	0
Marzo	***Máxima***	20	0	7	2	14	0	0	0
Marzo	***Mínima***	11	-6	4	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	20	-1	8	0	3	0	0	0
Abril	***Máxima***	23	3	9	0	6	0	0	0
Abril	***Mínima***	16	-5	7	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	21	1	9	0	0	0	0	0
Mayo	***Máxima***	26	3	11	0	1	0	1	0
Mayo	***Mínima***	17	-1	8	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	27	7	15	0	0	0	3	0
Junio	***Máxima***	29	9	17	1	1	0	9	0
Junio	***Mínima***	22	5	14	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	26	7	15	0	0	0	2	0
Julio	***Máxima***	29	9	17	2	2	0	5	0
Julio	***Mínima***	23	5	14	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	28	6	15	0	0	0	4	0
Agosto	***Máxima***	33	8	18	2	2	2	12	1
Agosto	***Mínima***	25	4	13	0	0	0	1	0
Septiembre	***Media***	23	4	12	0	0	0	1	0
Septiembre	***Máxima***	27	7	15	1	1	0	2	0
Septiembre	***Mínima***	16	1	7	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	19	1	9	0	1	0	0	0
Octubre	***Máxima***	26	2	12	2	2	0	1	0
Octubre	***Mínima***	14	-1	6	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	14	-2	6	0	3	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	19	1	9	2	7	0	0	0
Noviembre	***Mínima***	10	-4	4	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	14	2	5	0	5	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	2	0	6	3	12	0	0	0
Diciembre	***Mínima***	10	5	4	0	0	0	0	0

Tabla 7

TEMPERATURAS. LUARCA Período 1.960-1.990

Mes		Máxima	Mínima	Media mes	Días temp. Min. < -5º C	Días temp. Min. < 0º C	Días temp. Min. >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Media***	19	0	9	0	1	0	0	0
Enero	***Máxima***	23	5	12	1	6	0	0	0
Enero	***Mínima***	15	-5	7	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	20	0	10	0	1	0	0	0
Febrero	***Máxima***	25	3	12	0	3	0	0	0
Febrero	***Mínima***	15	-3	7	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	21	2	10	0	0	0	0	0
Marzo	***Máxima***	28	4	13	0	1	0	2	0
Marzo	***Mínima***	15	0	6	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	21	3	11	0	0	0	0	0
Abril	***Máxima***	27	7	13	0	1	0	3	0
Abril	***Mínima***	16	0	9	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	22	5	13	0	0	0	0	0
Mayo	***Máxima***	32	9	16	0	0	0	4	2
Mayo	***Mínima***	18	3	11	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	25	8	16	0	0	0	1	0
Junio	***Máxima***	31	10	18	0	0	0	12	1
Junio	***Mínima***	22	5	15	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	26	10	18	0	0	0	4	0
Julio	***Máxima***	30	14	20	0	0	0	16	1
Julio	***Mínima***	23	8	16	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	27	11	18	0	0	0	5	0
Agosto	***Máxima***	32	13	20	0	0	0	19	2
Agosto	***Mínima***	24	8	17	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	27	9	17	0	0	0	4	0
Septiembre	***Máxima***	33	15	19	0	0	1	11	1
Septiembre	***Mínima***	22	8	15	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	25	7	15	0	0	0	2	0
Octubre	***Máxima***	30	10	18	0	0	1	6	1
Octubre	***Mínima***	20	4	12	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	22	3	12	0	0	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	25	6	14	0	1	0	2	0
Noviembre	***Mínima***	18	-1	10	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	21	1	10	0	1	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	28	6	14	0	6	0	1	0
Diciembre	***Mínima***	13	-2	7	0	0	0	0	0

Tabla 8

2.2. TOPOGRAFÍA

La superficie del presente Estudio Previo de Terrenos se encuentra ubicada entre la costa Cantábrica al Norte, la estribación norte de la Cordillera Cantábrica al Sur, los valles de los ríos Nalón y Narcea al Este y la Ría del Eo al Oeste.

Las cotas entre las que está comprendido el Tramo oscilan entre el nivel del mar en las playas y los 1.017 m del monte del Courio. Sin embargo, este desnivel no es gradual, sino que pueden establecerse, en cuanto a Topografía se refiere dos zonas en el Tramo.

Así, la primera zona topográfica, se extiende a lo largo de toda la costa con un ancho variable y con una débil pendiente general S-N, que oscila entre el 1,5 y el 3,5 por ciento. Las cotas a las que se encuentra esta zona son: Al Oeste del Arroyo del Estercolero entre los 20 m y los 80 m de altitud; de 60 m a 100 m entre el Arroyo del Estercolero y el Río Barayo y entre el Río Mayor y el Arroyo de Posadas Frieira (estas dos zonas de características topográficas parecidas están separadas por una estrecha banda de aproximadamente 1 km. en la costa, de relieve más abrupto, que sobresale por el Cabo Cuerno).

Del Arroyo de Posadas Frieras hacia el E esta primera zona topográfica pierde entidad, estrechándose y desapareciendo en la zona del Mirador y la Playa del Silencio. En el extremo E, la zona vuelve a aparecer y está comprendida entre cotas 100 y 140 m, a lo largo de 1,5-2 Km.

La segunda zona topográfica, la más extensa e interior, que ocupa aproximadamente un 85% del área de estudio, se encuentra entre las cotas 100 m y 1.017 m, creciendo paulatinamente las alturas hacia el interior.

El Tramo se inicia en el amplio valle del Río Nalón, en las inmediaciones de la localidad de Grado, que se ensancha al recibir su afluente, el Río Cubia, pero rápidamente gira hacia el Norte evitando las sierras de La Cogolla (Cogolla 592 m), Pedrorio (Pedrorio 786 m) y Sollera (598 m), que se disponen casi perpendicularmente a la carretera N-634 que atraviesa longitudinalmente el tramo por esta zona. Esta parte más montañosa crece paulatinamente en altura hacia el SO, donde se alcanzan las mayores alturas de estas tres sierras (Pico de Vio de 816 m en la Sierra del Pedrorio) y las pendiente más pronunciadas, con pendientes naturales de hasta el 61%.

Siguiendo la N-634 se atraviesa longitudinalmente el valle encajado del Río Nonaya con dirección aproximadamente E-. Este valle se ha encajado perpendicularmente a las estructuras geológicas que constituyen las sierras de Las Traviesas y de Bodenaya; en la parte Norte de estas sierras se encuentran los picos de El Viso de 675 m y el de Camuño de 433 m. Al Sur del valle se encuentran los picos Rebollín de 809 m y Cermoño de unos 700 m de altitud.

El Río Narcea discurre por un valle muy encajado con dirección O-E en el cuadrante 2 de la hoja 27 y S-N en el cuadrante 3 de la hoja 28, limitado en su parte Norte por la sierra de Las Traviesas y al S por la sierra del Courio, donde se encuentran las cotas más altas de todo el Tramo (Courio 1.017 m) y pendientes de aproximadamente el 60 por ciento.

Hacia el NO, por la misma carretera N-634, encontramos el Alto de la Espina, que constituye una divisoria de aguas importante en el Tramo. Al NO existen valles muy encajados y tallados en forma de V con desniveles de hasta 400 m entre las zonas más altas (Aguión, 923 m; Pico Collado, 820 m) y los valles de los principales ríos de esta área: Brañalonga, Llorín y Muñás. La altitud, por lo general va disminuyendo hacia el NO, estando las cotas más bajas en los alrededores de la desembocadura del río Llorín y Ferreras sobre el Esva.

El resto de esta segunda zona topográfica, está formada, de E a O, por las estribaciones septentrionales de las sierras de Los Vientos (Cueto, 783 m) y de Pumar (Pico Lahuz, 667 m), que dan importantes resaltes, y las de Buseco (Refleita, 667 m; Peñas Rubias, 534 m; el Roncaño, 580 m) y La Bobia (Agrandela, 39 m y San Marcos, 230 m), lindando ya con la parte llana de la zona primera, excepto en Cabo Cuerno, en que esta zona escarpada llega directamente al mar. Todas estas sierras tienen una orientación general NE. Por esta última parte son de destacar los valles encajados de los ríos Navia y Eo, este último ya fuera del Tramo. Continúa en esta parte el decrecimiento de las cotas hacia el Oeste, con la máxima de 634 m en la Ouvertia, y el resto de cotas máximas ya no superan los 450 m, de tal manera que en el extremo Oeste del Tramo la cota máxima es el Monte de San Marcos con sólo 230 m de altura. La pendientes también se hacen mucho más suaves aunque todavía son considerables (media del 33%).

En la Figura 2.1. se puede observar un perfil representativo de la topografía del Tramo.

2.3. GEOMORFOLOGÍA

El Tramo de estudio se encuentra ubicado al Norte de la Cordillera Cantábrica. Está limitado al Norte por el Mar Cantábrico, al Sur por las estribaciones septentrionales de las sierras prelitorales de la Cantábrica, al Este por la depresión Terciaria de Grado y al Oeste por la ría del Eo.

Incluye los corredores actuales de las carreteras N-634 por el interior y la N-632 por la costa, que cortan perpendicularmente a las principales estructuras geológicas.

Los ríos principales de la zona de estudio, que se caracterizan por su corto recorrido desde la Cordillera Cantábrica, se encuentran en su curso bajo, y vierten en su totalidad al Mar Cantábrico, encontrándose bastante encajados, originándose en algunos de ellos una desembocadura en forma de rías (Eo y Navia). Las cuencas de estos ríos se encuentran separadas por divisorias que suelen coincidir con los niveles más duros de las

formaciones que drenan (Serie de los Cabos y Formación Herrería). A veces coinciden con las direcciones de las principales sierras, cuarcíticas, estando los ríos encajados en los niveles areniscosos y pizarrosos, más alterables y menos resistentes a la erosión.

La red secundaria está muy encajada y condicionada, como la principal por la litología y la estructura fundamentalmente; en la zona costera es perpendicular a ésta.

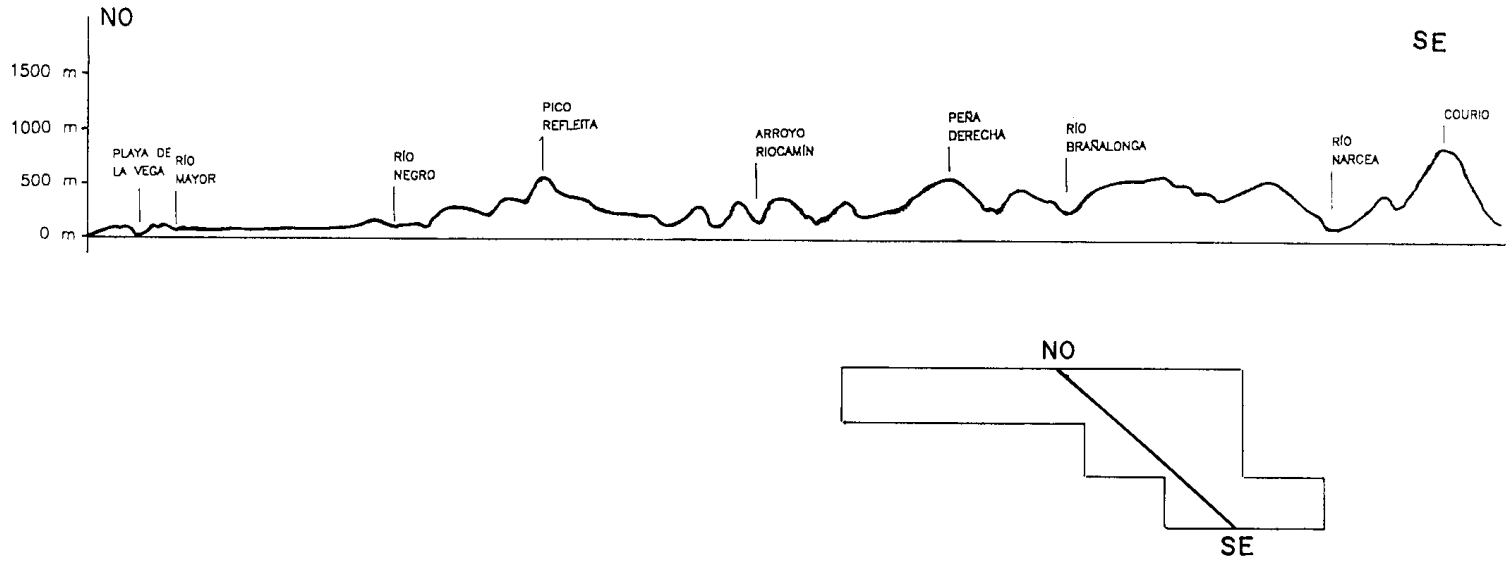


Figura 2.1. *Corte topográfico representativo del Tramo y su situación esquemática.*

La parte Sureste del área de estudio está ocupada por los valles encajados y de fondo plano del curso bajo de los ríos Nalón y Cubia (que dibujan algún meandro) discurriendo por materiales Devónicos de litología variada: calizas, areniscas, pizarras y cuarcitas. También se puede observar la presencia de pequeñas cuencas terciarias rellenas de materiales detríticos.

La parte central del tramo presenta un relieve abrupto y pendientes muy pronunciadas con ciertas zonas elevadas y de relieve llano (llanos de Tineo y La Espina). La red fluvial está muy encajada generando valles en forma de V. Al este de La Espina, la geomorfología de la zona está constituida por un conjunto de sierras, con dirección noroeste-sureste, pertenecientes a las estribaciones septentrionales de la Cordillera Cantábrica. Esas sierras están constituidas, fundamentalmente, por pizarras, cuarcitas y areniscas del Paleozoico. Entre estas sierras prelitorales se pueden destacar las del Pedrorio, Cogollo, Sollera, Las Traviesas, Bodenaya, Tineo, Pomar, Los Vientos, Buseco y la Bobia con una dirección aproximada entre NE-SO y NNE-SSO y las del Viso y del Courio con una dirección aproximada E-O.

La parte Norte está caracterizada por una banda estrecha E-O, paralela a la costa, con una ligera pendiente (entre el 1,5 y 3,5 por ciento) hacia el mar y por una costa acantilada con pequeñas plataformas marinas y calas. El área de escasa pendiente es el resultado de una abrasión marina durante la glaciación Würm y un reajuste isostático posterior debido a la rápida erosión de la Cordillera Cantábrica durante el Cuaternario, que hizo emerger esta plataforma que quedó cubierta por los depósitos cuaternarios de las zonas marginales de los abanicos aluviales y coluviales que se depositaron posteriormente.

Teniendo en cuenta lo comentado en párrafos anteriores, se pueden distinguir 2 zonas geomorfológicas, mostradas en el esquema de la Figura 2.2, que quedan definidas por su relieve, litología y los procesos morfogenéticos que tienen lugar en cada una de ellas:

La Zona I Unidad Geomorfológica de la plataforma costera-rías en la que actúan los siguientes procesos:

- Acción marina

  Que está modificando la actual línea de costa generando formas acantiladas y pequeñas plataformas de abrasión, en zonas donde predomina la erosión del oleaje.

- Acción fluvial

  Los ríos cortan y erosionan perpendicularmente la plataforma costera, encajándose en ella. Se adaptan a la estratificación y a las estructuras geológicas. La dinámica fluvial también genera morfologías de acumulación, como son los abanicos aluviales que tie-

nen su cabecera en las sierras marginales, expandiéndose en la plataforma y dando una ligera pendiente hacia el mar de entre 1,5 y 3,5 por ciento.

- Acción mixta marino-fluvial

  En los estuarios de las rías del Eo y Navia, que generan marismas y barras arenosas.

- La acción de la gravedad

  Se restringe a los acantilados de la costa, donde se originan por la erosión desprendimientos favorecidos por las discontinuidades preexistentes en la roca y por la erosión de las partes bajas de los acantilados.

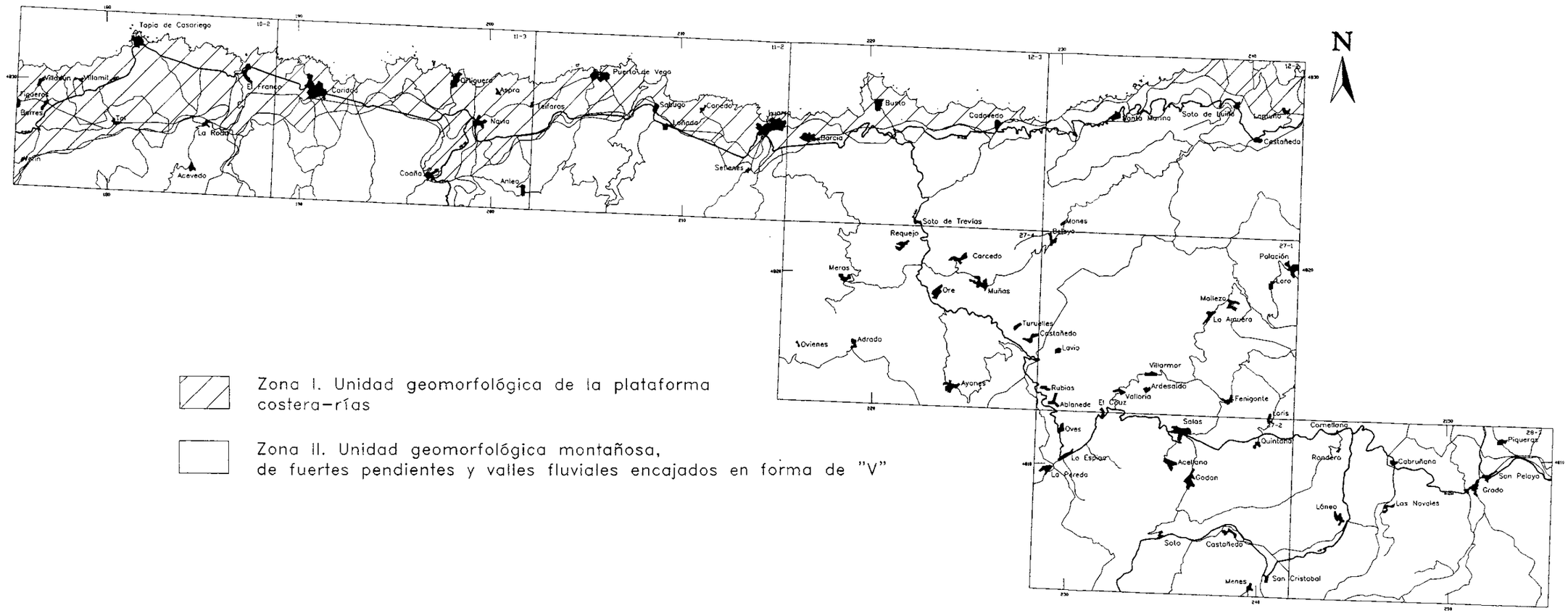
En la Zona II Unidad Geomorfológica montañosa de fuertes pendientes y valles fluviales encajados en forma de "V", el relieve está controlado fundamentalmente por la diferencia de competencias y por la estructura de los materiales del Paleozoico. Quedan como interfluvios litologías predominantemente cuarcíticas y resistentes a la erosión fluvial, encajándose los ríos en las litologías pizarrosas y areniscosas, más alterables, y por tanto más susceptibles de erosionarse.

La erosión remontante ha generado unas pendientes muy elevadas. Las vertientes, actualmente sufren procesos de regularización natural, por acción de la gravedad, que produce deslizamientos (inactivos, pero que pueden volver a funcionar naturalmente, por acción de las lluvias o por la acción humana no deseada), movimientos en masa provocados por la arroyada, avalanchas de roca y derrubios, desprendimientos de bloques por vuelco debido a los altos buzamientos de las capas y reptaciones superficiales que afectan a la zona alterada y a suelos desarrollados en la roca. Las avalanchas y desprendimientos generan canchales procedentes de las cuarcitas en zonas donde están mas tectonizadas. Los ríos tienen un régimen de aportaciones importante, siendo caudalosos a pesar de lo pequeñas que son sus cuencas hidrográficas. Junto a esto deben salvar pendientes pronunciadas lo que les confiere gran capacidad erosiva. En esta zona central la red es secundaria, en su mayor parte, observándose las cabeceras de arroyuelos, de trazado muy rectilíneo con bloques rocosos en sus lechos.

En la parte suroriental de esta Zona II, de valles encajados en el curso bajo de los ríos Nalón y Cubia, existen pequeñas cuencas terciarias y formas kársticas. Dominan los mismos procesos que en la zona anterior, pero su litología es sensiblemente distinta, por la presencia de materiales calcáreos y pizarrosos del Devónico y Carbonífero Inferior además de las litologías ya comentadas del Cámbrico-Ordovícico. En muchas ocasiones estos materiales se disponen en alternancias y en posiciones verticales y cabalgando sobre otros, situaciones de equilibrio metaestable, que junto a las elevadas pendientes naturales, del 60 por ciento en algunos casos son capaces de desencadenar procesos de gravedad. La red fluvial y el relieve están condicionados también por factores litológicos y estructurales.

Los ríos, en la parte oriental de la Zona II, están en su curso bajo, y divagan por sus valles encajados, dando formas incluso meandriformes y dejando depósitos aluviales abundantes. En las zonas de litología carbonatada se dan fenómenos de disolución, que generan formas de tipo kárstico, como cuevas y dolinas, estas últimas a escala cartográfica, que en sus fondos generan suelos de alteración.

La cuenca terciaria de Grado y las pequeñas cuencas de adyacentes, están rellenas de sedimentos poco consolidados en los que se desarrolla la erosión por arroyada de carácter difuso, con corrientes de trayectoria cambiante (mitigada en parte por la cubierta vegetal) y la arroyada concentrada, que genera surcos y barrancos. Estos procesos se ven favorecidos por el régimen climático lluvioso y por la existencia de pendientes fuertes (del 40 al 50 por ciento) que no permiten la fijación de la vegetación. Estos materiales, por lo dicho hasta ahora, son muy susceptibles de sufrir movimientos en masa.



Zona I. Unidad geomorfológica de la plataforma costera–rías

Zona II. Unidad geomorfológica montañosa, de fuertes pendientes y valles fluviales encajados en forma de "V"

Figura 2.2. *Esquema de la división del Tramo en zonas geomorfológicas.*

2.4. ESTRATIGRAFÍA

Los materiales litológicos que aparecen en el Tramo pertenecen a edades comprendidas entre el Precámbrico y el Cuaternario. Falta todo el Mesozoico, el Pérmico y gran parte del Carbonífero.
El Tramo de estudio abarca dos de los dominios tectosedimentarios según Lozte: la Zona Cantábrica al E y con materiales de composición variada: cuarcitas, pizarras, calizas, areniscas; de edades comprendidas entre el Cámbrico Superior y el Terciario, y la Zona Asturoccidental-Leonesa con materiales de composición pizarrosa, areniscosa y cuarcítica, fundamentalmente, aunque hay materiales calcáreos, pero muy puntualmente (Caliza de Vegadeo).

Los materiales precámbricos se encuentran, únicamente, en los alrededores de Tineo-La Espina, formando la antiforma del Narcea y constituida por pizarras verdosas con intercalaciones de areniscas.

En discordancia con los anteriores aparece el Paleozoico Inferior que en la zona Oeste del Tramo (Zona Astur-Occidental-Leonesa) tiene una gran relevancia y representación. Está formado por materiales en su mayoría de origen detrítico presentando edades entre Cámbrico-Ordovícico Medio. Están constituidos por dos potentes series detríticas (Formación Herrería de unos 2.000 m de espesor y Formación Los Cabos de hasta 4.000 m de edades Cámbrico Inferior y Cámbrico Medio-Ordovícico Superior respectivamente) formadas por pizarras, areniscas y cuarcitas, separadas por un nivel discontinuo de calcoesquistos de unos 150 m de espesor (Caliza de Vegadeo y de edad Cámbrico Medio).

La formación Los Cabos tiene un nivel de cuarcitas a techo (Formación Barrios o capas superiores del Eo) de creciente importancia hacia el E.

Estratigráficamente por encima de la Serie de Los Cabos (en la zona Oeste) encontramos la denominada Formación Luarca de edad Ordovícico Medio con espesores comprendidos entre 300 y 1.200 m (diferencias debidas a causas tectónicas). Consisten en unas pizarras negras, limolitas y areniscas con variaciones litológicas locales. A techo tiene un nivel cuarcítico denominado cuarcita de Sabugo.

Sobre la Formación Luarca aparece la Formación Agüeira, de edad Ordovícico Superior constituida por alternancia de areniscas finas, limolitas y pizarras negras con algún nivel cuarcítico. El espesor, al igual que la formación anterior no se puede estimar por estar siempre cortada por cabalgamientos.

Las dos formaciones anteriores, sólo aparecen en la Zona Astur-Occidental-Leonesa, en el ámbito de la zona de trabajo, y las que vamos a describir a continuación sólo se encuentran en la Zona Cantábrica.

En clara discordancia sobre las cuarcitas de techo del Cámbrico-Ordovícico Medio, o Cuarcitas de Barrios se encuentra la formación Formigoso, constituida por pizarras negras en la base y con intercalaciones de areniscas y limolitas hacia el techo. Tienen una edad Silúrico inferior a medio y un espesor de unos 150 m.

La Formación Furada se sitúa inmediatamente por encima de la anterior, con una edad Wenlockiense Silúrico medio a superior y se le estima un espesor de 150 a 200 m. Está compuesta fundamentalmente por cuarcitas, areniscas ferruginosas y, en menor grado, pizarras y limolitas, adquiriendo importancia estas últimas hacia techo.

El Devónico Inferior está representado por la Formación Rañeces, de litología muy heterogénea: en la base unos 200 m de calizas y pizarras con predominio de calizas; por encima de éstas, 50 m a 100 m de calizas y pizarras alternantes y sobre éstas, 150 m de calizas, margas y pizarras rojizas alternantes.

Por encima de esta última formación le siguen unos 300 m de calizas grises con intercalaciones de pizarras a la base y dolomías a techo, de edad Devónico Inferior a medio, conocidas como Formación Moniello.

Apoyada en la Formación Moniello se encuentra la Formación Naranco que representa Devónico medio y que está compuesta por areniscas y cuarcitas, en ocasiones ferruginosas. A techo aparecen unos 100 m de una alternancia de areniscas y pizarras. En total esta formación tiene un espesor que oscila entre 400 y 500 m.

A esta formación se superponen unas calizas recifales que pasan lateralmente a calizas masivas, dolomitizadas a veces, calizas arenosas y areniscas y a pizarras y margas conocidas como Calizas de Candás. El espesor de esta formación es de unos 200 m y tiene una edad Devónico medio.

Concordantes con las anteriores, y de edad Devónico Superior se apoyan las denominadas Areniscas de Candás que consisten en unos 100 m que en la base tienen areniscas con lechos ferruginosos, con frecuentes e irregulares intercalaciones de pizarras y a techo por cuarcitas blancas.

El tránsito al Carbonífero esta constituido por una serie representada por la Caliza Griotte que son unas calizas nodulosas, rojizas, de edad Visiense y con un espesor de unos 10 m.

En la cartografía esta formación está representada junto con la formación suprayacente: la Caliza de Montañosa que consta, a muro, de unas calizas oscuras y fétidas, tableadas y a techo de calizas claras masivas. El espesor máximo de esta formación es de unos 60 m en la zona de estudio aunque al estar formada por cabalgamientos y también debido a

la erosión, podría tener un espesor menor. La edad de esta formación es Carbonífero Inferior.

Sobre la Caliza de Montaña encontramos unas pizarras y areniscas que se presentan como facies turbidíticas incompletas o completas en estratos de unos 20 cm, de edad Carbonífero. Tienen un espesor de 180 a 300 m.

El período Carbonífero superior está representado por el relleno de una pequeña cuenca consistente en unos conglomerados muy cementados de matriz grosera que aparecen en un único afloramiento en la Punta del Cuerno, en la parte Asturoccidental-Leonesa del Tramo. Aparecen en clara discordancia sobre la Formación de Los Cabos, de edad Cámbrico Medio-Ordovícico Superior. Tienen una potencia máxima de unos 90 m.

Al E del Tramo aparecen materiales sin consolidar de edad Terciario (Paleógenoneógeno): conglomerados, arenas y margas y algunos niveles calcáreos. Son rellenos de pequeñas cuencas endorréicas, con variaciones de espesor notables, lo que hace suponer un control tectónico en la formación de dichas cuencas. Normalmente tienen pequeños espesores decamétricos, pero se han observado espesores máximos de hasta 380 m, al N de Grado.

Los depósitos Cuaternarios son resultado de la evolución de las laderas (depósitos de ladera, coluviones, canchales), de la acción fluvial (terrazas, depósitos aluviales de canal, conos de deyección) y de la alteración del substrato. La Figura 2.3, representa gráficamente la descripción de la columna estratigráfica de este tramo.

Las rocas ígneas están representadas por dos tipos de litologías, las más abundantes corresponden a unos granitoides de aspecto masivo, de carácter leucocrático y porfídico. De forma más minoritaria, afloran unos filones de microgranitos, con aspecto microporfídico, que se alteran mucho en superficie.

2.5. TECTÓNICA

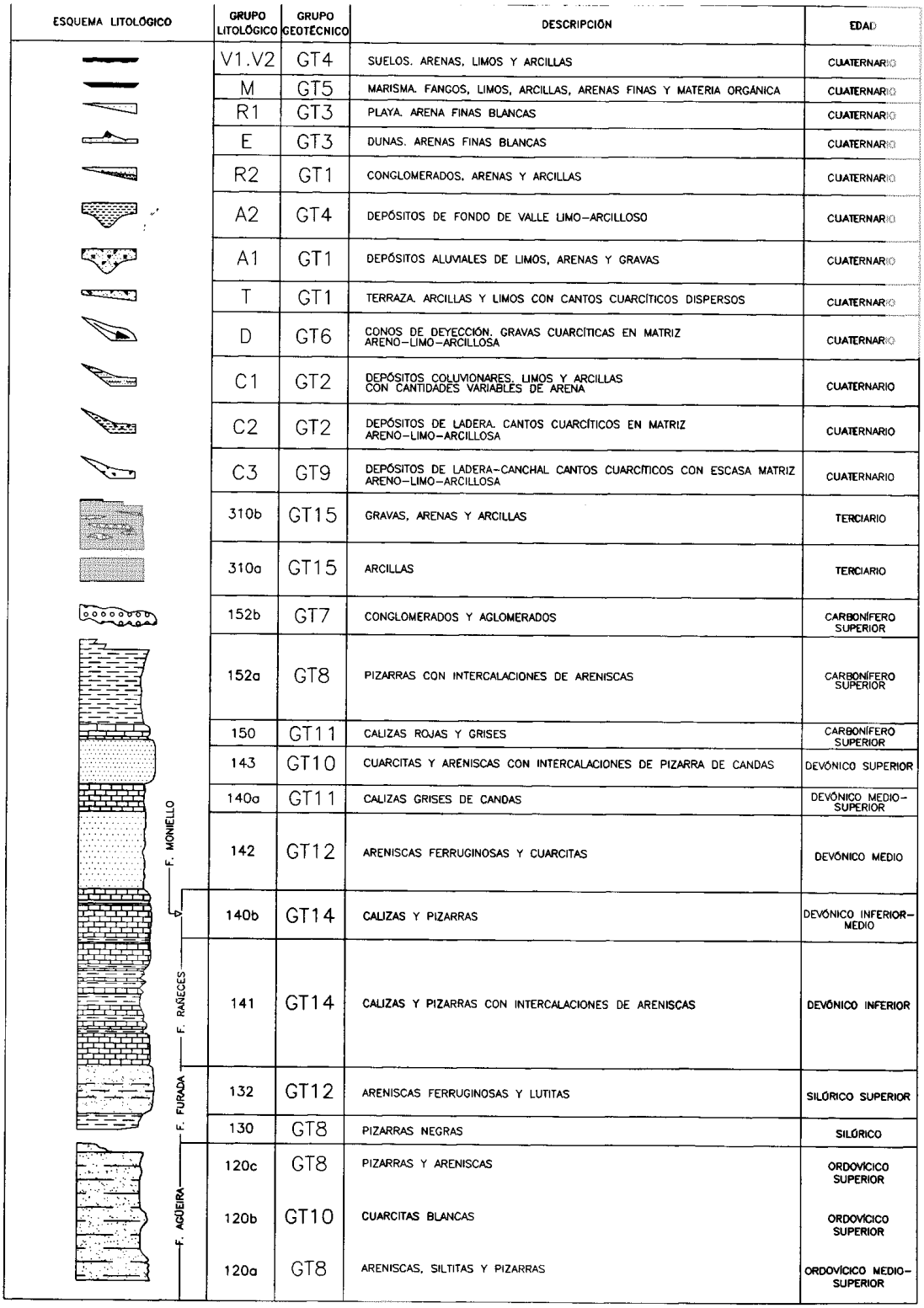
El Tramo de estudio se encuentra ubicado íntegramente en el Macizo Ibérico, dentro de las zonas Cantábrica y Asturoccidental-Leonesa. La primera se caracteriza por la ausencia de metamorfismo, y la segunda, por que el metamorfismo es de grado bajo. Dentro de la Zona Asturoccidental-Leonesa, el Tramo esta constituido en su mayor parte por el Dominio del Navia y el Alto Sil. Al Oeste de Salave, donde está el cabalgamiento basal del Manto de Mondoñedo, el Tramo se interna en el dominio de este Manto de Mondoñedo.

Al Este de La Espina, (donde se encuentra el cabalgamiento de La Espina), el Area de estudio pertenece a la Zona Cantábrica, más concretamente a la Región de los Pliegues y Mantos y dentro de ésta en las Unidades de Somiedo-Correcilla y la Sobia-Bodón. Las

estructuras más importantes y cartografiables en la zona de estudio se formaron en la Orogenia Hercínica. Existen evidencias de orogenias anteriores en los materiales Precámbricos del Antiforme del Narcea, pero no se conservan estructuras. Por otra parte, dentro del Tramo, la Orogenia Alpina únicamente reactiva estructuras originadas en la Orogenia Hercínica.

La zona Oeste del Tramo, perteneciente a la Zona Asturoccidental-Leonesa se caracteriza por una intensa deformación interna de los materiales, que se refleja en la presencia generalizada de foliaciones tectónicas y de un metamorfismo regional de grado bajo que aumenta de intensidad hacia el Oeste. Los pliegues, en todos los casos, tienen trazas axiales de orden kilométrico. Son apretados y cortados, en ocasiones, por cabalgamientos.

Según la mayor parte de los autores se observan tres fases de deformación principales en la Zona de estudio, dentro de esta Orogenia Hercínica.



ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	V1.V2	GT4	SUELOS. ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	CUATERNARIO
	M	GT5	MARISMA. FANGOS, LIMOS, ARCILLAS, ARENAS FINAS Y MATERIA ORGÁNICA	CUATERNARIO
	R1	GT3	PLAYA. ARENA FINAS BLANCAS	CUATERNARIO
	E	GT3	DUNAS. ARENAS FINAS BLANCAS	CUATERNARIO
	R2	GT1	CONGLOMERADOS, ARENAS Y ARCILLAS	CUATERNARIO
	A2	GT4	DEPÓSITOS DE FONDO DE VALLE LIMO-ARCILLOSO	CUATERNARIO
	A1	GT1	DEPÓSITOS ALUVIALES DE LIMOS, ARENAS Y GRAVAS	CUATERNARIO
	T	GT1	TERRAZA. ARCILLAS Y LIMOS CON CANTOS CUARCÍTICOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	D	GT6	CONOS DE DEYECCIÓN. GRAVAS CUARCÍTICAS EN MATRIZ ARENO-LIMO-ARCILLOSA	CUATERNARIO
	C1	GT2	DEPÓSITOS COLUVIONARES. LIMOS Y ARCILLAS CON CANTIDADES VARIABLES DE ARENA	CUATERNARIO
	C2	GT2	DEPÓSITOS DE LADERA. CANTOS CUARCÍTICOS EN MATRIZ ARENO-LIMO-ARCILLOSA	CUATERNARIO
	C3	GT9	DEPÓSITOS DE LADERA-CANCHAL CANTOS CUARCÍTICOS CON ESCASA MATRIZ ARENO-LIMO-ARCILLOSA	CUATERNARIO
	310b	GT15	GRAVAS, ARENAS Y ARCILLAS	TERCIARIO
	310a	GT15	ARCILLAS	TERCIARIO
	152b	GT7	CONGLOMERADOS Y AGLOMERADOS	CARBONÍFERO SUPERIOR
F. MONIELLO	152a	GT8	PIZARRAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS	CARBONÍFERO SUPERIOR
F. MONIELLO	150	GT11	CALIZAS ROJAS Y GRISES	CARBONÍFERO SUPERIOR
F. MONIELLO	143	GT10	CUARCITAS Y ARENISCAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRA DE CANDAS	DEVÓNICO SUPERIOR
F. MONIELLO	140a	GT11	CALIZAS GRISES DE CANDAS	DEVÓNICO MEDIO-SUPERIOR
F. MONIELLO	142	GT12	ARENISCAS FERRUGINOSAS Y CUARCITAS	DEVÓNICO MEDIO
F. RAÑECES	140b	GT14	CALIZAS Y PIZARRAS	DEVÓNICO INFERIOR-MEDIO
F. RAÑECES	141	GT14	CALIZAS Y PIZARRAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS	DEVÓNICO INFERIOR
F. FURADA	132	GT12	ARENISCAS FERRUGINOSAS Y LUTITAS	SILÚRICO SUPERIOR
F. FURADA	130	GT8	PIZARRAS NEGRAS	SILÚRICO
F. AGÜEIRA	120c	GT8	PIZARRAS Y ARENISCAS	ORDOVÍCICO SUPERIOR
F. AGÜEIRA	120b	GT10	CUARCITAS BLANCAS	ORDOVÍCICO SUPERIOR
F. AGÜEIRA	120a	GT8	ARENISCAS, SILTITAS Y PIZARRAS	ORDOVÍCICO MEDIO-SUPERIOR

Figura 2.3. *Columna estratigráfica del Tramo Grado-Ribadeo.*

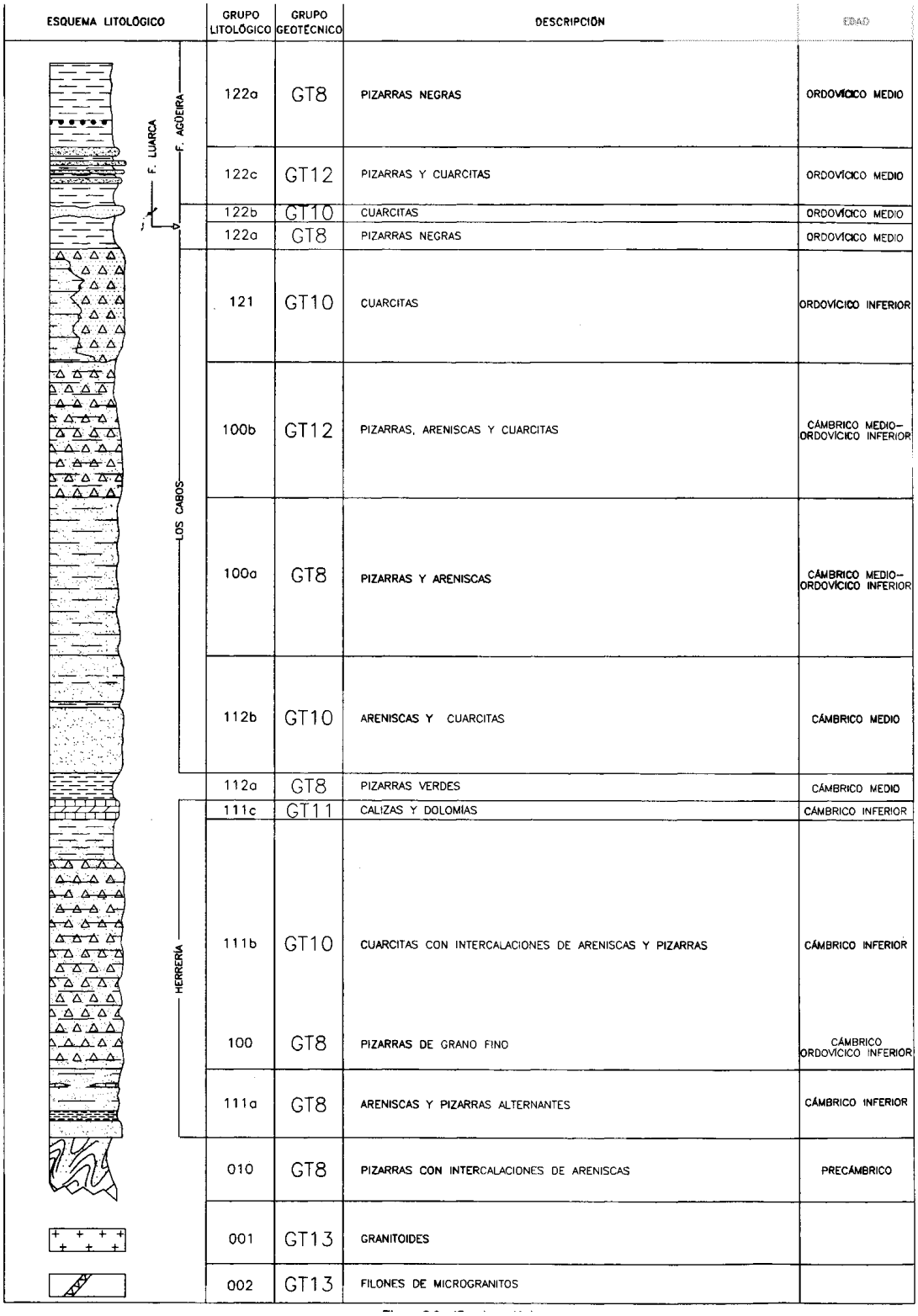


Figura 2.3. *Columna estratigráfica del Tramo Grado-Ribadeo (continuación).*

- Primera fase de deformación

  Es intensa y origina pliegues isoclinales y vergentes hacia el E, siendo acostados en el dominio del Manto de Mondoñedo y con mayor ángulo entre flancos hacia el E. Tienen una dirección general NNE-SSO. También genera una foliación de carácter generalizado.

- Segunda fase de deformación

  Origina los cabalgamientos que cortan a los pliegues originados en la primera fase de deformación. Estos cabalgamientos tienen una dirección de transporte hacia el E y una dirección de su traza NNE-SSO. Los cabalgamientos de mayor entidad, dentro del Area de trabajo son los de La Espina, que es el cabalgamiento basal del Manto de Mondoñedo. Otros cabalgamientos de entidad menor dentro del Tramo son los del Barayo, Montefurado y Trones, todos dentro del dominio del Navia y Alto Sil.

- Tercera fase de deformación

  Genera pliegues suaves y de grandes dimensiones que afectan a las estructuras de las fases anteriores. Es poco visible en el Tramo de estudio. En la zona Este del Tramo, perteneciente a la Zona Cantábrica, la tectónica es algo distinta.

En primer lugar, la mayor parte de las estructuras visibles son debidas a la segunda fase de deformación, que actúa de forma amortiguada y menos enérgica que en el dominio anterior.

En segundo lugar, la deformación ha tenido lugar en la parte superior de la corteza, puesto que se ha observado una ausencia total de deformación interna (aquí la foliación no se observa plegada, como en el área anterior) y la ausencia total de metamorfismo.

En tercer lugar, la deformación está controlada por la existencia de niveles de despegue que cortan la estratificación tanto frontalmente como lateralmente. Estos niveles de despegue son paralelos a la estratificación, es decir son, contactos, excepto en la zona de rotura; los desplazamientos de las escamas pueden llegar a decenas de kilómetros.

En la Zona de trabajo, las trazas de los cabalgamientos afectan a los materiales del Cámbrico Inferior-Medio, es decir, a la Formación Vegadeo y a los tramos margosos-pizarrosos del Devónico. Además de las estructuras generadas por la Orogenia Hercínica, las fases tardihercínicas se generan unas estructuras consistentes en fallas de desgarre con cierto movimiento en la vertical, transversales a los cabalgamientos y con direcciones ONO-ESE a NO-SE. Estas estructuras son muy visibles.

Por último, la Orogenia Alpina debió aprovechar las estructuras hercínicas y reactivarlas. Se tiene constancia de ello en la Zona, porque pequeñas cuencas, de Grado, están afectadas por fallas que provocan cambios de espesor muy considerables.

2.6. SISMICIDAD

Todo lo que se expone en este apartado está referido a la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-94 de reciente vigencia (desde el 9 de Febrero de 1997) que sustituye a la PDS (1974) que se venía aplicando hasta el momento de su entrada en vigor. En la figura 2.4, se muestra el tramo en el mapa de Peligrosidad Sísmica.

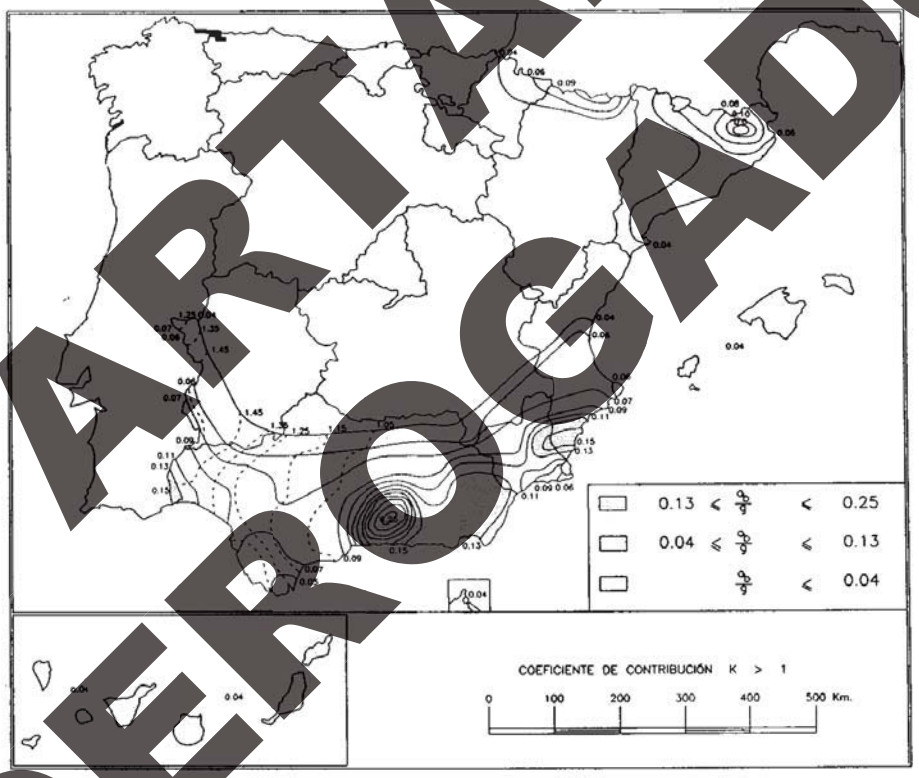


Figura 2.4. *Situación del Tramo Grado-Ribadeo en el Mapa de Peligrosidad Sísmica.*

Según dicha norma, la construcción de una infraestructura lineal se considera una obra de especial importancia a efectos de su aplicación, según su epígrafe 1.2.2. Esto quiere decir, que para el cálculo del coeficiente de riesgo (*p*) de la fórmula:

$$A_c = a_b \cdot p$$

donde

APARTADO DEROGADO

a_c = Aceleración de cálculo
a_b = Aceleración básica
p = Coeficiente de riesgo que se obtiene mediante la fórmula

$$p = (t/50)^{0.37}$$

t, que es el período de vida de la construcción, va a ser igual o mayor a 100 años en este caso, de obra de especial importancia.

Según el epígrafe 1.2.3. de la NCSE-94 no es obligatoria la aplicación de esta Norma si la aceleración sísmica de cálculo, a_c, es inferior a 0,06 g, donde g es el valor de la gravedad.

Para saber la $\boldsymbol{a_c}$ simplemente tenemos que aplicar la fórmula mencionada anteriormente, puesto que $\boldsymbol{a_b}$ la obtenemos del Mapa de Riesgo Sísmico de la Figura 2.4, siendo $\boldsymbol{a_b} < 0{,}04$ g, obteniéndose una $\boldsymbol{a_c}$ que esta claramente fuera del rango de obligatoriedad para el cumplimiento de esta Norma, por lo que se tendría que cumplir únicamente las Prescripciones de índole general, que son:

- Clasificación de las construcciones
- Mapa de peligrosidad sísmica y obtención de la aceleración sísmica básica
- Aceleración sísmica de cálculo.

APARTADO DEROGADO

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

El Tramo se divide en Zonas de estudio con el objeto de estructurar y facilitar la descripción y el examen de los grupos litológicos que se han discriminado en su ámbito.

En la Figura 3.1. se puede observar un esquema en el que se aprecia como queda distribuidas la división por Zonas en el Tramo.

Los criterios utilizados para realizar esta partición son fundamentalmente geomorfológicos y en menor grado litológicos, coincidiendo con la división en unidades geomorfológicas del Tramo de estudio.

Estas unidades quedarían como siguen:

- Zona 1

  Unidad geomorfológica plataforma costera-rías, está constituida fundamentalmente por los relieves planos en una estrecha banda de hasta 3 km. de anchura, cuyo zócalo paleozoico se encuentra recubierto por materiales terrígeno-detríticos del Plio-cuaternario.

  Entre las zonas planas se desarrollan algunos valles perpendiculares a esta zona, formados por las rías.

  Esta zona limita al Norte con el Mar Cantábrico por medio de acantilados de diversa altura formados por materiales Paleozoicos detrítico-pizarrosos.

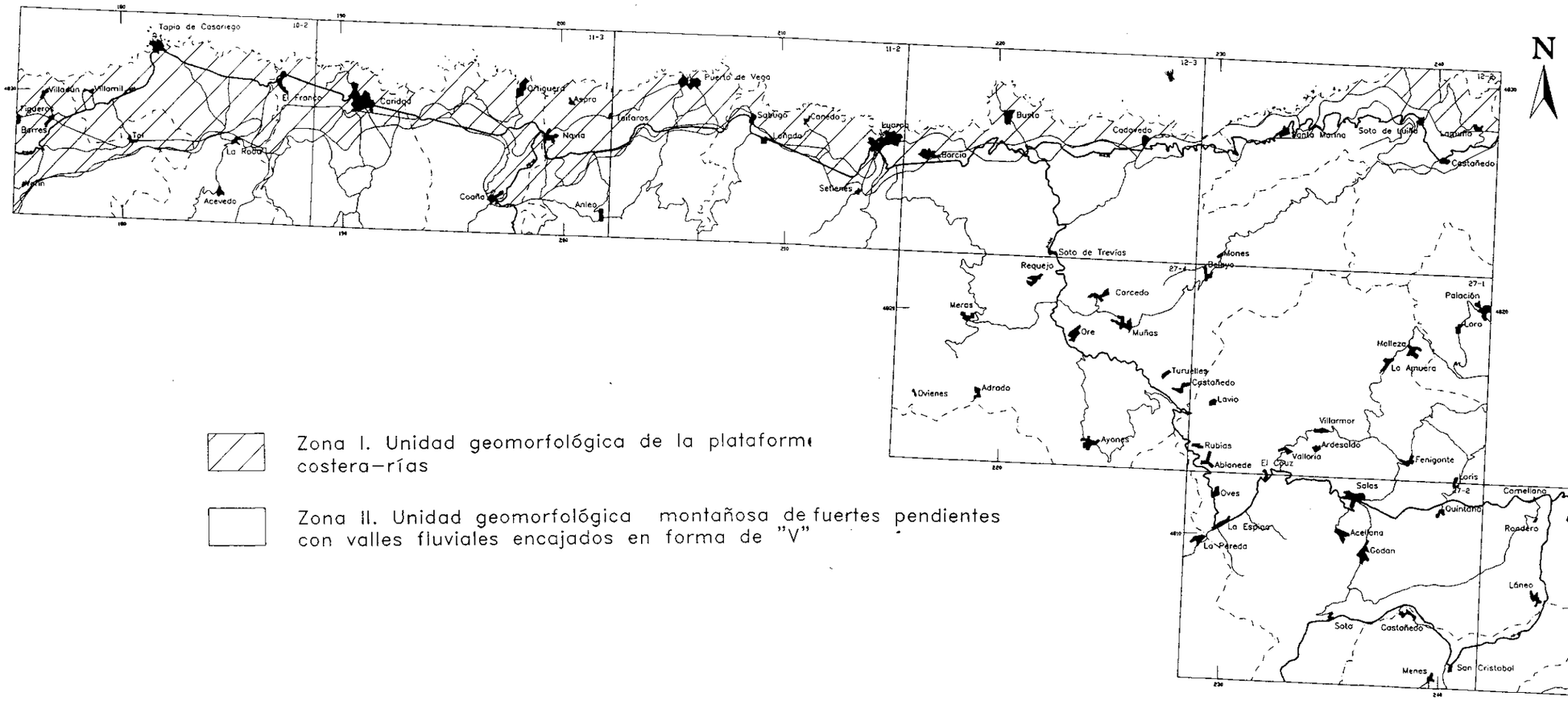
- Zona 2

  Unidad geomorfológica montañosa de fuertes pendientes, con valles encajados en forma de "V".

  Está constituida por materiales detríticos (cuarcitas, areniscas y pizarras) de edad Precámbrico, Cámbrico y Ordovícico y materiales de naturaleza carbonatada de edad Devónico y Carbonífero.

  El relieve se caracteriza por fuertes pendientes donde tienen lugar procesos de ladera, fenómenos de erosión fluvial y encajamiento, y procesos kársticos en las litologías carbonatadas. La red de drenaje presenta una distribución que se reajusta a la disposición estructural de los materiales del substrato.

Un rasgo distintivo de la Zona 2 es la presencia de pequeñas cuencas terciarias con rellenos de materiales poco consolidados en donde los cauces fluviales presentan mayor desarrollo.



Zona I. Unidad geomorfológica de la plataforme costera–rías

Zona II. Unidad geomorfológica montañosa de fuertes pendientes con valles fluviales encajados en forma de "V"

Figura 3.1. *División del Tramo en zonas de estudio*

3.2. ZONA 1: UNIDAD GEOMORFOLÓGICA DE PLATAFORMA COSTERA Y RÍAS

3.2.1. Geomorfología

Está recorrida por las carreteras N-634 y N-632.

La Zona 1, ocupa una plataforma de dirección E-O de unos 3 km. de ancho como media, paralela a la costa y con una pendiente entre el 1,5 y el 3 por ciento hacia el mar.

El límite Oeste de la zona viene marcado por la Ría del Eo; el Este por la Concha de Artedo; el Norte por el Mar Cantábrico y el Sur por las sierras marginales de la Cordillera Cantábrica: Sierra de la Bobia, Sierra de Buseco y Sierra de los Vientos.

El relieve de la Zona 1 es bastante llano (ver Foto 3.1.), principal característica de la zona, con pendientes hacia la costa de a lo sumo de 3,5°, y más pronunciadas en los lindes de las sierras prelitorales y en las laderas de los valles encajados en esta plataforma. Estas pendientes se rompen al llegar a las costas acantiladas que la limitan por el Norte y a los ríos y rías que la atraviesan, donde las pendientes se hacen mayores.



Foto 3.1. Vista general del relieve la Zona 1, al fondo de la imagen, desde la Sierra de los Vientos

La erosión marina origina una costa acantilada y recortada formándose los cabos por las formaciones más resistentes a la erosión marina, como las cuarcitas. Los ríos se encajan en las litologías más susceptibles de erosión y meteorización (areniscas y pizarras) y en las zonas más tectonizadas, coincidiendo generalmente con las direcciones de estratificación y estructurales. La red secundaria es de escasa importancia, encajándose en la plataforma costera. Tienen dirección perpendicular a la costa.

Actualmente, los procesos que están modificando el relieve de esta zona llana costera se pueden considerar como producidos por:

- Acción marina, que está modificando la actual línea de costa, generando fundamentalmente acantilados en zonas donde predomina la erosión y zonas, menos importantes, de acumulación que dan formas acumulativas como son las pequeñas playas.

  En los acantilados dominan los procesos gravitacionales, siendo bastante comunes los desprendimientos de rocas, de importancia, aunque no cartografiables.

- Los procesos eólicos aparecen, aunque con muy escasa importancia originando morfologías de dunas, de escasa entidad y siempre asociadas a playas, de donde obtienen el material para formarse.

- Erosión fluvial. También tiene importancia en el modelado del relieve la red fluvial que corta casi perpendicularmente a la plataforma costera, adaptándose a la estratificación. Localmente (en las rías del Eo y Navia), se produce acumulaciones en los estuarios que generan barras arenosas y depósitos fangosos de marisma, por acción mixta marino-fluvial.

  También se observan morfologías acumulativas de abanicos aluviales, sobre todo en el contacto con las sierras costeras, que contribuyen en sus partes marginales a la formación de esta pendiente suave hacia el mar.

- En la linde con las sierras marginales tiene lugar procesos de ladera, que producen depósitos que llegan a cubrir parte de la plataforma costera, produciendo acumulación de coluviones en la misma, originando morfologías de pendientes muy suaves hacia el mar, en el sentido de caída, en las zonas más alejadas de los relieves costeros.

- Por lo general los procesos edáficos afectan, dada la climatología de la región, a toda la zona, generando una cubierta vegetal importante.

3.2.2. Tectónica

La Zona 1 se encuentra ubicada íntegramente en la zona Asturoccidental-Leonesa, ocupando una banda estrecha en la parte Este del dominio del Manto de Mondoñedo y cruzando transversalmente casi por completo el dominio del Navia y el Alto Sil, quedando marcada la frontera entre ambos dominios en esta zona por la presencia del pequeño plutón de Tapia-Salave que no deja observar en esta zona el cabalgamiento basal del Manto de Mondoñedo. Los materiales están afectados por un metamorfismo regional leve que aumenta hacia el Oeste.

La disposición general de las capas es subvertical o buzando ángulos altos hacia el O, y las estructuras se encuentran vergiendo ligeramente hacia el E.

La deformación en las rocas se plasma en el estilo de plegamiento, que genera pliegues, en general sensiblemente distintos en la parte del Manto de Mondoñedo que, en el dominio del Navia más al E. No obstante, en esta zona están cubiertas todas las litologías por depósitos cuaternarios.

En el Manto de Mondoñedo, generalmente, los ejes de las estructuras tienen una traza longitudinal N-NNE, de orden kilométrico, coincidente con la traza cartográfica general. Son pliegues apretados vergentes al E, que afectan, en el tramo, a las Calizas de Vegadeo y a la Serie de los Cabos.

Las condiciones en las que afloran estos materiales son malas, pero donde lo hacen se ven fuertemente replegados a escala de afloramiento constituyendo en general, pliegues de orden menor y con foliación tectónica, en los tramos más pizarrosos. Esto ocurre en las estribaciones por ejemplo del anticlinal del Eo que toma en esta zona una dirección NNE.

En este dominio los materiales están afectados por 3 fases de plegamiento: una que forma los grandes pliegues longitudinales, la segunda que es la que genera los mantos de cabalgamiento que se observan y la tercera que pliega las estructuras preexistentes.

El dominio del Navia y Alto Sil, al Este del cabalgamiento basal del Manto de Mondoñedo, constituye, un amplio sinclinal, que está cabalgado por la unidad del Manto de Mondoñedo.

Son también de destacar, los importantes alineamientos y fracturas de dirección ONO-ESE, formadas en las etapas Tardihercínicas y que afectan a las estructuras anteriormente mencionadas. Estas fracturas llegan a modelar la costa acantilada, dando forma a cabos importantes, como Cabo Busto, en su parte oriental.

Así mismo deben resaltarse las fracturas N-S, por ejemplo en la Ría del Eo quedando como bloque hundido la zona occidental gallega; durante la Orogenia Alpina, se reactivaron estas

estructuras, viéndose actualmente el resultado de esa reactivación; en la Figura 3.2. se puede observar un corte esquemático de la estructura y las formaciones superficiales de la Zona 1.

3.2.3. Columna estratigráfica

La Figura 3.3. representa la columna estratigráfica de la Zona 1.

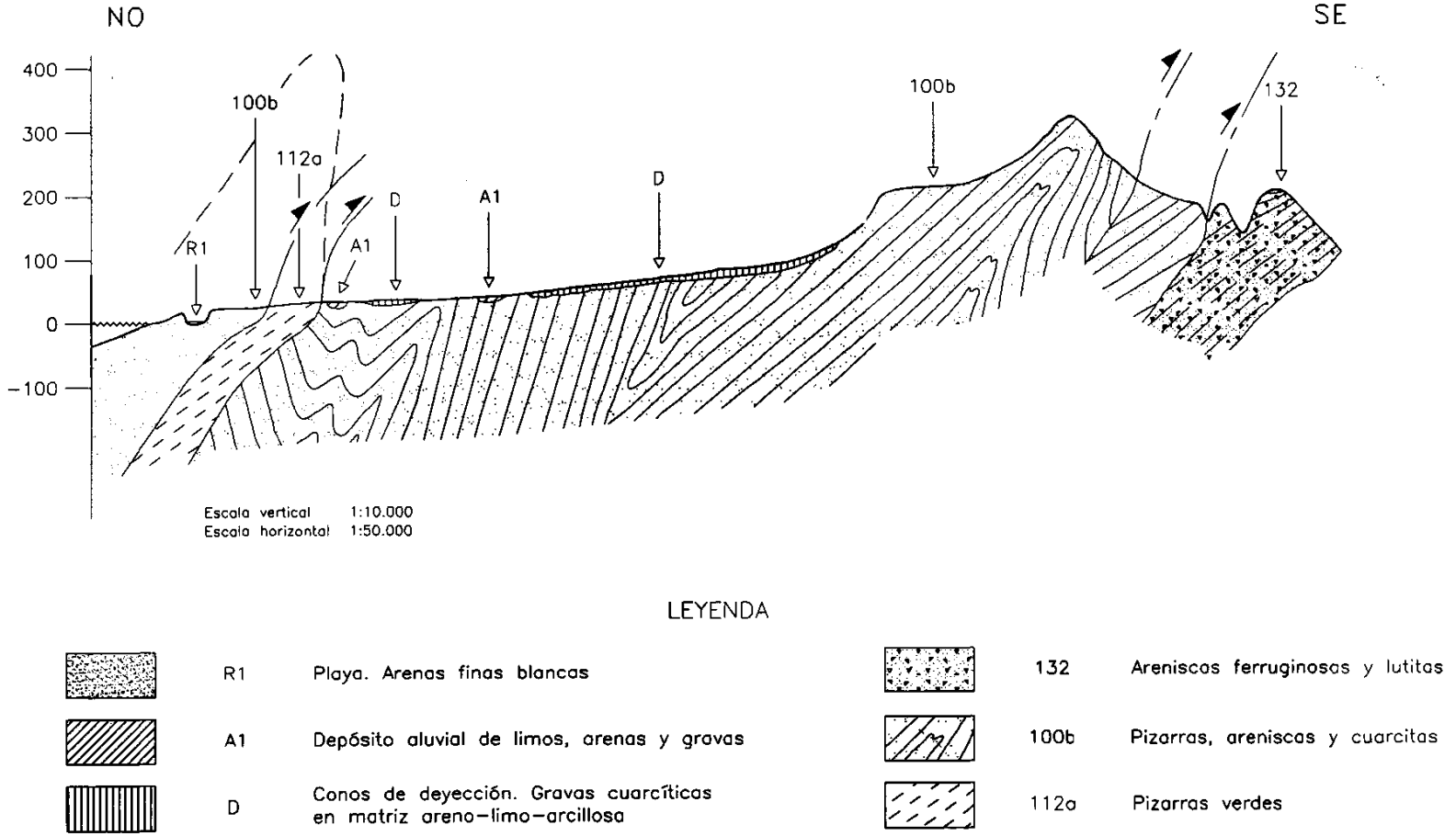
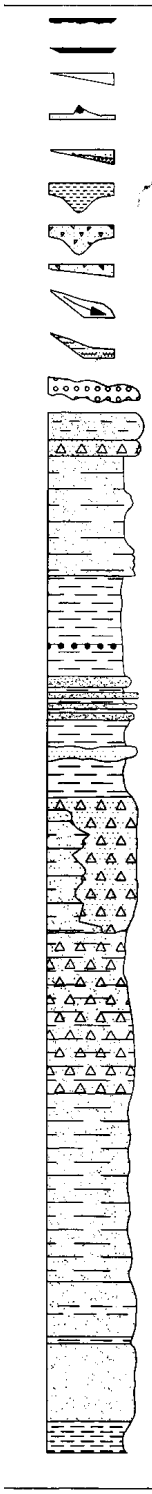


Figura 3.2. *Corte esquemático de la Zona 1.*



ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	V1	GT4	SUELOS. ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	CUATERNARIO
	M	GT5	MARISMA. FANGOS, LIMOS, ARCILLAS, ARENAS FINAS Y MATERIA ORGÁNICA	CUATERNARIO
	R1	GT3	PLAYA. ARENAS FINAS BLANCAS	CUATERNARIO
	E	GT3	DUNAS. ARENAS FINAS BLANCAS	CUATERNARIO
	R2	GT1	CONGLOMERADOS, ARENAS Y ARCILLAS	CUATERNARIO
	A2	GT4	DEPÓSITOS DE FONDO DE VALLE LIMO-ARCILLOSO	CUATERNARIO
	A1	GT1	DEPÓSITOS ALUVIALES DE LIMOS, ARENAS Y GRAVAS	CUATERNARIO
	T	GT1	TERRAZA. ARCILLAS Y LIMOS CON CANTOS CUARCÍTICOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	D	GT6	CONOS DE DEYECCIÓN. GRAVAS CUARCÍTICAS EN MATRIZ ARENO-LIMO-ARCILLOSA	CUATERNARIO
	C1	GT2	DEPÓSITOS COLUVIONARES. LIMOS Y ARCILLAS CON CANTIDADES VARIABLES DE ARENA	CUATERNARIO
	152b	GT7	CONGLOMERADOS Y AGLOMERADOS	CARBONÍFERO SUPERIOR
	120c	GT8	PIZARRAS Y ARENISCAS	ORDOVÍCICO SUPERIOR
	120b	GT10	CUARCITAS BLANCAS	ORDOVÍCICO SUPERIOR
	120a	GT8	ARENISCAS, SILTITAS Y PIZARRAS	ORDOVÍCICO MEDIO-SUPERIOR
	122a	GT8	PIZARRAS NEGRAS	ORDOVÍCICO MEDIO
	122c	GT12	PIZARRAS Y CUARCITAS	ORDOVÍCICO MEDIO
	122b	GT10	CUARCITAS	ORDOVÍCICO MEDIO
	122a	GT8	PIZARRAS NEGRAS	ORDOVÍCICO MEDIO
	121	GT10	CUARCITAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
	100b	GT12	PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS	CÁMBRICO MEDIO-ORDOVÍCICO INFERIOR
	100a	GT8	PIZARRAS Y ARENISCAS	CÁMBRICO MEDIO-ORDOVÍCICO INFERIOR
	112b	GT10	ARENISCAS Y CUARCITAS	CÁMBRICO MEDIO
	112a	GT8	PIZARRAS VERDES	CÁMBRICO MEDIO

Figura 3.3. *Columna estratigráfica en la Zona 1 el estudio.*

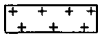
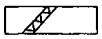
ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	111c	GT11	CALIZAS Y DOLOMÍAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111b	GT10	CUARCITAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS Y PIZARRAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111a	GT8	ARENISCAS Y PIZARRAS ALTERNANTES	CÁMBRICO INFERIOR
	100	GT8	PIZARRAS DE GRANO FINO	CÁMBRICO ORDOVICICO INFERIOR
	001	GT13	GRANITOIDES	
	002	GT13	FILONES DE MICROGRANITOS	

Figura 3.3. *Columna estratigráfica en la Zona 1 el estudio (continuación).*

3.2.4. Grupos litológicos

En este apartado se van a describir la litología, la estructura y las características geotécnicas observables en las formaciones geológicas que se han cartografiado en la Zona 1.

DEPÓSITOS ALUVIALES DE LIMOS, ARENAS Y GRAVAS, (A1, a1)

- Litología

  Este grupo litológico está compuesto por gravas heterométricas (con cantos de hasta 25 cm)de cantos de redondeados a subredondeados de cuarcitas, generalmente, (Foto 3.2.) aunque puede haber cantidades mucho menos importantes de cantos de areniscas y pizarras. Estos cantos están a veces englobados en limos y arenas finas.



Foto 3.2. Aspecto de los acarreos del río

- Estructura

  Son depósitos de gravas y arenas que a veces rellenan cauces, con estructura lentejonar y otras veces sin estructura definida, pero la disposición es siempre horizontal.

Su disposición interna, cuando se aprecia, consiste en barras de gravas, cuyos cantos están imbricados con lentejones de arenas donde raramente se observa estratificación cruzada.

La potencia de estos depósitos en la mayoría de los casos no supera los 3,5 m, siendo lo más común que no supere los 1,5 m. En los más desarrollados puede alcanzar el espesor de 6 a 10 m.

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de un suelo, con un grado bajo de compactación y una capacidad portante baja que puede originar asientos diferenciales. Generalmente, en los lentejones de arena y sobre todo de grava las permeabilidades son de altas a medias dependiendo de la cantidad de finos que se encuentren entre los cantos; sin embargo en las zonas donde abundan los finos, las permeabilidades son bajas. Son de prever niveles freáticos cercanos a la superficie.

Los drenajes superficiales suelen ser deficientes al situarse estos depósitos en zonas llanas. El drenaje subterráneo puede ser eficaz en las zonas de gravas y arenas e ineficaz en las zonas donde abunden los finos.

Según los criterios utilizados en las descripciones geotécnicas, estos materiales se pueden considerar excavables; pueden presentan problemas geomorfológicos propios de la dinámica fluvial.

No se han observado taludes de interés, pero son de prever problemas de estabilidad, y erosionabilidad, aunque se supone que no se construyan taludes grandes en esta litología. Son susceptibles de aprovechamiento para áridos sobre todo los más evolucionados, previo lavado y especialmente en las zonas 1 y 2 del tramo, dada la escasez existente de áridos naturales.

DEPÓSITOS DE FONDO DE VALLE LIMO-ARCILLOSOS, (A2, a2)

- Litología

Están formados por arcillas oscuras, limos, arenas. Existe presencia de materia orgánica. Presentan algunos cantos cuarcíticos ocasionales, centimétricos de subredondeados a subangulosos.

- Estructura

La estructura es completamente masiva y se encuentran ocupando vaguadas suaves y mal drenadas. La disposición es subhorizontal en la mayoría de los casos y su espe-

sor varia del centro al borde de la vaguada, no superando nunca los 3 metros, aunque generalmente los espesores son menores, del orden de 0,5 - 1 m.

- Geotecnia

  Este grupo litológico geotécnicamente se considera un suelo, con un grado de compactación bajo y una capacidad portante muy baja, que unido a la plasticidad que pueden llegar a tener y a su contenido en materia orgánica puede generar asientos significativos.

  La permeabilidad es muy baja debido al alto contenido de finos y materia orgánica; debido a la topografía muy llana donde se depositan, pueden generar unos drenajes superficiales deficientes puesto que el agua tiene una sola vía de escape: el río y este tiene una pendiente muy suave. Los drenajes subterráneos son muy pobres. Todo esto puede provocar algún encharcamiento en zonas de vaguada. Estos materiales se consideran excavables. No hay taludes de interés.

DEPÓSITOS COLUVIONARES, (C1, c1)

- Litología

  Se trata de depósitos areno-limo-arcillosos de colores marrones oscuros a ocres con contenido variable de materia orgánica. Contienen cantos angulosos de cuarcitas en su mayoría y de pizarras en menor cantidad, con tamaños variables que pueden llegar hasta 15 centímetros.

  Se puede observar el aspecto de esta formación en la Foto 3.3.



Foto 3.3. Aspecto del grupo litológico C1 de la banda llana costera

- Estructura

  La estructura interna es masiva, distribuyéndose caóticamente los cantos dispersos que contiene, se depositan prácticamente horizontales con una pendiente pequeña en la rasa aumentando su pendiente hacia el interior al aproximarse a los relieves montañosos. Los espesores vistos en esta formación no superan los 3,5 m, siendo muchas veces, y sobre todo en la rasa inferiores a 0,5 metros.

- Geotecnia

  Geotécnicamente se considera un suelo con bajo grado de compactación y capacidad portante baja. Puede generar asientos significativos.

  La permeabilidad en general es baja, dado el porcentaje de finos que contiene este grupo. El drenaje superficial en las zonas llanas es insuficiente y dado su carácter impermeable pueden dar lugar a encharcamientos. Son materiales ripables. No se han observado taludes de interés, pero son de prever problemas de estabilidad, erosionabilidad y chineos.

CONOS DE DEYECCIÓN, (D, d)

- Litología

Estos depósitos como se ve en la Foto 3.4., se presentan en su parte proximal como gravas heterométricas de cantos de subangulosos a subredondeados, en su mayoría cuarcíticos aunque pueden aparecer alguno de pizarras. En las partes distales, la matriz es arenosa o de cantos más finos en su mayor parte, y en otras zonas es de naturaleza areno-limosa. En algunas zonas esta matriz es muy escasa. El centíl es de hasta 35 cm y se encontró en una zona de matriz escasa.



Foto 3.4. *Aspecto de la zona proximal de un abanico aluvial, a la altura del km. 304 de la N-634 (E70)*

- Estructura

  La estructura interna es masiva, caótica, sin apreciarse ningún tipo de orden, aunque se aprecian cicatrices erosivas en su interior, en las zonas en las que la matriz es menos abundante, su forma es típica de cono de deyección, estrecho en la cabecera y amplio y extendido en su parte distal.

  Su disposición es horizontal. Se han llegado a observar hasta 4,5 m de espesor sin ver la base. En general los mayores espesores están en la parte intermedia.

- Geotecnia

  Geotécnicamente se trata de suelos, con capacidad portante entre media y baja, pudiendo aparecer asientos diferenciales en algunas zonas.

  La permeabilidad varia de unas zonas a otras dependiendo del contenido de finos. En general se puede considerar de tipo medio a bajo. Susceptible de sufrir erosiones importantes.

  Los drenajes superficiales en las partes mas alejadas serán insuficientes y debido a su escasa pendiente y a su baja permeabilidad, se pueden llegar a producir encharcamientos. En la parte proximal de los abanicos, por el contrario la pendiente es mayor, por lo que se facilita el drenaje superficial, y también buen drenaje subterráneo puesto que su permeabilidad es media.

  Este grupo litológico es excavable.

  Se han observado taludes bajos, con ángulos medios, en los que se ha apreciado únicamente problemas de chineos, siendo por lo demás estables. En taludes más altos pueden presentar problemas gravitacionales que generen el deslizamiento de esta formación en las partes proximales. Por esta razón se recomienda no superar una inclinación 3H:2V, previniendo además la caída de materiales, dado su alto potencial de erosionabilidad.

  Es interesante resaltar el interés de estos depósitos como préstamo y yacimiento granular dada su litología, extensión y la escasez en la zona de materiales de préstamo.

PLAYA, (R1, r1)

- Litología

  Se trata de arenas sueltas blancas, muy finas y muy bien seleccionadas, de naturaleza cuarcítica en su mayoría.

- Estructura

  Están depositadas horizontalmente y la única estructura que se puede encontrar es la deposicional, observándose solamente estratificación cruzada a pequeña escala. Los espesores no superan los 4 metros.

- Geotecnia

  A estas arenas se las considera un suelo con una capacidad portante muy baja, que puede generar asientos significativos: La permeabilidad es alta, por lo que los drenajes subterráneos son buenos.

  Son materiales excavables. Erosionable. En este grupo litológico pueden originarse problemas derivados de la dinámica litoral.

CONGLOMERADOS, ARENAS Y ARCILLAS, (R2, r2)

- Litología

  Son depósitos variados en los que predominan los conglomerados y arenas como se observa en la Foto 3.5.



Foto 3.5. Aspecto del grupo litológico R2, r2 en el paso elevado de la N-634 a la altura del Km. 551,5, en el cruce con la carretera que lleva a la playa de Arnao

Estos conglomerados apenas contienen matriz, son cuarcíticos y de cantos muy redondeados. Los tamaños de los cantos suelen estar entre 3 y 10 cm. Están bastante seleccionados, siendo la media de unos 6-7 cm.

Las arenas son blanquecino-amarillentas, cuarcíticas, muy bien seleccionadas y con tamaños medios a finos, siendo la matriz en este caso arcillosa.

- Estructura

La estructura es tabular y horizontal, alternando lentejones sedimentarios de gravas y arenas de 0,5 a 1 m de espesor, limitados por cicatrices erosivas en algunos casos.

La estructura interna de estos materiales es de cantos imbricados y las de los cuerpos arenosos es planar-horizontal: el espesor total de la formación difícilmente supera los 3,5 metros, siendo los espesores más comunes de 1,5 a 2,5 metros.

- Geotecnia

  Geotécnicamente es un suelo con capacidad portante baja en general, y localmente de tipo medio en las zonas con gravas. Puede generar asientos importantes.

  La permeabilidad de esta formación es mayor en las zonas de gravas que en las de un alto contenido de finos.

  El drenaje superficial no es bueno, puesto que estos materiales están depositados en zonas muy llanas. El drenaje subterráneo es mejor en las zonas de gravas, siendo no obstante suficiente, por lo que no se prevén encharcamientos.

  Los taludes vistos en esta formación son bajos y con una inclinación media, presentando problemas únicamente de chineos, dada la compacidad que les imprimen los finos que hay entre los granos. Estos materiales son potencialmente erosionables. Se consideran excavables.

  En zonas con mayor grado de deposición de gravas puede explotarse para la extracción de zahorras naturales como materiales de préstamos.

MARISMA, (M, m)

- Litología

  Consisten en fangos, arenas finas, limos, arcillas, lodos y materia orgánica abundante, que le otorga colores oscuros casi negros, sin consolidar y muy blandos como puede verse en la Foto 3.6.



Foto 3.6. Depósito de marisma en la Ría de Ribadeo

- Estructura

  La estructura interna es masiva, resultante de los procesos de decantación de los materiales que los engloban, barras arenosas que a su vez tienen estratificaciones de surco y cruzada planar que son generadas por la interacción de la dinámica costera-dinámica fluvial.

  Es difícil estimar el espesor de esta formación por lo que se recomiendan sondeos de reconocimiento para determinar su espesor.

- Geotecnia

  Este conjunto litológico se considera geotécnicamente un suelo. Su capacidad portante es muy baja pudiendo provocar unos asientos significativos.

  La permeabilidad es baja en las zonas fangosas y mayor en las zonas de barras arenosas, la cercanía a la superficie del nivel freático hace que se originen en algunos casos fenómenos de licuefación.

Los drenajes son deficientes, sobre todo los superficiales, por la topografía de la zona donde están situados. Son materiales excavables.

SUELOS, (V1, v1)

- Litología

  Son arenas, limos y arcillas de origen eluvial (Foto 3.7.) con mayores porcentajes de los dos últimos en la parte superior y de las primeras en la parte inferior, con porcentajes considerables de materia orgánica, sobre todo en la parte superior. Presentan algún canto disperso de cuarcitas y pizarras así como restos de roca alterada.

  El color de los suelos varía de marrón oscuro a marrón pálido.

- Estructura

  Se reconoce una estructuración horizontal, distinguiéndose varios horizontes:

  - Uno superior, con mayor índice de materia orgánica, que se puede considerar hasta donde llegan las raíces de las plantas.

  - Otro inferior menos oscuro, de color marrón que se va aclarando, haciéndose más blanquecino, hasta llegar a la roca fresca.

  En la Zona 1, los espesores observados en estos suelos son variables, no superando los 1,5 m.

- Geotecnia

  Estos suelos presentan capacidad portante baja por lo que pueden generarse asientos significativos. La permeabilidad de estos materiales es baja.

  El drenaje superficial es insuficiente, pudiendo potencialmente generar encharcamientos, dado lo llano de los lugares donde se genera este grupo y su baja permeabilidad que no permite el drenaje subterráneo.

  Son materiales excavables. No existen taludes de interés.



Foto 3.7. Aspecto de grupo litológico V1, v1

DUNAS, (E, e)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por arenas muy finas, blanquecinas, muy seleccionadas y sin consolidar.

- Estructura

  La estructura interna es deposicional y corresponde a estratificación cruzada planar a mediana escala. La disposición de los depósitos es horizontal.

Los espesores observados están entre 2 y 3 metros, por ejemplo, en la playa de Penarronda, y se disponen en pequeños campos bordeando playas, que es de donde adquieren el material para formarse.

- Geotecnia

  Son suelos con baja capacidad portante que potencialmente generan asientos importantes. La permeabilidad es alta, puesto que se trata de arenas muy seleccionadas y sueltas que les otorga un porcentaje de porosidad primaria muy alto. Son erosionables.

  Los materiales de esta formación son excavables.

  El drenaje subterráneo es muy bueno por su elevada permeabilidad.

  Al ser formaciones móviles, pueden presentar problemas de invasiones y cubrimientos.

TERRAZA, (T, t)

Este grupo litológico se describirá en la Zona 2 en la que alcanza un mayor desarrollo, apartado 3.2.4.

CONGLOMERADOS Y AGLOMERADOS, (152b)

- Litología

  Se trata de conglomerados muy cementados, y muy heterométricos, que alternan con niveles más finos de areniscas.

  Los cantos de los conglomerados son de distintas composiciones: cuarcíticos, de areniscas, de pórfidos, pizarrosos, siendo los de las 3 primeras litologías de redondeados a subredondeados y los de pizarras de subredondeados a subangulosos.

  Los tamaños de los cantos están entre 0,5 y 35 centímetros, como se puede ver en la Foto 3.8. La matriz es arenosa y microconglomerática.

  Las areniscas de las pasadas menos importantes son blanquecino-amarillentas, de grano fino-medio y matriz arcillo-limosa.

- Estructura

  Los conglomerados afloran en bancos de 2 a 2,5 m de potencia, de base erosiva, separados por pasadas de areniscas de unos 30 centímetros. Están rellenando pequeñas cuencas, de las que quedan retazos poco importantes, como por ejemplo el afloramiento que se observa en el Tramo.

  Se observa alguna diaclasa esporádica. La estructura interna es caótica y masiva, no observándose ningún tipo de granoselección a escala de afloramiento.

  El espesor total de la formación no se ha podido estimar pero al menos se han observado 100 m.

  Constituye un afloramiento aislado y se dispone discordante con las series infrayacentes.

- Geotecnia

  Geotécnicamente se trata de una roca, con capacidad portante alta: en conjunto la permeabilidad es muy baja, puesto que la porosidad primaria ha sido cerrada por cementación y solo existe porosidad de fractura que puede generar localmente permeabilidades algo más altas, el drenaje superficial es eficaz.

  Son materiales que varían de una ripabilidad muy pequeña, en superficie, a no ripables en profundidad.

  El único talud observado es el existente en un acantilado de la costa, es bajo, estable y no presenta problemas a destacar, pero del que no se puede extraer información válida, puesto que las condiciones a las que está expuesto son marcadamente diferentes a las de los taludes de una carretera. No obstante, en esta formación se podrían diseñar taludes con inclinaciones cercanas a 1H:1V.



Foto 3.8. Aspecto del grupo (152b) en la punta del Cuerno. Obsérvese la heterometría de los cantos

CUARCITAS BLANCAS, (120b)

Este grupo litológico se describirá en la Zona 2, apartado 3.3.4.

PIZARRAS, SILTITAS Y ARENISCAS, (120a)

- Litología

  Se presentan como una alternancia centimétrica de areniscas de grano medio, feldespáticas con cantos mayores de cuarzo y unas areniscas de grano muy fino incluso tamaño limo, oscuras y pizarras de grano fino. (Foto 3.9).

  El conjunto da un bandeado oscuro-claro característico, provocado por esta alternancia arenisca-pizarra.

  En muchos casos, las areniscas pueden ser consideradas como grauvacas, puesto que tienen más del 50% de matriz arcillosa.



Foto 3.9. Acantilado formado por el grupo (120a), en una cala al Oeste de la punta de la Atalaya

- Estructura

  Es la propia de las turbiditas: las capas se organizan rítmicamente y en cada una de estas unidades, del orden de 1 metro de espesor, las alternancias son centimétricas, sobre todo a techo. A base, los bancos son del orden de 30-40 centímetros en cada uno de estos paquetes. Es típico observar un bandeado claro-oscuro; encontrándose, a veces, muy replegadas.

  El espesor de esta formación es de unos 1.500 m en el anticlinal de Puerto Vega y unos 3.000 m en el flanco Oeste del anticlinal de La Caridad.

Esta formación está afectada por un sistema de fallas ONO-ESE que se observa en los acantilados de la costa, los buzamientos suelen ser subverticales; en el macizo rocoso se observa un diaclasado perpendicular a la estratificación y otro oblicuo.

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de una roca, con capacidad portante alta, que no provoca asientos de ningún tipo, salvo que localmente, en lugares en los que la alteración o el diaclasado, o ambos, sean especialmente intensos.

Esta formación es poco permeable, por lo general, ya que la porosidad es por fractura, los drenajes superficiales en esta formación son eficaces y los subterráneos ineficaces.

Esta formación tiene cierto grado de erosionabilidad y se considera ripable al menos en los primeros metros de alteración, pasando de ripable marginal a no ripable en profundidad.

Los taludes, naturales, observados son de una altura media, (unos 10 metros), de inclinación media a subvertical y perpendiculares a la formación. No presentan problemas.

Los acantilados de la costa presentan grandes bloques separados del acantilado, producto de la actuación de fallas de gravedad que aprovechan los planos de debilidad provocados por el Sistema de fallas ONO-ESE que afecta a esta formación.

Problemas potenciales que pueden presentar son caídas de bloques pequeños y cuñas aunque no han sido observadas, ya que los taludes eran perpendiculares a la estratificación; en casos de que fuesen paralelos a esta podrían producirse deslizamientos a favor de los niveles pizarrosos, sobre todo si están saturados en agua.

PIZARRAS Y ARENISCAS METAMÓRFICAS CON INYECCIONES DE DIQUES DE DIABASAS, (120c)

- Litología

Se trata de la litología del grupo litológico 120a, afectada por un metamorfismo de contacto debido a la intrusión de los granitos (001) y diques de diabasa que han transformado su mineralogía hasta facies típicas de corneanas piroxénicas, apareciendo minerales como espínela, cordierita, sillimanita, andalucita, granate, biotita, aumentando el grado de recristalización respecto al grupo litológico 120a, dando un conjunto más compacto, duro y resistente, pero también afectado por la alteración. Este grupo litológico es atravesado por diques de diabasas, oscuras y muy duras, a las que resulta difícil estimar el espesor. (Foto 3.10 y 3.11).

- Estructura

  Sigue teniendo la estructura del Grupo 120a, y se sitúan en los alrededores de la intrusión de los granitos, a modo de banda de metamorfismo de contacto.

- Geotecnia

  Se trata de rocas con capacidad portante alta, aunque puede disminuir a causa de la alteración y tectonización.

  Su permeabilidad es muy baja y a favor de fracturas. Su drenaje subterráneo es deficiente: el drenaje superficial es en general pobre, por situarse en una zona de escasa pendiente. Pueden originarse, por tanto, encharcamientos. Los materiales de este grupo litológico son ripables en superficie, pasando de ripabilidad marginal a no ripables en profundidad. Son muy frecuentes los diques de diabasas muy duras y que necesitarán para su excavación el uso de explosivos.

  No se han observado taludes artificiales. Los taludes naturales son estables, altos y de inclinaciones medias. Presentan caídas de bloques grandes. Es conveniente evitar las situaciones más desfavorables de orientación de los taludes respecto a las direcciones y buzamientos de las diaclasas, estratificación y foliación.



Foto 3.10. Aspecto de los filones de diabasa que atraviesan la formación de pizarras y areniscas

PIZARRAS Y CUARCITAS, (122c)

Por estar mejor representado en las Zona 2, se describirá en el apartado de Grupos Litológicos de esta Zona, apartado 3.3.4.

CUARCITAS, (122b)

Se describen en la Zona 2 por estar en mejores condiciones de afloramiento, apartado 3.3.4.

PIZARRAS NEGRAS, (122a)

Este grupo litológico se describirá en el apartado de Grupos Litológicos de la Zona 2, por tener más representación en dicha Zona, apartado 3.3.4.

CUARCITAS, (121)

Esta litología está descrita en la Zona 2 por tener mayor representación, apartado 3.3.4.



Foto 3.11. Contacto de granito (001) con formación (120c), y aspecto general de éste

PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS, (100b)

Este grupo litológico también está presente en la Zona 2, donde se describe por ser más completa su representación, apartado 3.3.4.

PIZARRAS Y ARENISCAS, (100a)

- Litología

  Se trata de pizarras negras y grises, como litología principal con intercalaciones de areniscas como muestra la Foto 3.12.

Las pizarras, por lo general se encuentran alteradas, con colores parduzcos y oscuros. Presentan pátinas de óxidos. Son pizarras arenosas, muy finas y compactas, de colores grises-negros, entre las que se intercalan estratos tableados de areniscas amarillentas, y grises. En algunos tramos aparecen, cuarcitas de muy poco espesor.

- Estructura

Las pizarras se encuentran foliadas coincidiendo en dirección con la estratificación, y las areniscas conservan en algunos casos, estructuras sedimentarias como laminación cruzada, paralela, y granoclasificación.



Foto 3.12. Formación (100a), en un talud de la carretera local que va a Río Caliente, en los alrededores del monte San Marcos

El conjunto rocoso presenta buzamientos de medios a altos y generalmente hacia el Oeste. Se encuentran replegadas y afectadas por un sistema de fallas ONO-ESE. Tienen, al menos, 2.000 m de espesor.

- Geotecnia

Geotécnicamente tienen capacidad portante alta pero puede disminuir hasta media, incluso baja en zonas alteradas y tectonizadas.

Este grupo litológico es ripable en la zona alterada, pasando a ripable marginal a medida que se profundiza en la formación.

La permeabilidad es muy baja y a favor de fracturas, puede aumentar algo en zonas alteradas. Como consecuencia los drenajes subterráneos son muy deficientes, los drenajes superficiales pueden ser deficientes en las zonas llanas.

Se ha observado, en los pocos taludes construidos en este grupo litológico, que son bajos, y de inclinación subvertical, no se han visto problemas dignos de resaltarse, a saber: caídas de bloques pequeños y material suelto.

Se recomienda estudiar la estructura geológica de la formación y evitar en la construcción de taludes las orientaciones e inclinaciones más desfavorables respecto a las direcciones y buzamientos de foliación, estratificación y diaclasado.

En los acantilados de la costa se observan grandes bloques caídos al mar, al actuar las fallas de dirección ONO-ESE como planos de debilidad que hacen caer estos bloques del resto de la formación en los acantilados.

PIZARRAS GRISES-AZULADAS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE ARENISCAS, (100)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por pizarras de grano fino, de colores grises-azulados, ricas en cloritoide, que intercalan niveles poco potentes de areniscas y cuarcitas, siendo más abundantes en la base. También se han reconocido algunos niveles cuarcíticos-areniscosos de mayor espesor (algunos metros) intercalados en la parte media de la serie.

Este grupo litológico es conocido en la literatura geológica como las Capas de Taramundi de la Serie de Los Cabos, dentro de las Hojas de Vegadeo (25) y Ribadeo (10), mientras que en las Hojas de Foz (9) y Mondoñedo (24) se nombra como Capas de Villamea.

- Estructura

El espesor del grupo litológico es variable, siendo en torno a 3.000 m en la zona Este, Hojas de Ribadeo (10) y Vegadeo (25) y alrededor de 1.000 m en el Oeste, Hojas de Foz (9) y Mondoñedo (24). Las pizarras presentan planos de esquistosidad (S_1) muy apretados, mientras que los niveles centimétricos de areniscas y cuarcitas tienen morfología tabular con estructuras sedimentarias del tipo de laminación paralela y estratificación cruzada planar.

En general, el grupo litológico, presenta direcciones aproximadas N-S y buzamientos variables entre 40^0 y 60^0.

El grupo litológico está afectado por un elevado índice de fracturación, cifrándose en 1 fractura cada 10-20 cm. Estas fracturas y diaclasas adoptan orientaciones espaciales variables.

- Geotecnia

Geotécnicamente, se trata de una roca con capacidad portante media a alta. El grupo litológico en general es ripable a marginalmente ripable, en zonas superficiales alteradas, mientras que en profundidad se puede considerar un grupo litológico no ripable.

La permeabilidad es baja, debida a la fractura. El drenaje subterráneo escaso y el drenaje superficial eficaz.

Los taludes artificiales observados tienen alturas variables entre 5 y 10 m, con unas inclinaciones entre 50^0 y 90^0. En la mayoría de los casos presentan problemas de estabilidad, ya que la acción conjunta de los planos de esquistosidad S_1 con la intensa red de fracturación provocan numerosas caídas de cantos, lajas y deslizamiento de cuñas.

Los mayores problemas de estabilidad han sido localizados en aquellos taludes paralelos a la dirección de esquistosidad y con inclinaciones similares al buzamiento de ésta.

La construcción de futuros taludes en este grupo litológico ha de tratar de evitar esta última situación.

ARENISCAS Y CUARCITAS, (112b)

- Litología

Consiste en una alternancia irregular de areniscas y cuarcitas con capas esporádicas de pizarras de poco espesor, (ver Foto 3.13).

Las areniscas en fresco son de colores blanquecinos-grisáceos y verdosas, de grano fino-medio, feldespáticas, con foliación marcada, homométricas, que se disponen generalmente en estratos tableados de orden decimétrico. Localmente pueden tener mayor importancia las cuarcitas que aparecen muy recristalizadas y atravesadas por diques de rocas volcánicas muy compactos con bandeados de tonos verdosos.

- Estructura

Esta serie presenta un espesor total de unos 1.200 m formando parte de pliegues vergentes al E, muy alargados y de orden kilométrico en la dirección de la serie. Las direcciones que presentan son NNE-SSO y los buzamientos son variables y por lo general hacia el Oeste.

A menor escala, se encuentran pliegues de orden métrico y la serie aflora en estratos pequeños de orden centimétrico y decimétrico, aunque en cuarcitas estos bancos pueden llegar a tener de 1 a 1,5 m localmente, como en la Playa de Penarronda.
Localmente, las areniscas presentan desarrollo de la esquistosidad.

En general, el macizo rocoso está afectado por varias familias de diaclasas destacando las perpendiculares a la estratificación.

- Geotecnia

Tiene una capacidad portante muy alta y disminuye a media en las zonas alteradas de mayor espesor de alteración.

La permeabilidad es baja en general al tener escasa porosidad primaria, aunque puede aumentar localmente por fracturación, el drenaje subterráneo es bajo. El drenaje, superficial en esta zona, que es muy llana, puede llegar a ser insuficiente en algunos casos, pero por lo general es suficiente.

Esta litología no es ripable en roca fresca, y sólo en las zonas de alteración es ripable.



Foto 3.13. *Un aspecto de la formación (112b), en la carretera que va de Valladín a la playa de Penarronda*

Se han podido observar pocos taludes en esta zona, de los cuales, los bajos, con inclinaciones subverticales no presentaban problema alguno, no así los altos (naturales, en la playa de Penarronda) con inclinaciones de 50°-70° se observan que han caído grandes bloques y cantidades considerables de materiales sueltos, aunque en estos puntos la inclinación de los taludes naturales es similar y en la misma dirección que la estratificación.

Debido a las discontinuidades del macizo rocoso (diaclasas y estratificación), los problemas potenciales que se pueden dar en los taludes pueden ser caídas de bloques y cuñas, por lo que deberá estudiarse con especial atención las discontinuidades.

Los taludes que se construyan en este grupo deben evitar la orientación más desfavorable respecto a la dirección y buzamiento de las capas.

PIZARRAS VERDES, (112a)

- Litología

  Se trata de unas pizarras arcillosas, verdes-amarillentas de aspecto margoso y grano muy fino, muy compactas y apretadas, generándose una foliación muy fina. Generalmente se encuentran muy alteradas en superficie. Ver Foto 3.14.

- Estructura

  El espesor de la serie alcanza los 100 metros, y se encuentra formando parte de los pliegues del grupo litológico anterior, ocupando prácticamente el núcleo de estos.

  La dirección general de la serie es NNE-SSO con buzamientos altos hacia el Oeste, están muy replegadas tanto a escala de afloramiento como a escalas menores incluso a microscópica, puesto que la foliación que presenta es muy fina.



Foto 3.14. *Foto tomada al Sur de Figueras, en un talud natural en la ría del Eo, mostrando el aspecto de la formación (112a), algo alterada*

- Geotecnia

  Geotécnicamente se trata de una roca, con capacidad portante alta si está fresca, aunque puede desarrollar suelos arcillosos que localmente bajen la capacidad portante a media e incluso baja, existiendo alguna posibilidad de provocar en alguna zona muy alterada, algún asiento.

  La permeabilidad de esta formación es muy baja, por ser discontinuidades con un espaciado mínimo o rellenas por arcillas, no obstante, localmente puede aumentar algo la permeabilidad por fracturación.

  Este grupo litológico, es en su mayoría ripable, y en las zonas superficiales alteradas.

Sólo se han observado taludes de escasa altura, con inclinaciones media, que parecen estables, aunque en algunos se han visto caídas del material alterado. En los posibles desmontes, dentro de los materiales de esta formación, deberá estudiarse la profundidad de la zona alterada y considerarla como materiales sueltos y desagregados. En la zona de roca fresca y sana podrán producirse caída de cuñas y bloques grandes, si los parámetros de los taludes se construyen sobre roca fresca.

Por todo lo expuesto en el párrafo anterior, se recomienda evitar las condiciones desfavorables de dirección y buzamiento para construirlos.

CALIZAS Y DOLOMIAS, (111c)

Este grupo litológico se describe en la Zona 2 por ser más importante el afloramiento, apartado 3.3.4.

CUARCITAS CON TRAMOS DE ARENISCAS Y PIZARRAS, (111b)

Este grupo litológico describe en la Zona 2 por tener allí una representación más completa, apartado 3.3.4.

ALTERNANCIA DE PIZARRAS Y ARENISCAS, (111a)

Este grupo litológico se describirá en la Zona 2, apartado 3.3.4.

GRANITOIDES, (001)

- Litología

Este grupo está formado por rocas de carácter o de aspecto masivo, grano fino y colores grises de tonos medios, formadas por granodioritas y granitos leucocráticos. Las texturas son porfídicas, hipidiomórficas y alotriomórficas.

Existen partes más básicas que están compuestas por plagioclasas, ortosas, biotitas, clinopiroxenos, hornblenda e hiperstena.

El aspecto de esta formación se puede apreciar en la Foto 3.15.

Las zonas granodioríticas están formadas por cuarzo, andesita, oligoclasa, microclina, ortosa, biotita, clorita y moscovita. Localmente pueden estar alteradas.

En la zona de Porcía-Salave, al Este da una zona de metamorfismo de contacto correspondiente a las facies de corneanas piroxénicas y al Oeste da una zona de

alteración hidrotermal, con presencia abundante de compuestos de azufre, como se puede ver en la playa de Las Poleas.

En Salas estos granitos parecen tener una composición más básica y dan pequeños stocks en el encajante carbonatado.

- Estructura

La estructura viene definida por pequeñas intrusiones cerca de Tapia de Casariego y en los alrededores de Salas y Carlés, que afectan a materiales Cámbrico-ordovícicos.

La estructura interna es masiva, isótropa, rompiendo esta isotropía únicamente algunos diques de rocas más claras y diaclasadas que delimitan grandes bloques, aunque dadas las malas condiciones de afloramiento podrían haber zonas donde el diaclasado fuera más intenso, este es irregular con familias que delimitan a grandes bloques y otras cuyo espaciado es menor.



Foto 3.15. *En esta Foto tomada en un acantilado al Este de la playa de Las Poleas se puede observar el diaclasado del grupo (001)*

- Geotecnia

  Son rocas duras y coherentes, que presentan una capacidad portante muy alta, el diaclasado es abundante, al menos localmente.

  La permeabilidad de la formación es muy baja, sólo a favor de fracturas y diaclasas, por lo cual se generan unos drenajes subterráneos deficientes.

  La formación no es ripable, excepto en las zonas muy alteradas que puede ser excavable. No se han observado taludes en esta formación, no obstante se recomienda realizar un análisis de discontinuidades, evitando las condiciones desfavorables de orientación de las fracturas, que bucen hacia la calzada.

  Es de destacar el interés, de este grupo litológico por su utilidad como material canterable dado su calidad y la escasez de materiales explotables en esta zona. No obstante, tiene la objeción de encontrarse en un acantilado, por lo que su explotación, tal vez sería difícil y costosa.

FILONES DE MICROGRANITOS, (002)

- Litología

  Se trata de una roca filoniana, clara, masiva, con cristales porfídicos microcristalinos de cuarzo, feldespatos, plagioclasas, moscovita, clorita y biotita. El cuarzo destaca en una mesostasis muy fina.

  En superficie se encuentran alterados presentando colores pardo-verduzcos y blanquecinos, el aspecto de estos diques se puede observar en la Foto 3.16.

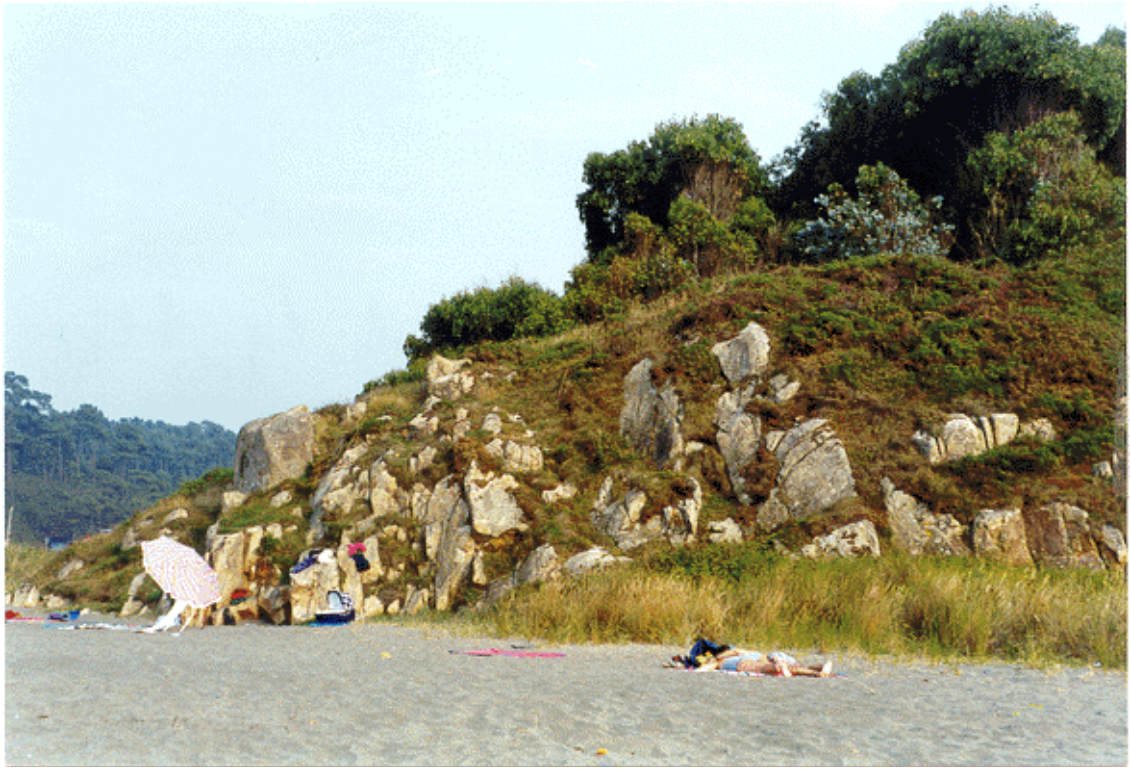


Foto 3.16. Dique del grupo (002) en la playa de Frejulfe

- Estructura

  Consiste en un dique subvertical de unos 25-30 metros de espesor, muy diaclasado, con una familia de diaclasas perpendicular a la traza del filón, que va en concordancia con las de las series que afecta, que en este caso, son los grupos (120a), (122a) y (100a) y (100b).

- Geotecnia

  Geotécnicamente se trata de una roca, con una capacidad portante muy elevada.

  La permeabilidad de este grupo geotécnico, es baja por fracturación. Esta permeabilidad puede ser algo mayor o menor dependiendo del grado de relleno y alteración de las juntas de las diaclasas.

  Las diaclasas delimitan bloques de tamaños de decimétricos a métricos, que unido al escaso espesor de esta formación, pudiera llegar a ser de ripabilidad marginal sólo en los primeros metros en que dicha litología esta mas alterada, pero por lo general no son ripables.

  El drenaje superficial es eficaz, puesto que da cierto resalte. Puede llegar a canalizar el drenaje subterráneo de las formaciones que le rodean.

  No se han observado taludes en esta formación, sin embargo se puede prestar atención al análisis del diaclasado, evitando en su construcción las situaciones más desfavorables respecto a las orientaciones de las diaclasas y sin superar una pendiente de 1H:2V.

  Estos materiales son de utilidad y como material de cantera, pero su escasa extensión puede limitar el volumen de su extracción.

3.2.5. Grupos Geotécnicos

En este apartado los grupos litológicos descritos en el apartado anterior se agrupan en los denominados "grupos geotécnicos", utilizando como criterio ciertas características geotécnicas que tienen en común los grupos litológicos.

El resultado de este agrupamiento es el siguiente:

- Grupo geotécnico GT1

  En este grupo geotécnico se agrupan las formaciones A1,a1, R2,r2 y T,t.

  Grupo formado por gravas, arenas, limos y arcillas, sin consolidar, con una capacidad portante baja y que localmente y en zonas donde predominen las fracciones más finas, pueden generar asientos significativos. Los materiales de este grupo son erosionables, fácilmente excavables e interesantes para su explotación como yacimiento de áridos y como préstamos.

Las permeabilidades de este grupo geotécnico son de bajas a medias, dependiendo del tramo más o menos arcilloso de que se trate, lo que se traduce en drenajes subterráneos, en general deficientes, los niveles freáticos pueden estar cercanos a la superficie. Los drenajes superficiales suelen ser insuficientes.

Los taludes que se excaven en estas formaciones pueden tener problemas con la erosión, los chineos y la caída de materiales sueltos.

- Grupo geotécnico GT2

La formación litológica que constituye este grupo geotécnico en la Zona 1 es C1,c1.

Este grupo geotécnico está formado fundamentalmente por materiales de fracciones finas, arcillas, limos, arenas con cantos de mayor tamaño, dispersos, y contenidos variables de materia orgánica. Son materiales de fácil excavación y erosión. La capacidad portante es baja generando asientos con relativa frecuencia. Tienen cierto grado de compactación. Su permeabilidad es baja por lo que los drenajes subterráneos son difíciles. Los drenajes superficiales son ineficaces en las zonas marginales y mejores en las zonas de cabecera.

En los taludes que se excaven en los materiales pertenecientes a este grupo geotécnico podrían originarse problemas de erosión y caída de materiales sueltos y algún canto.

- Grupo geotécnico GT3

Las formaciones que configuran este grupo geotécnico en la Zona 1 son R1,r1 y E,e.

Está constituido por arenas sueltas y muy bien seleccionadas, materiales que tienen una capacidad portante muy baja, llegando a provocar asientos importantes. Son erosionables y fácilmente excavables. La permeabilidad de estos materiales es muy alta originando unos buenos drenajes subterráneos. Los niveles freáticos pueden encontrase en las proximidades de la superficie, los drenajes superficiales son insuficientes y pueden presentar fenómenos de licuación. También pueden presentar problemas geomorfológicos, debidos a la dinámica costera y eólica que les afecta.

Los taludes construidos pueden ser de difícil sujeción y tendrán muchos problemas de erosión.

- Grupo geotécnico GT4

  Las formaciones que en la Zona 1 componen este grupo geotécnico son V1,v1 y A2,a2.

  Se trata de materiales con muy escasa consistencia y formados por arcillas, limos, materia orgánica y arenas. Su capacidad portante es muy baja teniendo a veces comportamientos plásticos, lo que genera asientos. Son relativamente erosionables y fácilmente excavables. Su permeabilidad es baja, pero su grado de humedad alto. Los drenajes superficiales son insuficientes, por lo que se generan encharcamientos.

  Los taludes en estas litologías pueden generar problemas de caída de material suelto y problemas de estabilidad.

- Grupo geotécnico GT5

  Lo constituye la formación M,m.

  Son fangos, limos, arcillas y arenas sueltas, que tienen muy baja capacidad portante con presumibles asientos diferenciales muy importantes. Son materiales erosionables y fácilmente excavables.

  Su permeabilidad es baja en las zonas más arcillosas y alta en las limosas y arenosas. Los niveles freáticos están muy altos, por lo que se encuentran generalmente inundadas. A esto se le añade la dinámica mareal que inunda periódicamente estas áreas de marismas.

  Además presentan fenómenos de licuaciones, sobre todo en las zonas arenosas.

- Grupo geotécnico GT6

  Este grupo geotécnico está compuesto de las formaciones D,d en la Zona 1.

  Este grupo geotécnico está compuesto fundamentalmente por gravas muy heterométricas de composición cuarcítico-areniscoso-pizarrosa procedentes de derrubios de ladera. Se trata de unos suelos con baja capacidad portante, que pueden producirse asientos diferenciales.

  Son materiales erosionables y fácilmente excavables. La permeabilidad de estos materiales es baja al estar reducida por la presencia de finos en los espacios de los poros. Esto hace que los drenajes subterráneos sean muy deficientes, los drenajes superficiales son suficientes.

Los taludes construidos en estas litologías, podrán ser inestables. Se pueden producir caídas de material suelto, chineos.

- Grupo geotécnico GT7

Este grupo geotécnico está representado únicamente por el grupo litológico (152 b).

Se trata de unos conglomerados muy cementados, alternando con pizarras. Geotécnicamente se trata de rocas, con una capacidad portante alta. Sus materiales no son erosionables y no son ripables. La permeabilidad de este grupo geotécnico es muy baja, lo que significa que sus drenajes subterráneos son prácticamente nulos, los drenajes superficiales son suficientes.

Los taludes construidos en este grupo podrían tener problemas con las juntas pizarrosas que separan los paquetes de conglomerados, en general se mantendrán estables aunque puede haber riesgo de caída de cantos.

- Grupo geotécnico GT8

En la Zona 1 este grupo geotécnico está constituido por las siguientes formaciones (120a), (122a), (112a), (100a), (111a), (120c) y (100).

Grupo formado fundamentalmente por pizarras y areniscas en menor proporción, presentando una deformación tectónica importante.

Se trata de rocas con una capacidad portante alta en general, aunque localmente pueden alterarse y desarrollar suelos que pueden generar asientos. No son erosionables y se pueden ripar en un porcentaje bastante elevado. La permeabilidad, en este grupo geotécnico, es muy baja, por lo que prácticamente no existe drenaje subterráneo. Los drenajes superficiales son suficientes.

Los taludes pueden presentar problemas de caída de lajas y ocasionalmente cuñas y bloques según resulten las condiciones de fracturación y foliación de estas formaciones.

- Grupo geotécnico GT10

Este grupo geotécnico está compuesto por las formaciones (122b), (121), (112b), (111b) y (120b), en la Zona 1.

Este grupo geotécnico está fundamentalmente compuesto por cuarcitas y en mucho menor grado por areniscas y pizarras. Se trata de rocas muy competentes con una ca-

pacidad portante alta. Son materiales no erosionables siendo no ripables en la mayor parte del tramo.

Las permeabilidades de estas formaciones son muy bajas, aunque localmente pueden aumentar por la fracturación, que se desarrolla en zonas tectonizadas; los drenajes subterráneos, por tanto, son difíciles, pero estas zonas tectonizadas pueden actuar como drenes. Los drenajes superficiales suelen ser muy buenos puesto que generan resaltes en los relieves.

Los taludes en estas formaciones van a ser generalmente estables, presentando problemas de caídas de bloques y cuñas.

- Grupo geotécnico GT11

En la Zona 1 este grupo geotécnico está representado únicamente por el grupo litológico, (111c).

Este grupo geotécnico incluye rocas de composición dolomítica y caliza, variando de unos lugares a otros su grado de recristalización.

Son rocas que se caracterizan por su alta capacidad portante, aunque pueden presentar localmente alteraciones que generen asientos en función del espesor de la alteración. Este conjunto litológico no es erosionable y difícilmente ripable. La permeabilidad de este grupo litológico es por karstificación, por lo tanto alta aunque repartida irregularmente, lo que se traduce a nivel general en drenajes subterráneos óptimos.

Los drenajes superficiales son por lo general suficientes, con excepción de las depresiones kársticas que se generan en su seno y que suelen tener drenajes endorréicos y que no permiten el drenaje subterráneo, provocando encharcamientos.

Los taludes en este grupo litológico deberían ser estables, presentando esporádicamente problemas de caída de bloques y cuñas.

En excavaciones se debe de prestar atención a los problemas generados por el karst, como puedan ser niveles freáticos, cavidades rellenas de arcillas, desplomes, etc., problemas que se pueden presentar en la construcción de los taludes, y en la perforación de túneles.

- Grupo geotécnico GT12

  En la Zona 1, las litologías que componen este grupo geotécnico son (122c) y (100b)

  Este grupo, litológicamente se caracteriza por la alternancia de rocas más competentes como son cuarcitas y areniscas con rocas menos competentes que suelen ser pizarras con un grado de alteración mayor. En general, la capacidad portante es alta, pero localmente, en las zonas menos competentes mencionadas pueden desarrollarse suelos que disminuyen este parámetro, en función de la roca alterada.

  Estos materiales tienen un grado de erosionabilidad bajo y se consideran ripables en un porcentaje medio-alto.

  La permeabilidad de los componentes de este grupo geotécnico es en general baja lo que provoca un drenaje subterráneo difícil. Los drenajes superficiales son suficientes.

  Los taludes construidos en estos materiales pueden presentar inestabilidades debidas en general a la heterogeneidad de la litología. Se presentarán problemas de estabilidad, como caídas de cuñas, bloques, y demás provocados por la interacción de la dirección de los taludes y la disposición de la estratificación, diaclasado y discontinuidades en general.

- Grupo geotécnico GT13

  Las formaciones litológicas que componen este grupo son (001) y (002).

  Este grupo está constituido por rocas graníticas y filonianas de composición granodiorítica y granítica. Son rocas masivas, cristalinas, duras, con una capacidad portante alta, que podrá disminuir en zonas alteradas; son rocas coherentes, difícilmente erosionables, no ripables.

  Su permeabilidad es muy baja, lo que provoca que tengan unos drenajes subterráneos muy difíciles, canalizándose por la red de fracturación y por los diques que tienen un comportamiento muy frágil y una densidad de fracturación mayor. Los drenajes superficiales, dependiendo de la zona pueden ser efectivos o no, condicionados por la topografía del terreno.

3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos de la Zona 1

La zona 1 está en su mayor parte formada por materiales cuaternarios, de escasa compactación y espesor, que se apoyan en un substrato compuesto por series pizarrosas, areniscosas y cuarcíticas, con un escaso grado de metamorfismo.

Los problemas geotécnicos de esta zona pueden en primera instancia dividirse en dos tipos:

- Los ocasionados por los materiales cuaternarios poco consolidados.

- Los que se originan en el substrato rocoso.

El primer problema geotécnico que se plantea es de capacidad portante de los recubrimientos cuaternarios, que pueden generar asientos significativos en algunas zonas. Otro problema, dado el relieve en el que están desarrollados estos materiales, son los drenajes superficiales deficientes que pueden originar encharcamientos. Además, ciertos grupos geotécnicos, por su situación geomorfológica (GT5) dada su escasa capacidad portante podrían dar problemas de asientos en posibles terraplenes y estructuras.

Los problemas en los materiales que componen el macizo rocoso, vienen todos a generarse en la construcción de los taludes, por su difícil excavabilidad en unos casos y por la elección de la inclinación y orientación de los taludes respecto a la estratificación y diaclasado que pueden originar caídas de bloques y cuñas. Se observan problemas geomorfológicos en las rías y playas, por su dinámica.

3.3. ZONA 2. UNIDAD GEOMORFOLÓGICA DE FUERTES PENDIENTES Y VALLES FLUVIALES ENCAJADOS EN FORMA DE "V"

3.3.1. Geomorfología

Esta zona linda al Norte con la Zona 1: Unidad geomorfológica de plataforma costera-rías, ocupando el resto de la superficie del Tramo.

El relieve está muy condicionado por la litología y la estructura general: las cuarcitas y calizas en menor grado, rocas más duras y competentes, forman sierras y los materiales menos competentes como las pizarras y calizas margosas y pizarrosas son los más afectados por la erosión, generando topografías más llanas. Además la disposición de los materiales es casi vertical, lo que explica lo accidentado del terreno, puesto que se generan pendientes mayores con esta disposición de capas.

La red fluvial está condicionada también por los mismos factores litológicos y en más alto grado los estructurales, puesto que los ríos se encajan entre las estructuras, la estratifi-

cación, muy verticalizada por lo general, y en las fracturas, siendo en muchos casos muy rectilíneos, generando valles con perfiles en "V" muy acusados. En algunos casos los valles fluviales de la red principal de ríos son encajados pero más abiertos y con fondo plano, generando mayor número de depósitos. Estos ríos son relativamente caudalosos, observándose formas meandriformes.

En la Foto 3.17, se muestra un aspecto representativo de la unidad geomorfológica de la Zona 2.

Los procesos de erosión remontante de los cauces fluviales provoca intensos encajamientos, activando así todos los procesos gravitacionales que regularizan la estabilidad de las vertientes. Los procesos gravitacionales son los principales modeladores del relieve debido a la conjunción de las fuertes pendientes de las laderas (60% o mayor), la climatología, disposiciones estructurales muy verticalizadas y litologías proclives a las inestabilidades como margas, pizarras y las alternancias de materiales competentes y no competentes.

El resultado es una amplia variedad de procesos y depósitos gravitacionales representados, en esta Zona 2, por deslizamientos, movimientos en masa, avalanchas de roca, reptaciones, depósitos de coluvión y canchales. Ejemplos de estos procesos y depósitos son reconocibles en la Sierra del Courio, en la Sierra del Pedrorío y en la Sierra de La Sollera.

En las zonas carbonatadas, se observan formas de tipo kárstico, como cuevas y conductos, y a escala cartográfica, dolinas, algunas de ellas colapsadas desarrollando en sus fondos suelos, arcillas procedentes de la disolución de la caliza.

Aparte de las litologías Cámbrico-Carboníferas comentadas, una parte sensible de la zona está cubierta por sedimentos terciarios, de la cuenca de Grado, compuesta en su mayoría por sedimentos poco consolidados proclives a sufrir erosión fluvial. Esta es activa, y genera formas como surcos y barrancos. Son materiales muy susceptibles a los movimientos gravitacionales en masa y a ser afectados por la arroyada puesto que se observan pendientes de hasta el 40 y 50 por ciento.



Foto 3.17. Aspecto de la Zona 2 en los alrededores de Salas

3.3.2. Tectónica

En la Zona 2 se distinguen dos dominios estructurales de características diferentes. El área occidental del Tramo se encuentra situada en la Zona Asturoccidental-Leonesa del Macizo Ibérico mientras que el área oriental del Tramo se emplaza en la Zona Cantábrica del Macizo Ibérico. Estos dos dominios estructurales se hallas separados por el Antiforme del Narcea en donde aflora un núcleo precámbrico, de amplia representación en el Tramo de estudio.

Dentro de la Zona Asturoccidental, el Tramo se extiende por terrenos del Manto de Mondoñedo (en su parte occidental) y principalmente, por terrenos del Dominio del Navia y Alto Sil, se describen a continuación los principales rasgos tectónicos.

La disposición de las capas es subvertical buzando al Oeste y las estructuras vergentes hacia el E y localmente con buzamientos menores, los estilos de plegamiento son los mismos que en la Zona 1, estando algo mejor representados, por la mayor extensión de esta zona.

La parte más occidental, la del Manto de Mondoñedo se caracteriza, en general por estar formada por una serie de estructuras grandes y alargadas fundamentalmente de naturaleza primaria.

En el dominio del Navia y Alto Sil los pliegues de la Fase de deformación (F_1) tienen un ángulo entre flancos mayor y los ejes de los pliegues son menos vergentes al Este.

Por lo general, las estructuras grandes de la Unidad del Navia y el Alto Sil tienen una dirección NNE en la zona y están afectadas por la 1ª fase de deformación, formándose los cabalgamientos en la 2ª fase de deformación.

Los materiales afectados por este dominio tienen una edad entre Precámbrico y Ordovícico Superior, estos últimos se encuentran en los núcleos sinclinales de la parte Oeste, en el linde con el cabalgamiento basal del Manto de Mondoñedo (por ejemplo el Sinclinal de la Punta de la Atalaya y el Sinclinorio de Puerto de Vega). Forman amplios sinclinales a los que se superponen estructuras secundarias de la fase 3 de deformación de menor entidad e igual estilo (pliegues vergentes al E), que complican la estructura.

Entre ambos sinclinorios y limitado al E por el cabalgamiento de San Martín de la segunda fase de deformación, está el anticlinal de San Martín-La Caridad cuyo núcleo, al Sur está formado por materiales Cámbricos y el resto por materiales Ordovícicos. Este anticlinal es muy amplio, estando afectado también por pliegues menores de la fase de deformación F_3, teniendo aquí las capas buzamientos entre 50° y 60° al Oeste y dirección NE.

Más al Este del sinclinal de Puerto de Vega, se encuentra el anticlinal de Cabo Cuerno-Villayón, entre los cabalgamientos del Barayo al Oeste y el de El Villar al Este. Se trata de un anticlinal desarrollado en cuarcitas ordovícicas vergente al Este, con el flanco Este muy verticalizado y el flanco Oeste más tendido, buzando entre 50° y 60° al Oeste y teniendo una dirección coherente con el resto de las estructuras.

Al Este del anticlinal de Villayón y del cabalgamiento del Villar, existe una zona sinclinal, en pizarras y cuarcitas del Ordovícico, en la que se aprecian, gracias a esta alternancia, pliegues de orden menor limitados al Este por el cabalgamiento de Taurán. Hacia el Este la litología se hace más cuarcítica y se desarrollan estructuras más amplías como, por ejemplo, el sinclinorio de San Roque en cuyo núcleo se encuentran cuarcitas ordovícias.

La estructura más oriental de esta zona Asturoccidental-Leonesa y que sirve de límite con la siguiente zona Cantábrica es el anticlinal del Narcea y el cabalgamiento de La Espina que lo trunca. Esta estructura se desarrolla en materiales cámbricos y precámbricos. Estos últimos forman el núcleo de la estructura. En la Figura 3.4. se aprecia un corte esquemático del área Occidental de la Zona 2.

Otros rasgos tectónicos de interés son las fallas tardihercínicas que afectan a todas estas estructuras y se disponen perpendiculares a ellas. Se trata de desgarres de direcciones entre ONO-ESE y NO-SE. Ejemplos de estas lineaciones los encontramos en el interior de los cabos Busto y Vidio.

Dentro de la Zona Cantábrica, el Tramo de estudio se extiende por la Región de Pliegues y Mantos y dentro de ésta por la Unidad de Somiedo-Correcilla, siendo sus principales rasgos tectónicos los descritos a continuación:

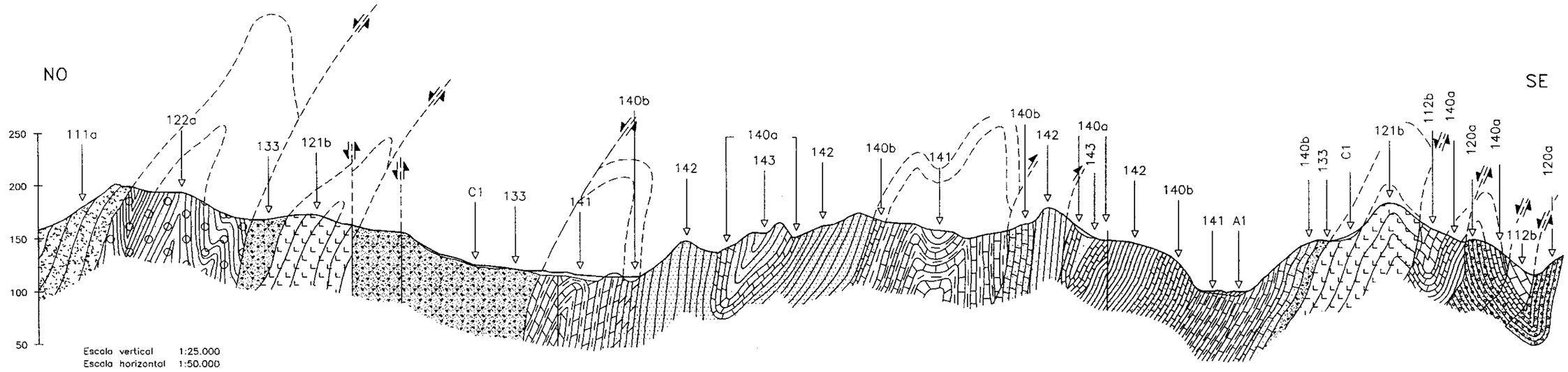
Las estructuras de cabalgamiento y la deformación, a diferencia de las presentes en la Zona Asturoccidental-Leonesa, tienen lugar en el nivel superior de la corteza lo que hace que los materiales no presenten deformación interna ni metamorfismo.

La dirección general de la estructura es NE-SO con unos buzamientos que oscilan entre los 45° y los 90°, hacia el SO. En general, todas las grandes estructuras sufren un giro desde una dirección NE-SO en el Sur hasta prácticamente N-S al N.

Las estructuras tienen una ligera vergencia hacia el Este, por lo general, estando las estructuras anticlinales más importantes fracturadas longitudinalmente por fallas inversas en sus flancos Este. Ejemplos de esto son el anticlinal de Salas, del Faedal, del Courio, de Sollera-Pedrorío y de Peñaflor, que tienen en el núcleo materiales cámbricos.

Los sinclinales suelen estar cabalgados por estas estructuras anticlinales e incluso desaparecer debajo de ellas como por ejemplo el sinclinal de Salas de núcleo devónico, el gran sinclinal de Pravia de núcleo carbonífero, el sinclinal de Barcia, de núcleo devónico y otros sinclinales de menor orden como el del Fabal. Estos sinclinales conservan direcciones coherentes con los anticlinales. También existen familias de fracturas de direcciones entre NO-SE y ENE-OSO pasando por dirección E-O que afectan a todas las estructuras.

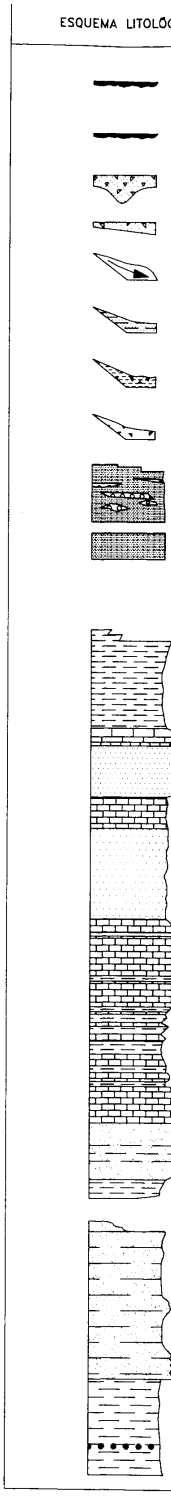
Otro rasgo a destacar de la estructura es la formación de dos pequeñas cuencas terciarias formadas al reactivarse las estructuras hercínicas en la Orogenia Alpina y produciéndose su relleno en el Terciario.



LEYENDA

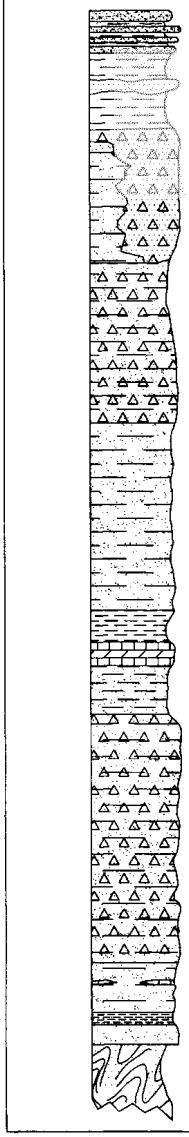
A1	Depósitos aluviales de limos, arenas y gravas		141	Calizas y pizarras con intercalaciones de areniscas
C1	Depósitos coluvionares. Limos y arcillas con cantidades variables de arena y cantos		133	Areniscas ferruginosas y lutitas
143	Cuarcitas y areniscas con pasadas de pizarras		120a	Areniscas, siltitas y pizarras
140a	Calizas grises		122a	Pizarras negras
142	Areniscas ferruginosas		121b	Cuarcitas
140b	Calizas y pizarras		111a	Areniscas y pizarras alternantes

Figura 3.4. *Corte esquemático de la Zona 2.*



ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	V1	GT4	SUELOS. ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	CUATERNARIO
	V2	GT4	SUELOS (Arcillas de descalcificación)	CUATERNARIO
	A1	GT1	DEPÓSITOS ALUVIALES DE LIMOS, ARENAS Y GRAVAS	CUATERNARIO
	T	GT1	TERRAZA. ARCILLAS Y LIMOS CON CANTOS CUARCÍTICOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	D	GT6	CONOS DE DEYECCIÓN. GRAVAS CUARCÍTICAS EN MATRIZ ARENO–LIMO–ARCILLOSA	CUATERNARIO
	C1	GT2	DEPÓSITOS COLUVIONARES. LIMOS Y ARCILLAS CON CANTIDADES VARIABLES DE ARENA Y CANTOS	CUATERNARIO
	C2	GT2	DEPÓSITOS DE LADERA. CANTOS CUARCÍTICOS EN MATRIZ ARENO–LIMO–ARCILLOSA	CUATERNARIO
	C3	GT9	DEPÓSITOS DE LADERA–CANCHAL. CANTOS CUARCÍTICOS CON ESCASA MATRIZ ARENO–LIMO–ARCILLOSA	CUATERNARIO
	310b	GT15	GRAVAS, ARENAS Y ARCILLAS	TERCIARIO
	310a	GT15	ARCILLAS	TERCIARIO
	152a	GT8	PIZARRAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS	CARBONÍFERO SUPERIOR
	150	GT11	CALIZAS ROJAS Y GRISES	CARBONÍFERO SUPERIOR
	143	GT10	CUARCITAS Y ARENISCAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRA	DEVÓNICO SUPERIOR
	140a	GT11	CALIZAS GRISES	DEVÓNICO MEDIO–SUPERIOR
	142	GT12	ARENISCAS FERRUGINOSAS	DEVÓNICO MEDIO
	140b	GT14	CALIZAS Y PIZARRAS	DEVÓNICO INFERIOR–MEDIO
	141	GT14	CALIZAS Y PIZARRAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS	DEVÓNICO INFERIOR
	132	GT12	ARENISCAS FERRUGINOSAS Y LUTITAS	SILÚRICO SUPERIOR
	130	GT8	PIZARRAS NEGRAS	SILÚRICO
	120b	GT10	CUARCITAS BLANCAS	ORDOVÍCICO MEDIO–SUPERIOR
	120a	GT8	ARENISCAS, SILTITAS Y PIZARRAS	
	122a	GT8	PIZARRAS NEGRAS	ORDOVÍCICO MEDIO

Figura 3.5. *Columna estratigráfica de la Zona 2.*



GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
122c	GT12	PIZARRAS Y CUARCITAS	ORDOVÍCICO MEDIO
122b	GT10	CUARCITAS	ORDOVÍCICO MEDIO
122a	GT8	PIZARRAS NEGRAS	ORDOVÍCICO MEDIO
121	GT10	CUARCITAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
100b	GT12	PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS	CÁMBRICO MEDIO–ORDOVÍCICO INFERIOR
100a	GT8	PIZARRAS Y ARENISCAS	CÁMBRICO MEDIO–ORDOVÍCICO INFERIOR
112a	GT8	PIZARRAS VERDES	CÁMBRICO MEDIO
111c	GT11	CALIZAS Y DOLOMÍAS	CÁMBRICO INFERIOR
111b	GT10	CUARCITAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS Y PIZARRAS	CÁMBRICO INFERIOR
111a	GT8	ARENISCAS Y PIZARRAS ALTERNANTES	CÁMBRICO INFERIOR
100a	GT8	ALTERNANCIA DE PIZARRAS Y CUARCITAS	
010	GT8	PIZARRAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS	PRECÁMBRICO

Figura 3.5. *Columna estratigráfica de la Zona 2 (continuación).*

3.3.3. Columna estratigráfica

La Figura 3.6, muestra la columna estratigráfica de la Zona 2.

3.3.4. Grupos litológicos

En este apartado se van a describir los distintos grupos litológicos que se han diferenciado en la Zona 2.

DEPÓSITOS ALUVIALES DE LIMOS, ARENAS Y GRAVAS, (A1, a1)

Este grupo litológico ya se ha descrito en la Zona 1, apartado 3.2.4.

DEPÓSITOS COLUVIONARES, (C1, c1)

Este grupo litológico es más representativo en la Zona 1 por lo cual ya se ha descrito en ésta, apartado 3.2.4.

DEPÓSITOS DE LADERA, (C2, c2)

- Litología

  Grupo litológico compuesto por cantos angulosos y heterométricos de hasta 50 cm, de composición cuarcítica, areniscosa y pizarrosa inmersos en una matriz areno-limo-arcillosa masiva, con porcentajes variables de materia orgánica que oscurece estos depósitos.

- Estructura

  Rellenan las partes bajas de relieves montañosos. Internamente son masivos. Se han llegado a ver hasta 4 metros de estos depósitos siendo potencias incompletas ya que no se ve la base, pero probablemente los espesores sean mayores, en algunas ocasiones se observan niveles más ricos en cantos.

- Geotecnia

  Se trata de suelos de capacidad portante baja, que pueden generar asientos.

  La permeabilidad de este grupo litológico es baja, puesto que existe una matriz rica en finos. El drenaje superficial suele ser suficiente, por las pendientes en las que se encuentran, sin embargo, los drenajes subterráneos suelen ser malos, por lo que pueden genera problemas geotécnicos importantes.

Son materiales susceptibles de erosionarse; este grupo es excavable.

Se han observado taludes bajos a unos 50° sin presentar problemas.

No obstante, se recomienda no superar inclinaciones erosivas, con la precaución de no excavar la base del depósito para no generar deslizamientos de material a mayor escala. Por la misma razón se recomienda que se drenen bien los taludes construidos en estas formaciones.

DEPÓSITOS DE LADERA-CANCHALES, (C3, c3)

- Litología

Se trata de gravas de cantos cuarcíticos de morfología achatada, muy angulosos e irregulares, inmersos en una matriz escasa e irregular en la que dominan tamaños arenosos, también irregulares y una fracción limo-arcillosa. Son depósitos poco compactos. (Foto 3.18).

- Estructura

Se instalan en laderas que forman los materiales cuarcíticos, (121) y (111 a) sobre todo, rellenando las pequeñas cuencas que generó anteriormente la red fluvial.

Su disposición interna es tímidamente ordenada, en niveles que van paralelos a la pendiente, correspondientes posiblemente a períodos en los que se han depositado canchales, superponiéndose unos a otros.



Foto 3.18. Problemas originados en el grupo litológico C3, c3 en los taludes realizados de la en la nueva carretera que va de Gallinero a Mones

Generalmente, el porcentaje de finos crece hacia el pie del cuerpo sedimentario, debido quizás al lavado de las fracciones más arcillosas y depositadas en las zonas distales.

- Geotecnia

Geotécnicamente se considera un suelo, con una capacidad portante baja.

La permeabilidad de estos depósitos puede llegar a alta en zonas pobres en finos, pero en general es media, siendo los drenajes superficiales y subterráneos suficientes.

Se han observado taludes altos, con bastantes problemas, sobre todo de erosión producida por el agua al bajar por las pendientes donde se depositan. También se producen caídas de material. Son materiales excavables.

Se recomienda, si es posible, reducir o evitar incluso el paso de la carretera por estos materiales. Es recomendable no excavar la base de estas formaciones puesto que potencialmente pueden deslizar y producir daños de importancia, ya que son estas formaciones las más afectadas por los deslizamientos de ladera, encontrándose la mayor parte de las veces en equilibrio inestable; en cualquier caso se debe de tomar medidas protectoras.

Pueden tener interés como yacimientos de áridos y préstamo.

SUELOS, (V1, v1)

Ya se describieron en la Zona 1, puesto que tienen iguales características al desarrollarse en las mismas litologías de substrato, apartado 3.2.4.

CONOS DE DEYECCIÓN, (D, d)

Este grupo litológico ya ha sido descrito en la Zona 1, apartado 3.2.4.

TERRAZAS, T, t

- Litología

  Se trata de materiales arcillo-limosos, sin compactar, masivos, de colores oscuros por la presencia de materia orgánica, en los que se encuentran dispersos, cantos redondeados de cuarcitas (ver Foto 3.19), y alguno de cuarzo, de tamaños generalmente no superiores a los 4-5 cm de diámetro. A veces se observan niveles lentejonares de arenas y limos.

- Estructura

  Son depósitos en los que no se aprecia ordenación interna (a excepción de alguna barra arenosa en las que se encuentran estratificaciones sigmoidales, de acreción lateral) son los escasos los afloramientos encontrados de este grupo litológico, debido al recubrimiento vegetal de toda la zona.

  Su disposición es horizontal, su extensión reducida, e incluso se pueden encontrar colgadas. Espesores no superiores a 8 m. Las más importantes están sobre las llanuras de inundación en las partes bajas de los cursos fluviales, dando cuerpos de sección tabular.

- Geotecnia

  Geotécnicamente se trata de un suelo, con capacidad portante baja, que puede llegar a generar asientos de importancia.

  La permeabilidad de este grupo litológico es de orden medio, por lo que los drenajes subterráneos son suficientes, sin embargo, los drenajes superficiales son insuficientes, dada la morfología de los afloramientos de este grupo. Los niveles freáticos pueden ser altos. Estos materiales son excavables.

No se han observado taludes en este grupo litológico, no obstante se recomienda que no excedan una inclinación 1H:1V, puesto que se prevén problemas de erosionabilidad, caída de material suelto y chineos. Estos materiales son excavables.



Foto 3.19. *Aspecto que presentan las terrazas aluviales (T, t) en un corte de un pequeño talud. Se observan los cantos redondeados de cuarcita inmersos en una matriz arcillo-arenosa*

ARCILLAS DE DESCALCIFICACIÓN, (V2, v2)

- Litología

  Se trata de arcillas rojas de descalcificación, finas que provienen de la alteración de los materiales calizos dado el clima lluvioso y húmedo de esta región. Tiene una pequeña fracción residual compuesta por cantos, bloques e incluso arenas de las litologías originales.

- Estructura

  La estructura es masiva; caótica, limitándose a recubrir superficies calcáreas situadas en zonas geomorfológicamente bajas. Disposición horizontal ocupando la zona superficial de materiales calizos, adaptándose a la superficie topográfica. Los espe-

sores son poco importantes, superando raras veces 1,5 m, aunque pueden dar rellenos locales más potentes. Se sitúan en zonas deprimidas como dolinas, y aunque no son cartografiable, rellenan cavidades como cuevas y otras oquedades desarrolladas en un karst. (Ver Foto 3.20).

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de un suelo con una capacidad portante muy baja que generará asientos importantes.

La permeabilidad de este grupo litológico es muy baja, lo que provoca que el drenaje subterráneo sea prácticamente nulo, y si a ello le sumamos los deficientes drenajes superficiales por la situación de estos depósitos, vamos a tener zonas de encharcamientos importantes. Son materiales excavables.

No se han observado taludes; dado su escaso espesor, los taludes que se pudiesen construir deberán ser bajos, por lo que no generarán grandes problemas. Potencialmente erosionable. Pueden rellenar cavidades, provocando desplomes inesperados en obras subterráneas y taludes, sobre todo en zonas muy mecanizadas.

GRAVAS, ARENAS Y ARCILLAS, (310b)

- Litología

Se trata de cuerpos de gravas que están yaciendo sobre areniscas y arcillas separados de ellas por superficies de erosión. Los conglomerados son muy heterométricos. Sus cantos son de naturaleza cuarcítica con síntomas de rubefacción y son de subredondeados a redondeados.

El tamaño máximo observado o centil es de unos 35-40 cm y los tamaños más frecuentes están entre 8-10 centímetros y de 1-2 cm, distribuidos en 2 poblaciones (ver Foto 3.31).

Las areniscas son finas y compactas, con fracciones limosas y arcillosas muy abundantes. En su conjunto dan un aspecto masivo, con algún nivel más arenoso esporádico, y un color rojizo.

Se observan pequeños niveles de 1-1,5 m de materiales calcáreos grisáceos, más competentes, pero muy esporádicamente.



Foto 3.20. *Aspecto de las arcillas de descalcificación (V2, v2) en un pequeño relleno a la altura de la Ermita de la Magdalena, cerca de Rañeces. Se desarrolla sobre las calizas de la formación (150)*



Foto 3.21. *Terciario del grupo litológico (310b) en la base del talud, en la carretera local que va de la Cabruñana a Moutas.*

- Estructura

  En general se depositan subhorizontalmente, aprovechando las cuencas generadas por la reactivación de las fallas hercínicas en la Orogenia Alpina. Los espesores pueden llegar a 80 ó 100 metros.

  Generalmente la estructura interna es masiva, aunque, a veces, se dispone en cuerpos lenticulares, de diferentes granulometrías. Estos cuerpos suelen tener bases erosivas con morfologías de canal sobre las arenas en los que están inmersos.

  Parece existir cierta tendencia a una grano selección positiva, aunque no muy marcada.

  Los espesores pueden llegar a 80 ó 100 metros.

- Geotecnia

  Geotécnicamente estos materiales se consideran suelos y tienen una capacidad portante media-baja, que ocasionalmente y en tramos pobres en gravas pueden ocasionar asientos inadmisibles.

La permeabilidad de estos materiales puede llegar a ser media en zonas conglomeráticas y altas en tramos carbonatados karstificados, aunque puede estar muy reducida por la presencia de finos entre los poros. El drenaje superficial es suficiente y el subterráneo es insuficiente debido a que la permeabilidad es reducida, no obstante esto estaría conducida por los canales de gravas y los tramos calcáreos karstificados que se describieron anteriormente.

Esta formación es excavable. Puede presentar problemas importantes de pérdida de material por erosión.

Los taludes observados son bajos o medios por lo general, y con inclinaciones medias, no observándose problemas excepto chineos. Sin embargo, se aconseja no construir taludes altos en esta formación con inclinaciones mayores observados ya que puede haber problemas de erosión y de caída de material, por deslizamiento.

ARCILLAS, (310a)

- Litología

Se trata de unas arcillas arenosas, de colores rojizos, masivos y sin ordenación dentro de los paquetes que forman, están compactadas y muy poco consolidadas. Presentan horizontes delgados de colores más oscuros, quizás por un mayor contenido en materia orgánica y mayor contenido en finos.

Existen pequeños niveles más carbonatados y margosos, pero muy localmente.

- Estructura

Se encuentran yaciendo horizontalmente o con ángulos bajos. Sus espesores no superan los 100 m. Alternan niveles más o menos arcillosos como se puede observar en la Foto 3.22.

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de un suelo, con capacidad portante media-baja.

La permeabilidad de este grupo litológico es baja y por tanto sus drenajes subterráneos muy deficientes, los drenajes superficiales también son pobres, por lo cual, se generarán, dado el clima, zonas de encharcamientos en esta formación.



Foto 3.22. Aspecto del grupo litológico (310a), en una explotación de arcillas al Sur de La Espina

Se han observado taludes bajos subverticales, que se mantienen sin problemas, con caída de terrones y pequeños deslizamientos de material suelto, estos materiales son fácilmente excavables.

En taludes más altos se recomienda no superar una inclinación 3H:2V, puesto que a pesar de la relativa cohesividad de estos materiales, pueden provocarse deslizamientos importantes de material.

PIZARRAS CON PASADAS DE ARENISCAS, (152a)

- Litología

Se trata fundamentalmente de una alternancia irregular entre pizarras finas, alteradas, oscuras y generalmente dominantes y areniscas de grano fino-medio en bancos que varían de unos sitios a otros entre 7-10 cm, hasta 70-80 cm. En la Foto 3.23, se puede observar un aspecto general de esta formación.

También localmente presentan niveles de hasta 0,35 m de calcarenitas y calizas, generalmente en las cercanías del contacto con el siguiente grupo litológico, (150). Muy puntualmente, se intercala entre las pizarras algún nivel más margoso.

- Estructura

En lo que respecta a la macroestructura se encuentra ocupando los núcleos de grandes estructuras sinclinales como el sinclinal de Villazón y en Coalla (San Pedro).

A escala de afloramiento se presentan como series monoclinales con ángulos de buzamiento del orden de 70°, encontrándose replegada.

Los bancos son de espesor irregular variando de pocos centímetros hasta casi un metro, en secuencias turbidíticas. Se estima un espesor total para esta formación de unos 500 m.



Foto 3.23. Aspecto de los materiales del grupo litológico 152 a, en el Km. 253 de la N-634 a la altura de Villampero

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de rocas con capacidad portante media o alta y dependiendo del grado de alteración pueden originar suelos que pueden generar asientos.

La permeabilidad es baja por lo general, aunque puede variar de unas litologías a otras, repercutiendo esto en el drenaje subterráneo. Los drenajes superficiales suelen ser suficientes. Esta litología se considera ripable en la zona alterada y no ripable en profundidad.

En los taludes construidos en este grupo litológico, desde subverticales a bajos no se han observado problemas, no obstante, dado el elevado porcentaje de litología pizarrosa y alterable que contiene, para la construcción de taludes más altos es aconsejable evitar la situación más desfavorable de orientación del talud en relación a los buzamientos y direcciones de las capas, para evitar cuñas deslizadas, desprendimiento en los taludes y caídas de bloques.

En zonas donde la parte alterada adquiera una potencia mayor o esté este grupo cubierto por coluviones es conveniente no excavarlos, pues pueden llegar a originar deslizamientos importantes.

CALIZAS ROJAS Y GRISES, (150)

- Litología

Se trata de unas calizas rojas, micríticas y esparíticas, masivas, a veces nodulosas, y en general con unas malas condiciones de afloramiento, alternando pequeños niveles lutíticos; y de unas calizas negras-grises, masivas y de aspecto caótico debido a los desplomes provocados por el karst, la alteración y la tectonización. Localmente pueden estar muy recristalizadas. Puntualmente estas calizas se encuentran dolomitizadas, con pequeñas vetas de calcita y a veces se observa su estratificación original en bancos planoparalelos de 15 a 60 cm de espesor, como puede apreciarse en la Foto 3.24.

- Estructura

Forma parte de los flancos de las grandes estructuras. Internamente, se distingue capas de unos 15 m de espesor de calizas rojas y las calizas grises que tienen un espesor variable de 60 a 400 m.

Las calizas oscuras están afectadas por una karstificación importante y estructuras de colapso (brechas) asociadas a zonas tectonizadas.

En general, en la zona la organización interna observada es masiva, pero se pueden observar en algunas zonas en las que se observa una estratificación clara en bancos que pueden llegar a superar el medio metro de espesor aunque normalmente no superan los 20 cm.

La dirección general de las capas y estructuras es NE-SO.

- Geotecnia

Se trata, geotécnicamente, de rocas con una capacidad portante alta, que localmente pueden desarrollar suelos arcillosos que provoquen asientos importantes.

La permeabilidad de este grupo litológico es muy elevada en las zonas karstificadas y baja en zonas sin karstificación. Los drenajes subterráneos serán óptimos en zonas karstificadas. Los drenajes superficiales son suficientes excepto donde se desarrollan suelos de descalcificación, que se desarrollan en zonas hundidas como dolinas, tapizando su fondo.

Este grupo litológico no es ripable en su mayor parte. Se han podido observar taludes de inclinaciones medias a altas que se presentan estables. No obstante, también existen taludes bajos con inclinaciones menores que por desarrollo de suelos son inestables.

De modo general los taludes no deberían de superar 2H:3V, en función de la orientación del talud respecto a la dirección y buzamiento de la estratificación, el diaclasado y las zonas colapsadas en caso de karstificación.

Estos procesos kársticos y sus factores asociados, deberían de tenerse en cuenta a la hora de emprende cualquier obra o excavación subterránea de tipo túnel.

Este grupo litológico es susceptible de ser explotado como árido de machaqueo.



Foto 3.24. *Calizas del grupo litológico (150), en la carretera local que va desde Quintana a Figares.*

CUARCITAS Y ARENISCAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS, (143)

- Litología

  Se trata en su mayor parte (como muestra la Foto 3.25). De unas cuarcitas blancas de grano fino-medio, la mayor parte de las veces recristalizadas, blancas, masivas en bancos que varían de 2-3 cm a 1 m y unas areniscas finas, compactas, duras que a veces son ferruginosas, tomando colores rojos. Existen intercalaciones de unos 0.5 m con arcillas rojizas, así el espesor total de la serie es de unos 165m.

- Estructura

  Se encuentra formando parte de los flancos de algunas estructuras como el sinclinal de Villazón y el núcleo de otras como el sinclinal de Cornellana.

  Los buzamientos de este grupo litológico están entre 45° y subverticales. Las direcciones tanto de estructuras como de la estratificación general varían entre ENE-OSO y NNE-SSO. La estratificación está organizada en bancos de 2 cm a 1 m. El grado de diaclasado es intenso.

- Geotecnia

  Geotécnicamente se trata de rocas con capacidad portante alta.

  La permeabilidad es baja aunque puede aumentar ya que están muy tectonizadas y fisuradas, por lo general. Por tanto, los drenajes subterráneos son prácticamente nulos realizándose fundamentalmente por zonas tectonizadas. Los drenajes superficiales son suficientes puesto que generan cierto relieve.

  Son materiales no ripables.

  Existen taludes altos subverticales, sin problemas, situados en roca fresca, que no presentan problemas, aunque habrá que tener en cuenta la dirección y buzamiento de las capas y diaclasas respecto a la orientación del talud y descartar las situaciones más desfavorables, para evitar caída de bloques, desprendimientos y cuñas.

  Se recomienda que la inclinación de los taludes no sea superior a 1H:2V.

  Esta litología es susceptible de ser explotada como árido.



Foto 3.25. Aspecto del grupo litológico (143) en la carretera que va de Quintana a Figares

CALIZAS GRISES, (140a)

- Litología

  Son unas calizas de grises oscuras a blanquecinas, a veces recristalizadas, otras karstificadas. Generalmente se encuentran estratificadas, aunque localmente son masivas. Esporádicamente se intercalan zonas más margosas. Se puede observar un aspecto de estas calizas en la Foto 3.26.

- Estructura

  Se encuentran formando parte de los flancos de grandes estructuras, como por ejemplo en los sinclinales de Villazón y Cornellana y el anticlinal de Cornellana. Tiene un espesor máximo de unos 200 m.

  Los buzamientos son subverticales y las direcciones de las capas varían entre ENE-OSO y NNE-SSO. La estratificación se organiza en bancos irregulares cuyo espesor puede pasar desde varios centímetros a escala métrica. Existe un diaclasado perpendicular desde la estratificación.

- Geotecnia

  Se trata, geotécnicamente, de rocas con una capacidad portante alta, que pueden originar suelos arcillosos que generan asientos.

  La permeabilidad de este grupo litológico es muy alta en zonas karstificadas. Se han observado surgencias en zonas karstificadas de 0,5 l/sg. Los drenajes subterráneos, por tanto son óptimos en estas zonas karstificadas. Los drenajes superficiales suelen ser suficientes puesto que está litología genera un relieve que permite estos drenajes, pero en zonas karstificadas, como dolinas, donde aparte del relieve se generan suelos arcillosos, el drenaje superficial es muy deficiente y se producen encharcamientos.

  Este grupo litológico es, en su mayoría, no ripable. Hay taludes altos observados, subverticales, en los que se observan problemas de algún chineo y caída de bloques.

  Para la construcción de taludes nuevos en este grupo litológico se recomienda evitar las situaciones más desfavorables de dirección y buzamiento de capas y diaclasas respecto a la orientación de los taludes para evitar problemas de caída de cuñas y bloques grandes.

Para la construcción de túneles sería conveniente tener en cuenta, además, las condiciones de permeabilidad de este grupo litológico.

Este grupo litológico es susceptible de ser explotable para áridos de machaqueo.



Foto 3.26. *Aspecto del grupo litológico (140a), en una pequeña cantera abandonada ala altura del Km. 251 de la carretera N-634 a la altura de Espinedo.*

ARENISCAS FERRUGINOSAS, (142)

- Litología

Se trata de areniscas de grano grueso, de colores pardos, rojizos, oscuros, amarillentos y ocres, con cementos ferruginosos, que les dan una densidad alta. Se pueden presentar recristalizadas, obliterando las estructuras internas. Están alternando con tramos areniscosos-pizarrosos de orden métrico. Esto puede apreciarse en la Foto 3.27.

En general son muy compactas y en los tramos menos recristalizados se observan que están muy seleccionadas.

- Estructura

  Se encuentran formando parte de los flancos de las grandes estructuras. Su espesor varía entre los 200 m y 400 m.

  Presentan buzamientos en general subverticales altos y direcciones de NNE-SSO a ENE-OSO.



Foto 3.27. Aspecto del grupo litológico (142) en el Km. 254,5 de la carretera N-634 a la altura de Robadiello

  Internamente, en los bancos sin recristalizar se pueden encontrar estructuras sedimentarias como estratificación cruzada planar que da criterios de polaridad.

  Existe en general un diaclasado más o menos perpendicular a la estratificación que puede llegar a ser intenso.

- Geotecnia

  Se trata de rocas con capacidad portante alta.

  La permeabilidad de este grupo litológico es en general baja, aunque localmente puede aumentar dado el grado de fracturación de esta formación con el consi-

guiente aumento de la permeabilidad. El drenaje subterráneo es insuficiente, canalizándose por las zonas más tectonizadas.

Los drenajes superficiales suelen ser suficientes. Este grupo litológico no es ripable en un alto porcentaje.

En los taludes subverticales, se producen caídas ocasionales de bloques de orden decimétrico, alguna cicatriz de desprendimiento de material suelto, sobre todo en los tramos más pizarrosos.

Los posibles taludes deberán tener en cuenta la estructura geológica de la formación (dirección y buzamiento de los estratos) para fijar la inclinación de los paramentos.

En los casos más desfavorables, la inclinación de los paramentos no deberá superar la inclinación de los estratos.

CALIZAS Y PIZARRAS, (140b)

- Litología

Se trata de unas calizas oscuras, grises, micríticas, compactas y duras, masivas, reconocibles por la gran cantidad de fósiles de braquiópodos que contienen en algunos lugares. Se disponen en grandes bancos, entre los que esporádicamente se intercalan pizarras y margas grises que suelen estar muy alteradas. Las calizas están karstificadas.

Se puede observar el aspecto de este grupo en la Foto 3.28.



Foto 3.28. Aspecto del grupo litológico (140b) en la carretera N-634 a la altura de Vega de Anzo

- Estructura

  Forma parte de los flancos de las grandes estructuras que se ven en la zona. El espesor global de la formación varía entre 100 y 140 metros.

  Las direcciones generales de la formación, van en consonancia con las estructuras y con las demás litologías paleozoicas de esta zona, es decir, varían entre NNE-SSO y ENE-OSO. Los buzamientos están entre los 50° y subverticales. La estratificación no es clara, excepto en zonas en las que predominan las calizas; estando estas karstificadas.

- Geotecnia

  Se trata de rocas con capacidad portante alta en los tramos más calizos y media en los margo-pizarrosos, a excepción de las alteraciones en esta formación que pueden generar suelos que originen asientos, en función del espesor existente.

Normalmente las calizas se encuentran karstificadas, por lo que tienen una permeabilidad alta y buen drenaje subterráneo, pero no ocurre así en los tramos pizarroso-margosos, en los que ambos parámetros se hacen casi nulos. Los drenajes superficiales son suficientes, menos en el caso de suelos desarrollados en las dolinas que se originan en los materiales carbonatados.

Este grupo litológico es en general ripable en la zona alterada de los tramos pizarrosos. Los tramos calizos no son ripables.

Se ha observado algún talud vertical, inestable, ya que, se observan grietas que pueden llegar a provocar caídas de bloques grandes. Se recomienda construir los taludes que eviten las situaciones más desfavorables de orientación del talud respecto a las direcciones y buzamientos de la estratificación y diaclasado, con el fin de evitar la caída de cuñas y bloques, sobre todo en las zonas donde las alternancias son más importantes.

La karstificación de las calizas y disgregación de las pizarras pueden generar problemas a tener en cuenta a la hora de emprender cualquier excavación subterránea, produciéndose, entre otra cosa, caudales de agua significativos.

CALIZAS Y PIZARRAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS, (141)

- Litología

Esta litología es muy heterogénea, pero resulta difícil de dividir cartográficamente, por lo que se les ha incluido en un mismo grupo litológico.

Se trata, pues, de una alternancia, en la que dominan materiales carbonatados entre los que se encuentran calizas grises oscuras micríticas o esparíticas masivas, calizas margosas, calizas tableadas, dolomías compactas, margas, calizas fosilíferas rojas, con materiales detríticos, de menor importancia, en los que por orden de mayor a menor cantidad, encontramos intercaladas pizarras negras y verduscas, generalmente alteradas y areniscas de grano fino. Se puede observar parcialmente el aspecto de esta formación en la Foto 3.29.

Normalmente la alternancia es de calizas grises o dolomías y pizarras.

- Estructura

Sigue la estructura general de la zona, con direcciones NE-SO y buzamientos entre 40° y subverticales. El espesor global de la formación se acerca a los 900 metros.

Se encuentra en los núcleos de algunas macroestructuras anticlinales. La estructura interna se podría resumir diciendo que es una alternancia irregular de diversos materiales.

- Geotecnia

Se trata de rocas con una capacidad portante variable entre materiales como calizas y dolomías, que la tienen alta, y pizarras y margas, que la tienen media. En general, al alterarse generan suelos de capacidad portante baja que pueden provocar asientos.

La permeabilidad de este grupo geotécnico también va a venir condicionada por su heterogeneidad. Existen tramos calizos afectados por karstificación que origina una elevada permeabilidad y drenaje subterráneo, sin embargo, los tramos detríticos son impermeables e incluso pueden llegar a confinar estos acuíferos kársticos.

Los drenajes superficiales no presentan problemas excepto en los fondos de dolinas en zonas karstificadadas, donde se desarrollan suelos de descalcificación impermeables que no dejan percolar el agua produciéndose encharcamientos.



Foto 3.29. Aspecto parcial, de un tramo calizo del grupo litológico (141) en la N-634, en la variante de Salas

Nuevamente, la heterogeneidad del grupo litológico condiciona otro parámetro, la ripabilidad de la formación, que se complica al tratarse de alternancias de litologías muy diferentes. Por lo general, las calizas y dolomías cuando adquieren espesores considerables no son ripables, el resto de la formación si lo es en la zona alterada.

En los taludes observados en los tramos más detríticos de este grupo litológico se aprecian problemas de deslizamientos y creeping por la presencia de suelos generados en él, en los tramos más calizos no presentan estos problemas. Por tanto, es recomendable, no exceder la pendiente de los desmontes de 1H:1V, procurando además no descalzar antiguos deslizamientos, suelos y coluviones que se desarrollan en este grupo. También es importante evitar las orientaciones más desfavorables de los taludes respecto a la dirección y buzamiento de estratificación, fracturas y diaclasas, con el fin de evitar en la medida de lo posible la caída de cuñas y bloques.

ARENISCAS FERRUGINOSAS Y LUTITAS, 132

- Litología

Se trata de alternancia de unas areniscas rojas ferruginosas, a veces sin cementos ferruginosos bastante cuarcíticas, en un 75-80 % con unas lutitas en su mayor parte alteradas.

La Foto 3.30, da una idea general de esta formación.

Las areniscas son de grano medio a fino, con un color rojo oscuro y densas por la presencia de óxidos de hierro y se disponen en bancos de 1-2 cm hasta 30-40 cm. A veces no presentan óxidos de hierro.



Foto 3.30. Aspecto del grupo litológico (132) en la prolongación de la carretera local que va de Cabruñana a Moutas

Las lutitas tienen una importancia mucho menor y se presentan con una esquistosidad muy marcada y muy alteradas. Presentan colores verdosos, grises, ocre-rojizos.

- Estructura

Forman parte de los flancos de las grandes megaestructuras. La dirección de las capas es concordante con el resto de la serie entre NNE-SSO y ENE-OSO y los buzamientos se encuentran entre 30° y verticales. El espesor global de la formación está entre 150 y 200 metros.

A escala de afloramiento se han encontrado en las areniscas pliegues de unos 10 a 12 metros de longitud de onda, asimétricos. Las areniscas se encuentran dispuestas en bancos de 2 cm a 30-40 cm de espesor, con un diaclasado perpendicular a la estratificación.

- Geotecnia

Se trata de rocas, con capacidad portante media-alta en general, aunque en los tramos pizarrosos, sobre todo si generan suelos, disminuirá.

La permeabilidad de la formación es muy baja, viéndose únicamente favorecida por la fracturación. Por tanto los drenajes subterráneos no son adecuados. Los drenajes superficiales son suficientes.

Este grupo litológico es ripable en su mayor parte, (la zona alterada y las zonas pizarrosas).

Los taludes observados en este grupo litológico son de altura media y subverticales, observándose pocas veces problemas de caída de bloques, alguna cuña, y en las zonas pizarrosas alteradas, deslizamientos de material suelto, que se han resuelto colocando en la base del talud muros de escollera.

Por tanto, sería conveniente no exceder una inclinación en los taludes de 1H:2V y evitar la situación más desfavorable de dirección y buzamiento de la estratificación y el diaclasado al intersectarse con la orientación del talud.

También ha de procurarse no descalzar las formaciones superficiales o deslizamientos que se hayan desarrollado sobre este grupo, sobre todo en la fracción pizarrosa.

PIZARRAS NEGRAS, (130)

- Litología

Se trata de unas pizarras finas negras y de colores parduscos oscuros. Se encuentran alteradas y su esquistosidad es muy marcada. Presentan algún nivel más areniscoso, pero de espesor centimétrico.

El aspecto en campo de esta formación se observa en la Foto 3.31.

- Estructura

Forma parte de los flancos de algunas macroestructuras anticlinales. Los buzamientos de este grupo son por lo general altos y las direcciones generales varían de E-O a NE-SO. El espesor total de la serie es de unos 150 metros.

- Geotecnia

Se trata de rocas con una capacidad portante que puede variar de alta a media, aunque puede disminuir hasta llegar a generar asientos puesto que este grupo litológico está bastante alterado.

La permeabilidad de esta formación es muy baja en general, lo que condiciona que el drenaje subterráneo sea casi nulo.



Foto 3.31. Aspecto alterado de las pizarras del grupo litológico (130) en la prolongación de la carretera Cabruñana-Moutas

Los drenajes superficiales pueden ser complicados puesto que ocupan geomorfológicamente zonas deprimidas, aunque con salidas que normalmente son suficientes, para no producir encharcamiento.

Llama la atención en este grupo el lajamiento intenso provocado por el gran número de discontinuidades que atraviesan el macizo rocoso. Esta formación es ripable en la zona alterada.

Los taludes observados son muy bajos y estables. Es conveniente no superar una inclinación de 1H:1V puesto que al tener una esquistosidad fina y dar lajas de pequeño tamaño pueden generarse caídas de material suelto que pueden llegar a ser importantes si la alteración es lo suficientemente profunda. También es importante descartar las orientaciones más desfavorables de los paramentos del talud, respecto a la dirección y buzamiento de la estratificación, esquistosidad y diaclasado.

CUARCITAS BLANCAS, (120b)

- Litología

  Se trata de cuarcitas blancas muy recristalizadas y puras, bien estratificadas en bancos. Duras y compactas y en general bastante diaclasadas y tectonizadas. (Ver Foto 3.32).

- Estructura

  Tienen un espesor de unos 50-100 m. Se estructuran en bancos de orden decimétrico y hasta métrico. Los buzamientos son al O y están entre 45° y 70°.



Foto 3.32. Formación cuarcítica (120b), en la playa de Las Poleas

- Geotecnia

  Se trata de rocas duras de capacidad portante alta. Su permeabilidad es muy baja y puede aumentar localmente por fracturación, los drenajes superficiales son buenos, puesto que estas cuarcitas generan resaltes que los favorecen. Son materiales no ripables, necesitando del uso de explosivos para su excavación.

No se han observado taludes, pero es recomendable no superar inclinaciones 1H:2V y muy importante evitar las condiciones más desfavorables de inclinación y orientación del talud respecto a la dirección y buzamiento de las capas y diaclasas en esta formación.

Son de esperar problemas de caída de bloques y de cuñas de material suelto en las áreas más tectonizadas, y tomar las medidas necesarias para contenerlas.

ARENISCAS, SILTITAS Y PIZARRAS, (120a)

Este grupo litológico ya se describió en el apartado correspondiente de la Zona 1, por tener mejor representación en ésta, apartado 3.2.4.

PIZARRAS Y CUARCITAS, (122c)

- Litología

Se trata de pizarras negras y grises de grano fino, afectadas por una foliación muy apretada, compactas cuando están frescas, aunque muchas veces se observan alteradas. Alternan con cuarcitas muy recristalizadas, blancas y grises, duras que a veces pueden llegar a ser dominantes, como en la playa de Sabugo.

Es una diferenciación del grupo litológico (122a), que por su estructura hace aflorar repetidas veces un tramo cuarcítico dentro de esta formación. Se ha creído conveniente distinguirlo puesto que afecta de lleno a las excavaciones que se puedan realizar en una obra de carácter lineal; solo afectará a los primeros metros de estas formaciones.

Un aspecto de estos materiales puede observarse en la Foto 3.33.

- Estructura

Esta formación tiene asignado un espesor de unos 250 metros. Alternan en bancos de hasta 0,5 m de cuarcitas con paquetes más importantes de pizarra, pero a veces como en la playa de Sabugo y el Villar el plegamiento solo se aprecia en las cuarcitas, que están plegadas isoclinalmente, buzando hacia el Oeste los dos flancos de las estructuras, es decir, dan pliegues vergentes al Este.

Las pizarras tienen una foliación muy marcada, estando a veces cruzadas por pequeños diques de espesor centimétrico y longitud de orden métrico paralelos a la foliación.

Las cuarcitas están muy tectonizadas, con sistemas de diaclasas que las cruzan en todas direcciones, resaltando un sistema que es perpendicular a la estratificación.

- Geotecnia

Se consideran geotécnicamente rocas, con una capacidad portante alta. Al alterarse las pizarras bajan su capacidad portante, incluso, si desarrollan suelos, pueden llegar a generar asientos en función del espesor.

La permeabilidad de esta formación rocosa es baja en general, aunque las cuarcitas al estar tectonizadas, tienen un porcentaje algo mayor de porosidad, que es por fractura.

Los drenajes superficiales son suficientes y los subterráneos son ineficaces aunque localmente pueden mejorar al conducirse por cuarcitas tectonizadas.

Esta formación se puede considerar como ripable en zonas alteradas y no ripable en profundidad.

No se han observado taludes de interés pero se pueden prever caídas de bloques, lajas y cuñas, si no se evitan las situaciones desfavorables de dirección y buzamiento de capas y esquistosidad respecto a la orientación del talud. Se recomiendan inclinaciones de 1H:1V.

CUARCITAS, (122b)

- Litología

Se trata de cuarcitas muy recristalizadas, de color blanquecino, duras y muy tectonizadas. Contiene a veces algunas capas, de orden centimétrico de pizarras.

Presentan oxidaciones en las superficies de las diaclasas. Se trata de un nivel de litología parecido a las cuarcitas del grupo (122 c), que se ha podido individualizar y que, por tanto, está en el seno del grupo litológico (122 a). Un aspecto de estas cuarcitas se puede observar en la Foto 3.34.



Foto 3.33. Aspecto general del grupo litológico (122c)

- Estructura

  Tiene un espesor de unos 50 m, muy tectonizadas en algunas zonas. Los bancos pueden tener espesores desde centimétricos a métricos. Se presentan plegadas dando pliegues isoclinales simétricos a escala de afloramiento. También se aprecian buzamientos desde subverticales, a la entrada de Luarca, hasta de unos 20° al Oeste.

- Geotecnia

  Se trata de una roca dura de capacidad portante alta. Su permeabilidad en principio es muy baja, pero aumenta localmente por que está muy tectonizada y fracturada en algunas zonas. Los drenajes superficiales son suficientes y los subterráneos son malos o medios dependiendo del grado de tectonización de este grupo.

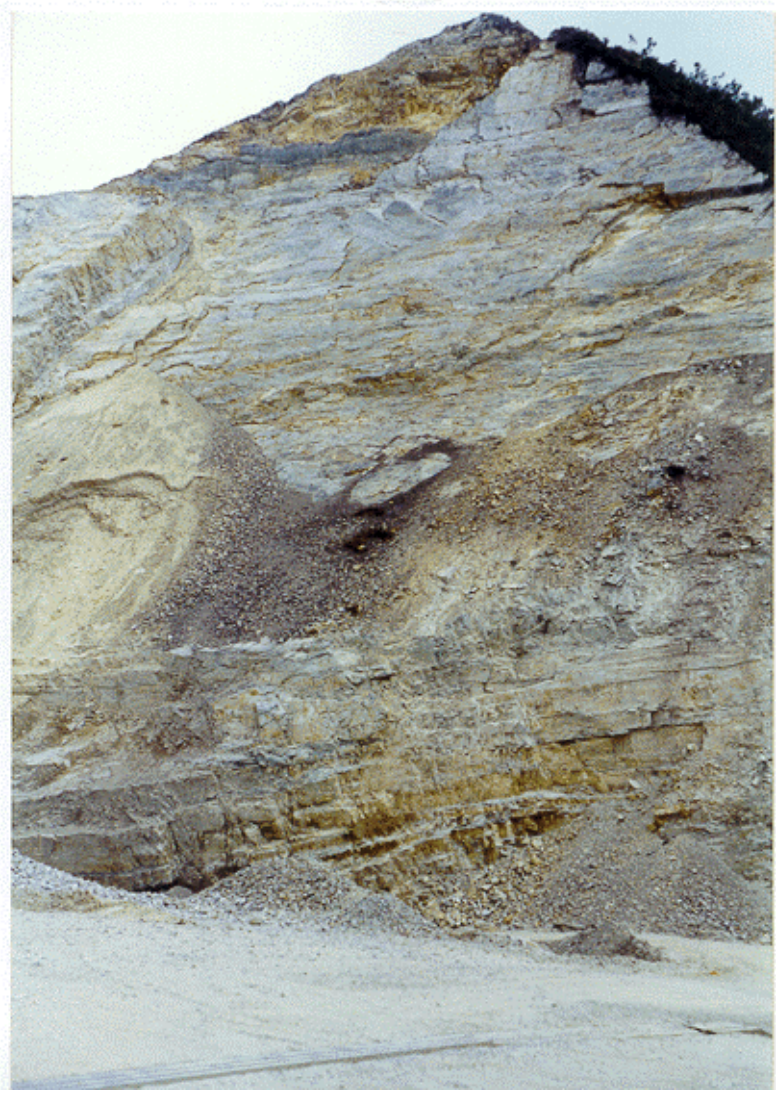


Foto 3.34. *Grupo litológico (122b), vista en una cantera al Sur de Luarca en la carretera local que llega a Menudero*

Estos materiales no son ripables, localmente pasan a ripable marginal. El diaclasado presenta un espaciado muy pequeño en algunas zonas (cantera de Luarca) teniendo familias de fracturas perpendiculares a la estratificación.

Se han observado taludes altos con pendientes de medias a subverticales estables. Se recomienda no diseñar paramentos de taludes con una pendiente mayor a 1H:1V y siempre evitando las condiciones más desfavorables de dirección e inclinación sobre todo si el talud buza a favor de la calzada.

Los taludes presentan niveles freáticos de poca importancia, lo que implica rezumes de agua.

PIZARRAS NEGRAS, (122a)

- Litología

  Este grupo litológico consiste en unas pizarras negras-grises de grano fino a medio en finas capas, compactas, afectadas por una marcada esquistosidad. Contienen niveles cuarcíticos (122 b y 122 c) pero en este grupo litológico se han considerado las zonas en las que no aparecen o lo hacen en pequeñas proporciones.

  Algunas partes están atravesadas por abundantes y pequeñas glándulas de cuarzo de orden decimétrico. Se observan colores ocres y amarillentos por las pátinas de oxidación que se desarrollan.

- Estructura

  Es una serie monótona con buzamientos generales hacia el Oeste. Se encuentra formando los flancos de grandes estructuras como el sinclinal de Puerto de Vega y el anticlinal de La Caridad.

  Internamente está afectada por una esquistosidad intensa y general, presentando repliegues internos a escala centimétrica. La foliación es provocada por la fase de deformación F_1. Están afectadas por un importante sistema de fallas de dirección ONO-ESE. Este grupo litológico puede llegar a tener unos 1.200 m de espesor. Un aspecto general de esta formación se puede observar en la Foto 3.35.



Foto 3.35. *Aspecto general del grupo litológico (122a), y algunos problemas en esta formación en la playa de Salinas, al Oeste de Luarca*

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de una roca, con capacidad portante alta, que puede disminuir por alteración hasta tal punto que pueden llegar a desarrollar suelos limo-arcillosos de 20 a 40 cm de espesor que provoquen asientos.

La permeabilidad de esta formación es muy baja y se desarrolla a favor de fracturas. Los drenajes superficiales son suficientes y los subterráneos son muy deficientes.

La formación es ripable en superficie al estar alterada. El diaclasado es moderado e irregular y tiene las superficies oxidadas, localmente rellenos de arcilla. Los taludes observados son subverticales con una altura entre bajos y medios, presentando caída de lajas y bloques de hasta 3 dm^3. Se recomiendan evitar las situaciones desfavorables de orientación de esquistosidad, diaclasado y estratificación al practicar los taludes para evitar las caídas de bloques grandes y cuñas, sobre todo si los taludes buzan hacia el eje de la calzada.

Son de reseñar los deslizamientos observados en la playa de Luarca, tanto de materiales sueltos y zona alterada, como los formados por escalonamientos de bloques que han ido deslizando aprovechando los planos de estratificación y folia-

ción más débiles, que han funcionado como fallas de gravedad, como se puede observar en la Foto 3.35.

CUARCITAS, (121)

- Litología

Son de color blanco con algunas intercalaciones grises. Afloran en grandes bancos, muy recristalizadas y muy duras, como se observa en la Foto 3.36. Generan relieves abruptos. Alternan con pizarras negras, de tamaño de grano fino en capas pequeñas y con una importancia mucho menor.



Foto 3.36. *Grupo litológico (121) en la carretera Fontoria-Valle, en las cercanías de esta última localidad. Aspecto de este material no tectonizado.*

- Estructura

Se encuentran formando parte de núcleos anticlinales (Cabo Cuerno-Villazón), con cierta vergencia hacia el E, los buzamientos suelen ser medio-altos y siempre hacia el O. Internamente se encuentran organizadas en bancos de diferentes espesores que pueden llegar a métricos.

Tienen un diaclasado perpendicular a la estratificación. También se desarrollan pliegues menores a escala de afloramiento pertenecientes todos a la misma fase de de-

formación. En algunas zonas se encuentran muy tectonizadas, dando bloques centimétricos sobre todo en las proximidades de los puntos de cabalgamiento.

La fase de deformación actúa rompiendo el flanco Este del anticlinal del Cabo Cuerno-Villazón.

En el anticlinal de Cabo Cuerno-Villazón tiene un espesor de 350-400 m. Toda esta estructura está afectada por un sistema de fallas ONO-ESE.

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de una roca con capacidad portante muy alta.

La permeabilidad de este grupo litológico es muy baja, viéndose aumentada localmente por fracturación. Los drenajes superficiales son muy buenos puesto que esta litología genera un resalte marcado y los subterráneos son insuficientes, pudiéndose aumentar localmente por fracturación.

Esta formación es en su mayor parte no ripable, aunque llega a ser ripable marginal en las zonas mas tectonizadas y próximas a cabalgamientos.

La mayor parte de los taludes artificiales observados en este grupo litológico son bajos, subverticales y estables; produciéndose algún chineo aislado. Sin embargo en zonas tectonizadas, en los alrededores de frentes de cabalgamientos, como entre Grado, Cornellana, Salas y La Espina, se observan cuñas y caídas de bloques.

También se han observado taludes altos, con inclinaciones de unos 50° en los que se observan caídas de bloques grandes y cuñas de material suelto; que se han resuelto combinando mallas metálicas, con un cunetón al borde del talud y una barrera.

Se recomienda, estudiar bien la estructura geológica de estos materiales, antes de fijar la pendiente de los paramentos de los taludes evitando las condiciones más desfavorables de dirección y buzamiento de los estratos hacia la calzada.

PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS, (100b)

- Litología

Se trata de una alternancia irregular de pizarras, areniscas y cuarcitas. Se puede observar un aspecto de esta formación en la Foto 3.37.

Las pizarras son de grano fino-medio y de colores grises a negros en bancos de espesor irregular, entre 1 decímetro y 60-70 cm. Generalmente se encuentran muy alteradas a arcillas, dando colores ocres-amarillentos.



Foto 3.37. Aspecto del grupo litológico (100b), en una pequeña cantera abandonada en la carretera que va de Sueiro hasta San Juan

Las areniscas son de grano fino-medio, alterando con tramos de pizarras. Tienen una composición predominantemente grauwáquica. Las cuarcitas tienen mucha menor importancia.

- Estructura

La organización interna de esta formación es en bancos de espesor muy irregular y escasa continuidad lateral, pero en general se puede decir que van de 0,1 a 0,7 metros.

Los buzamientos generales de la serie son de medios a altos y hacia el Oeste. El espesor total de la formación de acuerdo a la literatura puede llegar a 4.000 metros. Esta formación está afectada por un sistema de fallas ONO-ESE.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se considera una roca, que tiene capacidad portante alta, aunque puede disminuir por encontrarse alterada en muchas zonas.

  La permeabilidad de este grupo litológico es muy baja, aumentando localmente por fracturación, de lo que se deduce un drenaje subterráneo insuficiente. Los drenajes superficiales son buenos debido a la morfología del terreno.

  Este grupo litológico es ripable en zonas alteradas, disminuyendo la ripabilidad en profundidad.

  Se han observado taludes altos de unos 45-50° de inclinación, donde el material se encuentra alterado y dan problemas de tipo caída de material suelto (desconchones, pequeños deslizamientos, caída de bloques y cuñas).

  Se recomienda estudiar bien la estructura geológica de estos materiales antes de fijar la pendiente de los paramentos de los taludes, evitando las condiciones más desfavorables de dirección y buzamiento de los estratos hacia el eje de la calzada.

  Serán inevitables problemas de chineos y caída de material suelto dado el grado de alteración y tectonización en algunas zonas.

  En los acantilados de la costa, se observan grandes bloques caídos al mar, debido a que las fallas de dirección ONO-ESE, han sido aprovechadas como planos de debilidad, fallas de gravedad por donde se separan los bloques y caen al mar.

PIZARRAS Y ARENISCAS, (100a)

Este grupo ya se ha descrito en la Zona 1, apartado 3.2.4.

PIZARRAS VERDES, (112a)

Este grupo litológico ya que ha sido descrito en la Zona 1, apartado 3.2.4.

CALIZAS Y DOLOMÍAS, (111 c)

- Litología

  Esta formación se caracteriza por sus malas condiciones de afloramiento, su dificultad de seguimiento y cierta diversidad litológica.

  Se han cartografiado dos afloramientos:

En los alrededores de Trevías, donde aparece una caliza muy recristalizada, de colores rojo-caramelo y con síntomas de dolomitización. También en los alrededores de Trevías aparecen calizas micríticas (Foto 3.38), muy karstificadas, con colores blanquecinos y con una estratificación marcada.



Foto 3.38. Aspecto del grupo litológico (111c), donde se observa la karstificación que la afecta

El otro afloramiento se encuentra en los alrededores de Mumayor; se encuentra muy recristalizada con un aspecto parecido al expuesto en la primera descripción y al que presentan estas calizas en los alrededores de la ría del Eo (Foto. 3.39).

- Estructura

Debido a la dificultad de encontrar un buen afloramiento de este grupo litológico, todo lo que se va a decir es deducido de los grupos colindantes y de lo observado en los pocos afloramientos que se han observado.

Generalmente aparece masiva, sin estructura, pero en los alrededores de Trevías se ha podido ver bien estratificada en bancos de espesores irregulares que van de pocos centímetros a 0,5 metros.



Foto 3.39. Aspecto más metamorfizado de las calizas del grupo litológico (111c), en los alrededores de la ría del Eo

En este mismo afloramiento se observan muy karstificadas y buzando unos 45° al Oeste con una dirección general NNE-SSO. Se estima un espesor total de unos 100 metros. Suele ocupar zonas deprimidas y ocultas por materiales cuaternarios.

- Geotecnia

Geotécnicamente se considera una roca con capacidad portante alta.

La permeabilidad de este grupo es muy variable, así pues, de pasar a estar karstificada y tener una porosidad secundaria elevadísima, que genera una permeabilidad muy elevada. O por el contrario, puede sufrir un cierre parcial o total de estos poros secundarios, por procesos diagéneficos (recristalización y dolomitización), como se observa en Trevías y Mumayor, reduciendo la permeabilidad.

El drenaje subterráneo es función directa de la permeabilidad, y el superficial, en las zonas de afloramiento, es bueno, pero puede llegar a ser nulo por ocupar zonas deprimidas. Generalmente no es ripable.

No se han observado taludes de interés en esta litología. Se recomienda en la construcción de los taludes no superar inclinaciones de 1H:2V y evitar las condiciones más desfavorables de dirección y buzamiento de la estratificación y diaclasado respecto a la orientación e inclinación de los taludes.

CUARCITAS CON TRAMOS DE ARENISCAS Y PIZARRAS, (111b)

- Litología

Se trata fundamentalmente de cuarcitas muy recristalizadas blancas o grises claras en bancos de hasta 1 ó 2 metros, de poca continuidad lateral con alteraciones a cachos rosáceas y amarillentas bien estratificadas y areniscas feldespáticas y cuarcíticas de grano fino a medio, con colores también rosáceos con espesores de banco de 10 a 60 cm. A veces las areniscas se hacen más continuas, alternando paquetes de estas areniscas y cuarcitas con pizarras finas y compactas con foliación muy marcada en bancos finos pero que pueden llegar a 50 cm de espesor, con escasa continuidad lateral.

En conjunto es una alternancia irregular. Se puede observar el aspecto de esta formación en la Foto 3.40.

- Estructura

Este grupo está bien estratificado, se organiza en bancos de escasa continuidad lateral, donde hay variaciones de espesores, por ejemplo, con las cuarcitas, pasan de te-

ner 2 m de espesor a desaparecer lateralmente en unos metros. Las pizarras suelen ser menos importantes. Por lo general, los buzamientos son medio-altos hacia el Oeste.

Pueden estar afectadas por pliegues menores simétricos e isoclinales que se pueden observar en las cuarcitas y por fallas de dirección ONO-ESE y diaclasas perpendiculares a la estratificación.

El espesor de esta formación de acuerdo a la literatura geológica publicada puede llegar a 2.000 metros.

- Geotecnia

Se trata geotécnicamente de rocas con una capacidad portante muy elevada.

La permeabilidad de estos materiales es baja y siempre a favor de fracturas y diaclasas, hecho que condiciona el mal drenaje subterráneo. El drenaje superficial es óptimo ya que genera relieves escarpados.



Foto 3.40. Cuarcitas y areniscas del grupo litológico 111b, en un talud de la carretera N-632 a la altura de Artedo

Este grupo es ripable solo en los primeros metros donde se encuentra alterado, por lo que necesitará el empleo complementario de explosivos, para su excavación.

Los taludes observados son altos y de inclinaciones entre 45° y 65°, donde se observan cicatrices de cuñas caídas, caída de bloques de pequeños a medianos.

En futuros desmontes se recomienda tener muy en cuenta la estructura geológica de la formación, para fijar la pendiente de los taludes, evitando las condiciones más desfavorables de dirección y buzamiento de los estratos hacia el eje de la calzada. En el caso en el que el paramento del talud coincida con la dirección y buzamiento de los estratos, la inclinación máxima del paramento deberá ser la de los estratos.

ALTERNANCIA DE PIZARRAS Y ARENISCAS, (111 a)

- Litología

  Se trata de una alternancia irregular de pizarras y areniscas y muy esporádicamente algunas cuarcitas.

  Las pizarras tienen una foliación grosera y generalmente se encuentran alteradas; frescas son de colores oscuros. Las areniscas suelen ser amarillentas, feldespáticas, aunque su composición puede variar desde grauváquica, con gran cantidad de matriz, acercándose en su aspecto a las pizarras hasta de composición casi cuarcítica, estando recristalizadas a veces. Por lo general también están alteradas.

  En la Foto 3.41, se observa el aspecto general de esta formación.



Foto 3.41. *Pizarras y areniscas alternantes del grupo litológico (111a), en la carretera N-634 en la bajada de la Espina a Brieves. Obsérvese su grado de alteración*

- Estructura

Se estructuran en forma de alternancia irregular, con tramos más pizarrosos y tramos más arenosos. Los cuerpos suelen tener muy poca continuidad lateral, alentejonándose en pocos metros. Todo está afectado por una esquistosidad, sobre todo las pizarras. Los buzamientos suelen ser altos (subverticales) y estos materiales están replegados.

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de una roca con capacidad portante alta, pero puede disminuir en zonas alteradas y tectonizadas hasta dar capacidades portantes medias e incluso bajas. La permeabilidad es muy baja y a favor de fracturas, por tanto los drenajes subterráneos son pobres. Los drenajes superficiales son excelentes, debido a su morfología. Este grupo litológico es ripable, en superficie, pasando a ripabilidad marginal en profundidad. Los taludes observados son medio-altos, se observan caídas de algún bloque, pequeños deslizamientos en la zona alterada, pero en general permanecen estables.

PIZARRAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS, (010)

- Litología

Se trata de una alternancia fundamentalmente de pizarras de grano muy fino de color gris verdoso cuando son frescas, tomando tonos marrones cuando están alteradas, con siltitas y areniscas feldespáticas y cuarcíticas de grano fino a medio, compactas. La esquistosidad en las pizarras es muy apretada y fina (Foto 3.42), y las areniscas tienen cierto grado de aplastamiento que se nota en los granos. Las areniscas se disponen en bancos de 20-30 cm.



Foto 3.42. Pizarras del grupo litológico (010), en la carretera N-634 en el Alto de la Espina

- Estructura

  Se disponen formando el núcleo del antiforme del Narcea, cortado en su flanco E por el cabalgamiento de la Espina que los pone en contacto con materiales devónicos.

  En cuanto a la estructura interna, la foliación intensa ha borrado las estructuras sedimentarias. También están afectadas por pliegues menores a todas las escalas y por sistemas de fallas de orientaciones entre ONO-ESE y NO-SE.

- Geotecnia

  Geotécnicamente se trata de una roca con capacidad portante media-alta, salvo en zonas muy alteradas en las que disminuye.

  La permeabilidad de este grupo litológico es muy baja, aumentando localmente por fracturación. Los drenajes subterráneos son prácticamente nulos. Los drenajes superficiales son suficientes a pesar de no dar relieves acusados. Estos materiales son ripables, sobre todo en los primeros metros de la zona de alteración.

  Se han observado taludes de altura media de una inclinación de unos 45°, en los que se observa cicatrices de grandes cuñas por lo que al construir los taludes habrá que evitar las situaciones más desfavorables por la interacción del talud con las direcciones de estratificación y buzamiento de los estratos.

3.3.5. Grupos geotécnicos

En este apartado se agrupan en "grupos geotécnicos" los grupos litológicos de la zona 2 de acuerdo a las características geotécnicas que tienen en común.

El resultado es el siguiente:

- Grupo geotécnico GT1

  Este grupo geotécnico está constituido por las formaciones A1,a1 y T,t.

  Grupo formado por gravas, arenas, limos y arcilla sin consolidar, con una capacidad portante baja y que localmente en zonas donde predominen las fracciones más finas pueden generar asientos significativos. Los materiales de este grupo son erosionables y fácilmente excavables e interesantes para su explotación como yacimiento de áridos y como préstamos.

  La permeabilidad de este grupo geotécnico es de baja a media, dependiendo del tramo más o menos arcilloso de que se trate, lo que se traduce en drenajes subterrá-

neos, de suficientes a bajos. Los niveles freáticos pueden estar cercanos a la superficie. Los drenajes superficiales suelen ser insuficientes.

Los taludes que se excaven en estas formaciones van a tener problemas con la erosión y los chineos y caída de materiales sueltos.

- Grupo geotécnico GT2

Está formado por los materiales coluviales C1,c1 y C2,c2.

Este grupo geotécnico está formado fundamentalmente por materiales de fracciones finas, fundamentalmente arcillas, limos, arenas con cantos de mayor tamaño dispersos y con contenidos variables de materia orgánica. Son materiales de fácil excavación y erosión. La capacidad portante es baja generando asientos con relativa frecuencia.

Tienen cierto grado de compactación. Su permeabilidad es baja por lo que los drenajes subterráneos son difíciles. Los drenajes superficiales son complicados en las zonas marginales y mejores en las zonas de cabecera.

En los taludes que se excaven en los materiales pertenecientes a este grupo geotécnico se podrían originar problemas de erosión y caída de materiales sueltos y algún deslizamiento.

- Grupo geotécnico GT4

Las formaciones que componen este grupo geotécnico son V1,v1 y V2,v2.

Se trata de materiales con muy escasa consistencia formados por arcillas, limos y materia orgánica. Su capacidad portante es muy baja teniendo a veces plasticidad lo que pueden generar asientos. Son relativamente erosionables y fácilmente excavables.

Su permeabilidad es baja, pero su grado de humedad alto. Los drenajes superficiales son insuficientes, por lo que se generan encharcamientos.

Los taludes en estas litologías generarán problemas de caída de material suelto y problemas de estabilidad.

- Grupo geotécnico GT6

Lo compone el grupo litológico D,d.

Este grupo geotécnico está compuesto fundamentalmente por gravas muy heterométricas de composición cuarcítico-areniscoso-pizarrosa procedentes de derrubios de ladera. Se trata de unos suelos con baja capacidad portante, que pueden dar asientos.

Son materiales erosionables y fácilmente excavables. La permeabilidad de estos materiales es baja al estar reducida por la presencia de finos en los espacios de los poros. Esto hace que los drenajes subterráneos sean muy deficientes. Los drenajes superficiales son suficientes. En los posibles taludes al atravesar estos materiales, se puede producir deslizamiento, por lo que se recomiendan taludes poco pendientes.

- Grupo geotécnico GT8

En la Zona 2 este grupo geotécnico está constituido por las siguientes formaciones (120a), (122a), (112a), (010), (111a), (130), (152a) y (100a).

Grupo formado fundamentalmente por pizarras y areniscas. Todos estos grupos litológicos presentan una deformación tectónica importante.

Se trata de rocas con una capacidad portante alta en general, aunque localmente pueden alterarse y desarrollar suelos que pueden generar asientos significativos. No son erosionables y se pueden ripar en un porcentaje bastante elevado. La permeabilidad, en este grupo geotécnico es muy baja, por lo que prácticamente no existe drenaje subterráneo. Los drenajes superficiales son suficientes.

Los taludes pueden presentar problemas de caída de lajas y ocasionalmente cuñas y bloques según resulten las condiciones de fracturación y foliación de estas formaciones.

- Grupo geotécnico GT9

En la zona 2 este grupo geotécnico está constituido por el grupo C3,c3.

Este grupo geotécnico está compuesto por gravas angulosas irregulares de composición cuarcítica con matriz areno-limo-arcillosa.

Se pueden considerar suelos con una capacidad portante baja. Estos materiales son erosionables y fácilmente excavables. La permeabilidad es media, lo que genera unos buenos drenajes subterráneos. También los drenajes superficiales son fáciles. Estos materiales pueden considerarse aprovechables para su explotación como áridos.

Los taludes construidos en estas formaciones serán inestables, presentando problemas de erosión y deslizamientos de material suelto.

- Grupo geotécnico GT10

  Este grupo geotécnico está compuesto por las formaciones (120b), (122b), (111b), (143), y (121) en la Zona 2.

  Este grupo geotécnico está fundamentalmente compuesto por cuarcitas y en mucho menor grado areniscas y pizarras. Se trata de rocas muy competentes con una capacidad portante alta.

  Son materiales que no son erosionables y no ripables en la mayor parte del tramo.

  Las permeabilidades de estas formaciones son muy bajas, aunque localmente pueden aumentar por fracturación, que se desarrolla en zonas tectonizadas.

  Los drenajes subterráneos, por tanto, son difíciles, pero estas zonas tectonizadas pueden actuar como drenes. Los drenajes superficiales suelen ser muy buenos puesto que generan resaltes en los relieves.

  Los taludes en estas formaciones van a ser generalmente estables, presentando problemas de caídas de bloques y cuñas, muy esporádicamente.

- Grupo geotécnico GT11

  En la Zona 2 este grupo geotécnico está representado por los grupos litológicos (111c), (150) y (140a).

  Este grupo geotécnico incluye rocas de composición dolomítica y caliza, variando de unos lugares a otros su grado de recristalización; son rocas que se caracterizan por su alta capacidad portante, aunque pueden presentar localmente alteraciones que generen asientos.

  Este conjunto litológico no es erosionable y difícilmente ripable. La permeabilidad de este grupo litológico es por karstificación, por lo tanto alta y repartida irregularmente que se traduce a nivel general en drenajes subterráneos óptimos.

  Los taludes en este grupo litológico deberán ser estables, presentando esporádicamente problemas de caída de bloques y cuñas. En excavaciones merece la pena prestar atención a los problemas generados por el karst como puedan ser niveles freáticos y rellenos de arcillas, desplomes, etc., problemas que se pueden presentar en la construcción de taludes y túneles.

- Grupo geotécnico GT12

  En la Zona 2, las litologías que componen este grupo geotécnico son (122c), (132), (142) y (100b).

  Este grupo, litológicamente se caracteriza por la alternancia de rocas más competentes como son cuarcitas y areniscas con rocas menos competentes que suelen ser pizarras con un grado de alteración mayor. En general, la capacidad portante es alta, pero localmente, en las zonas menos competentes mencionadas pueden desarrollarse suelos que disminuyan este parámetro.

  Estos materiales tienen un grado de erosionabilidad bajo y se consideran ripables en un porcentaje medio-alto.

  La permeabilidad de los componentes de este grupo litológico es en general baja lo que provoca un drenaje subterráneo difícil. Los drenajes superficiales son suficientes.

  Los taludes construidos en estos materiales pueden presentan inestabilidades debidas en general a la heterogeneidad de la litología. Se presentaran problemas de estabilidad, como caídas de cuñas, bloques y demás provocados por la interacción de la dirección de los taludes y la disposición de la estratificación, diaclasado, y discontinuidades en general.

- Grupo geotécnico GT14

  En la Zona 2, este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (140b) y (141).

  Los materiales que forman este grupo geotécnico son muy heterogéneos de naturaleza caliza, pizarrosa en menor proporción areniscosa.

  Se trata de rocas con capacidad portante desigual de unos lugares a otros dependiendo de la litología: las calizas suelen tener una capacidad portante alta y los tramos más pizarrosos tendrán capacidad portante media, e incluso en algunas zonas, baja, puesto que desarrollan suelos arcillosos que pueden generar asientos. Los tramos calizos, en determinadas zonas, también pueden desarrollar suelos arcillosos rojos, por descalcificación que originen también asientos.

  En general no presentan problemas de erosionabilidad y su ripabilidad se complica en los tramos alternantes de pizarras y calizas.

La permeabilidad de estas calizas es muy alta pues suelen estar karstificadas y muy reducida en los tramos más lutíticos, pudiéndose generar pequeños acuíferos confinados. Los drenajes subterráneos, serán preferentemente a través de los tramos calizos.

Los drenajes superficiales, por lo general, son suficientes, aunque localmente pueden ser muy deficientes y formar encharcamientos.

Los taludes construidos en estas formaciones tienen problemas de estabilidad en las zonas pizarrosas, como caídas de materiales sueltos, bloques y cuñas.

Es de destacar que en las litologías que componen este grupo geotécnico, y en sus contactos con otras litologías, aparecen muchos de los deslizamientos cartografiados.

- Grupo geotécnico GT15

  En la Zona 2 este grupo geotécnico está representado por los grupos (310b) y (310a).

  Este grupo geotécnico, está formado por gravas y arenas, arcillas y algún nivel calcáreo. Se pueden considerar, en general, como suelos con capacidad portante de media a baja y en los tramos más arcillosos, pueden llegar a dar asientos.

  Estos materiales son erosionables y fácilmente excavables. La permeabilidad de estos materiales es, en general, de media a baja en los tramos de conglomerados. Los drenajes subterráneos considerados globalmente son buenos e impermeables en los tramos arcillosos. Los drenajes superficiales son deficientes.

  Los taludes construidos en este grupo generarán inestabilidades de tipo gravitacionales y erosivos en la formación, siendo las condiciones constructivas en general desfavorables porque a esto se le añade la posibilidad de la presencia de yesos, que la literatura describe a otras zonas, fuera del Tramo.

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 2

Los materiales que componen la Zona 2 son materiales consolidados y metamórficos de naturaleza detrítica y carbonatada. Los materiales terciarios son arcillas preconsolidadas y los cuaternarios están constituidos por materiales sueltos.

Los materiales tanto detríticos como carbonatados muy consolidados de los grupos geotécnicos GT10 y GT11 presentan problemas de ripabilidad siendo necesarios otros métodos más destructivos para su arranque.

Las alternancias de materiales duros y blandos tipo pizarras-areniscas o calizas-margas presentan problemas de inestabilidad, siendo frecuentes los deslizamientos, caídas de cuñas y bloques.

Los principales problemas geotécnicos en los materiales poco consolidados (Terciario de la Cuenca de Grado) o sin consolidar (materiales de edad Cuaternario) son los derivados de la media capacidad portante que pueda generar asientos.

Los grupos litológicos V1,v1, V2,v2 y (310a) del grupo geotécnico G4 presente malos drenajes que originan problemas e encharcamiento.

Los grupos litológicos C3,c3, C1,c1, D,d y C2,c2 presentan situaciones de equilibrio muy difíciles siendo susceptibles de inestabilidades en los desmontes que se practiquen.

Por último, son de resaltar los problemas que se derivan de la karstificación de las rocas carbonatadas de los grupos litológicos (111c), (150) y (140a).

Los principales problemas son la presencia de flujos subterráneos en obras de desmonte o en la perforación de túneles y el apoyo de estructuras en formaciones muy karstificadas.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS

El Tramo Grado-Ribadeo se sitúa casi en su totalidad en un territorio de topografía montañosa y abrupta, compuesto por las sierras marginales de la Cordillera Cantábrica, como son la Sierra Bobia, la Sierra de Buseco, la Sierra de los Vientos, la Sierra de Tineo, la Sierra de la Curiscada, Sierra del Viso, Sierra de la Espina, Sierra del Courio, Sierra Sollera y Sierra de Pedrorío. Esta zona se encuentra entre 100 y 1100 metros sobre el nivel del mar.

Estas sierras originan desniveles locales considerables, que para salvarlos sería necesario la construcción de taludes y estructuras importantes, incluso no descartarse la posibilidad de construcción de algún trayecto en túnel.

En la mayoría de la parte Este del Tramo, se solventa este problema por la existencia del corredor de las carreteras N-634, que aprovecha los valles de los ríos Nalón, Ferrera, Nonaya, Brañalonga y Llorín fundamentalmente, N-632 que aprovecha el corredor de la costa.

En la zona Oeste y Norte del Tramo existe un corredor llano que aprovecha la zona llana costera y el corredor de la N-634 a su paso por esta zona, y el corredor que utiliza la N-640 que aprovecha el valle del Eo.

4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS

El carácter de los problemas geomorfológicos que se manifiestan en el Tramo estudiado van a tener una estrecha relación con la topografía, la litología y la tectónica.

En la Zona 1, los problemas más destacados derivados de los procesos geomorfológicos que tienen lugar, son los provocados por los desprendimientos de roca en los acantilados de la costa, y por último la dinámica mixta entre las mareas y la acción las zonas de rías que puede generar inundaciones. Los procesos gravitacionales, en litologías pizarrosas (122a ; 120a, 110a) se limitan a deslizamientos provocados por fallas de gravedad que aprovechan planos de debilidad de la estratificación y equistosidad y del sistema de fallas ONO-ESE que atraviesa el Tramo. Estos problemas son poco extensos, al limitarse a los acantilados y zonas concretas de los ríos.

Pueden citarse en esta Zona 1 los problemas de pequeña entidad ocasionados por acción de la gravedad, que se localizarían en las zonas proximales de depósitos de abanicos aluviales y coluviones, lindantes con los primeros relieves del interior, y cuyas ver-

tientes naturales más o menos estables en la actualidad se pueden hacer inestables al descargar mediante taludes artificiales el contrapeso natural que mantienen estabilizados estos depósitos. Esto puede observarse en algunos de los taludes nuevos de la carretera N-632.

En la Zona 2, la erosión fluvial es importante y pueden generar problemas como puedan ser la excavación de los cimientos de los apoyos a realizar o el arrastre de materiales que posteriormente pueden obstruir desagües de terraplenes pudiendo destruirlos potencialmente. Las pendientes naturales que pueden llegar al 60% en algunas zonas y los procesos gravitacionales que conllevan, originan todo tipo de procesos de ladera como deslizamientos, reptaciones superficiales y depósitos de ladera metaestables como son coluviones y canchales que por excavar pueden llegar a producir deslizamientos importantes.

Los procesos kársticos tienen cierta importancia en esta Zona 2. Son macizos karstificados de cierta entidad que originan morfologías de dolinas que pueden constituir zonas endorréicas, en las que suelen desarrollarse suelos arcillosos que generan zonas encharcadas.

Los problemas que pueden generar estos karst se derivan de la permeabilidad que imprimen a los macizos calizos, complicando obras subterráneas y taludes, además de los rellenos de cavidades, y las inestabilidades provocadas por la acción conjunta entre alteración, tectonización y karstificación que pueden provocar desplomes en el macizo rocoso.

En la Zona 2, además de ser el relieve tan abrupto, es muy importante la heterogeneidad litológica y la tectonización en algunas áreas, que acentúa la virulencia de los procesos gravitacionales, haciéndose relativamente abundantes los deslizamientos de ladera, depósitos de ladera inestables, que pueden llegar a inestabilizarse al descalzarlas mediante la construcción de taludes. Los grandes deslizamientos y los procesos de ladera, pueden llegar a condicionar el trazado de una carretera u otra obra lineal.

DESLIZAMIENTOS DE LADERA

La causa primera de la existencia de estos grandes deslizamientos son las altas pendientes naturales, que se generan (llegan a ser muy fuertes) por el fuerte encajamiento de la red fluvial en determinadas zonas, como por ejemplo, en la Sierra del Courio, el Narcea y a lo largo de la N-634 el Nonaya y el Brañalonga.

Estas pendientes hacen que los procesos geomorfológicos dominantes sean los de gravedad, produciendo depósitos inestables (C3) en las zonas de mayores pendientes (provocadas por los fuertes resaltes del grupo (121)) que se reactivan con la llegada de las lluvias, muy abundantes dado el clima de la zona.

Los movimientos de ladera son generales en la zona, provocando incluso el movimiento de grandes masas cartografiables en las laderas. El cauce del Narcea a su paso por la sierra del Courio está afectado por el aporte lateral de los conos de deyección, como puede observarse en las fotos 4.1. y 4.2.

Los canchales (C3) al estar situados en pendientes altas son las litologías más afectadas por avalanchas rocosas. Además son susceptibles de erosión. Los deslizamientos pueden afectar a litologías del substrato, como son los grupos (121) muy tectonizado y (141) y en menor proporción (122) a y (132), sobre todo en los contactos de litologías de distinta competencia.

Las arroyadas también provocan movimientos en masa de material suelto, pequeños deslizamientos superficiales, bastante comunes en épocas de lluvia.

Estos procesos de ladera en la Zona 2 son muy importantes y pueden condicionar el trazado de una carretera u otra infraestructura lineal.

4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

Las formaciones cuaternarias y terciarias, sobre todo en las zonas de playa y marismas, presentan una capacidad portante media a baja siendo posibles los asientos diferenciales. En general todos los materiales cuaternarios y terciarios son excavables fácilmente.

Las litologías cuarcíticas, areniscosas y pizarrosas en general tienen una capacidad portante alta con posibilidad de que se produzcan asientos localmente debidos al desarrollo de suelos arcillosos.

La permeabilidad y drenajes subterráneos de las formaciones son irregulares variando de muy bajos en los materiales detríticos (en los que puede haber localmente permeabilidades más altas) a muy elevados en zonas calcáreas muy karstificadas.

Los materiales no consolidados tienen permeabilidades también variables, siendo muy permeables las arenas de las formaciones de playa y eólicas; de permeabilidad media, los aluviales, depósitos de ladera-canchales hasta bajas en formaciones como depósitos de ladera, coluviales partes distales de abanicos aluviales y zonas arcillosas de los depósitos terciarios.

Respecto a los drenajes superficiales suelen ser malos en la Zona 1 y en las zonas endorréicas que forman dolinas y cubiertas de suelos arcillosos en zonas karstificadas de la Zona 2.

En los taludes artificiales en materiales sin consolidar se van a encontrar problemas de erosión, de caídas de materiales sueltos, chineos e incluso deslizamientos importantes si se excavan estos depósitos y se sobrepasan las pendientes admitidas.

En los materiales calizos afectados por karstificación existirán problemas en los apoyos para la colocación de estructuras.

En los taludes de materiales rocosos encontramos problemas de caídas de bloques y cuñas que se verá intensificado si no se evitan las situaciones más desfavorables de orientación e inclinación de los taludes respecto de la dirección y buzamiento de estratificación, diaclasas y discontinuidades en general en los macizos rocosos.

Las condiciones constructivas son en general aceptables excepto en los cuaternarios de marisma, playa y eólicos.

4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

En función del examen de la topografía y geomorfología, del Tramo Grado-Ribadeo del Itinerario de la Autovía del Cantábrico Avilés-Baamonde y teniendo en cuenta las poblaciones más importantes del Area de estudio, se proponen dos corredores principales, con algunas variantes, que son coincidentes en trazado por su parte Oeste, desde Luarca hasta Ribadeo, donde aprovechan el trazado de la actual carretera N-634, puesto que cumple las mejores condiciones topográficas y geomorfológicas y no presenta problemas geotécnicos de gran entidad: problemas de asientos, drenajes superficiales; existiendo problemas de mayor envergadura en el apoyo de estructuras, como puedan ser la ría del Eo y la del Navia.

Esta parte Oeste, común a los 2 tramos desde Luarca a Ribadeo presenta algunas variantes:

- Desde la población de Caridad hacia el Oeste se proponen 2 corredores puesto que la zona llana de rasa costera se ensancha: uno más hacia la costa aprovechando el trazado de la N-634 que pasaría demasiado cerca de las poblaciones importantes, y un corredor prácticamente paralelo a éste, más hacia el interior. Estos dos corredores prácticamente se vuelven a unir en las inmediaciones de la ría del Eo.

- En el extremo Oeste del Tramo el corredor se bifurca:

    . Una rama cruza la ría mediante viaductos para seguir la actual carretera de la costa, N-634, que empalmaría ya muy fuera del tramo con Baamonde y la N-VI.

    . La otra enlazaría directamente con Lugo y la N-VI por medio de la N-640.

Esta parte comunicaría las poblaciones de Ribadeo, Figueras, Castropol, Tapia de Casariego, la Caridad, Navia, Puerto de Vega y Luarca.



Foto 4.1. *Aspecto del gran deslizamiento de Lleiroso, que a esta altura llega a desviar el cauce del río Narcea*



Foto 4.2. *Panorámica del cono de deyección inestable de Castañedo que probablemente haya sufrido ya algún movimiento en la historia de su formación*

Los valles de este corredor, puesto que son muy encajados y no permiten los radios propios de una autovía; sin afectar a las laderas de dichos valles, que al tener una pendiente alta, van a presentar grandes problemas de estabilidad. La necesidad de construcción de túneles y viaductos para salvar esta zona encarecerían en gran medida la construcción de una autovía por este corredor.

Eliminadas las opciones de trazado dentro de la zona se propone un corredor que discurriría de Norte a Sur paralelo al extremo este de la zona. Desde Luarca la autovía seguiría el trazado de la actual N-632 o E-702 hasta la localidad de Soto del Barco, pero sin llegar a ella ya que aprovechando los valles del Nalón y del Narcea llegaría a Cornellana.

Subiría por la ladera oeste (margen izquierda). En ella, la estructura geológica es favorable, bajando la formación rocosa hacia el interior de la ladera y, por tanto, favorable en la estabilidad de los taludes de posibles desmontes.

Desde Cornellana llegaría a Grado siguiendo el corredor de la actual N-634 teniendo que salvar solamente como problema geomorfológico y topográfico el Alto de Cabruñana, que no tiene especial relevancia.

Los trazados del corredor sugeridos están diseñados para evitar el mayor número posible de problemas geomorfológicos, en particular las zonas en las cuales se han cartografiado deslizamientos, haciendo notar que surgirían problemas geomorfológico-geotécnicos al atravesar formaciones superficiales metaestables, por ejemplo, el grupo geotécnico GT14, los contactos con la formación (121) y sobre todo los coluviales y canchales de esta zona.

En la Figura 4.1. se han dibujado esquemáticamente los corredores de trazado propuestos.

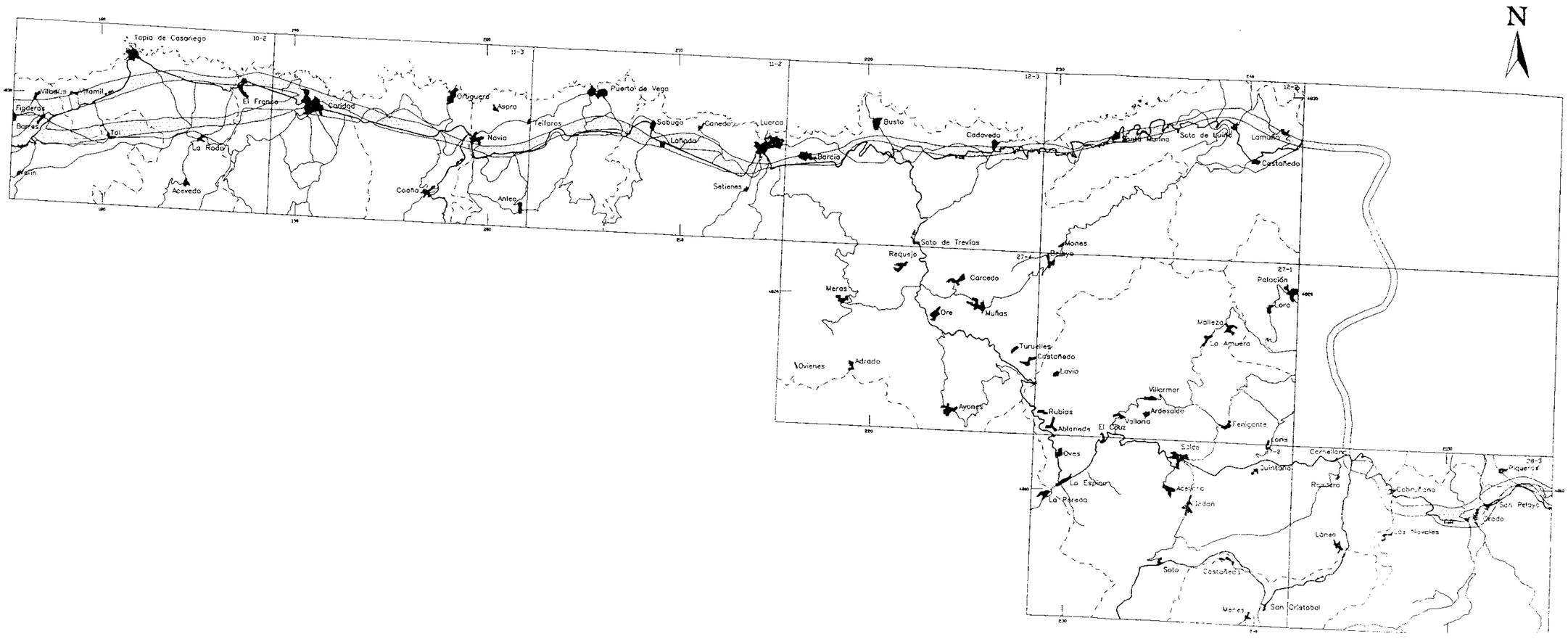


Figura 4.1. *Corredores de trazado sugeridos.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente estudio no contiene un examen exhaustivo de los yacimientos de materiales del Tramo, ya que un análisis de esta entidad desbordaría por su magnitud y metodología, el alcance de los Estudios Previos, pero se ha estimado conveniente presentar de forma breve y ordenada la información sobre los yacimientos del Tramo, obtenida durante la realización de los trabajos del mismo.

La información que se da a continuación se refiere únicamente a materiales de uso en la construcción de carreteras (canteras, graveras y materiales para terraplenes y pedraplenes).

En la figura 5.1. se marcan los principales yacimientos a este nivel.

5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

En el Tramo de estudio los yacimientos rocosos se encuentran situados en formaciones de naturaleza cuarcítica (Foto 5.1.) y en menor grado en litología calcárea (Foto 5.2.).

Dentro del Tramo, estos yacimientos se encuentran muy mal repartidos, puesto que hay mayor número de canteras y de más variedad litológica en la mitad Este del Tramo, explotándose únicamente las cuarcitas en la mitad Oeste.

Si a esto se le añade la escasez de explotaciones actuales, la búsqueda de áridos se presentará relativamente complicada y alejada en general de los puntos de demanda. No obstante, existen formaciones susceptibles de ser explotadas como canteras.

Las formaciones que se han considerado útiles como yacimientos rocosos son los grupos:

- Cámbrico inferior (111 a)
- Cámbrico medio y superior (112 b)
- Ordovícico inferior (121)
- Ordovícico medio (122 b)
- Devónico superior (143)
- Estefaniense (152 b)
- Granitos (001)
- Filones de Microgranitos (002)

y algunos Tramos del

- Silúrico superior (133)
- Devónico inferior (141)
- Devónico inferior-medio (140 b)
- Devónico medio-superior (140 a)

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

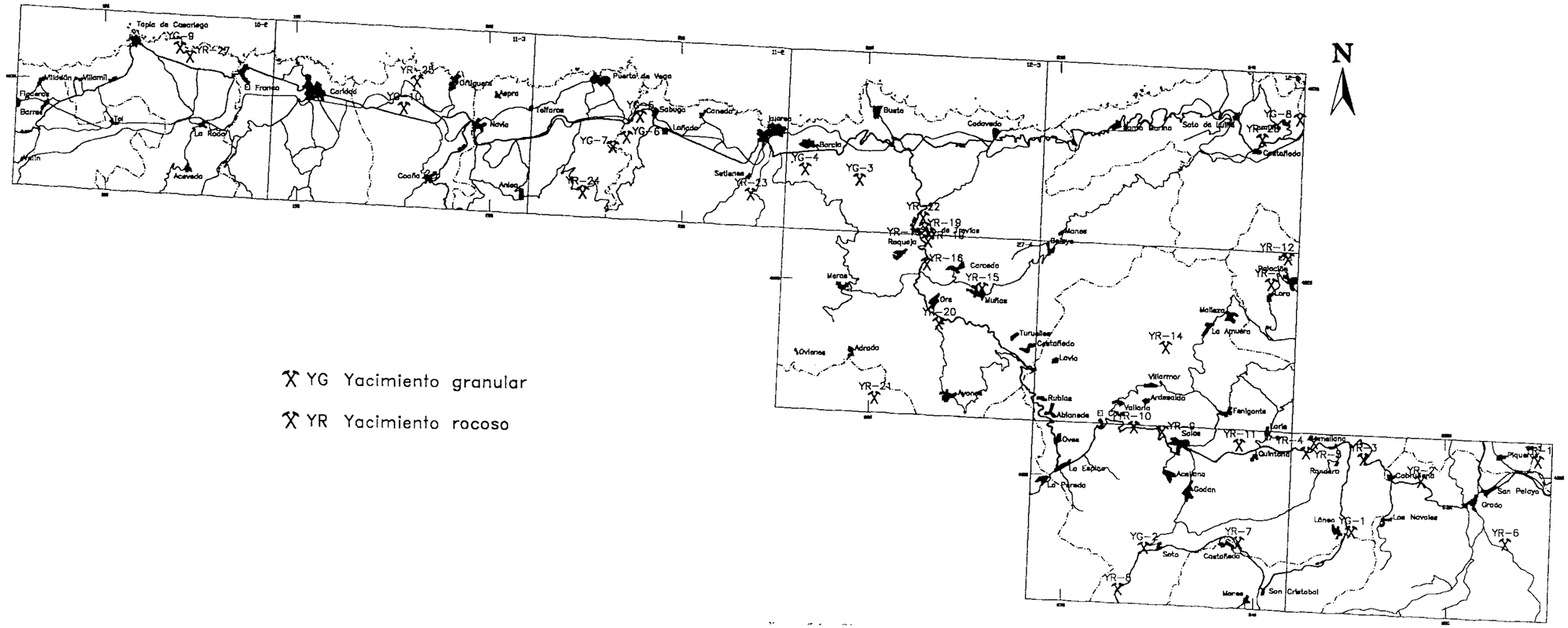


Figura 5.1. *Situación de los principales yacimientos granulares y rocosos en la zona de estudio.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Foto 5.1. *Cantera en la que están explotando las cuarcitas del grupo (121). Se localiza al Sur de Navia.*



Foto 5.2. *Cantera en la que se explotan las calizas del grupo (140b). Se localiza a las afueras de Doriga.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

Los materiales más explotados suelen ser cuarcitas, y en menor proporción calizas. En el caso de las cuarcitas, las condiciones de extracción y molienda son bastante incómodas, por lo que se recomienda su explotación en zonas tectonizadas y en zonas de canchal (C3), que se incluye en el apartado de yacimientos granulares.

En cuanto a las características de estos materiales para su uso como árido, a continuación se plasman los resultados de los ensayos en varias canteras de la Zona de Estudio:

	CALIZAS	CUARCITAS
Mat. Orgánica (%)	Ausencia	0,130
Equiv. Arena (%)	68	30-72
CO_3 (%)	98	--
P. Específico aparente (gr/cm^3)	--	2,60-2,63
P. Específico real (gr/cm^3)	2,708-2,699	2,64-2,65
Absorción (%)	0,25-1,63	0,372-0,638
Estabilidad al SO_4Mg (%)	--	3,132-3,882
Coeficiente de Forma	0,22-0,24	--
Desgaste de Los Angeles "A" (%)	26,7	27,7-33,6

En el Cuadro 5.1., se exponen los principales yacimientos rocosos situados en el Tramo.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO 5.1. RESUMEN DE LOS YACIMIENTOS ROCOSOS DEL ESTUDIO PRECIO

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-1	Alto Inactiva	28-3	(121)	Cuarcitas	Muy bueno. Desde la N-634 a la altura de Peñaflor se cruza el puente hacia la orilla norte del Nalón y en el cruce a unos 300 m por la carretera de Puerma.
YR-2	Alto Activa	28-3	(121)	Cuarcitas	Muy bueno. En la N-634 en el Alto de la Cabruñana.
YR-3	Alto Activa	28-3	(140b)	Calizas	Bueno. En la carretera comarcal C-633 a la altura del km. 19 sale una carretera al Este que llega hasta Casa del Puente, allí coger un camino de tierra que lleva a la cantera. Alrededores de Doriga.
YR-4	Alto Inactivo	28-3	(140a)	Calizas	Muy Bueno. En la N-634 entre los Kms 250 y 251.
YR-5	Alto Activa	28-3	(143)	Arenas	Muy bueno. En la N-634 en el Km. 251,2 sale un camino hacia el Sur que cruza el río Nonaya y lleva a la cantera.
YR-6	Alto Inactivo	28-3	(140a)	Calizas	Muy bueno. En la carretera de Grado a San Martín en el Km. 2.
YR-7	Alto Inactivo	27-2	(141)	Calizas	En la carretera comarcal que va de Soto de los Infantes a San Martín de Lodón entre los Kms 24 y 25 en los alrededores de Barzana. Bueno
YR-8	Bajo Inactivo	27-2	(121)	Cuarcitas	En la carretera que une Soto de los Infantes con Bebares, a la altura del km. 16.
YR-9	Bajo Inactivo	27-2	(121)	Cuarcitas	En la antigua carretera N-634, entre los kms 260 y 261. Bueno.
YR-10	Bajo Inactivo	27-2	(121)	Cuarcitas	En la antigua carretera N-634 en el km. 263
YR-11	Bajo Inactivo	[i]27-2	(142) y (140b)	Areniscas y Calizas	Desde la N-634 dirección Cornellana-Salas, a la altura del km. 255, sale un camino a la derecha que pasa por delante de esta cantera.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO 5.1. RESUMEN DE LOS YACIMIENTOS ROCOSOS DEL ESTUDIO PRECIO

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-12	Bajo Inactivo	27-1	(010)	Areniscas	Aceptable. Entre los kms 9 y 10 de la C-630 a la altura de Calzada sale un desvío hacia la localidad de Loro y pasada ésta, se toma el desvío a Rodiles, y la cantera se encuentra en esta carretera pasada la pequeña localidad de San Bartolomé.
YR-13	Bajo Inactivo	27-1	(010)	Areniscas	Malo. Desde la mencionada localidad de Loro, sale un camino a mano izquierda que lleva a esta pequeña cantera.
YR-14	Bajo Inactivo	27-1	(111a)	Dolomías y Magnesitas	Malo. Se toma la C-630 desde Malleza a Piero, y se toma el desvío a Mallecina y sale un desvío antes de llegar al transformador, a la derecha que lleva a la cantera mina.
YR-15	Bajo Inactivo	27-4	(111a)	Pizarras y Areniscas	Bueno. En la carretera que va de Brieves a Mones, a la altura de Muñas en el kilómetro 26.
YR-16	Bajo Inactivo	27-4	(111b)	Pizarras y Cuarcitas	Muy bueno. En la N-634 a la altura de Brieves entre los kms 290 y 291.
YR-17	Bajo Inactivo	27-4	(110b)	Pizarras y Cuarcitas	Muy Bueno. En la N-634 a la altura del km. 292.
YR-18	Bajo Inactivo	27-4	(110b)	Areniscas, Pizarras y Cuarcitas	Muy bueno. En la N-634 a la altura del Km. 293.
YR-19	Inactivo por ocupación Muy Bajo	12-3	(111c)	Calizas y Dolomias	Muy bueno. En la N-634.
YR-20	Inactiva Ya hay carretera nueva	27-4	(111b)	Cuarcitas	Bueno. Desde la N-634 entre los kms 286 y 287 coger el desvío a Ayones, la cantera está a la altura del km. 1 de la carretera antigua.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO 5.1. RESUMEN DE LOS YACIMIENTOS ROCOSOS DEL ESTUDIO PRECIO

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-21	Inactivo Bajo	27-4	(111b)	Cuarcitas	Muy Malo. Desde la N-634 entre los kms 286 y 287 coger el desvío de Ayones y al llegar a Ayones, desde esta población coger el desvío a las Pariciegas y desde allí, la carretera que llega a la cantera poco antes de llegar Bustellín y pasado Busmeón.
YR-22	Alto Inactivo	12-3	(100b)	Cuarcitas y Pizarras	Muy bueno. En la N-634 a la altura del km. 293,5.
YR-23	Alto Activa	11-2	(122b)	Cuarcitas	Bueno. Desde Luarca sale una carretera que va a Saliente. Unos 500 m antes de llegar a Saliente está la cantera.
YR-24	Alto Activa	11-3	(121)	Cuarcitas	Bueno. En los alrededores de la recta de Otur sale una carretera que da a la cantera.
YR-25	Bajo Inactiva	11-3	(110b)	Cuarcitas, Areniscas y Pizarras	Se encuentra en la carretera local que llega a Villalocay, a la altura de la Pedrellada, desde el Instituto de Salud de Navia.
YR-26	Bajo Inactiva	12-2	(111b)	Calizas	Bueno. En el Cruce de la carretera Mones-San Martín de Luiña y la E-70 o N-632
YR-27	Bajo Inactiva	10-2	(120a)	Pizarras y Cuarcitas	Malo, desde la N-634 ó E-70 a la altura del km. 540 se coge el desvío a Cantón y pasado este hacia la costa se coge el desvío de la derecha que pasa por un camino en mal estado lleva a la cantera.
YR-28	Bajo Inactivo	10-2	(110b)	Pizarras y Cuarcitas	Bueno. En la carretera de Castro de S. Juan a Sueiro.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

Son muy escasas las explotaciones de materiales granulares, en la zona de estudio.

No obstante son susceptibles de explotación los grupos A1, D, C3, T, R2 y los niveles de gravas del grupo (310b), aunque por lo general tienen unos espesores pequeños.

En el Cuadro 5.2. se exponen los yacimientos más importantes encontrados en el Tramo.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO 5.2. RESUMEN DE LOS YACIMIENTOS GRANULARES DE ESTE ESTUDIO

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG-1	Bajo Inactivo	28-3	A1	Gravas	En la carretera comarcal 633 que va de Cornellana al Parque Natural de Somiedo, a la altura del Km. 166 en Santiago. Bueno.
YG-2	Alto Inactivo	27-2	A1	Gravas	En la carretera que une Soto de los Infantes con Bebares, bordeando la Sierra del Courio, a la altura del km. 18. Buen acceso.
YG-3	Alto Inactivo	12-3	C3	Cuarcitas	Muy malo. Desde la carretera que va de Fontoria a Valle, a la altura del km. 8 sale un camino forestal de tierra y piedras con una pendiente alta, que lleva a Argomuso y a El Pie de la Braña, que es donde se encuentra el yacimiento.
YG-4	Bajo Inactivo	12-3	D	Gravas	Malo. Desde Barcia se coge la carretera que pasa por el campo de fútbol cogiendo el desvío que sale hacia la derecha (SO) encontrándose en ese mismo camino a 1,5 km.
YG-5	Alto Inactivo	11-2	C3	Cuarcitas y Gravas	Malo. A la altura del Km. 320 de la N-634, sentido Grado-Ribadeo a la izquierda sale un camino en muy mal estado que lleva a la cantera.
YG-6	Alto Inactivo	11-2	C3	Cuarcitas y Gravas	Bueno. A la altura del km. 321 de la N-634, dirección Grado hacia Ribadeo, antes de cruzar el viaducto del río Barayo, sale una antigua curva de la carretera siguiendo 2 km. por un desvío a la izquierda en el punto de inflexión de la curva está la gravera.
YG-7	Alto Inactivo	11-2	C3	Cuarcitas y Gravas	Relativamente Bueno. Desde Piñera en la N-634 sale una carretera que llega a Busmargalí. Por esta carretera, al Sur de Busmargali sale un camino hacia el Sur que lleva a la cantera.
YG-8	Alto Inactivo	12-2	T	Gravas	Bueno queda al Sur de Lamuño.
YG-9	Muy Bajo Inactivo Agotado	10-2	R2	Gravas	Bueno. Desde la N-634 a la altura del Km. 541, sale un camino que va a la playa de las Poleas, pasada la localidad de Follada.
YG-10	Muy Bajo Agotado	10-3	D	Gravas	Muy bueno en la carretera N-634 a la altura del km. 335.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

En este apartado se van a mencionar los grupos litológicos que pueden ser aprovechados como materiales de préstamo.

Pueden ser útiles para terraplenes los siguientes grupos litológicos: T,t, D,d, C2,c2, C1,c1, R2,r2, (310b) y C3,c3.

Como pedraplenes pueden ser aprovechados los grupos T,t, D,d, C2,c2, C3,c3, R2,r2, (310b), (152b), (152a), (120a), (150), (143), (140a), (142), (140b), (141), (132), (130), (120a), (122c), (122b), (122a), (121), (100b), (112a), (111b), (111a), (010), (001) y (002).

Además, los grupos (150), (140a), (140b), (141), (121), (111a) y (001) potencialmente se pueden utilizar como material de escollera.

5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MÁS DETALLE

Con el objeto de posibles nuevas explotaciones o reactivación de las ya existentes, se aconseja un estudio más detenido y completo de las áreas y yacimientos que se han plasmado en el esquema de la Figura 5.3.

En el Cuadro 5.3. aparece un cuadro con los yacimientos activos más importes de la zona.

Además se aconseja prestar atención a las formaciones D al Oeste de la Zona y C3 por su potencial como materiales de préstamo y yacimientos granulares, así mismo como todas las formaciones predominantemente cuarcíticas y la formación (001) como yacimientos de cantera y préstamo dada la escasez de explotaciones de este tipo dentro del área correspondiente al tramo.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO 5.3. RESUMEN YACIMIENTOS MÁS IMPORTANTES DE LA ZONA

SÍMBOLO	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-1	28-3	(121)	Cuarcitas	Muy bueno. Desde la N-634 a la altura de Peñaflor se cruza el puente hacia la orilla norte del Nalón y en el cruce a unos 300 metros por la carretera de Puerma.
YR-2	28-3	(121)	Cuarcitas	Muy bueno. En la N-634 en el Alto de la Cabruñana.
YR-3	28-3	(140b)	Calizas	Bueno. En la Carretera comarcal C-633 a la altura del km. 19 sale una carretera al Este que llega hasta Casa de Pando allí coger un camino de tierra que lleva a la cantera.
YR-4	28-3	(140a)	Calizas	Muy bueno. En la N-634 entre los kms 250 y 251.
YR-5	28-3	(143)	Arenas	Muy Bueno. En la N-634 en el km. 251,2 sale un camino hacia el Sur que cruza el río Nonaya que lleva a la cantera.
YR-6	28-3	(140b)	Calizas	Muy bueno. En la Carretera de Grado a San Martín en el km. 2.
YG-6	11-2	C3	Cuarcitas Gravas	Bueno. A la altura del km. 321 de la N-634 dirección Grado hacia Ribadeo, antes de cruzar el viaducto del río Barayo, sale una antigua curva de la carretera, siguiendo 2 km. por un desvío a la izquierda en el punto de inflexión de la curva está la gravera.
YG-7	11-2	C3	Cuarcitas Gravas	Relativamente bueno. Desde Peiñera en la N-634 sale una carretera que llega a Busmargalí. Por esta carretera, al Sur de Busmargalí sale un camino hacia el Sur que lleva a la cantera.
YR-23	11-2	(122b)	Cuarcitas	Bueno desde Luarca sale una carretera que va a Saliente. Unos 500 m antes de llegar a Saliente está la cantera.
YR-24	11-3	(121)	Cuarcitas	Bueno. Carretera que lleva hacia esta cantera desde la recta de Otur.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ARAMBURU, C., BASTIDA, F. (Eda), (1995).- "Geología de Asturias. TREA 1-308 pp, Oviedo.

- FERNANDEZ-CATUXO, J. (1990).- "Nuevas aportaciones al conocimiento geológico de la ría del Eo (NO España)". Geogaceta, nº 8 pp 109-112.

- FLOR, G. (1983).- "Las rasas asturianas: ensayos de correlación y emplazamiento". Trab. Geol. Univ. Oviedo nº 13, pp 65-81.

- HERNANDEZ PACHECO, E. y ASENSIO AMOR, I. (1995).- "Materiales sedimentarios sobre la rasa cantábrica. Tramo comprendido entre las rías del Eo y Foz. Bol. R.S.E.H., t. 57 (Sección geol.), pp 75-100.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO ESPAÑA, (1980).- "Mapa Geológico de España a Escala 1.50.000. Hoja 10, Ribadeo". I.G.M.E

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1977).- Hoja 11 Luarca.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1977).- Hoja 12 Busto.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1977).- Hoja 27 Tineo.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1977).- Hoja 28 Grado.

- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO DE ESPAÑA, (1973).- "Mapa Geotécnico General a Escala 1:200.000. Hoja 2, Avilés" I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO DE ESPAÑA, (1973).- "Mapa de Rocas Industriales a Escala 1:200.000. Hoja 2, Avilés" I.G.M.E.

- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA, (1991).- "Mapa Geológico de España a Escala 1:200.000. Hoja 2, Avilés". I.T.G.E.

- JULIVERT, M y ARBOLEYA, M.L., (1984).- "Areal balancing and stimate of areal reduction in a thin-skinned fold and thrust belt (Cantabrian zone, NW Spain): constraints on its emplace mechanism. Journal of Structural Geology. Vol 8. Nos. 374 pp 407 to 414. Great Britain.

- MARCOS, A. (1983).- "Las series del Paleozoico inferior y la estructura terciaria del occidente de Asturias (NO de España)". Trabajos de Geol., núm. 5, pp 1-113. Facultad de Ciencias. Universidad de Oviedo.

- MARCOS, A y PEREZ-ESTAUN, A, (1981).- "La estratigrafía de la Serie de los Cabos en la zona de Vegadeo (zona Asturoccidental-Leonesa)." Trabajos de Geol. núm. 11, pp 89-94. Universidad de Oviedo.

- MARY, G., MEDUS, J. y DELIBRIAS, G, (1975).- "Le Quaternaire de la cote Asturienne (Espagne)" Bul A.F.E.Q., Vol 1 pp 13-23.

- MINISTERIO DE FOMENTO, (1996).- "Acciones en la Edificación". AE-88. Serie normativas. NBE (Norma Básica de Edificación) (págs. 79-82).

- O. SUAREZ & L.G. CORRETGÉ, (1987).- "Plutonismo y metamorfismo en las zonas Cantábrica y Asturoccidental-leonesa". En "Geología de los Granitoides y rocas asociadas del macizo Hespérico". Libro Homenaje a L.c. García de Figuerola.

- WALTER, R, (1986).- "Die Geologie in der nordostlichen Provincia Lugo (Nord westspanien)". Geotekt. Forsch. vol. 27 pp 3-70 Stugart.

- WALTER, R. (1966).- "Resultados de investigaciones geológicas en el Noreste de la provincia de Lugo (NO. España) (Notas y Comns). Inst. Geol. y Minero de España, nº 89 Madrid.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO

(1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350

** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

* NEOGENO 2

2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense

1** MIOCENO

Superior	Messinense; Tortoniense	Pontiense	Pantiense s.str.; Vallesense
Medio	Serravallense; Langhiense	Helvetiense	Vindoboniense
Inferior	Burdigaliense; Aquitaniense		

* PALEOGENO 1

3** OLIGOCENO — Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense

2** EOCENO

Superior	Priaboniense=Ludense=Bartonense	
Medio	Biarritzense; Luteciense	
Inferior	Cuisiense; Ilerdiense	- Ypresiense, Sparnaciense

1** PALEOCENO — Thanetiense; Montiense; Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

* CRETÁCICO 3

2** SUPERIOR — Maestrinchtiense; Campaniense; Santoniense; Coniaciense (2); Turonense; Cenomanense — Senonense

1** INFERIOR — Albense; Aptense; Barremiense; Hauteriviense; Valagieniense; ? Berriasiense=Wealdense — Facies Urgoniense; Neocomiense (marino); Facies Wealdense (continental)

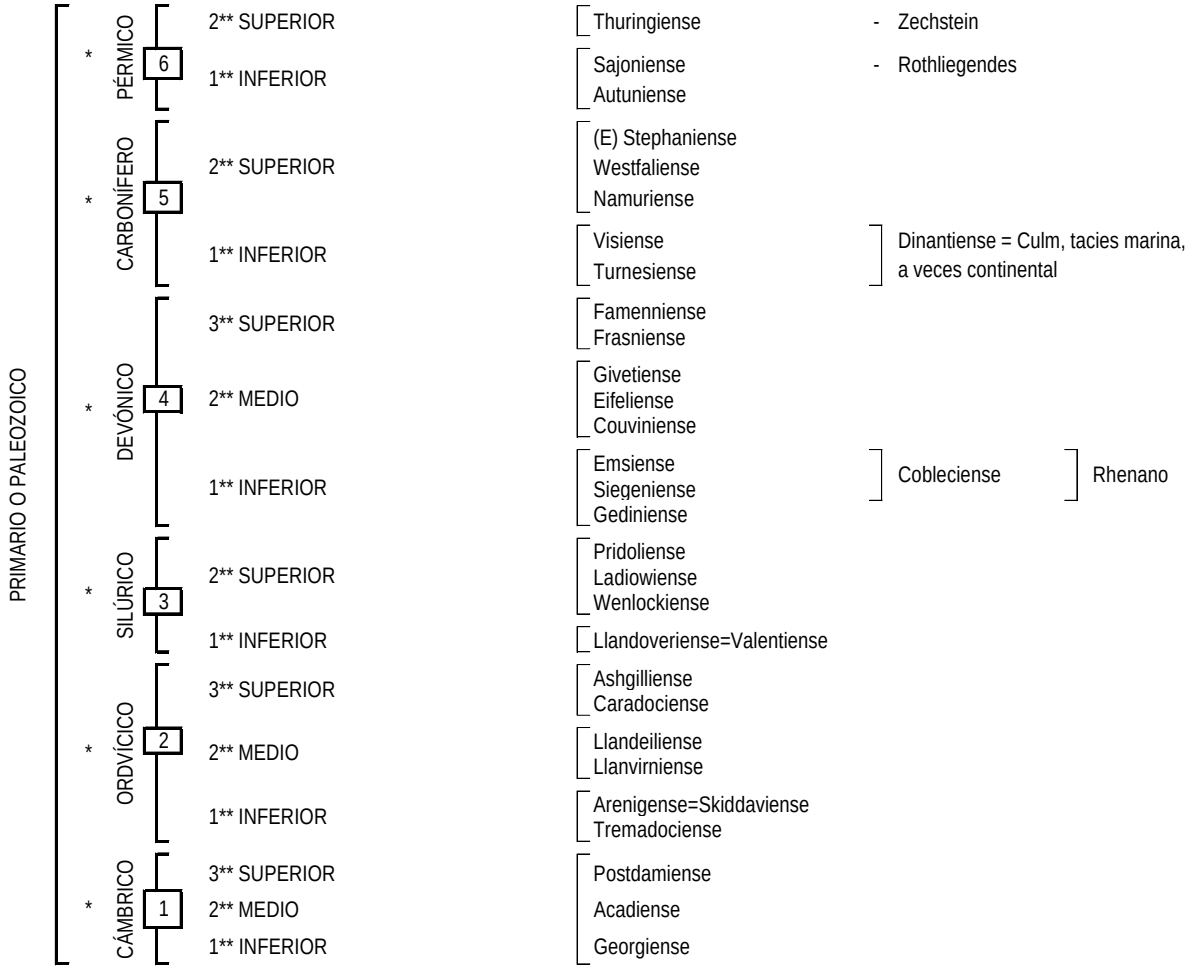
* JURÁSICO 2

3** MALM	Superior	Portlandiense=Tithonico; Kimmeridgiense; Oxfordiense
2** DOGGER	Medio	Calloviense; Bathoniense; Bajociense; Aaleniense
1** LIAS	Inferior	Toarciense; Pliensbachiense; Sinamuriense; Hettangiense

* TRIÁSICO 1

3** SUPERIOR	Retiense; Noriense; Carniense	Keuper
2** MEDIO	Ladiniense; Anisiense=Virglonense	Muschelkalk
1** INFERIOR	Werfeniense	Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

b) Se consideran de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

c) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2-3 kg/cm2) produce asientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65°) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10°).

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera.

En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

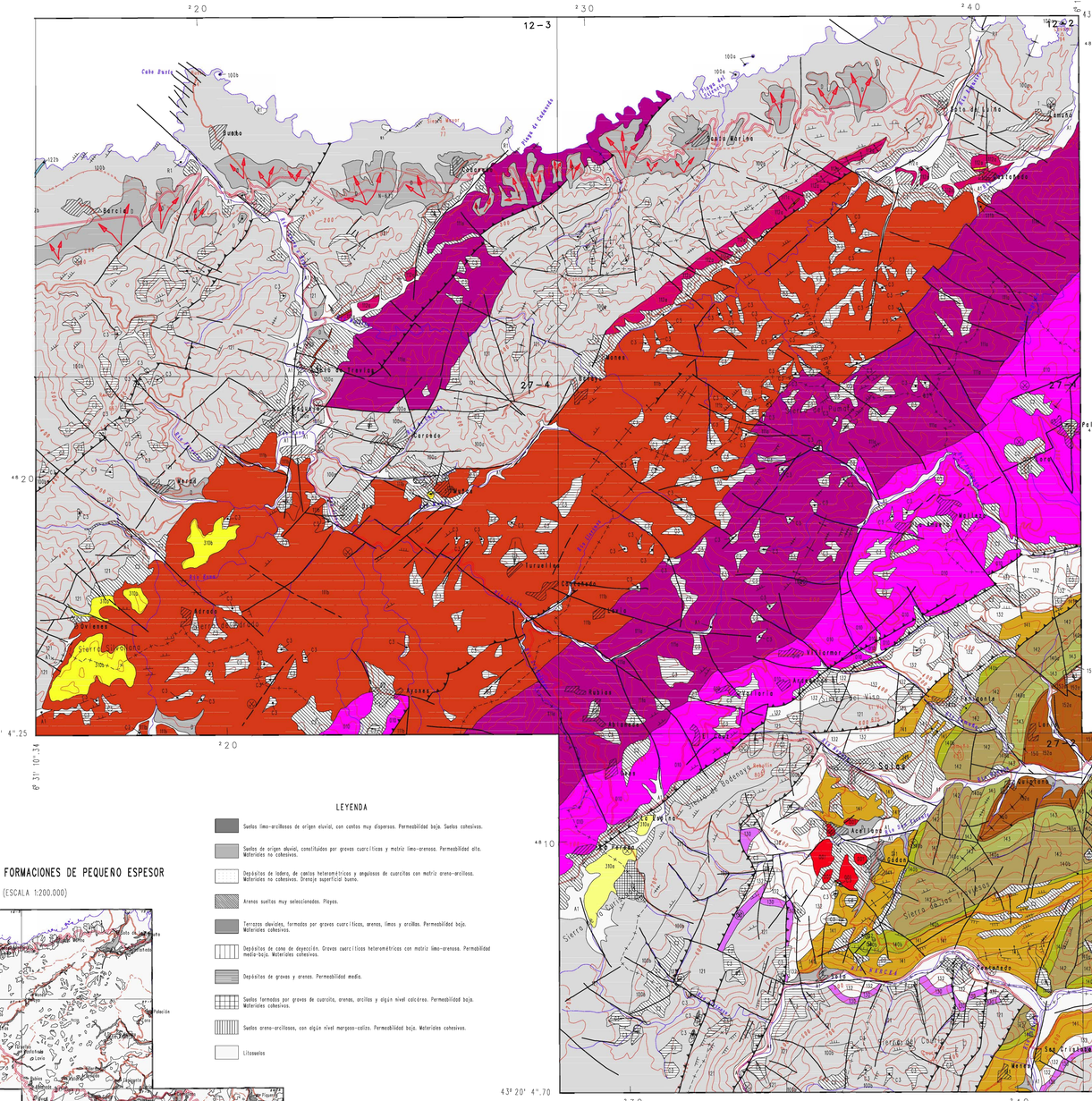
Drenaje

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

8. PLANOS

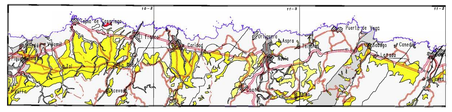
MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


12-3
12-2
27-4
27-3
27-2
28-3
Cabo Busto
Serantes
Busto
Arnao
Castropol
Navia
Coaña
Otur
Pesoz
Grandas de Salime
Boal
Illano
Allande
Tineo
Pola de Allande
Pola de Laviana
Pola de Lena
Mieres
Oviedo
Grado
Salas
Cangas del Narcea
Belmonte de Miranda
Luarca
Valdés
Tapia de Casariego
Ribadeo
Vegadeo
Castropol
Ría de Navia
Río Navia
Río Eo
Río Narcea
Río Nalón
Río Trubia
Río Nora
Río Aller
Río Pigüeña
Río Ibias
Río Esva
Río Frejulfe
Río Turón
Río Caudal
Río Piloña
Río Sella
Río Güeña
Río Ponga
Río Cares
Río Deva
Río Bedón
Río Purón
Río Pendón
Río Ribadeo
Río Grande
Río Arganza
Río Barcia
Río Agüeira
Río Abres
Río Rodiles
Río Peñaflor
Río Pinzales
Río Pinzales
Río Pinzales

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)

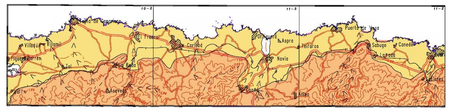


LEYENDA

- Gravas, arenas, limos y arcillas sin consolidar. Capacidad portante baja, localmente pueden existir asientos. Erosionables. Excavables. Permeabilidad de baja a media. Puede haber niveles freáticos cercanos a la superficie. Drenajes superficiales deficientes.
- Materiales sin consolidar de cantos heterométricos inmersos en una matriz con fracciones más finas. Capacidad portante de baja a media. Erosionables. Excavables. Permeabilidad baja-media. Drenajes superficiales buenos. Problemas de estabilidad en taludes y deslizamientos.
- Materiales con gran contenido en fracciones finas, en algunos casos con cantos de cuarcita dispersos. Capacidad portante baja. En ocasiones pueden dar asientos. Excavables. Permeabilidad baja. Drenajes superficiales deficientes.
- Arenas sueltas y muy bien seleccionadas. Capacidad portante baja. Asientos importantes. Excavables. Permeabilidad alta. Los niveles freáticos pueden estar cercanos a la superficie. Malas condiciones constructivas.
- Limos, arcillas, materia orgánica y arenas. Capacidad portante muy baja. Asientos significativos. Excavables. Permeabilidad baja. Drenaje superficial deficiente. Zonas encharcadas. Malas condiciones constructivas.
- Conglomerados muy cementados con algunas pasadas de pizarras. Capacidad portante alta. No ripables. Permeabilidad baja. Drenajes superficiales buenos.
- Pizarras y areniscas en muchos casos alteradas superficialmente. Capacidad portante alta que disminuye en las zonas alteradas. Ripables en general. Permeabilidad baja. Drenaje superficial generalmente bueno. Potenciales caídas de bloques y cuñas en los taludes.
- Fundamentalmente cuarcitas y en menor porcentaje areniscas y pizarras. Capacidad portante muy alta. No ripables. Permeabilidad muy baja. Drenajes superficiales muy buenos.
- Calizas y dolomías. Capacidad portante alta. Localmente pueden sufrir alteraciones que disminuyen mucho la capacidad portante. Ripable o marginal y no ripable. Permeabilidad alta por karstificación. Drenaje superficial bueno por lo general. Problemas generados por la karstificación.
- Alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras. En general, la capacidad portante es alta. Ripables en un porcentaje media-alto. Permeabilidad baja. Drenajes superficiales buenos. Potencialmente pueden existir problemas de caídas de bloques y cuñas en los taludes.
- Rocas graníticas y filonianas de composición gabrodiorítica y granítica. Capacidad portante alta. No ripable. Permeabilidad baja. Drenajes superficiales en general buenos.

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

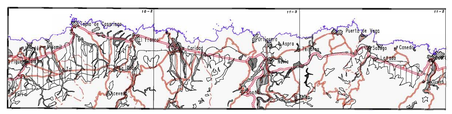
- Zona de pendiente suave hacia el mar
- Zona de marisma
- Zona montañosa de pendientes elevadas

SIMBOLOS

- Valle encajado de fondo plano
- Valle encajado en forma de "V"
- Divisoria de aguas
- Costa acantilada
- Costa de arena

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)

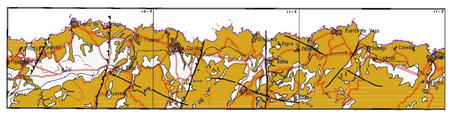


LEYENDA

- Suelos limo-arcillosos de origen eluvial, con cantos muy dispersos. Permeabilidad baja. Suelos cohesivos.
- Suelos de origen aluvial, constituidos por gravas cuarcíticas y matriz limo-arenosa. Permeabilidad alta. Materiales no cohesivos.
- Depósitos de ladera, de cantos heterométricos y angulosos de cuarcitas con matriz arena-arcillosa. Materiales no cohesivos. Drenaje superficial bueno.
- Depósitos originados en zonas de ría por la acción combinada fluvial-marina. Son arenas, arcillas, limos y fangos. Permeabilidad media-baja.
- Arenas sueltas muy seleccionadas. Playas.
- Terrazas aluviales, formadas por gravas cuarcíticas, arenas, limos y arcillas. Permeabilidad baja. Materiales cohesivos.
- Dunas. Arenas eólicas, finas, seleccionadas. Nada cohesivas.
- Depósitos de cono de deyección. Gravas cuarcíticas heterométricas con matriz limo-arenosa. Permabilidad media-baja. Materiales cohesivos.
- Depósitos de gravas y arenas. Permeabilidad media.
- Suelos arena-arcillosos, con algún nivel margoso-calizo. Permeabilidad baja. Materiales cohesivos.
- Litosuelos

ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)

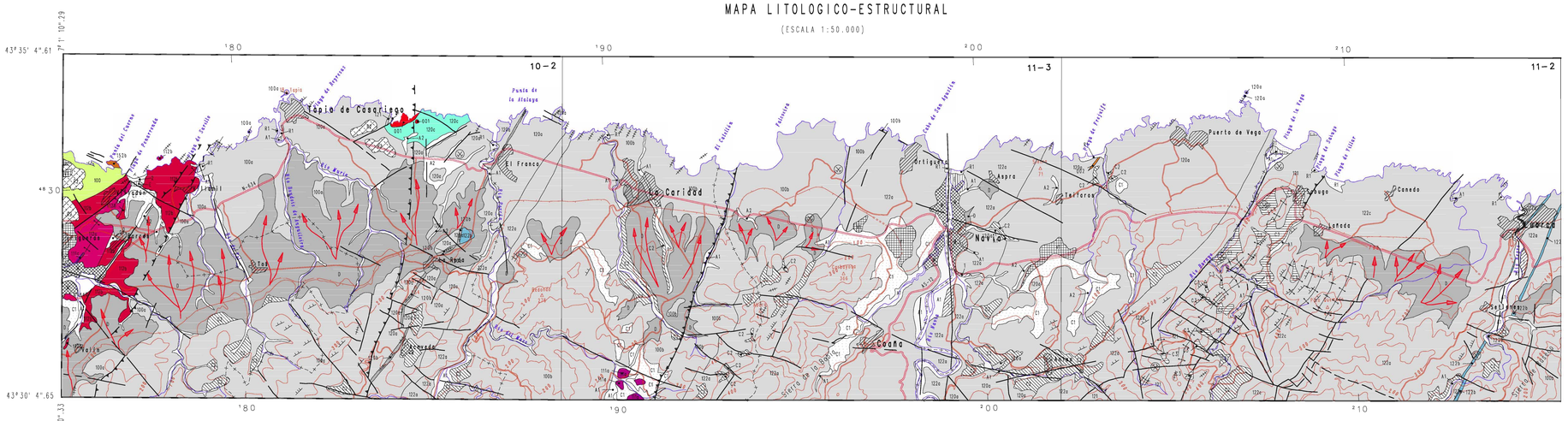


LEYENDA

- CUATERNARIO
- PALEOZOICO
- DIQUES
- GRANITOS
- Falla
- Cabalgamiento

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)



SIMBOLOS

- Contacto litológico
- Cabalgamiento
- Fallas
- Anticlinal
- Sinclinal
- Escarpe
- Hundimiento, dolina
- Deslizamiento de ladera
- Cantera activa o mina a cielo abierto activa
- Cantera inactiva o mina a cielo abierto inactiva
- Buzamiento entre 0 y 30 grados
- Buzamiento entre 30 y 60 grados
- Buzamiento entre 60 y 90 grados
- Buzamiento vertical
- Formación horizontal

L E Y E N D A

DEPOSITOS RECIENTES

A1 — Depósitos aluviales de limos, arenas y gravas. Son materiales sin consolidar, con disposición horizontal, masivo, y de cuerpos lenticulares. Tienen capacidad portante baja. Ripables. Problemas geomorfológicos propios de la dinámica fluvial y nivel freático cercano a la superficie. (Cuaternario. P.a.: 1.5-10 m).

A2 — Depósitos de fondo de valle limo-arcillosos, con alga de materia orgánica y algún canto cuarcítico ocasional. Se encuentra ocupando vaguadas suaves y tienen disposición horizontal y masivo. Capacidad portante muy baja. Asientos importantes. Permeabilidad baja. Excavable. Problemas de drenaje. (Cuaternario. P.a.: < 1 m).

V1 — Suelos. Limos y arcillas de origen eluvial con contenidos bajos arenas y presencia de materia orgánica. Su disposición es horizontal. Permeabilidad baja. Capacidad portante baja. Excavables. Pueden presentar problemas de mal drenaje e incluso encharcamientos. (Cuaternario. P.a.: en general no mayores de 1.5 m).

C1 — Depósitos coluvionares sobre la superficie de la rasa. Son depósitos arena-limosos de colores pardos oscuros a rojos con cantos dispersos de cuarcitas y pizarras. Estructura masiva y subhorizontal. Capacidad portante baja. Permeabilidad baja. Ripable. En zonas más llanas pueden dar problemas de drenaje. (Cuaternario. P.a.: vista 3.5 m y posiblemente mayor).

C2 — Depósitos de ladera, compuestos por cantos heterométricos de hasta 50 cm, de composición cuarcítica, pizarrosa y arenácea envueltos en una matriz arcillo-arenosa. Estructura totalmente masiva. Capacidad portante baja. Permeabilidad baja. Ripables. Erosionables. Taludes observados bajos, estables. Problemas típicos de la dinámica de laderas, pudiéndose originar deslizamientos por descalce. Taludes recomendados 3H:1V. (Cuaternario. P.a.: vista 4 m, con toda seguridad mayor).

C3 — Depósitos de ladera-coscheles. Gravas angulosas de composición únicamente cuarcítica, con matriz, en su mayor parte arenosa, aunque tiene una pequeña porción arcillosa. Mala selección. Estructura sub-horizontal. A veces se observan niveles netos de cantos. Capacidad portante baja. Permeabilidad media. Excavables. Erosionables. Taludes recomendados 1H:1V. Problemas geomorfológicos de erosión y gravitacionales. (Cuaternario. P.a.: hasta 15 m vistos, posiblemente mayor).

M — Depósitos de marisma. Fangos, arenas finas, limos, arcillas, lodos y materia orgánica. Estructura tabular o masiva, con tramos lenticulares de arena fina. Capacidad portante muy baja. Permeabilidad heterogénea, de media a baja. Condiciones constructivas muy desfavorables. Excavables. Problemas geomorfológicos derivados de la interacción de la dinámica fluvial y costera. (Cuaternario. P.a.: mayor de 3.5 m).

R1 — Depósitos de playa. Arenas blancas muy finas y muy bien seleccionadas, sueltas. Disposición horizontal. Capacidad portante muy baja. Permeabilidad alta. Excavables. Problemas geomorfológicos derivados de la dinámica costera-litoral. (Cuaternario. P.a.: menor de 4 m).

R2 — Gravas muy seleccionadas, redondeadas, arenas cuarcíticas y arcillas. Estructura tabular y disposición horizontal. Permeabilidad media. Los taludes observados son bajos y estables. Se recomienda no construir taludes con inclinación mayor a 1H:2V. Capacidad portante media-baja. Excavables. Erosionables. (Cuaternario. P.a.: 1.5-2.5 m).

E — Dunas. Depósitos eólicos. Arenas muy finas, blanquecinas, muy seleccionadas, sin consolidar. Disposición horizontal. Permeabilidad alta. Capacidad portante baja. Excavables. Erosionables. Problemas debidos a su movilidad. (Cuaternario. P.a.: no mayor de 2 m).

T — Depósitos de terrazas. Son materiales limo-arcillosos masivos que engloban cantos redondeados de cuarcitas, que no superan los 4-5 cm. A veces existen niveles lenticulares de arenas. Disposición horizontal. Permeabilidad media. Capacidad portante baja. Ripable o excavable. Erosionable. Pueden existir niveles freáticos cercanos a la superficie. (Cuaternario. P.a.: no mayores de 8 m).

D — Depósitos de cono de deyección. Gravas heterométricas, de subredondeadas a subangulosas, de naturaleza cuarcítica. Matriz arenoso a limo-arenosa. Estructura caótica y disposición subhorizontal. Permeabilidad de media a baja. Los taludes observados son estables, aunque se recomienda no superar una inclinación 2H:3V. Capacidad portante baja. Excavables. Erosionables. (Cuaternario. P.a.: 4 m observados, pero probablemente sean más potentes).

MATERIALES PALEOZOICOS

102b — Conglomerados muy cementados, con matriz arenosa y microconglomerática. Existen intercalaciones poco importantes de areniscas. Aflora en capas de 2 a 2.5 m de espesor. Permeabilidad baja. Capacidad portante alta. No ripables. Taludes naturales estables. (Carbonífero superior. P.a.: 100 m).

120c — Pizarras y areniscas metamorfizadas con inyecciones de diques de diabasas. Se encuentran bastante alteradas en general. Capacidad portante media-alta, excepto en las zonas alteradas. Permeabilidad baja. Drenaje superficial deficiente. Ripable o ripable-marginal en algunas zonas debido a la presencia de diabasas. (Ordovícico media-superior).

120b — Cuarcitas blancas, muy recristalizadas, en bancos. Son duras y compactas. Los buzamientos al Oeste entre 45 y 70 grados. Capacidad portante alta. Permeabilidad baja. Drenaje superficial excelente. No ripables. Aunque son materiales muy competentes, estan muy fracturados, por lo que no son convenientes alturas de talud excesivas, aunque siempre en función de la estructura de la formación rocosa en cada punto. (Ordovícico media-superior. P.a.: 50-100 m).

120a — Alternancia de areniscas de grano medio con pizarras en tramos de aproximadamente 1 m de espesor. A veces están muy replegadas y los buzamientos generales suelen ser subverticales. Permeabilidad baja. Capacidad portante alta. Ripable en la zona alterada. Los taludes observados se presentan estables. Aunque son materiales muy competentes, duros y compactos, dado su buzamiento subvertical en algunos casos, no son convenientes alturas e inclinaciones de taludes excesivas, siempre en función de la estructura del macizo rocoso en cada punto. (Ordovícico media-superior. P.a.: 1500-3000 m).

122c — Pizarras y cuarcitas. Las pizarras son negras de grano fino, muy replegadas. Las cuarcitas son blancas y muy recristalizadas. Buzamientos altos hacia el Oeste. Permeabilidad baja. Capacidad portante alta. Ripable en las zonas alteradas. Por la alteración de los materiales y la diferente competencia de estos (es una alternancia) puede haber problemas de caídas de bloques, como los observados. La altura e inclinación de los taludes debe definirse en cada punto, en función de la dirección y buzamiento de las capas en ese punto. (Ordovícico media. P.a.: 250 m).

122b — Cuarcitas recristalizadas de color blanco. Buzamientos al Oeste desde 20 grados hasta subverticales. Permeabilidad baja. Capacidad portante alta. No ripable. En zonas tectonizadas puede haber problemas de caída de bloques. Aunque son materiales muy competentes, estan muy fracturados, por lo que no son convenientes alturas de talud excesivas, aunque siempre en función de la estructura de la formación rocosa en cada punto. (Ordovícico medio. P.a.: 50 m).

122a — Pizarras negras, de grano fino, afectadas por una foliación marcada. A veces se encuentran atravesadas por diques de cuarzo de pequeño tamaño. Los buzamientos generales son hacia el Oeste. Permeabilidad baja. Capacidad portante alta-media. Ripable. Los taludes observados presentan caídas de bloques. La inclinación y altura de los taludes a practicar estará en función de la estructura de la formación rocosa en cada punto. (Ordovícico medio. P.a.: 1200 m).

121 — Cuarcitas. Blancas y muy recristalizadas. Son muy duras y compactas. Generan relieves abruptos con crestones y resaltes. Aparecen intercalaciones de pizarras negras. Buzamientos medio-altos hacia el Oeste. Permeabilidad baja. Capacidad portante alta. No ripable. Taludes naturales y artificiales estables cuando la roca es sana, pero presentan caídas de cuñas y bloques en zonas muy tectonizadas. La inclinación de los taludes a practicar estará en función de la disposición de los cagos en cada punto, y del buzamiento de estos, aunque los parámetros no deberían ser demasiado altos ni superar 3H:2V. (Ordovícico inferior. P.a.: hasta 400 m).

100 — Pizarras de grano fino, grises-azuladas que intercalan niveles delgados de areniscas y cuarcita. Presenta una esquistosidad muy desarrollada y un índice de fracturación muy elevado. Es una roca de permeabilidad baja, capacidad portante media, ripable o ripable marginal, algunos niveles cuarcíticos de mayor espesor no son ripables. Los taludes presentan caídas de cantos, lajas y deslizamientos de cuñas. No deberían construirse taludes altos y con pendientes elevadas, debido al riesgo de caídas de cuñas, no superando 3H:2V, en las situaciones más favorables. (Paleozoico inferior. P.a.: 1000-3000 m).

100b — Alternancia irregular de pizarras, areniscas y cuarcitas. Por lo general alteradas. Buzamientos medios-altos hacia el Oeste. Permeabilidad baja. Capacidad portante alta en zonas frescas y media-baja en zonas alteradas. Ripable en la zona alterada. Taludes altos de 45-50 grados inestables, con caídas de bloques y material suelto alterado. Por la alteración de los materiales y la diferente competencia de los estos (es un alternancia) puede haber problemas de caídas de bloques, como los observados. La altura e inclinación de los taludes debe definirse en cada punto, en función de la dirección y buzamiento de las capas en ese punto. (Cámbrico medio-Ordovícico inferior. P.a.: 4000 m).

100a — Pizarras y areniscas con intercalaciones de cuarcitas. Están muy replegadas. Capacidad portante media-baja, en superficie. Ripables en la zona alterada. Permeabilidad baja. Los drenajes superficiales en zonas llanas son malos. Taludes observados muy bajos. Dadas las inestabilidades observadas, los taludes a practicar deben de ser bajos y tendidos, siempre en función de la dirección e inclinación de las capas en cada punto. (Cámbrico medio-Ordovícico inferior. P.a.: 2000 m).

112b — Alternancia irregular de areniscas y cuarcitas con pasadas esporádicas de pizarras. Buzamientos variables, generalmente hacia el Oeste. Permeabilidad baja. Capacidad portante alta. No ripable. Taludes naturales de pendientes fuertes con caídas de bloques grandes. Por la alteración de los materiales y la diferente competencia de estos (es una alternancia) puede haber problemas de caídas de bloques, como los observados. La altura e inclinación de los taludes debe definirse en cada punto, en función de la dirección y buzamiento de las capas en ese punto. (Cámbrico medio. P.a.: 1200 m).

112a — Pizarras verdes, arcillosas y compactas de grano muy fino. Muy alteradas por fracturación. Buzamientos altos y en general hacia el Oeste. Permeabilidad baja por fracturación. Capacidad portante media y baja en la zona más alterada. Ripables. Taludes artificiales bajos, estables en general, aunque se observa en algunas caídas de material alterado. Los taludes naturales observados presentan inestabilidades y caídas de cuñas; taludes altos con parámetros inclinados podrían dar problemas de deslizamientos, en función de la inclinación de estos y la de las materiales; en función de la disposición de las capas no deberían de superar la relación 3H:2V. (Cámbrico medio. P.a.: 100 m).

111c — Calizas y dolomías recristalizadas y micríticas, karstificadas y en malas condiciones de afloramiento. Buzamientos medios-altos hacia el Oeste. Permeabilidad alta en zonas karstificadas. Capacidad portante elevada. No ripables. Aunque son materiales competentes, por su fracturación y karstificación, será recomendable que los taludes a practicar no superasen 3H:2V, siempre en función de la dirección e inclinación de las capas en cada punto. (Cámbrico inferior. P.a.: 100 m).

111a — Pizarras y areniscas en alternancia irregular con algún nivel esporádico de cuarcita. Formación alterada en superficie. Los buzamientos suelen ser altos y hacia el Oeste. Capacidad portante media-alta. Permeabilidad baja. Buenos drenajes superficiales. Ripables en la zona alterada. La inclinación de los taludes a practicar estará en función de la disposición de las capas en cada punto, y del buzamiento de estos; aunque los parámetros no deberían ser demasiado altos ni superar 3H:2V. (Cámbrico inferior. P.a.: 1000-2000 m).

ROCAS IGNEAS

001 — Granitos de composición diorítica y granodiorítica. Estructura masiva e isótropa, afectada por un diaclasado abundante de varias familias. Permeabilidad baja. Capacidad portante alta. No ripable. Taludes naturales estables. Taludes recomendados con una inclinación inferior a 1H:2V.

DIQUES

002 — Diques de microgranitos, porfídicos. Son subverticales. Generalmente se encuentran alterados presentando colores pardo-verdosos y blanquecinos. Permeabilidad baja. Capacidad portante alta. No ripables.

MINISTERIO DE FOMENTO	DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS SERVICIO DE GEOTECNIA	ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS ITINERARIO: AUTOVIA DEL CANTABRICO: AVILES – BAAMONDE TRAMO: GRADO – RIBADEO	CONSULTOR: U.T.E. INECO – INGEMISA	CUADRANTES HOJA: 10-2, HOJA: 11-3, HOJA 11-2	MAPA LITOLOGICO – ESTRUCTURAL Y ESQUEMAS COMPLEMENTARIOS	ESCALAS 1: 50.000 1: 200.000 ORIGINAL 0 1 2 3 Km 5 0 5 10 Km GRAFICA	FECHA: FEBRERO 1998	REVISADO: J. MARTIN CONTRERAS J. SANTAMARIA ARIAS



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Autovía del Cantábrico: Avilés-Baamonde

Tramo: Ribadeo-Baamonde



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

96-02

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Autovía del Cantábrico: Avilés-Baamonde

Tramo: Ribadeo-Baamonde

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCION 4

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGÍA 7
2.2. TOPOGRAFÍA 16
2.3. GEOMORFOLOGÍA 19
2.4. ESTRATIGRAFÍA 24
2.5. TECTÓNICA 34
2.6. SISMICIDAD 36

3. ESTUDIO DE ZONAS 3**8**

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 38
3.2. ZONA 1: UNIDAD GEOMORFOLÓGICA DE LA RASA COSTERA-RÍAS 38

3.2.1. Geomorfología 38
3.2.2. Tectónica 40
3.2.3. Columna estratigráfica 40
3.2.4. Grupos litológicos 41
3.2.5. Grupos geotécnicos 58
3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 61

3.3. ZONA 2: ÁREA MONTAÑOSA 61

3.3.1. Geomorfología 61
3.3.2. Tectónica 63
3.3.3. Columna estratigráfica 65
3.3.4. Grupos litológicos 65
3.3.5. Grupos geotécnicos 113
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 120

3.4. ZONA 3. ALTIPLANICIE DE LA "TERRA CHA" 121

3.4.1. Geomorfología 121
3.4.2. Tectónica 122
3.4.3. Columna estratigráfica 124
3.4.4. Grupos litológicos 124
3.4.5. Grupos geotécnicos 131
3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 135

ÍNDICE (cont.)

Pág.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 137

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS 137
4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS 137
4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS 138
4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 139

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS 142

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 142
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS 143
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES 149
5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES 151
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MÁS DETALLE 154

6. BIBLIOGRAFÍA 157

7. ANEJOS 159

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 160

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 163

1. INTRODUCCION

El objeto del presente Estudio Previo de Terrenos, correspondiente al Tramo Ribadeo-Baamonde, de la Autovía del Cantábrico (Avilés-Baamonde) consiste en el análisis y exposición, desde el punto de vista litológico, estructural y geotécnico, de todos aquellos aspectos que pudieran incidir directamente en una obra de carácter lineal como es una carretera.

El Tramo Ribadeo-Baamonde (Fig. 1.1.), ocupa una extensión aproximada de 1.212 km^2 que prácticamente en su totalidad se encuentran en la provincia de Lugo, salvo unos 43,5 km^2 pertenecientes a Asturias, y una longitud lineal, desde Ribadeo a Baamonde, de aproximadamente, 80 km. El tramo conecta la comarca costera de la Mariña lucense con la región meseteña de la Tierra Llana de Castro Rey (Terra Cha), quedando incluido en las siguientes Hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Nº	Hoja	Cuadrantes
9	Foz	2
10	Ribadeo	3
23	Puentes de García Rodríguez	2
24	Mondoñedo	1, 3, 4
25	Vegadeo	4
47	Villalba	1 3, 4

El presente Estudio de Terrenos ha sido realizado de acuerdo a las siguientes fases:

- Fase de recopilación de información geológica, geotécnica, geomorfológica y estructural del Tramo de estudio y de zonas adyacentes.

- Fase de estudio fotogeológico, sobre fotogramas aéreos del vuelo general de España a escala 1:30.000.

- Comprobación y corrección del estudio fotogeológico, en base a la campaña de campo, de cartografía litológico-estructural y toma de datos del terreno.

- Fase de realización de mapas litológico-estructurales a escala 1:50.000 y de 4 mapas-esquema a escala 1:200.000 referentes a los aspectos geológicos, geomorfológicos, de suelos y formaciones superficiales y geotécnicos.



Figura 1.1. *Esquema de situación del Tramo.*

Tanto la información como las consideraciones y conclusiones que se derivan del estudio, han quedado plasmadas en la presente memoria, que se divide en los siguientes capítulos y contenidos:

- Capítulo 1: Introducción.

- Capítulo 2: Consistente en una visión general, de todo el área comprendida en el Tramo, teniendo en cuenta sus características climatológicas, topográficas, geomorfológicas, estratigráficas, tectónicas y de sismicidad.

- Capítulo 3: Consistente en la división del Tramo en 3 zonas de estudio y el análisis detallado de los aspectos litológicos, geotécnicos y geomorfológicos de cada zona.

- Capítulo 4: Consistente en las conclusiones generales del estudio, donde se señalan los principales problemas topográficos, geomorfológicos y geotécnicos, así como los corredores de trazado sugeridos.

- Capítulo 5: Se incluye información acerca de los yacimientos de tipo rocoso y granular que puedan interesar en la futura ejecución de la obra.

- Capítulo 6: Incluye la bibliografía consultada para la realización del presente estudio.

- Capítulo 7: Se recogen 2 anejos, referentes a la simbología utilizada en las columnas estratigráficas y a los criterios utilizados en las descripciones geotécnicas.

- Capítulo 8: Incluye los planos generados en el presente estudio.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Jesús Martín Contreras
Licenciado en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. Ramón Díaz Arranz
Licenciado en Ciencias Geológicas

D. Francisco Miguel Sánchez Pérez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGÍA

Para el estudio de la climatología de la zona han sido escogidas un cierto número de estaciones meteorológicas, pertenecientes a la red del Instituto Nacional de Meteorología. Las características geográficas y el nombre de cada una de las estaciones están recogidos en la Tabla 1. No todas las estaciones se encuentran dentro del área de estudio, pero se han incluido por su proximidad al Tramo.

De todos los datos suministrados por estas estaciones se han seleccionado unos determinados parámetros, de los cuales se ha extraído el valor medio, el máximo y el mínimo. Todos estos valores se han recogido en dos Tablas; una con los parámetros de pluviometría y otra con los parámetros de temperaturas, hay que observar, que en la mayoría de las estaciones los datos no están completos. El Instituto Meteorológico tiene estos datos incompletos puestos como cero.

Los gráficos 1 y 2 muestran los climogramas de todas las estaciones consultadas.

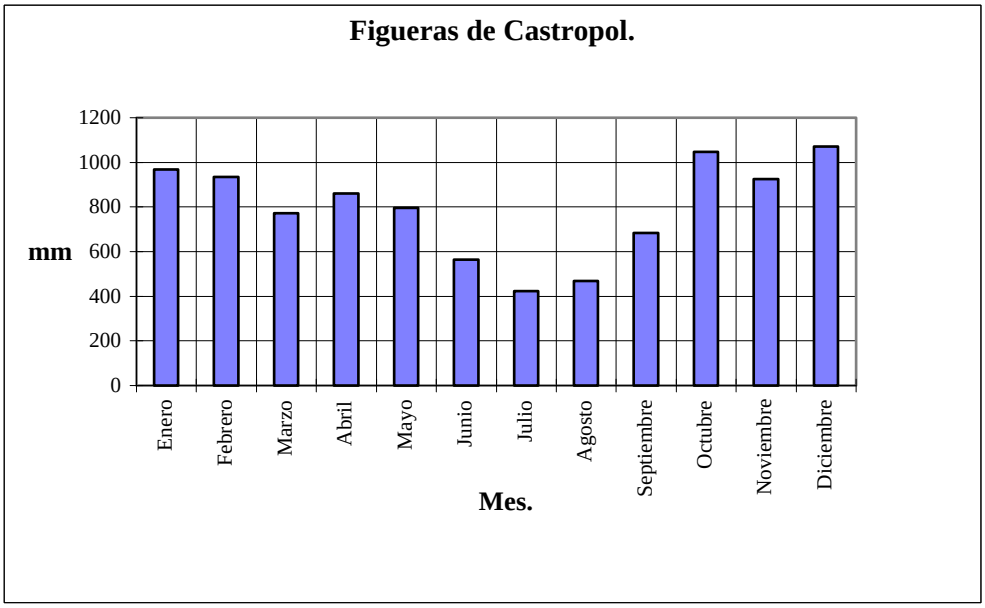
Las tablas 1 a 6 contienen los datos de temperatura y las precipitaciones de las estaciones consultadas.

Las precipitaciones medias anuales recogidas en las estaciones de referencia son bastante semejantes entre sí, siendo la media anual de 1.200 mm, cantidad superior a la media nacional, estas precipitaciones se producen en un promedio de 126 días lluviosos al año, siendo los meses más lluviosos los de Junio, Julio y Agosto. La nieve de suelo apenas está presente en el Tramo, únicamente en el mes de Enero se registran 4 días.

Las nieblas son muy frecuentes con un promedio de 31 días al año, siendo predominante en los meses de Diciembre, Marzo, Abril y Mayo.

Los días de rocío y escarcha se dan durante un promedio de 32 y 17 días respectivamente, siendo los meses más frecuentes los de Mayo, Junio, Julio y Agosto para los primeros y Noviembre, Enero, Febrero y Marzo para los segundos.

Las temperaturas tienen un mínimo invernal de 8 ° C en Enero y de máxima 38 ° C en los meses de Julio y Agosto. El mes más frío corresponde a Enero con una media de 5.6 grados y los meses más calurosos a Julio y Agosto con una media de las máximas de 29 ° C.


Figueras de Castropol.
1200
1000
800
mm 600
400
200
0
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Mes.

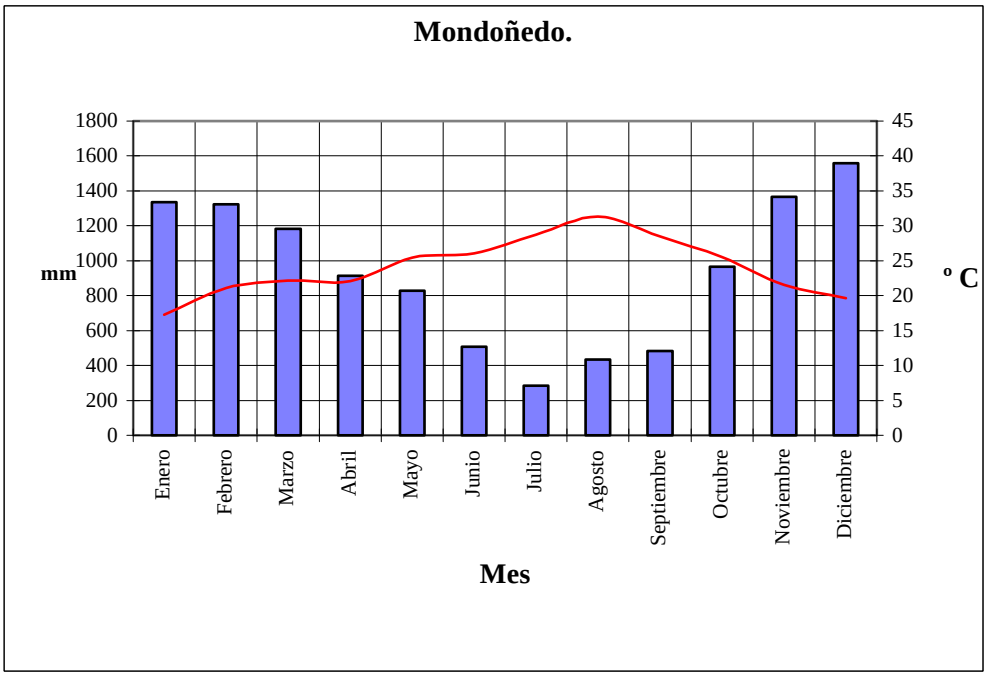

Mondoñedo.
1800
1600
1400
1200
1000
mm 800
600
400
200
0
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
º C
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Mes

Gráfico 1

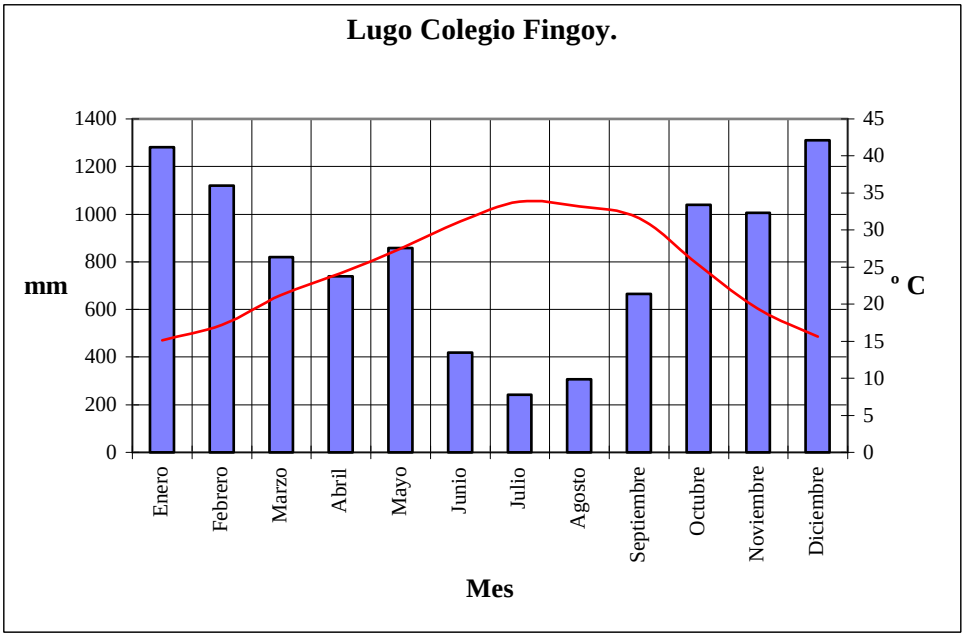

Lugo Colegio Fingoy.
mm
º C
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Mes

Gráfico 2

PRECIPITACIONES. FIGUERAS DE CASTROPOL Período 1.960-1.990

Mes		Precipitación Total litros/m^2	Precipitación Max 1 día litros	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días precip >10 litros/m^2	Días precip >30 litros/m^2
Enero	***Media***	968	217	12	0	0	0	0	0	4	0
Enero	***Máxima***	2022	360	22	0	0	4	0	0	8	3
Enero	***Mínima***	270	70	4	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	936	216	11	0	0	0	0	0	3	0
Febrero	***Máxima***	2235	535	24	2	4	2	0	0	11	2
Febrero	***Mínima***	155	82	2	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	772	207	11	0	0	0	0	0	3	0
Marzo	***Máxima***	1319	330	25	0	2	3	0	0	7	1
Marzo	***Mínima***	292	75	4	0	0	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	859	235	11	0	0	1	0	0	3	0
Abril	***Máxima***	1756	490	22	0	2	4	0	0	7	2
Abril	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	796	200	11	0	0	0	0	0	2	0
Mayo	***Máxima***	2259	570	21	0	0	2	0	1	6	3
Mayo	***Mínima***	160	60	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	563	182	7	0	0	0	0	0	2	0
Junio	***Máxima***	1767	500	13	0	0	3	0	0	6	1
Junio	***Mínima***	62	30	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	423	160	5	0	0	1	0	0	2	0
Julio	***Máxima***	1820	610	15	0	0	6	0	0	6	1
Julio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	469	196	6	0	0	0	0	0	1	0
Agosto	***Máxima***	1954	885	13	0	0	3	0	0	6	2
Agosto	***Mínima***	63	30	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	684	256	7	0	0	0	0	0	2	0
Septiembre	***Máxima***	2056	470	12	0	1	2	0	0	7	4
Septiembre	***Mínima***	55	30	2	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	1046	277	11	0	0	0	0	0	3	1
Octubre	***Máxima***	2786	660	21	0	1	2	0	0	8	3
Octubre	***Mínima***	84	45	3	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	925	228	11	0	0	1	0	0	3	0
Noviembre	***Máxima***	1886	510	17	0	0	4	0	0	8	2
Noviembre	***Mínima***	19	12	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	1071	248	12	0	0	1	0	0	4	1
Diciembre	***Máxima***	2175	505	24	0	0	4	0	0	8	3
Diciembre	***Mínima***	35	20	3	0	0	0	0	0	0	0

Tabla1

PRECIPITACIONES. MONDOÑEDO Período 1.960-1.990

Mes		Precipitación Total Litros/m^2	Precipitación Max 1 día litros	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Meteoro diferente	Días precip >1 litro	Días precip >10 litros	Días precip >30 litros
Enero	***Media***	135	26	14	0	0	0	3	1	5	0	0	13	5	1
Enero	***Máxima***	375	81	25	4	3	1	21	8	20	4	4	25	16	5
Enero	***Mínima***	50	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Febrero	***Media***	132	26	12	0	0	0	3	2	3	0	0	12	5	1
Febrero	***Máxima***	364	70	23	2	5	3	22	13	21	6	14	23	17	5
Febrero	***Mínima***	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	118	24	13	0	0	0	5	1	2	0	0	12	4	1
Marzo	***Máxima***	292.5	69	25	6	1	1	20	12	18	1	0	25	15	4
Marzo	***Mínima***	85	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Abril	***Media***	912	23	13	0	0	0	5	2	0	0	0	12	3	0
Abril	***Máxima***	225	86	25	1	2	4	22	20	7	0	0	21	10	2
Abril	***Mínima***	45	40	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Mayo	***Media***	827	19	12	0	0	0	5	3	0	0	0	11	3	0
Mayo	***Máxima***	24	47	22	0	1	4	20	22	1	0	0	21	12	3
Mayo	***Mínima***	90	34	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Junio	***Media***	507	14	8	0	0	0	5	3	0	0	0	7	2	0
Junio	***Máxima***	300	41	19	0	1	5	20	22	0	0	0	18	11	4
Junio	***Mínima***	30	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Julio	***Media***	284	13	5	0	0	0	5	3	0	0	0	5	1	0
Julio	***Máxima***	153	70	13	0	1	7	25	24	0	0	0	13	6	3
Julio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	433	17	6	0	0	0	4	4	0	0	0	6	1	0
Agosto	***Máxima***	386	17	15	0	0	3	19	27	2	0	0	15	10	5
Agosto	***Mínima***	35	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Septiembre	***Media***	483	16	8	0	0	0	3	4	0	0	0	7	1	0
Septiembre	***Máxima***	179	61	21	0	0	2	24	25	0	0	0	14	7	2
Septiembre	***Mínima***	20	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Octubre	***Media***	965	26	12	0	0	0	4	5	0	0	0	10	3	1
Octubre	***Máxima***	364	90	28	0	0	3	31	30	8	0	0	28	14	5
Octubre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	137	30	14	0	0	0	4	2	3	0	0	13	5	1
Noviembre	***Máxima***	416	15	24	1	5	5	21	18	17	0	0	22	14	6
Noviembre	***Mínima***	11	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Diciembre	***Media***	156	28	14	0	0	0	5	2	4	0	0	14	5	1
Diciembre	***Máxima***	727.1	106	26	6	3	1	25	19	17	1	0	26	17	11
Diciembre	***Mínima***	32	15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Tabla 2

PRECIPITACIONES. LUGO COLEGIO FINGOY Período 1.960-1.990

Mes		Precipitación Total (Litros)/m^2	Precipitación Max 1 día	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Meteoro diferente	Días precip >10mm	Días precip >30mm
Enero	***Media***	1280	257	16	1	0	0	9	0	7	1	0	5	0
Enero	***Máxima***	2878	438	27	3	1	2	23	5	20	4	0	12	1
Enero	***Mínima***	233	72	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	1120	225	14	1	0	0	7	0	6	1	0	4	0
Febrero	***Máxima***	2750	401	25	4	2	2	15	3	17	8	0	14	3
Febrero	***Mínima***	224	74	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	819	190	13	1	0	0	6	0	5	0	0	3	0
Marzo	***Máxima***	1789	385	21	4	1	2	18	6	13	4	0	6	1
Marzo	***Mínima***	79	35	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	740	166	13	1	0	1	4	0	2	0	0	2	0
Abril	***Máxima***	2316	495	24	5	3	7	12	4	7	3	0	10	1
Abril	***Mínima***	80	25	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	857	183	15	0	0	2	4	0	0	0	0	3	0
Mayo	***Máxima***	1730	409	24	2	2	13	13	8	2	0	0	6	1
Mayo	***Mínima***	67	60	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	420	144	8	0	0	2	5	0	0	0	0	1	0
Junio	***Máxima***	880	334	17	0	0	7	22	2	2	0	0	3	1
Junio	***Mínima***	52	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	243	97	5	0	0	1	8	0	0	0	0	1	0
Julio	***Máxima***	1339	360	16	0	1	5	17	6	1	0	0	5	2
Julio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	307	133	6	0	0	1	11	0	0	0	0	1	0
Agosto	***Máxima***	910	414	13	1	1	6	29	6	1	0	0	4	1
Agosto	***Mínima***	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	665	247	9	0	0	1	13	1	0	0	0	2	0
Septiembre	***Máxima***	1778	946	19	0	0	5	26	16	0	0	0	8	2
Septiembre	***Mínima***	4	3	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	1039	267	13	0	0	0	10	1	0	0	0	3	0
Octubre	***Máxima***	3938	758	26	0	0	2	20	21	11	0	0	13	4
Octubre	***Mínima***	102	43	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	1006	232	14	0	0	0	11	0	3	0	0	4	0
Noviembre	***Máxima***	1965	542	24	2	1	2	28	3	8	2	0	8	1
Noviembre	***Mínima***	19	19	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	1309	268	16	0	0	0	10	0	7	1	0	5	1
Diciembre	***Máxima***	5197	905	27	2	1	2	25	3	23	5	0	18	4
Diciembre	***Mínima***	100	37	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3

TEMPERATURAS. MONDOÑEDO Período 1.960-1.990

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media mínimas	Media mes	Días temp. min < -5º C	Días temp. min < 0º C	Días temp. min >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Media***	17	-2	12	4	8	0	4	0	0	0
Enero	***Máxima***	20	2	15	7	11	3	12	0	0	0
Enero	***Mínima***	15	-6	10	1	5	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	21	-1	14	4	9	0	3	0	0	0
Febrero	***Máxima***	28	5	17	8	12	2	10	0	1	0
Febrero	***Mínima***	16	-9	11	1	6	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	22	1	15	5	10	0	2	0	0	0
Marzo	***Máxima***	33	5	18	8	13	0	12	0	4	1
Marzo	***Mínima***	17	-4	12	2	7	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	22	1	16	6	11	0	1	0	0	0
Abril	***Máxima***	27	3	19	8	13	0	6	0	3	0
Abril	***Mínima***	16	-3	12	3	8	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	25	4	19	8	14	0	0	0	3	0
Mayo	***Máxima***	29	8	23	10	16	0	0	0	12	0
Mayo	***Mínima***	20	2	15	6	12	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	26	6	20	10	15	0	0	0	4	0
Junio	***Máxima***	32	9	25	13	18	0	0	0	18	3
Junio	***Mínima***	20	3	17	6	12	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	29	8	23	12	18	0	0	1	10	3
Julio	***Máxima***	39	12	29	16	22	0	0	5	31	14
Julio	***Mínima***	22	5	18	7	13	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	31	8	24	12	18	0	0	0	13	3
Agosto	***Máxima***	49	13	28	16	21	0	1	2	29	12
Agosto	***Mínima***	22	0	17	7	13	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	28	7	22	11	17	0	0	0	8	1
Septiembre	***Máxima***	38	12	26	15	20	0	0	0	19	4
Septiembre	***Mínima***	20	4	17	6	13	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	26	4	19	9	14	0	0	0	3	0
Octubre	***Máxima***	31	6	24	11	16	0	0	0	15	2
Octubre	***Mínima***	20	0	16	5	12	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	22	1	16	7	11	0	2	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	26	4	21	9	15	3	9	0	2	0
Noviembre	***Mínima***	19	-7	14	3	9	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	20	0	14	5	10	0	3	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	25	4	17	8	13	1	10	0	1	0
Diciembre	***Mínima***	15	-6	11	2	7	0	0	0	0	0

Tabla 4

PRECIPITACIONES. LUGO COLEGIO FINGOY Período 1.960-1.990

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media Mes	Días temp. min < -5º C	Días temp. min < 0º C	Días temp. min >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Media***	15	-4	9	2	6	2	11	0	0	0
Enero	***Máxima***	19	10	11	7	9	7	26	0	0	0
Enero	***Mínima***	11	-8	7	-3	4	0	1	0	0	0
Febrero	***Media***	17	-4	11	3	7	1	7	0	0	0
Febrero	***Máxima***	22	2	14	8	11	3	21	0	0	0
Febrero	***Mínima***	13	-9	8	-1	3	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	21	-2	13	4	9	0	7	0	0	0
Marzo	***Máxima***	26	5	18	8	13	2	16	0	4	0
Marzo	***Mínima***	15	-6	10	1	6	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	24	0	15	5	10	0	2	0	1	0
Abril	***Máxima***	30	3	19	8	13	0	8	0	5	1
Abril	***Mínima***	20	-3	11	3	8	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	28	2	18	8	13	0	0	0	3	1
Mayo	***Máxima***	36	6	22	11	16	0	2	0	11	6
Mayo	***Mínima***	2	-3	13	6	10	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	31	5	22	11	16	0	0	0	8	2
Junio	***Máxima***	38	8	29	13	21	0	1	0	24	16
Junio	***Mínima***	25	0	19	9	14	0	0	0	2	0
Julio	***Media***	34	8	25	13	19	0	0	0	17	6
Julio	***Máxima***	39	11	29	16	21	0	0	2	27	15
Julio	***Mínima***	30	4	22	9	16	0	0	0	7	1
Agosto	***Media***	33	8	25	13	19	0	0	0	17	6
Agosto	***Máxima***	40	12	29	16	22	0	0	3	28	12
Agosto	***Mínima***	26	5	21	11	17	0	0	0	5	0
Septiembre	***Media***	32	6	23	11	17	0	0	0	10	3
Septiembre	***Máxima***	39	10	28	15	21	0	0	0	21	13
Septiembre	***Mínima***	25	2	19	9	15	0	0	0	1	0
Octubre	***Media***	25	2	18	9	13	0	1	0	2	0
Octubre	***Máxima***	30	6	22	11	16	0	8	0	7	1
Octubre	***Mínima***	17	-3	13	5	9	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	19	-2	13	5	9	0	4	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	26	2	16	9	12	2	11	0	2	0
Noviembre	***Mínima***	16	-5	10	2	6	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	16	-4	10	3	6	1	9	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	22	2	13	7	10	9	19	0	0	0
Diciembre	***Mínima***	11	-8	7	-1	4	0	0	0	0	0

Tabla 5

PRECIPITACIONES. FIGUERAS DE CASTROPOL Período 1.960-1.990

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media mes	Días temp. min < -5º C	Días temp. min < 0º C	Días temp. Min >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Media***	12	-1	9	3	6	0	5	0	0	0
Enero	***Máxima***	13	2	9	4	6	0	12	0	0	0
Enero	***Mínima***	10	-3	8	2	5	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	16	-3	10	3	7	0	5	0	0	0
Febrero	***Máxima***	20	0	13	5	9	2	9	0	0	0
Febrero	***Mínima***	12	-5	7	1	4	0	2	0	0	0
Marzo	***Media***	20	-1	12	4	8	0	5	0	0	0
Marzo	***Máxima***	24	1	17	6	11	0	8	0	0	0
Marzo	***Mínima***	18	-3	10	3	7	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	20	-2	12	5	8	0	3	0	0	0
Abril	***Máxima***	23	0	13	5	9	0	5	0	0	0
Abril	***Mínima***	17	-3	10	4	7	0	1	0	0	0
Mayo	***Media***	20	-2	12	5	8	0	3	0	0	0
Mayo	***Máxima***	23	0	13	5	9	0	5	0	0	0
Mayo	***Mínima***	17	-3	10	4	7	0	1	0	0	0
Junio	***Media***	22	3	17	7	12	0	0	0	0	0
Junio	***Máxima***	22	4	18	8	12	0	0	0	0	0
Junio	***Mínima***	21	1	17	5	11	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	37	8	28	14	21	0	0	0	22	14
Julio	***Máxima***	39	8	30	14	21	0	0	0	24	16
Julio	***Mínima***	34	7	27	13	21	0	0	0	19	12
Agosto	***Media***	34	9	26	14	20	0	0	0	18	9
Agosto	***Máxima***	38	9	29	15	22	0	0	0	25	16
Agosto	***Mínima***	30	8	24	13	18	0	0	0	10	1
Septiembre	***Media***	32	5	23	12	18	0	0	0	11	4
Septiembre	***Máxima***	34	6	25	12	18	0	0	0	20	7
Septiembre	***Mínima***	30	4	22	12	17	0	0	0	2	1
Octubre	***Media***	27	4	18	9	14	0	0	0	2	1
Octubre	***Máxima***	31	6	23	12	18	0	0	0	8	2
Octubre	***Mínima***	23	1	14	6	10	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	19	0	13	7	10	0	2	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	21	0	14	8	10	0	3	0	0	0
Noviembre	***Mínima***	16	0	13	5	9	0	1	0	0	0
Diciembre	***Media***	16	1	11	5	8	0	2	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	18	3	12	6	8	0	2	0	0	0
Diciembre	***Mínima***	14	0	10	4	7	0	0	0	0	0

Tabla 6

2.2. TOPOGRAFÍA

El Tramo Ribadeo-Baamonde se encuentra enclavado en la zona de transición entre la Cordillera Cantábrica y el Macizo Galaico.

Esta circunstancia, en rasgos generales, confiere un relieve notable, de tipo montañoso, con variaciones acusadas de altura.

El Tramo se inicia a cotas muy bajas cercanas al nivel del mar (Ribadeo), y progresa hacia el S-SW remontando un relieve importante hasta alcanzar cotas topográficas en torno a los 500 m en las cercanías de Baamonde.

A lo largo del Tramo, pueden diferenciarse 3 dominios topográficos distintos, con características particulares diferentes, los cuales son presentados en la Figura 2.1.

El 1er dominio topográfico está situado al N del Tramo y constituye la franja delimitada por la costa Cantábrica, de dirección E-W, y la primera alineación montañosa, de dirección E-W, inmediatamente al Sur. Este 1er dominio está caracterizado por la escasez de relieve, tratándose de una zona plana, con una ligera pendiente hacia el mar que puede cifrarse en torno al 3%. No existen cotas máximas reseñables, su altitud media varía entre 0 y 60 m.

La pendiente hacia el Norte condiciona una red de drenaje de aguas superficiales en este mismo sentido, siendo numerosos los arroyos que surcan este área, donde destacan los ríos Eo y Masma.

Los únicos accidentes topográficos a destacar son:

- Los acantilados de la costa con alturas máximas de 10 m-15 m, y

- Las rías de Foz y Ribadeo, que dan salida al mar a los ríos Masma y Eo respectivamente, están limitadas por acantilados de hasta 30 m en algunos casos.

El 2º dominio topográfico está integrado por un relieve montañoso bastante acusado, en donde los cauces fluviales drenan hacia el norte y sufren procesos de encajamiento generalizado.

El paisaje puede ser definido como una zona montañosa surcada por numerosos valles estrechos de vertientes acusadas, en donde destacan el valle de Mondoñedo, el valle de Lorenzana y el valle del río Eo. Los valles de Mondoñedo y Lorenzana se caracterizan por tener mayor anchura (1,5 km. para el de Mondoñedo y 1 km. para el de Lorenzana), los cuales confluyen en el valle del río Masma por el que se llega a la ría de Foz. El valle

del río Eo, por el contrario, es un valle estrecho que en sus zonas más anchas no supera los 750 m, con una anchura media de 200 m.

La altura de los interfluvios de los principales valles tienen un valor medio de 600 m, siendo ligeramente menores los que delimitan las vertientes del río Eo.

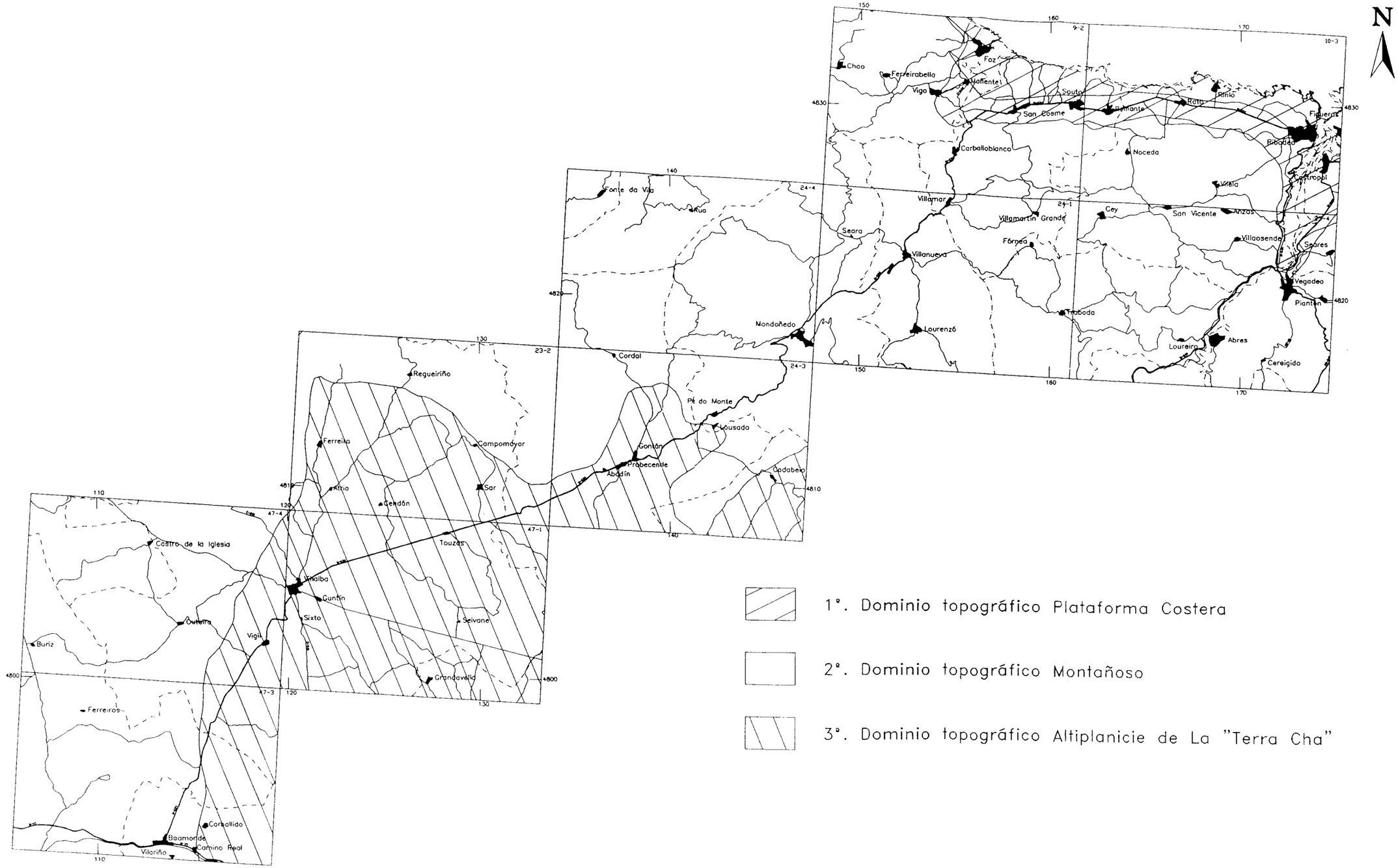


Figura 2.1. *Esquema de situación de los diferentes dominios topográficos.*

En general, la media de las cotas topográficas máximas pueden cifrarse en torno a 600 m, siendo las máximas las de Togiza (838 m), Coto Cal (808 m) y Carracedo (833 m) ya fuera del área del Tramo.

Este 2º dominio topográfico conecta, por medio de los valles de Mondoñedo y Lorenzana principalmente, la zona costera con el siguiente dominio que se caracteriza por ser una altiplanicie que comienza en la cabecera de los mencionados valles y se extiende en dirección Sur.

El 3er dominio topográfico está representado por la Tierra Llana de Castro de Rey (Terra Cha) altiplanicie en la que la cota topográfica media se sitúa torno a los 400-450 m.

La Terra Cha tiene ligera pendiente hacia el S-SW, y mientras las cotas máximas en el Norte son de 798 m en el Neda y la cota topográfica media es de unos 550 m, hacia el Sur estos valores disminuyen ligeramente, siendo la cota máxima de 509 m en Lubureiro y la cota media de 400-450 m.

La pendiente hacia el S-SW condiciona el drenaje de aguas superficiales en este sentido, siendo el río Tamoga (al E) y el río Labra (al W), los que drenan esta comarca, hacia el río Miño.

Es de resaltar que la división hidrográfica que separa los ríos vertientes al Mar Cantábrico y los ríos vertientes al Océano Atlántico, está situada, en gran parte del límite, entre el 2º dominio topográfico y el 3er dominio topográfico y está representada por la Sierra de Lorenzana, por el puerto de la Gesta (590 m) en la N-634 y los macizos de la Togiza y Monseibán.

2.3. GEOMORFOLOGÍA

Los aspectos geomorfológicos del Tramo han sido tratados en base a una división del Tramo en unidades geomorfológicas.

Se han distinguido tres unidades geomorfológicas en función de los procesos geológicos que actuaron tanto en el pasado como en la actualidad, y que coinciden con los tres dominios topográficos del apartado anterior:

- unidad geomorfológica del complejo rasa costera-rías,

- unidad geomorfológica de relieve montañoso,

- unidad geomorfológica de la altiplanicie de la "Terra Cha".

En la Figura 2.2., se muestra la extensión ocupada por las diferentes unidades geomorfológicas del Tramo que ocupa al presente Estudio Previo de Terrenos.

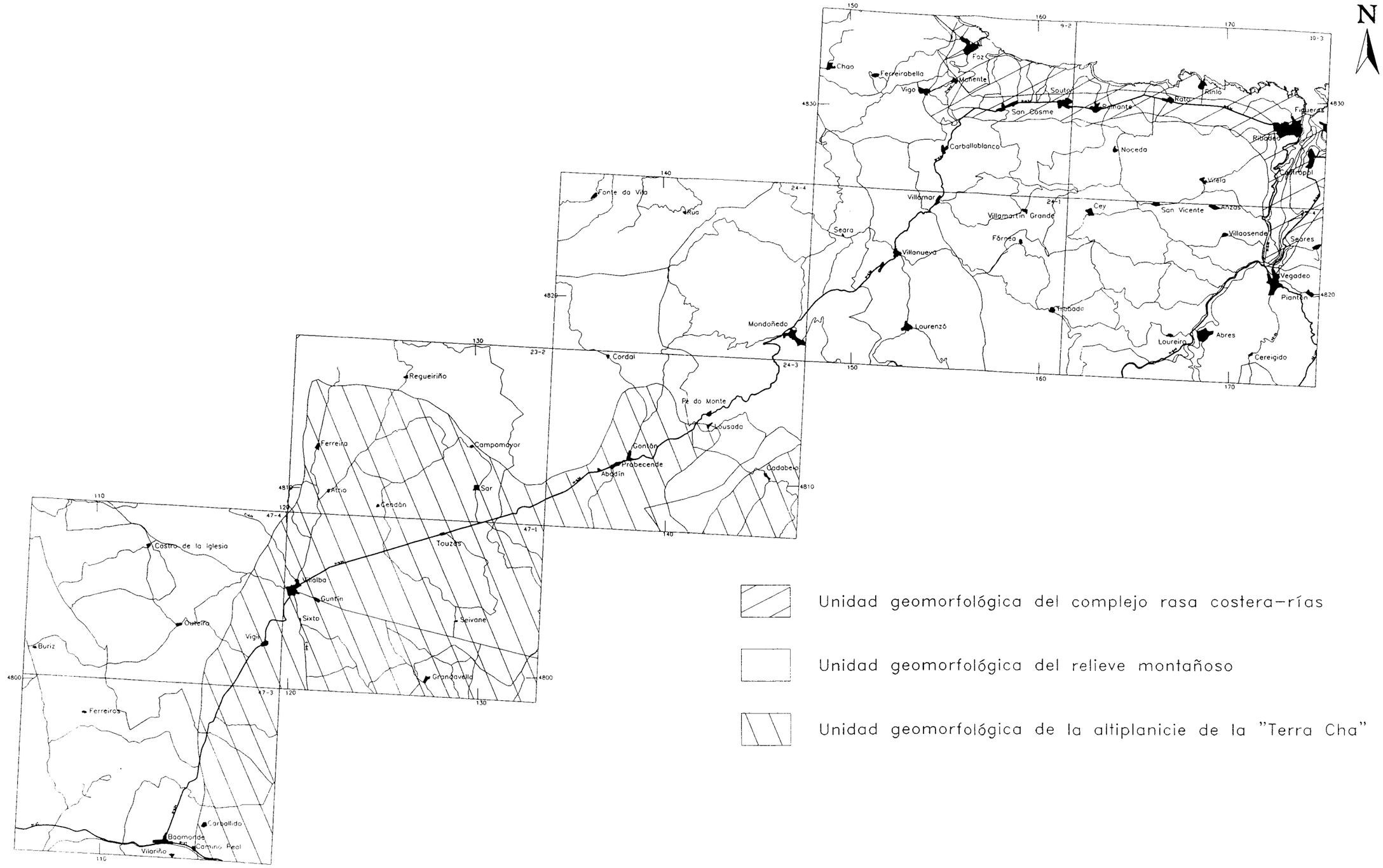


Figura 2.2. *Esquema de situación de las diferentes unidades geomorfológicas del Tramo.*

- **Unidad geomorfológica del complejo rasa costera-rías**

A grandes rasgos, esta unidad está comprendida entre la línea de costa del Mar Cantábrico y la primera alineación montañosa (E-W), inmediatamente al Sur de la costa (Sierras prelitorales).

Esta unidad se caracteriza por una morfología plana, con ligera pendiente hacia el mar, denominada rasa costera, donde destacan suaves relieves con forma lobulada originados por los grandes aportes procedentes de las sierras prelitorales a modo de conos de deyección. Esta Unidad está surcada por varios cauces fluviales inundados por el mar, conformando rías o estuarios. En general, son la conjunción de los agentes marinos y los agentes fluviales junto con los gravitacionales, los que confieren las características geomorfológicas a esta unidad. (Ver Foto 2.1.).



Foto 2.1. Aspecto de la unidad geomorfológica del complejo rasa costera-rías

- **Unidad geomorfológica de relieve montañoso**

Esta unidad está limitada, entre la unidad geomorfológica del complejo rasa costera-rías y el comienzo de la altiplanicie de la "Terra Cha" que define la siguiente unidad geomorfológica.

En general, esta unidad se caracteriza por un relieve acusado de valles encajados e interfluvios elevados, con laderas en proceso de regularización, en donde los principales agentes

geológicos modeladores del paisaje, son los procesos fluviales de tipo erosivo (encajamiento, erosión remontante) y los procesos gravitacionales como coluviones, deslizamientos de ladera, reptaciones y flujos en general.

Las pizarras, cuarcitas y calizas que componen el substrato geológico, presentan una dureza y resistencia a la erosión elevada, configurando un relieve abrupto. La disposición estructural de estos materiales, en anticlinales y sinclinales apretados con fuertes buzamientos, determinan alineaciones montañosas como las de las sierras prelitorales. (Ver Foto 2.2.).



Foto 2.2. Aspecto de la unidad geomorfológica de relieve montañoso

- **Unidad geomorfológica de la altiplanicie de la "Terra Cha"**

Esta unidad está situada entre la zona montañosa de la unidad geomorfológica anterior y, el límite Sur del Tramo.

Se caracteriza por ser un área de relieve escaso o nulo, surcada por cauces fluviales de gran anchura, que tienen dificultad para drenar la región, formando áreas encharcadas.

Se trata de una superficie de erosión heredada del arrasamiento generalizado sufrido por el Orógeno Varisco o Hercínico a partir del Triásico hasta la actualidad, en donde los principales agentes geológicos modeladores del relieve son los fluviales y los eluviales causantes del relleno de la depresión de la "Terra Cha". (Ver Foto 2.3.).



Foto 2.3.Aspecto de la unidad geomorfológica de la altiplanicie de la "Terra Cha"

Una visión de conjunto del área comprendida en el Tramo, desde el punto de vista geomorfológico, mostraría una sección de la Cordillera Cantábrica, en donde las tierras bajas de la franja costera se conectan con las tierras altas de zonas interiores, a través de una amplia zona montañosa donde predominan los procesos erosivos responsables del modelado.

2.4. ESTRATIGRAFÍA

El Tramo de estudio desde el punto de vista geológico, está situado prácticamente en su totalidad, en el dominio del Manto de Mondoñedo de la zona Asturoccidental-Leonesa del Macizo Ibérico, salvo la zona suroeste del Tramo que, a partir de la falla de Vivero hacia el Oeste, corresponde al dominio de "Ollo de Sapo" de la zona Centro Ibérica del Macizo Ibérico.

Los materiales geológicos comprendidos en el Tramo abarcan desde el Precámbrico hasta el Cuaternario reciente, estando representada la serie precámbrica y paleozoica inferior prácticamente completa, salvo una laguna estratigráfica que abarca el Ordovícico Superior.

No existen materiales del Paleozoico Superior, ni del Mesozoico. Los materiales más recientes pertenecen al Terciario y al Cuaternario.

En el dominio del Manto de Mondoñedo, el registro estratigráfico está representado en su mayor parte por materiales del Paleozoico Inferior de naturaleza sedimentaria afectados por un metamorfismo de grado muy bajo, siguiendo en importancia los materiales del Precámbrico de naturaleza metamórfica en grado medio-bajo y las rocas plutónicas.

En el dominio del Ollo de Sapo, el registro estratigráfico está representado fundamentalmente por rocas sedimentarias de edad Paleozoico Inferior, afectadas por un metamorfismo de grado bajo en general, que en las cercanías de las rocas plutónicas existentes en este dominio alcanzan grados medios a altos.

A continuación, se describe de manera general el registro estratigráfico de los 2 dominios geológicos presentes en el Tramo. En la Figura 2.3., puede verse la situación de estos dominios.

En la estratigrafía del dominio del Manto de Mondoñedo puede hacerse, a su vez, otra subdivisión, la cual corresponde a los materiales pertenecientes al autóctono del manto de Mondoñedo (dominio del Navia y Alto Sil), y a los pertenecientes al alóctono de dicho manto, siendo estos últimos los mayoritarios en el Tramo.

El dominio del manto de Mondoñedo (Ver Figura 2.4.)

El alóctono del manto de Mondoñedo comienza con una serie detrítica de edad Precámbrica, afectada por un metamorfismo regional de grado medio-bajo que transforma las rocas sedimentarias detríticas en una sucesión de esquistos cuarzo-pelíticos, esquistos micáceos, filitas, niveles delgados de cuarcita y algunos niveles locales de gneis anfibólico, siendo el grado de metamorfismo menor hacia el Este; esta serie es conocida en la cartografía Magna como Serie de Villalba.

El espesor de esta serie es difícil de estimar, ya que no aflora la base y el techo está erosionado por la discordancia Asíntica, además de presentar un fuerte replegamiento, no obstante algunos autores hablan de espesores mínimos de 500 m. En cuanto al ambiente sedimentario de deposición de la serie, se han reconocido facies turbidíticas, lo cual hace pensar en un ambiente marino profundo.

El paso al Cámbrico se hace de manera discordante, aunque esta discordancia es de muy bajo ángulo y sólo se admite a escala cartográfica, no de afloramiento.

A techo del Precámbrico, el registro sedimentario correspondiente al Cámbrico Inferior, está representado por unos 60-120 m de cuarcitas y areniscas con intercalaciones pizarrosas, conocidas como cuarcitas de Cándana inferior, seguidas de unos 250-300 m de

pizarras, alternando con algunos niveles areniscosos, conocidos por Pizarras de Cándana inferior.

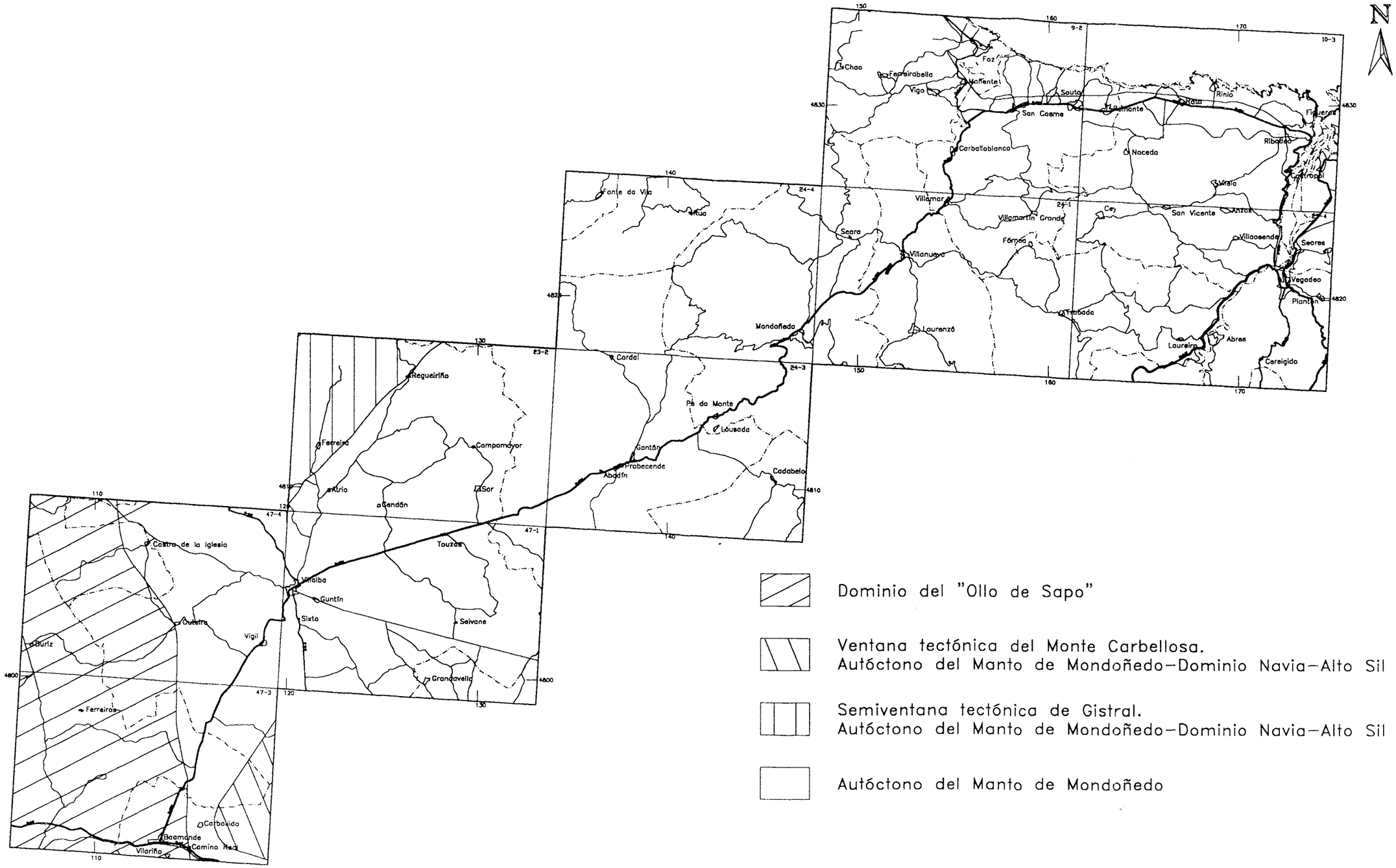


Figura 2.3. *Esquema de situación de los dominios geológicos.*

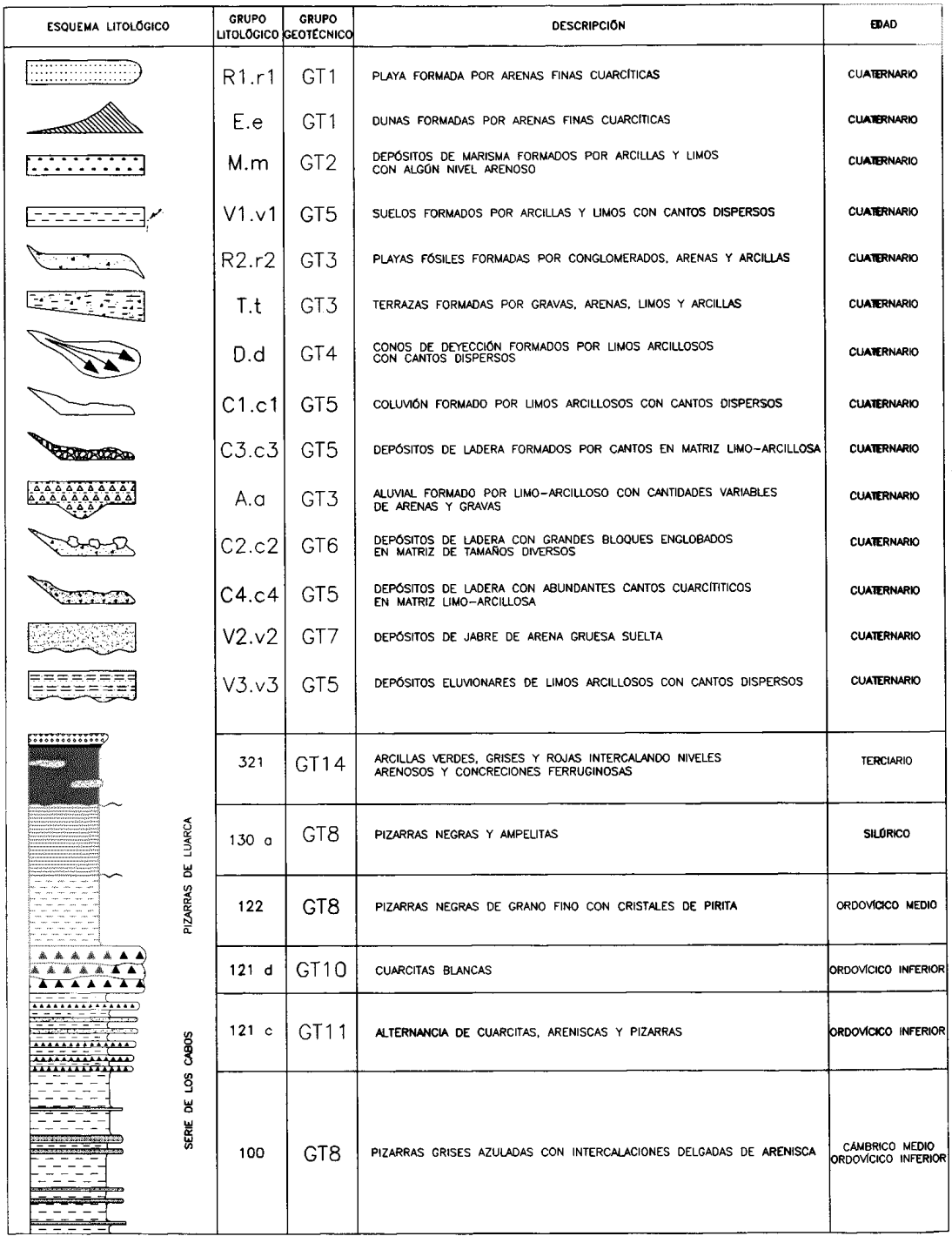


Figura 2.4. *Columna estratigráfica general del Tramo en el dominio del Manto de Mondoñedo.*

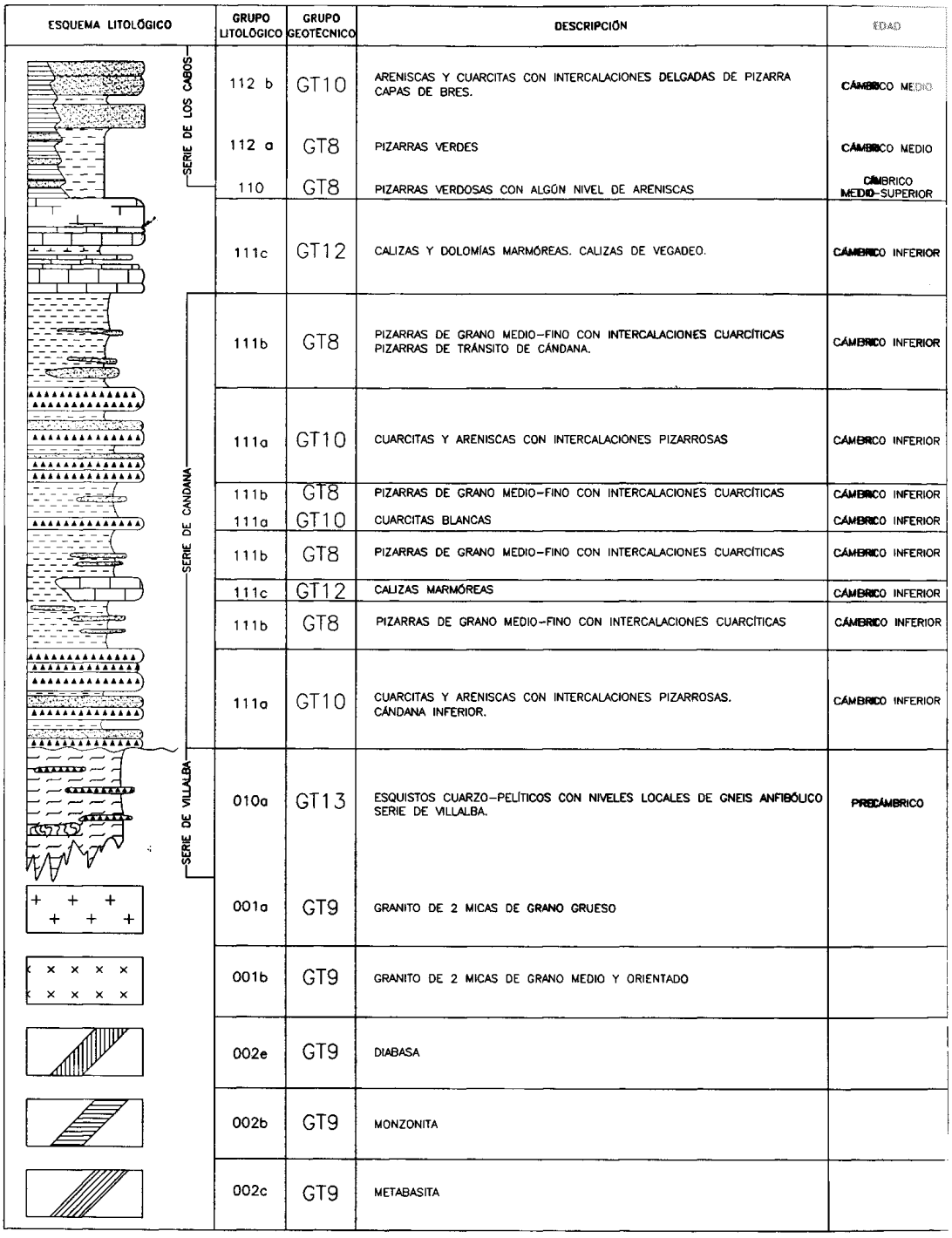


Figura 2.4. *Columna estratigráfica general del Tramo en el dominio del Manto de Mondoñedo (continuación).*

La serie continúa con unos 170-200 m de cuarcitas y areniscas, alternando con niveles delgados pizarrosos conocidos por Cuarcitas de Cándana superior, a los que le siguen unos 180-220 m de pizarras de tamaño de grano variable con delgadas intercalaciones areniscosas, conocidas en la literatura por Pizarras de Cándana superior o Capas de Tránsito. Sobre estos materiales se apoya un tramo calcáreo conocido en la literatura por Formación Caliza de Vegadeo en donde predominan las calizas y dolomías marmóreas con intercalaciones margosas-pizarrosas y niveles de calcoesquistos. El techo de la Formación Calizas de Vegadeo alcanza la base de Cámbrico Medio, a partir del cual hasta el Ordovícico Inferior el relleno de la cuenca sedimentaria corresponde a una serie monótona de carácter detrítico con un espesor variable de 3.000-4.000 m. Estos materiales son conocidos en la literatura por Serie de Los Cabos, que de muro a techo, comienza con un tramo de pizarras de grano fino, llamadas pizarras verdes con trilobites; un tramo de cuarcitas y areniscas llamadas Capas de Bres; un potente tramo de pizarras más o menos arenosas conocidas por Capas de Taramundi; y, finalmente, un tramo delgado de cuarcitas conocidas por Capas del Eo.

El ambiente sedimentario de la Serie de Los Cabos corresponde a una plataforma siliciclástica de poca profundidad con interacción de ambientes sedimentarios de transición como deltas, llanuras maréales, procesos fluviales costeros, etc.

Los materiales del Ordovícico Inferior pasan de manera concordante al Ordovícico Medio, el cual está representado por una serie pizarrosa de color negro de unos 200 m de espesor, aunque el techo está erosionado debido a la discordancia existente entre el Ordovícico Medio y el Silúrico.

Este tramo pizarroso es conocido en la literatura por la Formación Pizarras de Luarca, que pasa de manera discordante a un tramo de pizarras oscuras grafitosas y ampelitas que representan el techo del Silúrico Inferior y la base del Silúrico Superior (Llandoveriense-Wenlockiense). Por tanto, la discordancia entre el Ordovícico y el Silúrico abarca el intervalo temporal correspondiente a todo el Ordovícico Superior y gran parte del Silúrico Inferior.

El registro estratigráfico en el alóctono del Manto de Mondoñedo termina con las facies de edad Silúrico, mientras que el registro del autóctono del Manto de Mondoñedo (dominio del Navia y Alto Sil) está únicamente representado por unos 1.000-2.000 m de cuarcita blanca, de grano grueso, conocidas en la literatura como Cuarcita de Gistral, que tienen su equivalente estratigráfico en las cuarcitas de Cándana superior del alóctono del Manto de Mondoñedo.

Finalmente, los materiales del dominio del Manto de Mondoñedo están intruidos por plutones de rocas graníticas de grano medio y grueso y con grados de deformación variable, en donde destacan por extensión cartográfica, el plutón de la Togiza y el de Monseibán, datándose el encajamiento como posthercínico, a finales del Paleozoico.

El dominio del "Ollo de Sapo"

Respecto al registro estratigráfico en el dominio del "Ollo de Sapo", los materiales presentes son semejantes a los del dominio del Manto de Mondoñedo pero evidenciando un grado de metamorfismo más elevado (ver Figura 2.5).

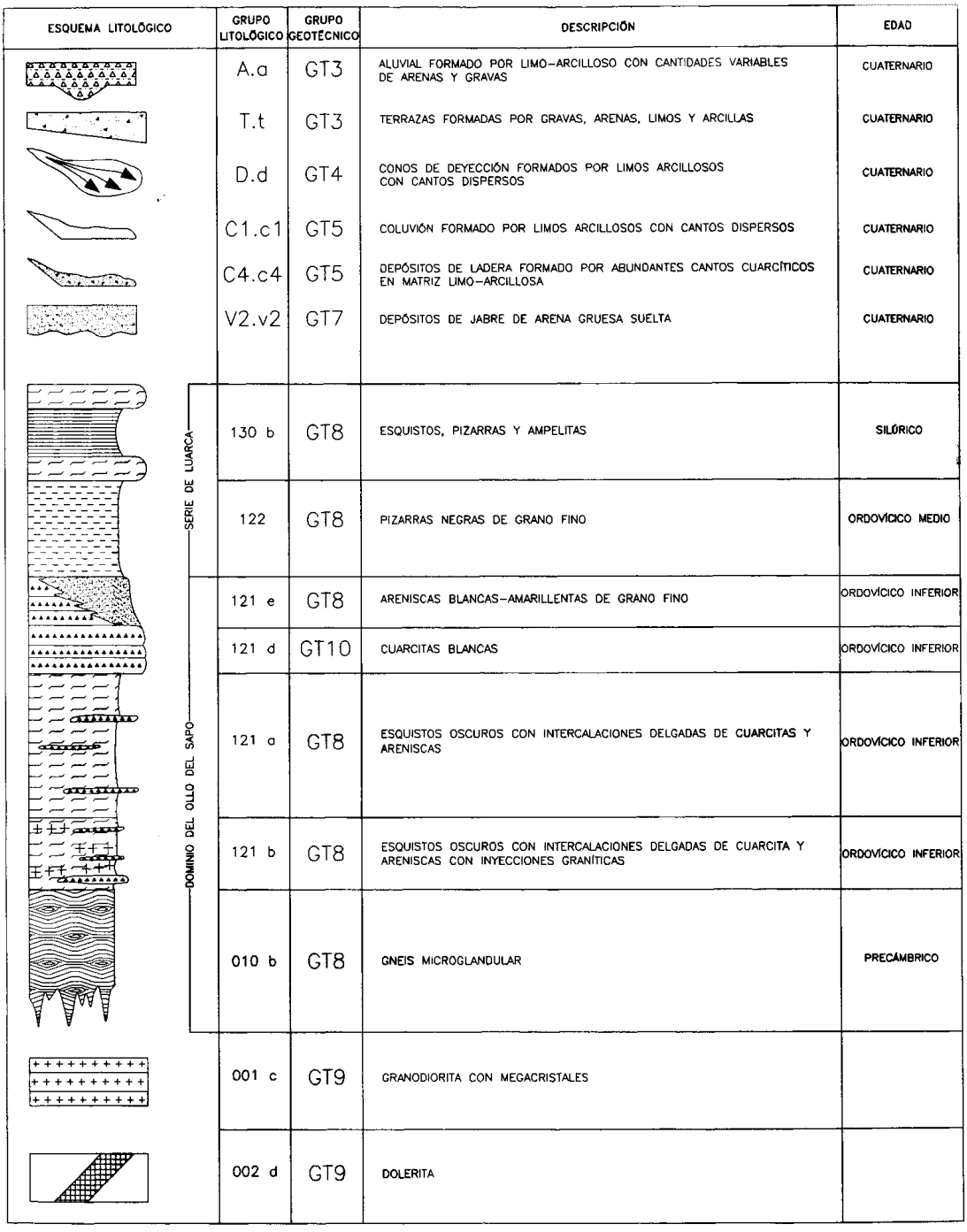


Figura 2.5. *Columna estratigráfica general del Tramo en el dominio del "Ollo de Sapo".*

La serie comienza con un tramo de espesor difícil de estimar, algunos autores lo cifran en 500 m, de gneises de grano fino con microglándulas de feldespato que presenta inyecciones graníticas y niveles delgados de esquistos y cuarcitas. Su edad corresponde al Precámbrico y es conocido en la literatura por la facies superior de la Formación de Ollo de Sapo.

Sobre esta formación, se apoyan, de manera discordante, los materiales del Ordovícico Inferior, los cuales están representados por unos 300-400 m de esquistos con intercalaciones de areniscas y cuarcitas. En las cercanías de los plutones aparecen con inyecciones graníticas. Esta serie es conocida por Pizarras de los Montes.

Sobre estos materiales el Ordovícico Inferior culmina con un potente horizonte de cuarcitas, conocido en la literatura por Cuarcita Armoricana, que pasa, concordantemente, a unas pizarras a veces esquistosas de grano fino y color negro, correspondientes a la Formación Pizarras de Luarca y que representan el Ordovícico medio y superior. Por encima de la Formación Pizarras de Luarca, y coronando la estratigrafía del dominio de Ollo de Sapo, en el contexto del Tramo, se encuentra, apoyándose discordantemente, una serie de 1.000 m de esquistos pelíticos y pizarras con niveles de ampelitas correspondientes al techo del Silúrico Inferior y a la base del Silúrico Superior (Llandoveriense-Wenlockiense).

Finalmente, intruye el plutón de Guitiriz, albergando en su seno retazos de rocas de la cobertera que no termina de asimilar (corneanas, esquistos y pizarras). Este granito es de grano grueso-medio con grandes megacristales.

Terciario y Cuaternario

El registro estratigráfico correspondiente al Terciario y al Cuaternario, es independiente en su localización de los dominios estratigráficos tratados, aunque en el caso del Terciario su presencia es más abundante en el dominio topográfico de la "Terra Cha".

El Terciario aparece con estructura horizontal y discordante, sobre materiales subyacentes, caracterizándose por una serie arcillosa de colores grises, verdes y rojos incluyendo lentejones arenosos de 2 ó 3 m de espesor con altos contenidos de mineralizaciones ferruginosas. La potencia de los materiales terciarios es difícil de estimar, ya que no existen cortes donde aflore la base, pero según la bibliografía consultada su potencia puede variar entre 30 y 40 m.

Finalmente, los materiales correspondientes al Cuaternario se halla representado por depósitos aluviales, conos de deyección, coluviones, derrubios de ladera, marismas, playas, dunas, terrazas, jabres y horizontes edáficos y de alteración.

2.5. TECTÓNICA

Como se ha indicado, el Tramo de estudio, se encuentra en su práctica totalidad, en el dominio del Manto de Mondoñedo, dentro de la zona Asturoccidental-Leonesa del Macizo Ibérico.

Este contexto geológico en el inicio de las zonas internas del Orógeno Varisco o Hercínico, se caracteriza por la existencia de una importante deformación interna de las rocas, que se manifiesta por la presencia generalizada de foliaciones tectónicas, así como, por un metamorfismo regional que aumenta de grado hacia el Oeste.

La estructura general de la zona Asturoccidental-Leonesa puede resumirse como una sucesión de pliegues acostados de planos axiales vergentes al Este y dirección N-S de carácter isoclinal, los cuales están cortados por planos de cabalgamiento con dirección N-S y a su vez todo el conjunto, replegado por pliegues de plano axial subvertical con dirección subparalela a los primeros.

De esta breve descripción, ya pueden deducirse las tres fases de deformación presentes en la Cordillera Cantábrica. Una primera fase (F_1) responsable del apilamiento de pliegues isoclinales, con dirección N-S y plano axial vergente hacia el Este, que lleva asociada una esquistosidad o foliación de plano axial (S_1) paralela a la estratificación (S_0) debido al carácter isoclinal de los pliegues.

La segunda fase de deformación (F_2) es la responsable de los grandes cabalgamientos de traza N-S y el transporte tectónico hacia el Este, que corta a los pliegues de la fase F_1, y que lleva asociada una esquistosidad o foliación (S_2) que crenula o enmascara a la esquistosidad S_1, en una banda rocosa próxima a las zonas básales de los cabalgamientos, generando así, una serie de estructuras propias de una zona de cizalla dúctil.

La tercera fase de deformación (F_3), origina pliegues suaves, asimétricos, de plano axial subvertical con una gran extensión. Sus direcciones axiales son subparalelas a las de los pliegues de la fase de deformación F_1.

Los pliegues generados por la fase F_3 deforman los pliegues de la fase F_1 y los cabalgamientos de la segunda fase de deformación F_2 llevan asociada una foliación S_3 que crenula a las esquistosidades S_1 y S_2, pero que a diferencia de la esquistosidad S_1 su extensión no es generalizada sino restringida a los flancos menos inclinados de los pliegues de la fase F_3.

El principal cabalgamiento de la deformación F_2 dentro de la Zona Asturoccidental-Leonesa, es el de los materiales que define el dominio del Manto de Mondoñedo.

La traza del cabalgamiento, en su zona Norte, adopta una dirección Norte-Sur, saliendo al Mar Cantábrico en las cercanías de Tapia de Casariego (Asturias), para girar hacia el Oeste y volver a entrar en la Península al Sureste de Burela (Lugo), dirigiéndose con dirección NE-SW hasta terminar en la falla de Vivero de dirección N-S que separa el dominio del Manto de Mondoñedo del dominio del Ollo de Sapo.

La estructura tectónica del Manto de Mondoñedo consiste en un gran cabalgamiento, con un desplazamiento de 70 km., según autores, que está volcado sobre el dominio del Navia-Alto Sil, de manera que según corte la superficie topográfica a la serie estratigráfica englobada en el Manto, pueden aparecer falsos anticlinales y sinclinales así como anticlinales y sinclinales reales. Tanto los falsos anticlinales como los falsos sinclinales, que aparentemente en superficie lo parecen, adoptan en profundidad geometría sinformes o antiformes respectivamente.

En la cartografía de superficie, el Manto de Mondoñedo está constituido por un importante apilamiento de grandes pliegues acostados, correspondientes a la fase de deformación F_1, afectados por un sinforme suave en la zona Este de la deformación de fase F_3, y por un antiforme de fase F_3 algo más agudo en la zona Oeste del Manto, dando lugar a la ventana tectónica del Monte Carballosa y a la semiventana tectónica de Gistral (ambas correspondientes al autóctono del Manto de Mondoñedo).

La edad de estas fases de deformación, aunque es difícil de precisar puede situarse en torno al Carbonífero Inferior.

Por último, existen otros rasgos tectónicos de menor orden, conocidos por estructuras tardías o tardihercínicas que se superponen a las ya descritas, como "kink-bands" fracturas y pliegues de carácter transversal al resto de estructuras, posiblemente originados por la orogenia Alpina. Esta orogenia alpina generó nuevas estructuras de dirección E-W, en la mayoría de los casos aprovechando las estructuras variscas o hercínicas.

El dominio del "Ollo de Sapo" está separado del dominio del Manto de Mondoñedo, por la falla de Vivero en la zona oriental y por la falla de Valdoviño en la parte occidental.

El conjunto consiste en una estructura alargada de dirección N-S con arquitectura anticlinoria donde se reconocen pliegues generados por la deformación de la fase F_1 y deformaciones que repliegan a las estructuras de la fase F_1, originados por la deformación de la fase F_3. Respecto a la deformación de la fase F_2 no están tan bien representadas en este dominio, como en el del Manto de Mondoñedo, donde algunos autores las han reconocido en lugares concretos. Por tanto, puede decirse, que el estilo tectónico del dominio de "Ollo de Sapo" es similar al del dominio del Manto de Mondoñedo.

2.6. SISMICIDAD

Todo lo expuesto en este apartado está referido a la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-94 de reciente vigencia (desde el 9 de Febrero de 1997) que sustituye a la PDS (1974) que se venía aplicando hasta el momento de su entrada en vigor.

Según dicha Norma, epígrafe 1.2.2., la construcción de una infraestructura lineal se considera una obra de especial importancia. Esto quiere decir, que el cálculo del coeficiente de riesgo (*p*) se realiza mediante la fórmula:

$$a_c = a_b \cdot p$$

donde,

a_c = aceleración de cálculo
a_b = aceleración básica
p = coeficiente de riesgo

El cálculo de *p* se obtiene de la fórmula:

$$p = (t/50)^{0,27}$$

donde

t > 100 años, para el caso de una obra de especial importancia.

Según el epígrafe 1.23., de la NCSE-94 no es obligatoria la aplicación de esta Norma si la aceleración sísmica de cálculo, a_c, es inferior a 0,06 g, donde g, es el valor de la gravedad.

Para conocer a_c simplemente tenemos que aplicar la fórmula mencionada anteriormente. Puesto que para a_b < 0,04 g, se obtiene un a_c que está claramente fuera del rango de obligatoriedad para el cumplimiento de esta Norma, únicamente tendrían que cumplirse las Prescripciones de índole general que son:

- Clasificación de las construcciones
- Mapa de peligrosidad sísmica y obtención de la aceleración sísmica básica
- Aceleración sísmica de cálculo

En la Figura 2.6. se muestra la situación del Tramo en el Mapa de riesgo sísmico.

APARTADO DEROGADO

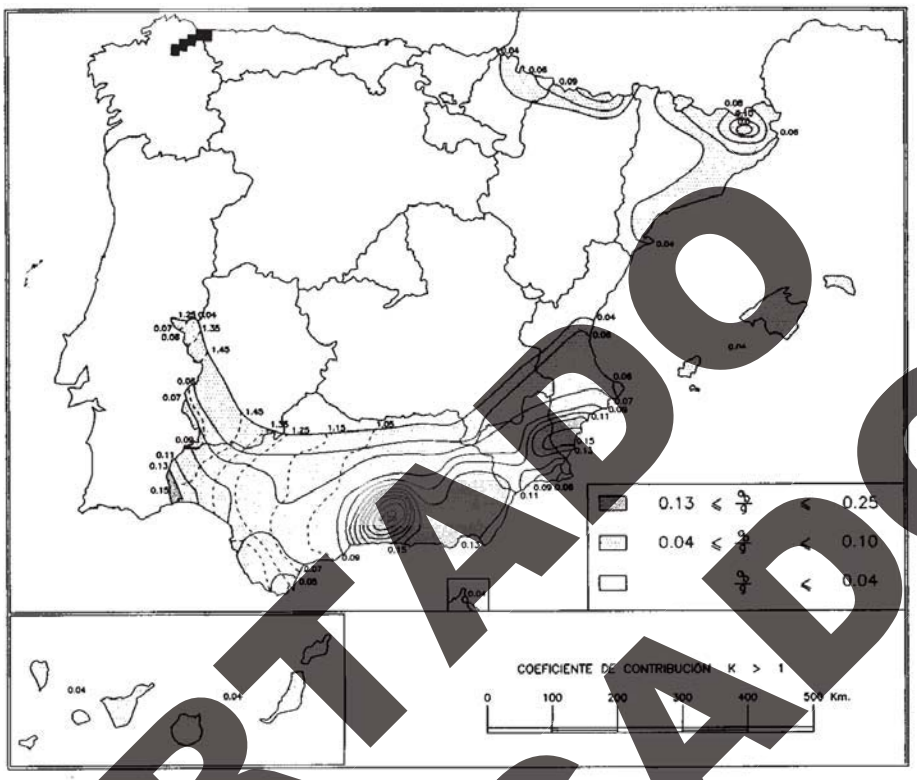


Figura 2.6. *Esquema de situación del Tramo en el Mapa de Riesgo Sísmico.*

APARTADO DEROGADO

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

Para una mejor sistematización del estudio litológico del Tramo, se ha establecido una división en tres zonas, teniendo en cuenta sus características litológicas y geomorfológicas. La distribución geográfica de estas tres zonas se muestra en la Figura 2.2., y sus características se describen a continuación.

- Unidad geomorfológica del complejo rasa costera-rías, que se caracteriza por un relieve plano con una ligera pendiente hacia el mar, constituida por los aportes terrígenos-detríticos de edad cuaternaria, apoyados en los materiales paleozoicos de la Unidad del Manto de Mondoñedo.

- Unidad geomorfológica de relieve montañoso, caracterizada por un relieve acusado donde predominan los procesos erosivos de un substrato formado por materiales paleozoicos y precámbricos.

- Unidad geomorfológica de la altiplanicie de la "Terra Cha", consistente en una penillanura tallada en materiales precámbricos sobre los que existen depósitos terciarios y cuaternarios.

3.2. ZONA 1: UNIDAD GEOMORFOLÓGICA DE LA RASA COSTERA-RÍAS

3.2.1. Geomorfología

Esta Unidad corresponde al área situada entre la costa Cantábrica y la primera alineación montañosa de dirección E-W.

Este área, plana y de suave pendiente hacia el mar, recibe el nombre de rasa costera, la cual corresponde a una antigua plataforma de abrasión modelada por la acción erosiva marina, durante el final del Terciario, en donde la antigua línea de costa estaba situada en la primera alineación de montañas actuales, existentes al Sur de la rasa (sierras prelitorales). (Ver Foto 2.1.).

Desde finales del Terciario, hasta hace 30.000 años (máximo de la glaciación Würm), tienen lugar diversas circunstancias, que terminan en un levantamiento general del continente y retroceso importante de la costa. Por otro lado los fuertes procesos erosivos que sufre la Cordillera Cantábrica, dan lugar a unos aportes terrígenos-detríticos sobre la rasa costera que determinan una morfología semiplana en la zona próxima a los acantilados de la costa y de suave pendiente en conos de deyección a la salida de los barrancos intermontanos de la cordillera.

La variación de nivel del mar, conlleva el descenso del nivel de base de los ríos, provocando el encajamiento de éstos. Esta circunstancia es generalizada en toda la vertiente hidrológica norte, generando así, la activación de los procesos de ladera y su repercusión en el modelado del relieve.

El período interglacial subsiguiente al máximo de la glaciación Würm, conlleva la fusión de los hielos y el consiguiente ascenso del nivel del mar, retrotrayendo la línea de costa a la posición actual e invadiendo los valles fluviales, generando así, ambientes de estuario y ría (rías de Foz y Ribadeo).

Por último, los procesos geológicos actuales que caracterizan la geomorfología de esta Unidad, son provocados por cuatro agentes distintos:

- Agente marino

  Donde destacan las morfologías erosivas como plataformas de abrasión y acantilados y las morfologías de acumulación como playas, flechas litorales (desembocadura del río Masma) y rellenos de estuarios en las rías.

- Agente eólico

  Que fundamentalmente se manifiesta en los cinturones de dunas, que flanquean algunas playas (playa de Arealonga, Benquerencia) y la desembocadura del río Masma en la orilla opuesta a la localidad de Foz.

- Agente fluvial

  Que en esta Unidad geomorfológica se caracteriza por formas acumulativas de materiales terrígenos en forma de conos de deyección.

Agente gravitacional

  Que tiene lugar en los acantilados provocando desprendimientos, deslizamientos y desplomes y en las pendientes de la ladera norte de las sierras prelitorales en forma de coluviones, derrubios de ladera, canchales, etc.

Finalmente, como proceso generalizado en toda la Unidad, y en virtud de un clima muy húmedo y templado, se desarrollan formaciones eluviales y materiales de alteración que algunos casos alcanzan valores de 2-3 m de espesor.

3.2.2. Tectónica

La Zona 1 se encuentra en su totalidad en el alóctono del Manto de Mondoñedo, representada por las series detríticas del Cámbrico (Formaciones de Cuarcitas y Pizarras de Cándana y la Serie de los Cabos).

Estos materiales constituyen el substrato de la zona. En los afloramientos, estos materiales, se encuentran muy replegados con una esquistosidad o foliación tectónica S_1, bien desarrollada en los tramos pizarrosos.

El límite Sur de esta zona está marcado por la primera lineación montañosa, en donde se encuentra una estructura sinclinal correspondiente a la fase de deformación F_1 que en la Zona 2 tiene dirección N-S y que en las proximidades de la costa es plegada por la fase de deformación F_3 y adopta una dirección E-W, esta estructura es conocida por Sinclinal de Villaodrid.

Una segunda estructura, el Anticlinal del Eo, se encuentra inmediatamente al Este del Sinclinal de Villaodrid. Es una estructura originada por la fase de deformación F_1 con dirección N-S que según progresa hacia el Sur se desdobla en 2 ramas.

En la Zona 1, las fracturas son numerosas, siendo la más importante la de la ría del Eo. Esta falla tiene dirección N-S y lleva asociadas otras de menor rango subparalelas a ella, además de otras de carácter perpendicular.

En la línea de costa, en muchos casos, los acantilados están definidos por una red de fracturas conjugadas de direcciones NW-SE y NE-SW.

En esta zona es difícil hacer más estimaciones de tipo estructural, ya que casi todo el área está recubierta por depósitos cuaternarios propios de la rasa costera.

En la Figura 3.1., se muestra un corte esquemático representativo de la Zona 1.

3.2.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica, en la Zona 1, engloba materiales del alóctono del Manto de Mondoñedo, estando representado todo el Cámbrico y parte del Ordovícico, sobre los que se apoyan discordantes formaciones superficiales de edad Cuaternaria. Ver Figura 3.2.

3.2.4. Grupos litológicos

En este apartado se describen los aspectos litológicos, estructurales y geotécnicos de los grupos litológicos individualizados en la zona 1.

ALUVIAL, A, a

Se ha descrito en la Zona 2, por estar mejor y más ampliamente representado (Ver página 58).

DEPÓSITO MIXTO: COLUVIONAR Y ELUVIONAR, V3, v3

Se ha descrito en la Zona 3, por estar mejor y más ampliamente representado (Ver página 103).

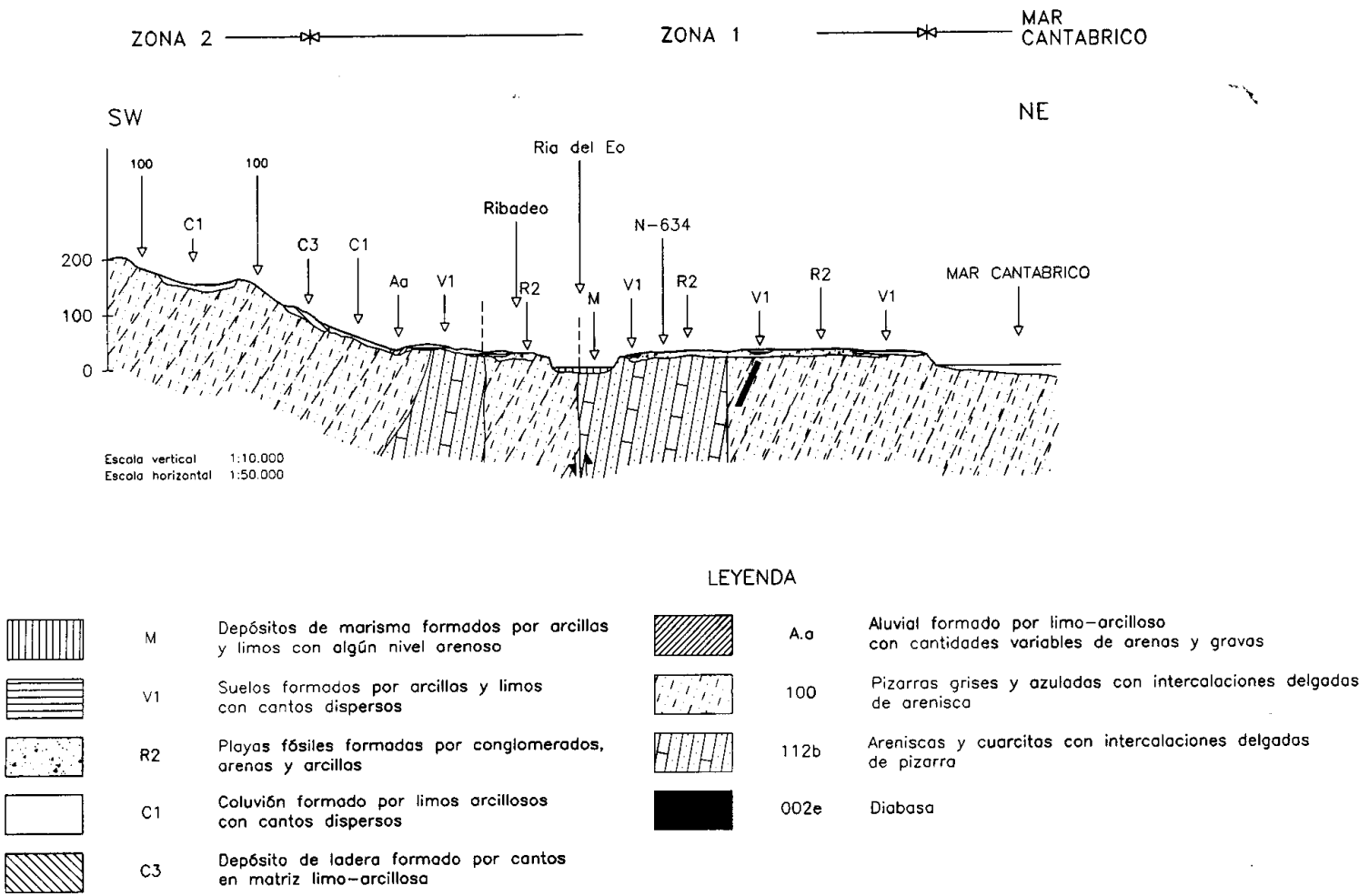
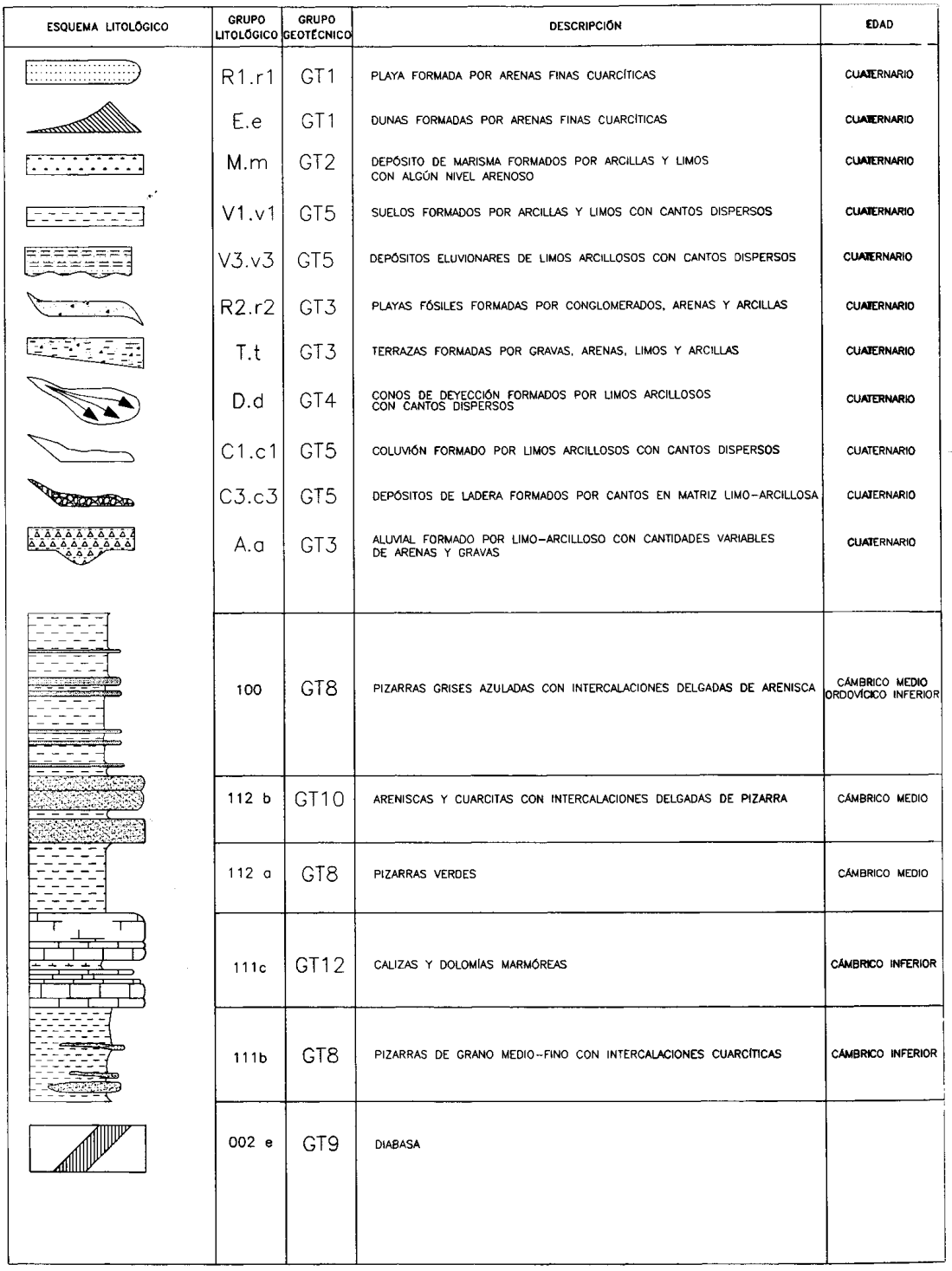


Figura 3.1. *Corte esquemático de la Zona 1.*



ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	R1.r1	GT1	PLAYA FORMADA POR ARENAS FINAS CUARCÍTICAS	CUATERNARIO
	E.e	GT1	DUNAS FORMADAS POR ARENAS FINAS CUARCÍTICAS	CUATERNARIO
	M.m	GT2	DEPÓSITO DE MARISMA FORMADOS POR ARCILLAS Y LIMOS CON ALGÚN NIVEL ARENOSO	CUATERNARIO
	V1.v1	GT5	SUELOS FORMADOS POR ARCILLAS Y LIMOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	V3.v3	GT5	DEPÓSITOS ELUVIONARES DE LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	R2.r2	GT3	PLAYAS FÓSILES FORMADAS POR CONGLOMERADOS, ARENAS Y ARCILLAS	CUATERNARIO
	T.t	GT3	TERRAZAS FORMADAS POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	CUATERNARIO
	D.d	GT4	CONOS DE DEYECCIÓN FORMADOS POR LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	C1.c1	GT5	COLUVIÓN FORMADO POR LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	C3.c3	GT5	DEPÓSITOS DE LADERA FORMADOS POR CANTOS EN MATRIZ LIMO-ARCILLOSA	CUATERNARIO
	A.a	GT3	ALUVIAL FORMADO POR LIMO-ARCILLOSO CON CANTIDADES VARIABLES DE ARENAS Y GRAVAS	CUATERNARIO
	100	GT8	PIZARRAS GRISES AZULADAS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE ARENISCA	CÁMBRICO MEDIO ORDOVÍCICO INFERIOR
	112 b	GT10	ARENISCAS Y CUARCITAS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE PIZARRA	CÁMBRICO MEDIO
	112 a	GT8	PIZARRAS VERDES	CÁMBRICO MEDIO
	111c	GT12	CALIZAS Y DOLOMÍAS MARMÓREAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111b	GT8	PIZARRAS DE GRANO MEDIO-FINO CON INTERCALACIONES CUARCÍTICAS	CÁMBRICO INFERIOR
	002 e	GT9	DIABASA	

Figura 3.2. *Columna estratigráfica de la Zona 1.*

PLAYA, R1, r1

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por arena muy fina, de color blanco y composición mayoritariamente cuarcítica. (Ver Foto 3.1.).



Foto 3.1. Aspecto del grupo litológico R1, r1

  No presenta ningún grado de cementación, está completamente suelta, y tiene una potencia variable según zonas entre 2 y 4 m.

- Estructura

  Presenta un grado de compactación muy bajo, y tiene una estructura interna de tipo cruzada planar y paralela ligeramente inclinada hacia el mar.

  Este grupo posee una estructura espacial en cordón.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de un suelo que presenta una permeabilidad alta por porosidad intergranular y por el bajo grado de compactación. Capacidad portante baja. Erosionabilidad alta. Excavable. Tiene buen drenaje interno por su alta permeabilidad.

  Pueden presentarse problemas geomorfológicos derivados de la dinámica litoral.

DUNAS, E,e

- Litología

  Están constituidas por arena muy fina, suelta, de color blanco y composición, mayoritariamente, cuarcítica. Se trata de la arena del grupo litológico anterior removida por la acción eólica. Presenta una potencia variable entre 2 y 4 m. (Ver Foto 3.2).



Foto 3.2. Aspecto del grupo litológico E,e

- Estructura

  Este depósito presenta un grado de compactación muy bajo, y una estructura interna, tipo estratificación cruzada planar, típica de cualquier duna. La distribución espacial es en cordón flanqueando los depósitos de playa.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de unos materiales que presenta permeabilidad alta por porosidad intergranular y por el bajo grado de compactación. Su capacidad portante es baja. Erosionabilidad alta y excavabilidad. Tiene un buen drenaje interno por su alta permeabilidad.

  Pueden presentarse problemas geomorfológicos debidos al origen eólico de estos depósitos arenosos.

MARISMAS, M,m

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por limos y arcillas de colores oscuros con altos contenidos de materia orgánica. Presentan intercalaciones de lentejones de arenas con morfología en barras de rápida variación lateral y vertical. (Ver Foto 3.3.).



Foto 3.3. Aspecto del grupo litológico M, m

En general el depósito está fuertemente bioturbado. Se presenta en las áreas de mezcla de agua dulce-salada, rellenando las rías.

- Estructura

La estructura es horizontal-tabular. Los materiales son desagregados, no compactados ni consolidados. Su estructura interna es en forma de lentejones con indentaciones de los distintos materiales.

La potencia de estos depósitos no se conoce, ya que no se ve la base, en cualquier caso se estima que su espesor es muy importante.

- Geotecnia

Desde el punto de vista geotécnico, se trata de un suelo saturado de capacidad portante baja a muy baja que puede dar lugar a asientos importantes. Su erosión potencial alta. Grupo litológico excavable.

Pueden presentarse problemas de tipo geomorfológico, derivados de la acción conjunta de la dinámica fluvial y litoral.

SUELOS, V1,v1

- Litología

Este grupo litológico está constituido por limos-arcillosos organizados en horizontes edáficos que engloban esporádicamente cantos subangulosos y heterométricos de diversas litologías. (Ver Foto 3.4.).



Foto 3.4. Aspecto del grupo litológico V1,v1

Por lo general, suele presentar 3 horizontes edáficos definidos: un primer horizonte vegetal seguido de otro con limos arcillosos negros, muy ricos en materia orgánica, al que le sigue otro de limos arcillosos rojizos de oxidación, que esporádicamente engloba algún canto del substrato rocoso, finalizando con un horizonte de roca alte-

rada de color amarillento. Estos depósitos no presentan gran cohesión, siendo susceptibles de disgregarse.

- Estructura

  La estructura del depósito es horizontal y tabular, donde se reconocen horizontes que no presentan internamente ningún ordenamiento, salvo en algunos casos, estructuras verticales pertenecientes a restos de raíces.

  El espesor es pequeño superando los 3,5 m en pocas ocasiones.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de un suelo que presenta permeabilidad baja con mal drenaje superficial y subterráneo, con problemas potenciales de encharcamiento. Tiene un grado bajo de compactación, capacidad portante baja, pueden dar lugar a asientos altos. Grupo excavable.

  En la parte superior de los taludes artificiales existentes, se observan problemas de estabilidad que presenta este grupo litológico, todos ellos derivados de la baja cohesión del depósito. Son suelos muy erosionables.

CONGLOMERADOS, ARENAS Y ARCILLAS, R2,r2

- Litología

  Este grupo litológico presenta predominio de conglomerados, arenas y arcillas, siendo los tamaños de arenas gruesas, los más frecuentes. (Ver Foto 3.5.).

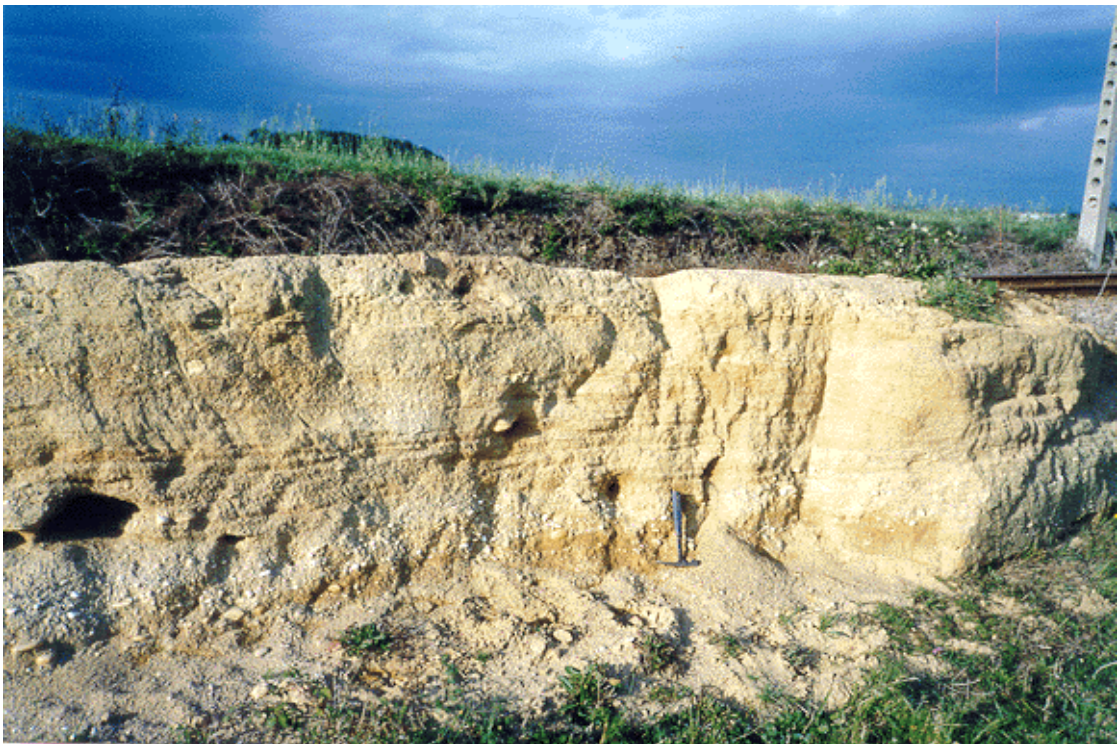


Foto 3.5. Aspecto del grupo litológico R2,r2

La litología consiste en gravas y arenas de grano grueso subredondeadas-redondeadas, homométricas con varios tamaños de grano (30-40 cm), (10-15 cm) y (3-4 cm). Presentan una matriz arenosa. La litología de los cantos es fundamentalmente cuarcítica, aunque a veces existen cantos pizarrosos e incluso calcáreos.

Otros depósitos correspondientes a este grupo litológico, presentan predominio de fracción arenosa, siendo esta desde muy fina, hasta tamaños correspondientes a microconglomerado. La composición es cuarcítica exclusivamente.

En la área Noroccidental de la Zona 1, en el Cuadrante 2 de la Hoja de Foz, este grupo litológico muestra un carácter más limo-arcilloso, englobando cantos de tamaños variables y también niveles arenosos. Los depósitos arcillosos son de color oscuro, ricos en materia orgánica y también de colores ocres-rojizos.

Los espesores son variables, entre 1-2 m, y 5-6 m, en algunos puntos al no verse la base pueden existir espesores mayores.

- Estructura

  La estructura es tabular-horizontal, con una ordenación interna con niveles horizontales, donde sólo se reconocen estructuras sedimentarias como cantos imbricados en los conglomerados y estratificación cruzada.

  El grado de consistencia del depósito es bajo, siendo fácil la disgregación de sus componentes.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de unos materiales que presentan una permeabilidad media en los tramos conglomeráticos y arenosos por porosidad intergranular y baja en los tramos limo-arcillosos. La capacidad portante es media, es un grupo excavable.

  La falta de cementación provoca, su fácil disgregación y una erosionabilidad potencial elevada, así, en los taludes artificiales observados en este grupo, son frecuentes las caídas de cantos. (Ver Foto 3.5.).

  El drenaje superficial no es bueno, ya que la topografía en estos depósitos suele ser plana, mientras que el drenaje subterráneo está restringido a los tramos conglomeráticos y arenosos, presentando una permeabilidad buena en estos tramos y baja en los tramos de los depósitos de materiales limo-arcillosos. No obstante es difícil que presente problemas de encharcamiento.

  Por último, estos materiales pueden resultar interesantes como yacimientos granulares de zahorras naturales y arenas.

TERRAZAS, T,t

- Litología

  En la Zona 1, las terrazas presentes corresponden a las del río Masma. Estas terrazas consisten en un conglomerado de cantos redondeados-subredondeados a subangulosos, en donde se reconocen dos tamaños, uno de 3-5 cm y otro de 10-20 cm. La composición es mayoritariamente cuarcítica-areniscosa, aunque también existen cantos pizarrosos-esquistosos. (Ver Foto 3.6.).



Foto 3.6. Aspecto del grupo litológico T, t

La fracción conglomerado representa aproximadamente un 50% del depósito. La matriz, está constituida por una fracción arenosa de naturaleza cuarcítica y algo arcilloso-limosa de colores oscuros y pardo-rojizos.

En general, estos materiales presentan abundancia de matriz, aunque en algunos niveles el bajo contenido en finos origina un depósito en donde son muy abundantes las gravas y arenas.

Los espesores varían entre 3 y 6 m.

- Estructura

Tienen una morfología tabular y horizontal, reconociéndose internamente, estructuras sedimentarias del tipo de cantos imbricados. El grado de compactación es intermedio.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico, se trata de unos materiales, con capacidad portante media y asientos admisibles poco deformables que darán lugar a asientos bajos.

  Este grupo litológico presenta una permeabilidad media por porosidad intergranular, con un drenaje superficial definido por la pendiente topográfica y un drenaje subterráneo de tipo medio.

  Son materiales excavables.

  Los taludes artificiales observados son de alturas bajas o medias y subverticales, presentando caídas de cantos.

  Finalmente, este grupo litológico puede ser interesante como yacimiento granular de zahorra natural.

CONOS DE DEYECCIÓN, D,d

- Litología

  Consiste en un depósito que contiene cantidades variables de gravas heterométricas, con formas angulosas y redondeadas, de naturaleza cuarcítica y pizarrosa, flotando en una abundante matriz areno-limo-arcillosa de color oscuro en zonas superficiales y ocre-rojiza en profundidad.

  Se han observado directamente espesores de 2 m pero nunca se ha visto la base. (Ver Foto 3.7.).

- Estructura

  Tiene una morfología espacial típica de cualquier cono de deyección, internamente no se observa ningún tipo de organización, ni de estructuras sedimentarias. Se disponen horizontalmente.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico, se trata de unos materiales, con capacidad portante baja y que pueden dar lugar a asientos medios o altos. Presenta una permeabilidad baja, al ser predominante la arcilla. El grado de consistencia es bajo y por tanto presenta una erosionabilidad potencial alta. El drenaje superficial en las zonas dístales del cono de deyección es deficiente, con riesgo de encharcamien-

tos; el drenaje subterráneo también, debido a la baja permeabilidad de los materiales.

No se han observado taludes, pero la baja consistencia de estos materiales recomienda taludes tendidos y de baja altura.

Se trata de un grupo litológico excavable.



Foto 3.7. Aspecto del grupo litológico D,d

COLUVIALES, C1,c1

- Litología

Este grupo litológico está constituido por un depósito de naturaleza limosa-arcillosa de colores ocres-pardos a veces rojizos, y oscuros en su zona superficial, por su contenido en materia orgánica. (Ver Foto 3.8.).

Este conjunto engloba una cantidad variable de cantos heterométricos observándose a veces dos tamaños (10-12 cm y 4-5 cm) siendo más numerosa la segunda. Estos cantos son angulosos a subangulosos y de naturaleza cuarcítica y pizarrosa.

- Estructura

En la Zona 1 estos depósitos están situados al pie del relieve, que por el Sur, limita la rasa costera. En conjunto, presenta una morfología en cuña-piedemonte.

Internamente, el depósito carece de ordenación, presentándose de forma masiva con cantos distribuidos caóticamente.

El espesor es difícil de estimar en algunos casos, habiéndose reconocido espesores de 2-3 m pero que podrían ser mayores en las cercanías de los relieves.



Foto 3.8. Aspecto del grupo litológico C1,c1

- Geotecnia

Desde el punto de vista geotécnico, se trata de unos materiales que presenta un grado de compactación bajo, con una capacidad portante baja.

El grupo presenta una permeabilidad baja, con un drenaje superficial deficiente, que puede provocar problemas de encharcamiento, y un drenaje subterráneo escaso, debido a la baja permeabilidad de los materiales arcillosos. El grupo litológico es excavable.

Respecto a la estabilidad de excavación en este grupo litológico, es lógico pensar, que será deficiente, porque, aunque no se ha observado ningún talud en ellos, el bajo grado de compactación debe provocar desprendimientos y una erosionabilidad alta, por lo que serán recomendables taludes bajos con paramentos muy tendidos.

DEPÓSITOS DE LADERA, C3,c3

- Litología

Este grupo litológico está constituido por un depósito de cantos, heterométricos y angulosos-subangulosos, englobados en una matriz areno-limo-arcillosa. (Ver Foto 3.9.).

La fracción conglomerado representa aproximadamente un 50% del depósito, con una granulometría distribuida en 2 tamaños (20-30 cm) y (6-8 cm), siendo más abundante la segunda y con un centíl de 35 cm.

La naturaleza de los cantos es variada, siendo fundamentalmente de cuarcita, arenisca y pizarra.

El 50% constituye la matriz con granulometrías de todos los tamaños. Siendo las fracciones limo y arcilla las más abundantes. Estos limos y arcillas tienen color pardo-amarillento, siendo oscuros en superficie debido al incremento de materia orgánica.

- Estructura

La morfología, en conjunto, es en forma de cuña al pie de un relieve. Internamente, se observan alineaciones de cantos paralelas e inclinadas favor de la pendiente topográfica.

En este grupo litológico se han podido observar espesores de 7 m, sin llegar a verse la base.

- Geotecnia

Desde el punto de vista geotécnico se trata de unos materiales, que presenta un grado de compactación medio, capacidad portante media a baja. El grupo presenta una permeabilidad media por porosidad intergranular. El drenaje superficial es eficaz, ya que este depósito se sitúa en la parte baja de las laderas de la zona montañosa.

El drenaje subterráneo no debe ser de gran magnitud, ya que la permeabilidad del grupo litológico debe verse rebajada por el alto porcentaje de finos. El grupo litológico es excavable.

Se ha observado un talud artificial de altura media (7 m) subvertical y con una berma intermedia, practicado para la construcción de un depósito de agua, en donde se presentan problemas de desprendimientos de cantos y pequeños derrumbes. La erosionabilidad potencial es alta, por la ausencia de cohesión del depósito.

A continuación, se enumeran los grupos litológicos que conforman el substrato rocoso de la Zona 1. Estos grupos litológicos serán descritos en la Zona 2, ya que, en la Zona 1 son escasos los afloramientos sin recubrimiento de formaciones superficiales.

PIZARRAS GRISES AZULADAS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE ARENISCAS	(100)
ARENISCAS Y CUARCITAS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE PIZARRA	(112 b)
PIZARRAS VERDES	(112 a)
CALIZAS, DOLOMÍAS MARMÓREAS	(111 c)
PIZARRAS DE GRANO MEDIO FINO CON INTERCALACIONES CUARCÍTICAS	(111 b)
DIABASA	(002 e)



Foto 3.9. Aspecto del grupo litológico C3, c3

3.2.5. Grupos geotécnicos

Los grupos litológicos definidos en el apartado 3.1.4., han sido agrupados en diferentes grupos geotécnicos (GT), atendiendo a características geotécnicas comunes.

Los grupos geotécnicos definidos en esta Zona 1 son los siguientes:

- Grupo geotécnico GT1

  En la Zona 1, este grupo geotécnico comprende los grupos litológicos R1, r1 y E, e. Grupo formado por arenas cuarcíticas blancas, sueltas, de grano muy fino. Los materiales que componen este grupo geotécnico son suelos con un grado de compactación muy bajo, con capacidad portante muy baja, que pueden dar lugar a asientos elevados. Son materiales excavables y muy erosionables. Permeabilidad alta, con alto grado de infiltración y drenaje subterráneo elevado. Presentan problemas geomorfológicos derivados de la dinámica litoral y eólica.

- Grupo geotécnico GT2

  En la Zona 1, este grupo geotécnico comprende el grupo litológico M, m. Grupo formado por arcillas, limos, arenas y niveles de cantos. Los materiales que componen este grupo geotécnico no se encuentran cementados, y presentan bajo grado de compactación, con capacidad portante baja, lo que puede dar lugar a asientos altos. Son materiales excavables, muy erosionables, con una permeabilidad de baja a muy baja. Su drenaje superficial es muy pobre (ver Foto 3.10) y el drenaje subterráneo es escaso, con frecuentes zonas de encharcamiento y problemas derivados del contenido en arcillas.

  Los taludes realizados en los materiales de la Zona 1 incluidos en este grupo geotécnico, deberían de ser tendidos, deben preverse medidas protectoras contra la erosión y escolleras para sujeción de desprendimientos y movimientos en masa.



Foto 3.10. *Apoyo de la Carretera N-640, entre Ribadeo-Vegadeo sobre el grupo M,m, obsérvese el deficiente drenaje superficial*

- Grupo Geotécnico GT-3:

  En la Zona 1 este Grupo Geotécnico comprende los grupos litológicos R2,r2, T,t y A,a.

Grupo formado por conglomerados, arenas y arcillas. El grado de compactación es de tipo medio-bajo. Capacidad portante de media a baja, se pueden producir asientos medios. Excavables, con un grado moderado de erosionabilidad.

Permeabilidad aceptable, con un drenaje superficial suficiente por infiltración y un drenaje subterráneo medio.

En este tipo de materiales se recomiendan taludes con pendientes 3H:2V donde serán necesarias medidas protectoras contra la erosión que eviten las caídas de cantos.

Los materiales pertenecientes a este grupo geotécnico pueden resultar de interés como yacimientos granulares de zahorra natural y arenas.

- Grupo geotécnico GT4

En la Zona 1, este grupo geotécnico comprende el grupo litológico, D, d. Grupo formado por limos arcillosos englobando cantidades variables de cantos angulosos de naturaleza cuarcítica y pizarrosa.

Son materiales con un grado de compactación bajo. Capacidad portante baja, pueden dar origen a asientos medios a altos. Excavables y susceptibles de erosión por escorrentía. Su permeabilidad es baja, drenaje superficial aceptable y drenaje subterráneo pobre. Se recomienda taludes bajos y tendidos.

Los materiales pertenecientes a este grupo geotécnico pueden ser interesantes como materiales de préstamos.

- Grupo geotécnico GT5

En la Zona 1, este grupo geotécnico comprende los grupos litológicos C3, c3, C1,c1, V1, v1 y V3, v3.

Grupo formado por conglomerados heterométricos y angulosos englobados en una matriz areno-limosa-arcillosa.

Son materiales con un grado de compactación bajo. Muy erosionables. Capacidad portante media a baja con posibles asientos diferenciales. Excavables y con permeabilidad media. Drenaje superficial eficaz y drenaje subterráneo medio.

Los taludes practicados en estos materiales presentan problemas de estabilidad, debidos a la poca compactación y la erosionabilidad, que se manifiestan en caídas de bloques y derrumbes, por lo que se recomiendan taludes bajos, con inclinaciones suaves.

3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

De la naturaleza de los grupos litológicos presentes en esta Zona 1 se derivan los problemas geotécnicos que pueden presentarse. Así, el carácter de suelos poco compactos de estos grupos litológicos determina su capacidad portante y la potencialidad de asientos.

El bajo grado de compactación característico provoca riesgo de erosionabilidad elevado.

También son características de algunos grupos litológicos, la baja permeabilidad y el pobre drenaje superficial que ocasiona problemas de encharcamiento.

Como aspecto más problemático está la estabilidad de los depósitos gravitacionales, representados en esta zona por los grupos litológicos C3, c3; C1, c1 y D, d. Los trabajos de desmonte que pudieran afectar a estos grupos, podrían reactivar los procesos gravitacionales y originar inestabilidades importantes.

3.3. ZONA 2: ÁREA MONTAÑOSA

3.3.1. Geomorfología

Esta unidad comprende la zona situada entre la plataforma costera y el comienzo de la altiplanicie de la "Terra Cha".

Esta zona forma parte de las sierras litorales, con profundos y estrechos valles, que provocan grandes pendientes en las vertientes.

La geomorfología actual es el resultado de los procesos geológicos (erosivos, transporte, acumulación) que han actuado sobre el relieve generado en materiales del Paleozoico Inferior durante la Orogenia Alpina.

Los distintos eventos geológicos que han tenido lugar en la zona, que podrían resumirse en, levantamiento orogénico, levantamientos isostáticos (regulados por líneas preferenciales de fractura) y variaciones eustáticas, han tenido como respuesta inmediata la activación de los procesos geológicos erosivos responsables del aspecto actual de la zona.

Por ello, los ríos que drenan la zona, han tendido a alcanzar el perfil de equilibrio, encajándose en el macizo rocoso, característica común de la mayor parte de los tramos fluviales.

También como consecuencia de esto mismo, la capacidad de erosión remontante, es mayor y existen ejemplos e indicios claros de capturas y de valles que ganan terreno a sus divisorias (por ejemplo el Valle de Mondoñedo sobre la "Terra Cha").

En orden de importancia, el segundo proceso geológico modelador del relieve, son los procesos de ladera, que se activan como consecuencia del encajamiento fluvial, debido a la tendencia natural de las vertientes por alcanzar su perfil de equilibrio.

En esta área, en función de la litología, el desarrollo de suelos, la cubierta vegetal y por la pendiente, son relativamente frecuentes los deslizamientos de ladera, cicatrices de despegue, procesos de reptación (Creep), coluviones y flujos en general.

El poder erosivo de estos procesos puede llegar a ser importante, poniendo en movimiento grandes masas de materiales, el transporte suele ser de corto recorrido, aunque puede darse de forma súbita o gradual y la acumulación de masa transportada tiene lugar en el fondo de los valles.

Los procesos periglaciares son más escasos, ya que las altitudes de la unidad son moderadas, pero se reconocen procesos de gelifracción en litologías cuarcíticas que junto con los procesos gravitacionales originan canchales, derrubios de ladera y campos de bloques como los cartografiados en el Cerro Móndigo (560 m.), del Cuadrante 3 de la Hoja de Ribadeo, en las inmediaciones del Pico San Fernando (511 m.) del Cuadrante 4 de la Hoja de Vegadeo y algunos otros puntos dispersos.

En el contexto de esta unidad geomorfológica podrían resaltarse dos morfologías características. En 1er lugar una subunidad constituida por los plutones graníticos de la Togiza y Monseibán, situados en la práctica totalidad del Cuadrante 4 de la Hoja (24) de Mondoñedo, y en parte del Cuadrante 2 de la Hoja (23) de Puentes de García Rodríguez, donde el modelado está marcado por la naturaleza litológica, siendo sus señas de identidad, un relieve pronunciado con las altitudes mayores del Tramo, morfología en domos sobreimpuestos por las diaclasas de descomprensión de los granitos, berrocales graníticos generados por la red de diaclasado y zonas deprimidas con mal drenaje, donde se acumulan depósitos de alteración de los granitos (Jabres).

En segundo lugar, los valles fluviales anchos de Mondoñedo y Lorenzana, en donde la dinámica fluvial es predominantemente de tipo deposicional, con desarrollo de terrazas, llanuras de inundación y abanicos aluviales.

Finalmente, se reconoce una relación directa entre las principales direcciones estructurales de la Cordillera Cantábrica en este área y las trayectorias N-S que adquieren los principales cauces fluviales.

3.3.2. Tectónica

La Zona 2 está incluida en su mayor parte en el dominio del Manto de Mondoñedo, estando la parte Suroeste de la Zona incluida en el dominio del "Ollo de Sapo".

En el dominio del Manto de Mondoñedo, las principales estructuras corresponden a las originadas por las distintas fases de plegamiento F_1, F_2 y F_3.

Los principales pliegues formados por la Fase 1 son, de Este a Oeste, el anticlinal de la Espina, el anticlinal del Eo, el sinclinal de Villaodrid, el anticlinal de Villamea y el sinclinal de Rececende, todos ellos de dirección N-S, plano axial vergente al Este e isoclinales.

La Fase 2 responsable de los cabalgamientos en la Cordillera Cantábrica está presente en esta zona, Hoja (23) de Puentes de García Rodríguez, donde aflora el cabalgamiento basal del manto de Mondoñedo, superponiendo el alóctono de dicho cabalgamiento sobre el autóctono, el cual está representado por las cuarcitas cámbricas de la semiventana tectónica de Gistral.

Respecto a los pliegues de la Fase 3, el más importante y que abarca gran parte de la Hoja (24) de Mondoñedo, es el gran pliegue tumbado de Mondoñedo, responsable de la aparición de falsas estructuras con flancos invertidos al abombar los pliegues de la primera fase F_1. Esta gran estructura se halla cortada por la intrusión granítica de la Togiza.

En el dominio del "Ollo de Sapo", los materiales presentes en el Tramo, corresponden al flanco Este de una estructura anticlinal, que con dirección N-S configura el anticlinorio del "Ollo de Sapo". Esta estructura está limitada por las fallas de Valdoviño (al Oeste) y Vivero (al Este), en su núcleo se encuentra intruido el batolito granítico de Guitiriz y los materiales del Paleozoico Inferior que lo rodean. Se presentan con buzamientos verticales y direcciones N-S, observándose una suave inflexión de todo el conjunto hacia el Oeste para luego recobrar de nuevo la dirección N-S.

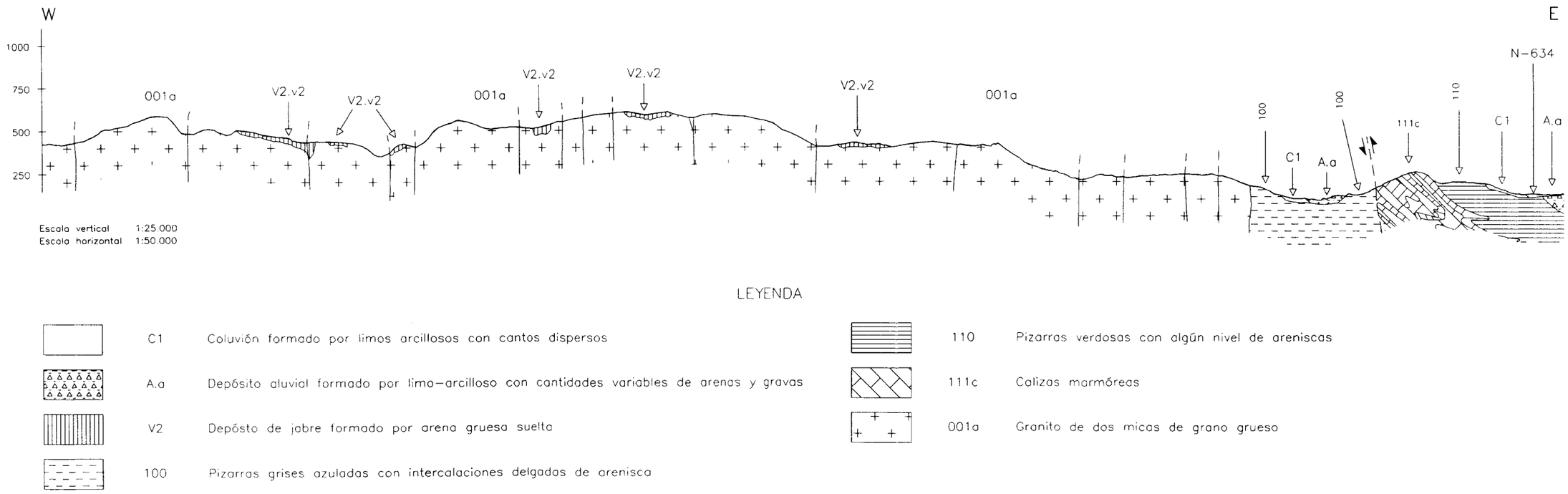


Figura 3.3. *Corte esquemático de la Zona 2.*

La falla de Vivero es el accidente tectónico más destacable en este dominio. Se trata de una falla normal regional de dirección N-S y buzamiento 50°-70° hacia el W.

Esta falla provoca, en el labio oriental una banda de deformación de 1 a 3 Km., muy intensa, que da lugar a la esquistosidad de crenulación y milonitas, mientras que, en el labio occidental la deformación es más débil.

Un corte esquemático del área se muestra en la Figura 3.3.

3.3.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica, de la Zona 2, engloba materiales del Manto de Mondoñedo (alóctono y autóctono) y materiales del dominio del "Ollo de Sapo", sobre las cuales se apoyan discordantes materiales de edad Cuaternaria. En las Figuras 3.4 y 3.5 se representan las columnas estratigráficas de ambos dominios.

3.3.4. Grupos litológicos

En este apartado se describen los aspectos litológicos, estructurales y geotécnicos de los grupos litológicos cartografiados en la Zona 2.

En primer lugar se describen los grupos litológicos de edad Cuaternaria, comunes al dominio del "Ollo de Sapo" y al dominio del manto de Mondoñedo. Posteriormente, se describirán los grupos litológicos propios de ambos dominios geológico-estructurales.

CONOS DE DEYECCIÓN, D,d

Está descrito en la Zona 1, por estar más y mejor representado. Apartado 3.2.4..

COLUVIALES, C1,c1

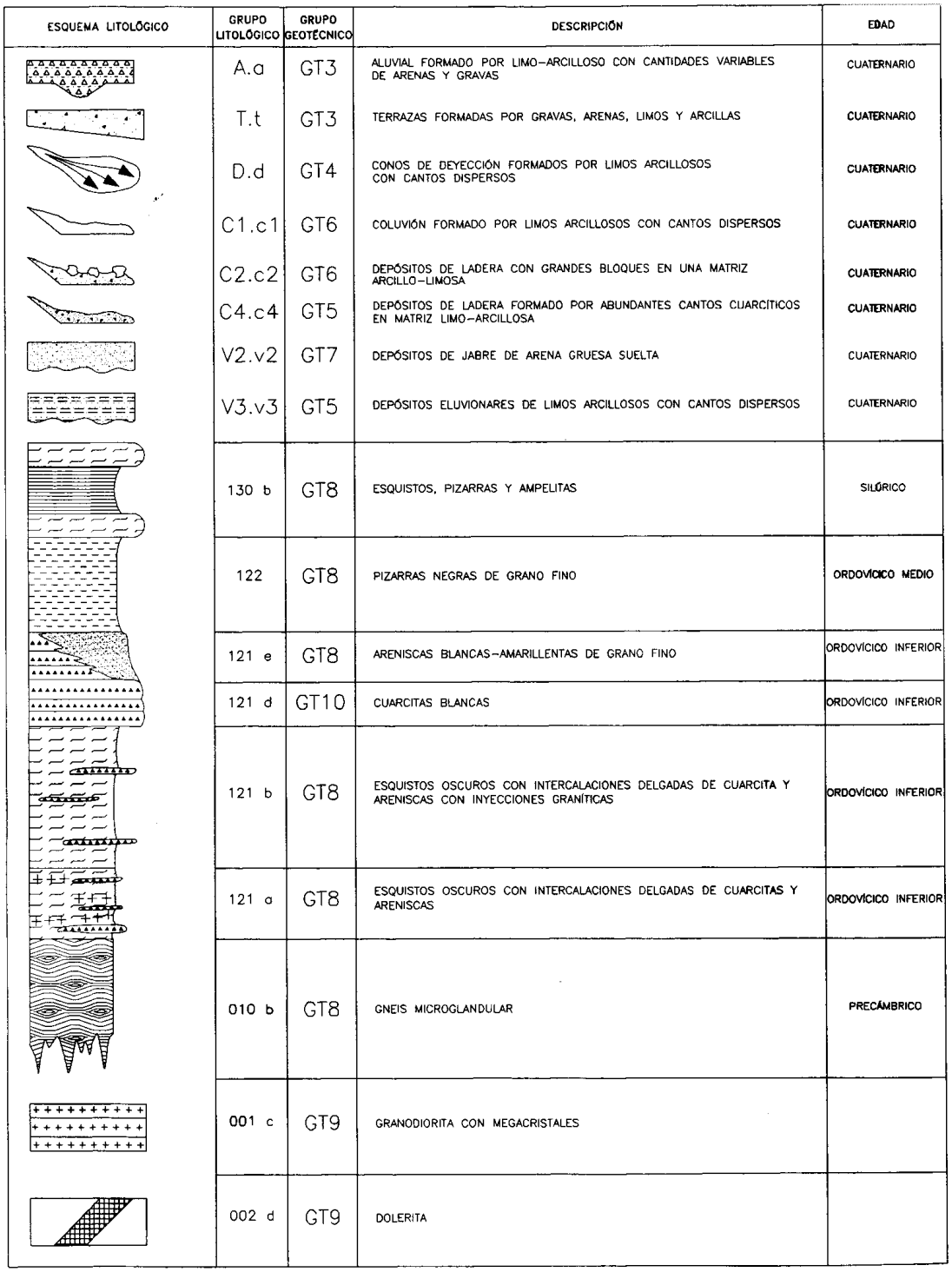
Está descrito en la Zona 1, por estar más y mejor representado. Apartado 3.2.4..

TERRAZAS, T,t

Está descrito en la Zona 1, por estar más y mejor representado. Apartado 3.2.4..

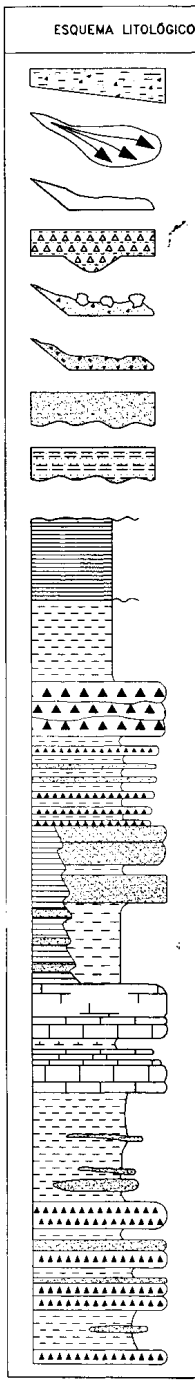
DEPÓSITO MIXTO: COLUVIONAR Y ELUVIONAR, V3,v3

Está descrito en la Zona 3, por estar más y mejor representado en la página 103.



ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	A.a	GT3	ALUVIAL FORMADO POR LIMO–ARCILLOSO CON CANTIDADES VARIABLES DE ARENAS Y GRAVAS	CUATERNARIO
	T.t	GT3	TERRAZAS FORMADAS POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	CUATERNARIO
	D.d	GT4	CONOS DE DEYECCIÓN FORMADOS POR LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	C1.c1	GT6	COLUVIÓN FORMADO POR LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	C2.c2	GT6	DEPÓSITOS DE LADERA CON GRANDES BLOQUES EN UNA MATRIZ ARCILLO–LIMOSA	CUATERNARIO
	C4.c4	GT5	DEPÓSITOS DE LADERA FORMADO POR ABUNDANTES CANTOS CUARCÍTICOS EN MATRIZ LIMO–ARCILLOSA	CUATERNARIO
	V2.v2	GT7	DEPÓSITOS DE JABRE DE ARENA GRUESA SUELTA	CUATERNARIO
	V3.v3	GT5	DEPÓSITOS ELUVIONARES DE LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	130 b	GT8	ESQUISTOS, PIZARRAS Y AMPELITAS	SILÚRICO
	122	GT8	PIZARRAS NEGRAS DE GRANO FINO	ORDOVÍCICO MEDIO
	121 e	GT8	ARENISCAS BLANCAS–AMARILLENTAS DE GRANO FINO	ORDOVÍCICO INFERIOR
	121 d	GT10	CUARCITAS BLANCAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
	121 b	GT8	ESQUISTOS OSCUROS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE CUARCITA Y ARENISCAS CON INYECCIONES GRANÍTICAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
	121 a	GT8	ESQUISTOS OSCUROS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE CUARCITAS Y ARENISCAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
	010 b	GT8	GNEIS MICROGLANDULAR	PRECÁMBRICO
	001 c	GT9	GRANODIORITA CON MEGACRISTALES	
	002 d	GT9	DOLERITA	

Figura 3.4. *Columna estratigráfica del dominio del "Ollo de Sapo", en la Zona 2.*



GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
T.t	GT3	TERRAZAS FORMADAS POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	CUATERNARIO
D.d	GT4	CONOS DE DEYECCIÓN FORMADOS POR LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
C1.c1	GT5	COLUVIÓN FORMADO POR LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
A.a	GT3	ALUVIAL FORMADO POR LIMO-ARCILLOSO CON CANTIDADES VARIABLES DE ARENAS Y GRAVAS	CUATERNARIO
C2.c2	GT6	DEPÓSITOS DE LADERA CON GRANDES BLOQUES EN UNA MATRIZ ARCILLO-LIMOSA	CUATERNARIO
C4.c4	GT5	DEPÓSITOS DE LADERA CON ABUNDANTES CANTOS CUARCÍTITICOS EN MATRIZ LIMO-ARCILLOSA	CUATERNARIO
V2.v2	GT7	DEPÓSITOS DE JABRE DE ARENA GRUESA SUELTA	CUATERNARIO
V3.v3	GT5	DEPÓSITOS ELUVIONARES DE LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
130 a	GT8	PIZARRAS NEGRAS Y AMPELITAS	SILÚRICO
122	GT8	PIZARRAS NEGRAS DE GRANO FINO CON CRISTALES DE PIRITA	ORDOVÍCICO MEDIO
121 d	GT10	CUARCITAS BLANCAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
121 c	GT11	ALTERNANCIA DE CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
112 b	GT10	ARENISCAS Y CUARCITAS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE PIZARRA	CÁMBRICO MEDIO
112 a	GT8	PIZARRAS VERDES	CÁMBRICO MEDIO
110	GT8	PIZARRAS VERDOSAS CON ALGÚN NIVEL DE ARENISCAS	CÁMBRICO MEDIO-SUPERIOR
111c	GT12	CALIZAS Y DOLOMÍAS MARMÓREAS	CÁMBRICO INFERIOR
111b	GT8	PIZARRAS DE GRANO MEDIO-FINO CON INTERCALACIONES CUARCÍTICAS	CÁMBRICO INFERIOR
111a	GT10	CUARCITAS Y ARENISCAS CON INTERCALACIONES PIZARROSAS	CÁMBRICO INFERIOR
111b	GT8	PIZARRAS DE GRANO MEDIO-FINO CON INTERCALACIONES CUARCÍTICAS	CÁMBRICO INFERIOR
111a	GT10	CUARCITAS BLANCAS	CÁMBRICO INFERIOR

Figura 3.5. *Columna estratigráfica del dominio del Manto de Mondoñedo, en la Zona 2.*

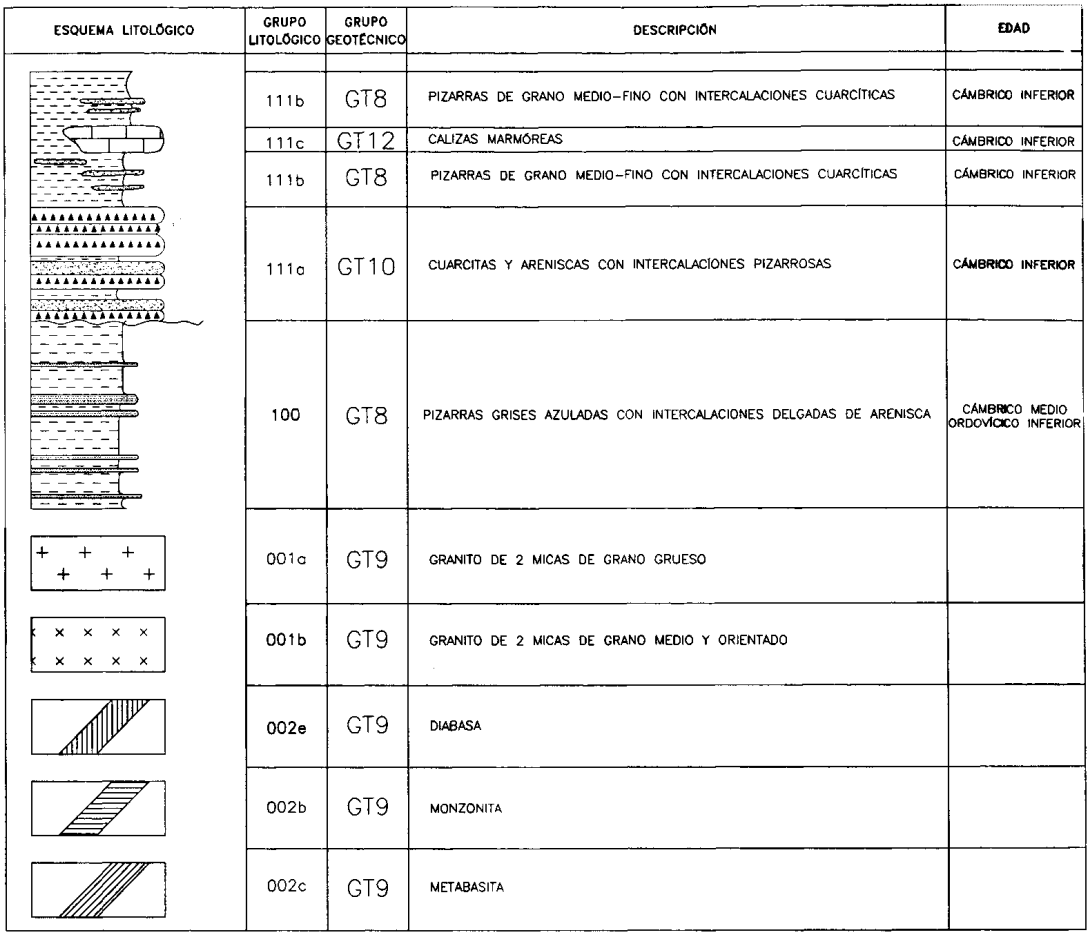


Figura 3.5. *Columna estratigráfica del dominio del Manto de Mondoñedo, en la Zona 2 (continuación).*

ALUVIAL, A,a

- Litología

  Depósito fluvial consistente en limos-arcillosos englobando cantidades variables de gravas y arenas. Las gravas son homométricas y subredondeadas y fundamentalmente de naturaleza cuarcítica, aunque también existen de naturaleza pizarrosa. La fracción arenosa es fundamentalmente cuarcítica. (Ver Foto 3.11.).



Foto 3.11. Aspecto en campo de la zona de transición entre los depósitos aluviales (A,a) y de Marisma (M,m)

- Estructura

  Tienen una morfología, en conjunto, de relleno de valle con una ordenación interna variable, presentándose a veces de manera masiva-caótica y otras con morfología de barras arenosas y de gravas con estructuras tipo imbricación de cantos, estratificaciones cruzadas, etc.

  La potencia es difícil de estimar, pero en muchos casos será superior a 3,5 m.

- Geotecnia

  Los materiales aluviales de este grupo litológico presentan un grado de compactación bajo, con una capacidad portante baja, con posibilidad de dar lugar a asientos diferenciales altos.

  El grupo presenta una permeabilidad media en las facies de canal (arenas, gravas) y bajas en las facies de llanura de inundación (arcillas, limos). En cualquier caso la permeabilidad depende de la porosidad intergranular y del nivel del río.

  El drenaje superficial, al corresponder topográficamente a zonas llanas de las vegas de los ríos, es deficiente, con problemas de encharcamiento. El grupo litológico es excavable.

  No se han observado taludes artificiales, ni naturales, en este grupo litológico. Es posible la aparición de problemas de asientos diferenciales en el apoyo de estructuras, por la irregular distribución interna de sus componentes.

DEPÓSITOS DE LADERA, C2,c2

- Litología

  Depósito de gravedad constituido por grandes bloques de tamaño métrico de naturaleza cuarcítica, desprendidos del grupo litológico (121 d), heterométricos y angulosos, englobados en una matriz de naturaleza cuarcítica y pizarrosa, donde pueden reconocerse todos los tamaños posibles. (Ver Foto 3.12.).



Foto 3.12. Aspecto del grupo litológico C2, c2

- Estructura

  En la Zona 2, este grupo litológico está situado al pie de fuertes relieves, de naturaleza cuarcítica, mostrando una morfología en cuña de pie de monte. Es un depósito caótico, sin ordenación interna ninguna, presentando espesores variables entre 3-6 m.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico, se puede considerar a este grupo litológico como un suelo, donde habrá que considerar a los bloques de mayor tamaño, 3-4 m, como elementos rocosos potencialmente peligrosos.

  El grado de compactación es bajo e irregular. Son materiales excavables.

  La permeabilidad del grupo es media, debido a porosidad intergranular. El drenaje superficial es eficaz ya que el grupo litológico se emplaza en zonas de fuerte pendiente.

  El drenaje subterráneo es importante, estos materiales presentan una permeabilidad elevada, que conlleva descargas al pie de los depósitos, a modo de manantia-

les. En el caso del depósito de ladera al pie del Monte de San Fernando, en el Cuadrante 4 de la Hoja de Vegadeo, se han estimado del orden de 2-3 l/s en verano y 20-30 l/s en invierno.

Los taludes naturales en este grupo litológico corresponden con pendientes de ladera con inclinaciones del orden de 35°, mientras que taludes artificiales sólo se ha observado uno de 1-2 m de altura y subvertical.

Los problemas geotécnicos que pueden presentar los taludes practicados en este grupo son, caída de cantos y deslizamientos en masa, favorecidos por la existencia de circulación de aguas subterráneas.

Es especialmente recomendable no descalzar la base de estos depósitos, para evitar la puesta en movimiento de los grandes bloques que los forman o de todo el conjunto.

DEPÓSITOS DE LADERA AL PIE DE CUARCITA ARMORICANA, C4,c4

- Litología

Este grupo litológico consiste en un depósito de cantos cuarcíticos muy abundantes, heterométricos y angulosos-subangulosos, englobados en una matriz limo-arcillosa de color ocre. Los tamaños más frecuentes son aproximadamente 10 cm, existiendo cantos de hasta 50 cm. (Ver Foto 3-13.).

- Estructura

Tiene una morfología de cuña-pie de monte, a favor del relieve de las cuarcitas armoricanas del dominio del "Ollo de Sapo".

Son depósitos de materiales disgregados y acumulados de forma caótica a lo largo de las laderas.

Presenta un espesor observado de 4 m, pudiendo ser mayor.



Foto 3.13. Aspecto del grupo litológico C4, c4

- Geotecnia

Desde el punto de vista geotécnico se trata de unos materiales con un grado de compactación bajo con capacidad portante media. Este grupo litológico es excavable.

La permeabilidad es de tipo medio por porosidad intergranular, siendo el drenaje superficial eficaz, debido al grado de inclinación de las laderas.

El drenaje subterráneo es alto, ya que la permeabilidad es elevada; se han observado filtraciones y rezumes al pie de estos depósitos.

Los taludes artificiales observados presentan problemas de estabilidad con caída de cantos y pequeños desprendimientos. Es recomendable no descalzar la base de este tipo de depósitos para evitar deslizamientos de mayor magnitud.

JABRE, V2,v2

- Litología

  Este grupo litológico es un depósito "in situ", resultante de la alteración de los granitos, formado por una arena gruesa, que a veces pueden ser mayores de 2 mm, heterométricas y angulosas, donde la composición es fundamentalmente cuarzo y feldespato, existiendo también granos de micas. (Ver Foto 3.14.).



Foto 3.14. Aspecto del grupo litológico V2, v2

- Estructura

  Tiene una morfología diversa, rellenando zonas de alteración, internamente, no presenta ninguna ordenación y el espesor es muy variable, entre algunos metros 1-2 m, hasta 17 m, detectados en un sondeo. Normalmente los mayores espesores están asociados a zonas de fractura que han sufrido importantes procesos de alteración.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de unos materiales, con capacidad portante media, que dará lugar a asientos admisibles en función de la obra a soportar, en general el grado de compactación es medio.

  Son materiales excavables. Su permeabilidad es media por porosidad intergranular, siendo este grupo litológico el principal acuífero en las zonas graníticas.

  Aunque las zonas de jabre son de topografía llana, no existen problemas de encharcamiento, ya que el porcentaje de infiltración es elevado. El drenaje subterráneo también es elevado, a través de las diaclasas y fracturas.

  No se han observado taludes naturales, ni artificiales en este grupo litológico, pero la falta de compactación hace recomendable taludes bajos y tendidos, ya que el depósito es de fácil disgregación ante la erosión.

  Estos materiales pueden ser objeto de explotación como materiales de préstamos.

DOMINIO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL "OLLO DE SAPO"

ESQUISTOS, PIZARRAS Y AMPELITAS, (130b)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por esquistos pelíticos de color oscuro, micáceos, con altos contenidos en grafito y minerales metamórficos como cloritoide. Estos esquistos, que son de gran dureza, dando resaltes topográficos, alternan con paquetes de pizarras de grano fino de color oscuro y ampelitas negras de grano fino.

- Estructura

  El grupo litológico presenta un espesor mínimo de 1.000 m, no pudiéndose ver el techo por estar afectado por la Falla de Vivero.

  Los afloramientos de esta formación aparecen con una dirección aproximada N-S y un buzamiento vertical, con gran desarrollo de esquistosidad S1, de dirección N-S y buzamiento subvertical. Estos materiales presentan un índice de fracturación muy elevado.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de una roca, con capacidad portante media en la zona alterada y alta en profundidad. El grupo presenta ripabilidad marginal en esquistos y ripable en las pizarras.

  Su permeabilidad es baja y esta se realiza a través de las fracturas. El drenaje superficial es eficaz y el drenaje subterráneo escaso, solamente localizado en zonas superficiales muy fracturadas.

  Los taludes artificiales observados son bajos (2-3 m) y subverticales, presentando en algunos casos problemas de caídas de lajas y pequeñas cuñas.

  Teniendo en cuenta el alto índice de fracturación, y el gran desarrollo de planos de esquistosidad S1, el riesgo de deslizamientos a favor de las discontinuidades es elevado. Cuando la dirección de la formación coincida con la de la calzada y el buzamiento hacia el eje de la misma, la inclinación máxima de los taludes deberá ser la inclinación de los planos de estratificación.

PIZARRAS NEGRAS DE GRANO FINO, (122)

- Litología

  Grupo litológico constituido por pizarras negras de grano muy fino, que esporádicamente contienen cristales de pirita. Todo el grupo litológico se encuentra internamente fracturado en grandes cuñas y lajas. Este grupo litológico es conocido en la literatura por Pizarras de Luarca. (Ver Foto 3.15.).



Foto 3.15. Aspecto del grupo litológico (122)

- Estructura

  Estos materiales se presentan con dirección aproximada N-S y buzamiento vertical-subvertical, con una esquistosidad S1 y fracturación muy apretada de dirección aproximada N-S y buzamiento subvertical (a veces invertido). El índice de fracturación es elevado.

- Geotecnia

  Bajo el punto de vista geotécnico, se trata de una roca, con capacidad portante media a alta. El grupo presenta ripabilidad marginal a ripable. Su permeabilidad es baja a través de las fracturas, con un drenaje superficial eficaz. Los taludes artificiales observados en este grupo litológico son bajos y subverticales, presentando caídas de lajas pizarrosas.

  Los desmontes en estos materiales deberían evitar grandes alturas con parámetros de pendientes fuertes, ya que en las condiciones más desfavorables de dirección y buzamiento de esquistosidad (S1), el índice de fracturación es elevado y el riesgo de deslizamientos a favor de los planos de las discontinuidades es grande.

ARENISCAS BLANCAS-AMARILLENTAS DE GRANO FINO, (121e)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por areniscas de grano fino, de naturaleza cuarcítica, con un cemento silíceo y feldespático. Tiene color blanco-amarillento. En superficie afloran con un grado de alteración importante. (Ver Foto 3.16.).



Foto 3.16. Aspecto del grupo litológico (121e)

Este grupo litológico se encuentra a techo del grupo litológico (121d), presentando una potencia variable e incluso desapareciendo por cambio lateral de facies con el grupo litológico (121d).

- Estructura

  El espesor puede estimarse en aproximadamente 40-50 m, estando el grupo litológico afectado por replegamiento de Fase 3, como el grupo litológico 121d. Tiene una dirección aproximada N-S y buzamiento vertical-subvertical. No se han observado estructuras internas.

- Geotecnia

  Se trata de una roca, con capacidad portante media-alta. Ripable en superficie debido a su alteración. El proceso de alteración disminuye en profundidad, por lo que se pasa a ripabilidad marginal.

  El grupo presenta una permeabilidad baja, debida a la escasa porosidad intergranular y a la fracturación. El drenaje superficial es bueno debido a las pendientes topográficas de las laderas.

  No se han observado taludes artificiales de importancia. En futuros proyectos de desmonte deberá tenerse en cuenta la alteración y fracturación de los materiales.

CUARCITAS BLANCAS, (121d)

- Litología

  El grupo litológico está constituido por cuarcitas blancas, a veces amarillentas, muy recristalizadas, con intercalaciones de niveles pizarroso-esquistoso de poco espesor. La dureza de este material permite su reconocimiento con facilidad en el campo, ya que genera crestones de fácil identificación.

  La cuarcita se presenta en bancos más o menos potentes de 2 m aproximadamente. (Ver Foto 3.17.).



Foto 3.17. Aspecto del grupo litológico (121d)

Este grupo litológico es conocido en la literatura por Cuarcita Armoricana.

- Estructura

Presenta una dirección aproximada N-S con buzamientos verticales-subverticales, no reconociéndose con facilidad la esquistosidad S1, aunque si se reconoce los efectos de la 3ª fase de deformación, ya que este grupo litológico, se encuentra replegado por anticlinales y sinclinales apretados de dirección N-S y flancos muy verticalizados.

Las cuarcitas de este grupo litológico presentan internamente laminación paralela y estratificación cruzada planar. El espesor de la serie se cifra entre 100 y 120 m.

- Geotecnia

Desde el punto de vista geotécnico este grupo litológico es considerado como una roca, con capacidad portante alta y no ripable, siendo necesario explosivos para su disgregación.

Estos materiales presentan en general un índice de fracturación elevado, existiendo zonas de intensa fracturación, habiéndose estimado fracturas con direcciones va-

riables y espaciados de fractura cada 20 cm - 30 cm. Por lo general, es común índices de fracturación de 1 fractura cada 1/2 m - 1 m.

La permeabilidad se realiza a través de las fracturas presentando un drenaje superficial eficaz, ya que generan fuertes pendientes topográficas, y un drenaje subterráneo restringido a las diaclasas y a las fracturas.

Los taludes artificiales observados en la Zona, son bajos, verticales y subverticales, siendo en su mayoría estables, en donde los únicos problemas geotécnicos presentes consisten en caída de bloques delimitados por la red de fracturación.

Se recomiendan inclinaciones de talud 1H:2V, siendo conveniente un análisis estructural riguroso con el fin de evitar desprendimientos definidos por las discontinuidades que presentan.

ESQUISTOS OSCUROS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE CUARCITAS Y ARENISCAS, (121a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por pizarras y esquistos pelíticos de grano fino de color oscuro, con intercalaciones de niveles centimétricos de areniscas y cuarcitas, de color blanquecino de naturaleza silícea. (Ver Foto 3.18.).

Esta formación es equivalente a la conocida en la literatura por Pizarras y Esquistos de los Montes.



Foto 3.18. Aspecto del grupo litológico (121a)

- Estructura

  El espesor del grupo litológico se estima en torno a 300 m, adoptando una dirección aproximada N-S con buzamientos invertidos hacia el Oeste, entre 60° y 90°. El conjunto está afectado por una esquistosidad S1 muy desarrollada que adopta dirección aproximada N-S y buzamiento 60°-70° hacia el Oeste.

  Internamente los esquistos y pizarras no presentan ordenación, mientras que los niveles areniscosos-cuarcíticos presentan alguna estructura sedimentaria, tipo ripples.

  Todo el conjunto se ve afectado por un índice de fracturación muy elevado, (1 fractura cada 5-10 cm) que adoptan direcciones y buzamientos variados.

- Geotecnia

  Geotécnicamente se trata de una roca, con capacidad portante media a alta. Son materiales ripables en la zona de alteración pasando a ripabilidad marginal, en función del índice de fracturación.

  Estos materiales presentan una permeabilidad baja, solamente debida a las fracturas, siendo el drenaje subterráneo muy escaso y el drenaje superficial eficaz.

Los taludes artificiales observados son de alturas bajas, con inclinaciones variables entre 45° y verticales, en todos los casos han presentado problemas geotécnicos de caída de bloques y pequeñas cuñas delimitadas por las diaclasas y los planos de esquistosidad S1.

En el caso más desfavorable, es decir, en taludes con dirección paralela a la esquistosidad pendiente del parámetro hacia la excavación, los problemas de estabilidad se amplifican, siendo frecuentes en estos casos deslizamientos de bloques, lajas y cuñas.

Es recomendable evitar esta disposición de los taludes y las grandes alturas, recomendándose unas inclinaciones que no rebasen el 3H:2V.

ESQUISTOS OSCUROS MIGMATIZADOS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE CUARCITAS Y ARENISCAS, (121b)

- Litología

Este grupo litológico es el mismo que el anterior 121a con la diferencia de presentar inyecciones graníticas, bien de modo interestratificado, bien de modo intrusivo.

Las intrusiones graníticas son de espesor centimétrico y confieren a la roca un grado metamórfico mayor, generando recristalizaciones y adquiriendo mayor dureza.

En este grupo litológico, ha sido cartografiado en la base, un nivel de cuarcitas de grano fino de color blanco, recristalizadas, que todavía conservan estratificación cruzada planar y con un espesor de 15-20 m aproximadamente.

- Estructura

Semejante a la descrita para el grupo litológico (121a).

- Geotecnia

Semejante al grupo (121a), en donde la estimación de ripabilidad no cambia sustancialmente, salvo el nivel cuarcítico de base que no es ripable.

GNEISES MICROGLANDULARES, (010b)

- Litología

  Este grupo litológico consiste en un gneis microglandular, que engloba niveles delgados de cuarcitas feldespáticas, micacitas y esquistos.

  El gneis es de color blanco-amarillento rico en cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita y clorita, presentando grano muy fino con microglándulas de feldespato de 1 mm o menores y está orientado con una foliación muy acusada. Los niveles de cuarcita y esquistos tienen poco espesor y se encuentran bastante recristalizados. Este grupo litológico es conocido en la literatura como la formación "Ollo de Sapo" de grano fino.

- Estructura

  Tiene un espesor máximo de 500 m, y no son reconocibles ordenamientos y estructuras de orden interno, salvo una foliación acusada y apretada que engloban las microglándulas de feldespato.

  El grupo litológico se encuentra alterado en superficie y presenta un índice de fracturación muy elevado, cifrándose en torno a una fractura cada 10-20 cm. Estas fracturas o diaclasas abarcan un amplio abanico de direcciones y buzamientos.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de una roca con capacidad portante alta y ripable a ripable marginal debido al intenso diaclasado que presenta el grupo. En zonas donde la alteración y el diaclasado sean menores es probable que el grupo no sea ripable.

  El grupo presenta una permeabilidad muy baja debida solamente a las fracturas. El drenaje subterráneo es muy pobre, mientras que el drenaje superficial no es demasiado eficaz ya que este grupo litológico ocupa una zona de poco relieve. Actualmente, no existe riesgo de encharcamientos.

  No se han observado taludes naturales, ni artificiales, ya que el grupo litológico fue observado en una calicata abierta con retroescavadora, pero por su elevado índice de fracturación se recomienda taludes no superiores a 1H:2V.

  En cualquier caso se deberían de hacer, estudios de detalle de las estructuras geológicas, para evitar riesgo de caídas de elementos extraños a la calzada.

GRANODIORITA, (001c)

- Litología

  Este grupo litológico en una granodiorita con una composición principal de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y moscovita. Presenta una facies de grano medio-grueso con megacristales de algunos centímetros y textura granuda alotriomorfa. (Ver Foto 3.19.).

  Dentro de este grupo litológico existe una subfacies de grano fino y composición modal similar, situada al Oeste de Baamonde, en la carretera nacional VI, en el Suroeste del Tramo.

- Estructura

  Este grupo litológico se presenta en un batolito emplazado en el núcleo del anticlinorio del "Ollo de Sapo", con una dirección N-S. La granodiorita presenta un índice de fracturación moderado habiéndose estimado una fractura cada 3 m. Estas fracturas y diaclasas presentan direcciones ortogonales entre sí, observándose también diaclasas de descomprensión subparalelas a la superficie topográfica.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de una roca, con capacidad portante alta y no ripable.

  No presenta una alteración importante, salvo en las zonas de jabre, y no se han observado taludes artificiales practicados en el grupo.

  En excavaciones en este grupo litológico es aconsejable un análisis riguroso de la fracturación, ya que estas discontinuidades serán las que condicionen la estabilidad.



Foto 3.19. Aspecto del grupo litológico (001c)

DOLERITA, (002d)

- Litología

  Este grupo litológico consiste en una dolerita de carácter básico, rica en plagioclasas (labradorita) y piroxenos (augita) de tonalidades verdosas.

- Estructura

  Se encuentra rellenando fracturas posthercínicas a modo de dique, con una dirección aproximada NE-SW y presenta una estructura interna en disyunción en bolos.

  El espesor del grupo litológico varía entre 20-30 m.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de una roca, con capacidad portante alta y no ripable a ripable marginal en zonas de alteración.

  En roca fresca es impermeable y no presentan circulación de agua.

No se han observado taludes en este grupo litológico, pero en posibles futuras obras de este tipo deberán tener en consideración las zonas de alteración de la roca.

DOMINIO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL MANTO DE MONDOÑEDO

PIZARRAS NEGRAS Y AMPELITAS, (130a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por pizarras negras de grano muy fino, brillantes, de tacto jabonoso con cloritoide y abundante grafito, que albergan niveles de ampelitas de características similares. (Ver Foto 3.20.).



Foto 3.20. Aspecto del grupo litológico (130a)

Esta formación es conocida en la literatura como Capas de la Garganta.

- Estructura

El grupo litológico presenta una potencia de 50 m y se emplaza en el núcleo de los grandes pliegues sinclinales de Fase 1 de deformación, como el Sinclinal de Villaodrid. El grupo litológico está afectado de una esquistosidad S1 muy desarrollada.

Todo el grupo se ve afectado por una densa red de fracturación, adoptando estas fracturas direcciones y buzamientos variables.

- Geotecnia

Desde el punto de vista geotécnico se trata de una roca, con capacidad portante media a alta. El grupo litológico es ripable a marginalmente ripable, en función del grado de alteración y del índice de fracturación.

La permeabilidad es baja y esta se realiza a través de las fracturas, siendo el drenaje subterráneo pobre, mientras que el drenaje superficial es eficaz. Los taludes artificiales observados son bajos, existiendo taludes de 4 m de altura e inclinación 45°, que no presentan grandes problemas de estabilidad. Los parámetros de las posibles excavaciones que se practiquen en este grupo litológico no deberían exceder de una inclinación 1H:2V, ya que pueden darse deslizamientos en cuña producidos por la acción conjunta de la red de fracturas y la esquistosidad S1.

PIZARRAS NEGRAS DE GRANO FINO, (122)

- Litología

Este grupo ya se ha descrito en el dominio estructural del "Ollo de Sapo"; sin embargo, adjuntamos una foto de este grupo en el dominio del Manto de Mondoñedo para resaltar como son los materiales en profundidad. (Ver Foto 3.21.).



Foto 3.21. Aspecto del grupo litológico (122), en las cercanías de Carballoblanco

CUARCITAS BLANCAS, (121 d)

- Litología

  Este grupo ya se ha descrito en el dominio estructural del "Ollo de Sapo", sin embargo, adjuntamos una foto de este grupo en el dominio del Manto de Mondoñedo para contrastar las similitudes y diferencias de los mismos. (Ver Foto 3.22.).

  Este grupo litológico es conocido en la literatura geológica como Capas superiores del Eo.



Foto 3.22. Aspecto del grupo litológico (121d)

ALTERNANCIAS DE CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS, (121c)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por una alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras. Las cuarcitas y areniscas representan aproximadamente un 70 % del grupo litológico, y están constituidas por granos de tamaño muy fino y de naturaleza cuarcítica fundamentalmente. Los tramos pizarrosos son oscuros y de grano muy fino, con una esquistosidad bien desarrollada. (Ver Foto 3.23.).

  Este grupo litológico es conocido en la literatura geológica como las Capas inferiores del Eo.



Foto 3.23. Aspecto del grupo litológico (121 c)

- Estructura

El grupo litológico presenta un espesor variable, entre 150 y 200 m. El espesor de los bancos cuarcíticos-areniscosos y de los niveles pizarrosos varía de unos afloramientos a otros, siendo frecuente espesores de 30-40-50 cm para los primeros y espesores algo menores para los segundos.

El grupo litológico se presenta, generalmente, con dirección N-S, configurando el Sinclinal de Villaodrid, salvo en la Hoja de Foz, en donde dicho sinclinal gira hacia el Oeste, adoptando dirección E-W. Los buzamientos suelen ser elevados y a veces invertidos.

Los cuerpos cuarcíticos-areniscosos presentan morfología tabular, con un ordenamiento interno tipo laminación paralela y estratificación cruzada planar.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico, el conjunto se trata de una roca, con capacidad portante alta.

  El grupo litológico no es ripable, salvo en tramos de abundancia de pizarras, en donde puede considerarse una ripabilidad marginal.

  La permeabilidad es baja en ambas litologías y solo se debe a las fracturas. El drenaje subterráneo, por tanto, es muy pobre, mientras que el drenaje superficial es eficaz.

  El grupo litológico está afectado por una esquistosidad S1 en el caso de las pizarras que junto con un elevado índice de fracturación (1 fractura cada 20-30 cm), delimitan bloques, lajas y cuñas de dimensiones variables.

  Los taludes observados son de alturas bajas (5 m) con inclinaciones variables, entre 50° y 60° que en general presentan inestabilidades del tipo de desprendimientos de bloques, lajas y deslizamiento de cuñas.

  Los taludes paralelos a la dirección de las capas y con inclinaciones similares al ángulo de buzamiento de éstas, son los que presentan peor estabilidad, con deslizamientos de dimensiones considerables a favor de los planos de estratificación.

  Es recomendable evitar esta última circunstancia ya que cualquier otra disposición es mucho más estable.

PIZARRAS GRISES-AZULADAS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE ARENISCAS, (100)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por pizarras de grano fino, de colores grises-azulados, ricas en cloritoide, que intercalan niveles poco potentes de areniscas y cuarcitas, siendo más abundantes en la base. También se han reconocido algunos niveles cuarcíticos-areniscosos de mayor espesor (algunos metros) intercalados en la parte media de la serie. (Ver Foto 3.24.).

  Este grupo litológico es conocido en la literatura geológica como las Capas de Taramundi de la Serie de Los Cabos, dentro de las Hojas de Vegadeo (25) y Ribadeo (10), mientras que en las Hojas de Foz (9) y Mondoñedo (24) se nombra como Capas de Villamea.

- Estructura

El espesor del grupo litológico es variable, siendo en torno a 3.000 m en la zona Este, Hojas de Ribadeo (10) y Vegadeo (25) y alrededor de 1.000 m en el Oeste, Hojas de Foz (9) y Mondoñedo (24). Las pizarras presentan planos de esquistosidad (S1) muy apretados, mientras que los niveles centimétricos de areniscas y cuarcitas tienen morfología tabular con estructuras sedimentarias del tipo de laminación paralela y estratificación cruzada planar.

En general, el grupo litológico, presenta direcciones aproximadas N-S y buzamientos variables entre 40° y 60°.

El grupo litológico está afectado por un elevado índice de fracturación, cifrándose en 1 fractura cada 10-20 cm. Estas fracturas y diaclasas adoptan orientaciones espaciales variables.



Foto 3.24. Aspecto del grupo litológico (100)

- Geotecnia

Geotécnicamente, se trata de una roca con capacidad portante media a alta. El grupo litológico en general es ripable a marginalmente ripable, en zonas superficiales alteradas, mientras que en profundidad se puede considerar un grupo litológico no ripable.

les alteradas, mientras que en profundidad se puede considerar un grupo litológico no ripable.

La permeabilidad es baja, debida a las fracturas. El drenaje subterráneo escaso y el drenaje superficial eficaz.

Los taludes artificiales observados tienen alturas variables entre 5 y 10 m, con unas inclinaciones entre 50° y 90°.

En la mayoría de los casos presentan problemas de estabilidad, ya que la acción conjunta de los planos de esquistosidad S1 con la intensa red de fracturación provocan numerosas caídas de cantos, lajas y deslizamiento de cuñas.

Los mayores problemas de estabilidad han sido localizados en aquellos taludes paralelos a la dirección de esquistosidad y con inclinaciones similares al buzamiento de ésta.

La construcción de futuros taludes en este grupo litológico ha de tratar evitar esta última situación.

PIZARRAS VERDOSAS CON ALGÚN NIVEL DE ARENISCAS, (110)

- Litología

Este grupo litológico son unas pizarras de grano muy fino de color verdoso, en tonalidades grisáceas-azuladas, que intercalan niveles de espesor centimétrico de cuarcita y arenisca. (Ver Foto 3.25.).



Foto 3.25. Aspecto del grupo litológico (110)

Estos materiales son conocidos en la literatura científica como Capas de Riotorto y equivalen cronoestratigráficamente al grupo litológico (112b) (Capas de Bres) y al (112a) (Pizarras verdes con trilobites).

- Estructura

Presenta un espesor variable entre 100-200 m según las zonas. El grupo litológico está afectado por una esquistosidad (S1) muy desarrollada y a su vez replegado por la fase de deformación F3 que genera una esquistosidad (S3) que crenula a la esquistosidad S1. Este grupo litológico está afectado por varios pliegues que conforman el gran pliegue tumbado de Mondoñedo de Fase 3 de deformación, por lo que, el conjunto adopta direcciones de esquistosidad fundamentalmente N-S y NE-SW con buzamiento de esquistosidad variables entre 20°-50°.

En los niveles cuarcíticos-areniscosos pueden observarse ordenamientos internos tipo, laminaciones paralelas y cruzadas.

Finalmente, el grupo litológico está afectado por un índice de fracturación muy elevado, cifrándose en torno a 1 fractura cada 10 cm. Estas fracturas adoptan orientaciones espaciales variadas.

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de una roca, con capacidad portante media a alta. El grupo litológico es ripable en superficie debido al grado de alteración y a la fracturación. La permeabilidad es baja, debida solamente a las fracturas, presentando un drenaje subterráneo muy pobre y un drenaje superficial eficaz.

Los taludes artificiales observados son de alturas bajas e inclinaciones entre 40° y 50°, los cuales presentan problemas geotécnicos del tipo de desprendimientos de lajas y pequeñas cuñas, debido a la acción conjunta del intenso diaclasado y la alta densidad de planos de esquistosidad (S1). Futuros taludes que se realicen en este grupo litológico, deberían evitar excavaciones paralelas a las estructuras con buzamientos de los estratos hacia el eje de la calzada. Si por necesidades de trazado, se tienen que proyectar desmontes coincidiendo con la estructura anteriormente citada, la pendiente máxima de los taludes deberá ser igual o inferior al buzamiento de los estratos.

ARENISCAS Y CUARCITAS CON INTERCALACIONES DELGADAS DE PIZARRA, (112b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por areniscas y cuarcitas en bancos de varios metros, que alternan con tramos pizarrosos de poco espesor. La litología predominante es la arenisca.

Estas areniscas son de color blanco-amarillento en corte fresco, y de color pardo en muestras alteradas. Son de grano fino, homométricas y redondeadas, de naturaleza cuarcítica, mientras que el cemento es de naturaleza silícea y feldespática. (Ver Foto 3.26.).

Los tramos pizarrosos son de grano grueso con una esquistosidad S1 muy apretada. En la literatura geológica, este grupo litológico, es conocido por Capas de Bres.

- Estructura

  La serie presenta un espesor aproximado de 1.200 m y se muestra con direcciones N-S, definiendo los pliegues de fase de deformación F1 del Eo y Espina, con unos buzamientos variables entre 45° y 80°, que a veces son invertidos.

  Internamente, presentan laminaciones paralelas y estratificaciones cruzadas planares. Estos materiales presentan un índice de fracturación moderado, estimándose un valor medio de una fractura cada 1 m. Estas fracturas tienen orientaciones espaciales variadas y son responsables de los problemas geotécnicos de los taludes, definiendo los deslizamientos de bloques y cuñas.

- Geotecnia

  Geotécnicamente, se trata de una roca, con capacidad portante alta. Este grupo litológico no es ripable.



Foto 3.26. Aspecto del grupo litológico (112b)

Presenta permeabilidad baja, debida a las fracturas, fundamentalmente, ya que la porosidad intergranular es muy baja, por el alto grado de cementación de las areniscas. Por tanto, el drenaje subterráneo es muy pobre mientras que el drenaje superficial es eficaz, al generar este grupo litológico relieves fuertes.

Los taludes artificiales observados son de alturas bajas y medias, con inclinaciones entre 60° y 90°, presentando una estabilidad general aceptable, pero con problemas concretos de desprendimiento de bloques y deslizamiento de cuñas de magnitud importante en algunos casos.

En futuros desmontes que se realicen en este grupo litológico, se recomienda prestar especial interés, al análisis de la fracturación presente en el grupo, con el fin de evitar deslizamientos en cuña.

Por otra parte, los taludes dispuestos en las condiciones más desfavorables, subparalelos a la estratificación, deben evitarse, ya que en estas circunstancia se han observado serios problemas de deslizamientos a favor de los planos de estratificación.

PIZARRAS VERDES, (112a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por pizarras de grano muy fino de color verde, con ausencia de niveles areniscosos. Estas pizarras presentan en superficie un grado de alteración alto y una esquistosidad S1 muy desarrollada que define lajas muy finas. (Ver Foto 3.27.).

En la literatura geológica, este grupo litológico, es conocido como Pizarras Verdes con Trilobites.

- Estructura

El grupo litológico presenta una potencia de 200 m, definiendo los pliegues de la fase de deformación F1, de los anticlinales del Eo y Espina, con una dirección generalizada N-S y buzamientos medios y altos, a veces invertidos.

Este grupo presenta una esquistosidad (S1) muy apretada y un índice de fracturación elevadísimo, cifrado en 1 fractura cada 5 cm-10 cm. Estas fracturas adoptan orientaciones espaciales variadas.



Foto 3.27. Aspecto del grupo litológico (112a)

- Geotecnia

Geotécnicamente, se trata de una roca, con capacidad portante media. Este grupo litológico es ripable en superficie debido al alto grado de alteración y fracturación. La permeabilidad es baja, solamente debido a las fracturas, por lo que el drenaje subterráneo pobre. El drenaje superficial puede ser deficiente, ya que este grupo litológico coincide con áreas planas o de topografía muy suave.

Los taludes artificiales son escasos, habiéndose observado algunos de poca altura y aparentemente estables. No obstante el grado de alteración que presenta en superficie el grupo, junto a la esquistosidad tan apretada y al alto índice de fracturación presente, indican que futuros desmontes que se realicen en estos materiales podrían presentar problemas geotécnicos de estabilidad, como desprendimientos de lajas o deslizamientos en cuña. Por todo ello, sería recomendable evitar taludes en condiciones desfavorables de dirección y buzamiento de esquistosidad, así como inclinaciones superiores a 3H:2V.

CALIZAS Y DOLOMÍAS MARMÓREAS, (111c)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por calizas y dolomías que intercalan niveles margosos y de calcoesquistos. (Ver Foto 3.28.).

Tanto las calizas como las dolomías se presentan de forma masiva, aunque también aparecen finamente estratificadas. Son de color azulado-grisáceo y blanquecino.



Foto 3.28. Aspecto del grupo litológico (111c)

El metamorfismo regional ha provocado un alto grado de recristalización, transformándolas en mármoles.

Los tramos margosos y de calcoesquistos presentan una esquistosidad (S1) muy desarrollada. Los tramos de techo se caracterizan por una alternancia de bancos delgados de caliza marmórea, azulada, blanquecina y a veces rojiza y niveles de calcoesquistos-margosos.

Este grupo litológico es conocido en la literatura geológica por Calizas de Vegadeo, equivalente a las Calizas de Láncara de la Zona Cantábrica.

- Estructura

Presentan un espesor variable según las zonas que puede estimarse en un intervalo de 100 m a 300 m.

Este grupo litológico presenta una morfología tabular en bancos masivos de 2-4 m y a veces finamente estratificado en bancos centimétricos.

A escala cartográfica se sitúa definiendo el gran pliegue tumbado de Mondoñedo, adoptando las direcciones estructurales de este gran pliegue con buzamientos variables en torno a 40° - 60°.

El conjunto está afectado de una intensa red de fracturas, que adoptan orientaciones espaciales variadas. El índice de fracturación se ha estimado en una fractura cada 10 cm en los casos más extremos a 1 fractura cada 2 m - 3 m en casos más normales.

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de una roca, con capacidad portante alta. El grupo litológico no es ripable. Presenta permeabilidad media, en general, debida a las fracturas, pero se han observado canales kársticos en algunos afloramientos con lo cual es posible que la permeabilidad aumente localmente por karstificación.

Por tanto, el drenaje subterráneo puede llegar a ser importante, mientras que el drenaje superficial es eficaz, ya que este grupo litológico genera cierto relieve.

Los taludes observados son de dimensiones variables entre medios y altos, presentando inclinaciones desde 45° a verticales.

Por lo general, el elevado índice de fracturación provoca problemas geotécnicos de estabilidad, siendo común la caída de bloques y deslizamientos en cuña.

Los desmontes que se proyecten paralelos a la dirección de la estratificación y a favor del buzamiento presentarán importantes problemas de estabilidad.

Por tanto, sería recomendable evitar esta última situación. Pueden ser factibles inclinaciones de los taludes, del orden de 1H:1V a 1H:2V.

PIZARRAS DE GRANO MEDIO-FINO CON INTERCALACIONES CUARCÍTICAS, (111b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por pizarras de grano fino a medio, de colores verdosos, grises y oscuros, que intercalan niveles delgados de areniscas cuarcíticas de color blanquecino, de grano fino, homométricas, redondeadas y con cemento silíceo y a veces feldespáticas. (Ver Foto 3.29.).



Foto 3.29. Aspecto del grupo litológico (111b)

El grupo litológico presenta algunas diferencias entre la zona costera y la zona del interior. En la zona costera las pizarras aparecen transformadas en esquistos y micaesquistos (cercanías de Foz) mientras que en Benquerecia más al interior existe un nivel areniscoso de 150 m de potencia aproximada.

La otra diferencia significativa es la potencia, que en la zona costera son aproximadamente de 15.00 m, mientras que en la zona de Mondoñedo rondan en torno a 600-700 m.

Este grupo litológico engloba 2 formaciones geológicas conocidas en la literatura geológica como Pizarras de Cándana inferior y las Pizarras de Cándana superior.

- Estructura

Estos materiales se encuentran definiendo el gran pliegue tumbado de Mondoñedo, adoptando las dirección estructurales del pliegue y presentando buzamientos medios y altos.

El grupo litológico presenta una esquistosidad (S1) muy apretada y un índice de fracturación elevado, que puede estimarse en una fractura cada 20-40 cm. Estas fracturas adoptan orientaciones espaciales variadas.

Respecto a los niveles areniscosos-cuarcíticos, presentan morfología tabular con estructuras sedimentarias del tipo de laminaciones paralelas y estratificación cruzada planar y también, en el caso del nivel potente de Benquerencia, un índice de diaclasado importante. (Ver Foto 3.30.).



Foto 3.30. Aspecto del nivel de areniscas incluido en el grupo litológico (111b), en las cercanías de Benquerencia

- Geotecnia

Geotécnicamente, se trata de una roca, con capacidad portante media a alta. El grupo litológico es ripable a ripable marginal, en zonas superficiales, perdiendo la ri-

pabilidad en profundidad. El nivel de areniscas de Benquerencia tampoco es ripable.

La permeabilidad es baja, solamente debida a la fracturación. El drenaje subterráneo es malo, mientras que el drenaje superficial es eficaz.

Los taludes observados están casi todos en la Carretera 624, en las cercanías de Mondoñedo. Son taludes altos, que alcanzan grandes alturas, siendo normales alturas de 20-30 m. Estos taludes presentan inclinaciones variadas entre 30° a 45°-50°.

Muchos de estos taludes presentan direcciones paralelas a la dirección de la esquistosidad y el buzamiento de esta esquistosidad define el ángulo de talud.

Todos ellos y en especial estos últimos, presentan serios problemas de estabilidad, siendo frecuentes las caídas de bloques, lajas y deslizamientos en cuña de gran magnitud. Algunos taludes presentan grietas a media altura, con un riesgo altísimo de deslizamiento (circunvalación a Mondoñedo).

Por todo ello, se recomienda evitar la realización de desmontes en los que la inclinación de sus paramentos coincida con los buzamientos de los planos de estratificación de las pizarras.

Hay que señalar que, los deslizamientos de ladera localizados en el análisis fotogeológico, en un porcentaje elevado, están asociados a este grupo litológico.

CUARCITAS Y ARENISCAS CON INTERCALACIONES PIZARROSAS, (111a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por cuarcitas, areniscas y niveles intercalados de pizarras. (Ver Foto 3.31.).



Foto 3.31. Aspecto del grupo litológico (111a)

Las cuarcitas y areniscas son de grano medio a grueso, constituidas por granos de naturaleza cuarcítica, homométricos y redondeados, mientras que el cemento de las areniscas, es de naturaleza silícea y feldespática. Presentan colores blanquecinos a amarillentos. Las pizarras intercaladas son de grano grueso y presentan una esquistosidad S1 bien desarrollada.

Estos materiales engloban 3 formaciones geológicas conocidas en la literatura científica por Cuarcitas de Cándana inferior, Cuarcitas de Cándana Superior (alóctono del Manto de Mondoñedo) y Cuarcitas de Gistral (autóctono del Manto de Mondoñedo).

- Estructura

Este paquete de materiales representa una potencia global variable entre 1.500-2.000 m, siendo la serie más potente en la zona costera y menos potente en la zona de Mondoñedo.

Este grupo litológico, constituye fundamentalmente el gran pliegue tumbado del Manto de Mondoñedo, adoptando las direcciones estructurales de estas grandes estructuras y buzamientos variables entre 30°-70°.

Las cuarcitas y areniscas se disponen en bancos de espesores centimétricos a métricos, con aspecto tableado en muchas ocasiones, que lateralmente presentan acuñamientos. Internamente, muestran estructuras sedimentarias del tipo de laminaciones paralelas y estratificaciones cruzadas planares.

Todo el grupo litológico presenta un índice de fracturación elevado, estimable en 1 fractura cada 20 cm-30 cm, existiendo zonas menos fracturadas. Las fracturas suelen adquirir disposiciones ortogonales entre ellas y con los planos de estratificación.

- Geotecnia

Geotécnicamente, se trata de una roca, con capacidad portante alta. El grupo litológico no es ripable en líneas generales, pudiendo ser ripable marginal en zonas superficiales de intensa fracturación.

La permeabilidad es baja, debida solamente a la fracturación. El drenaje subterráneo es escaso. El drenaje superficial es eficaz, ya que este grupo litológico genera fuertes relieves.

Los taludes observados en este grupo litológico son de alturas medias (12-20 m) con inclinaciones en torno a 40°-50°, siendo algunos subverticales-verticales. Todos los taludes observados en la Carretera 634, tienen una dirección paralela a la dirección de las capas y una inclinación similar al buzamiento. El elevado índice de fracturación, junto con los planos de estratificación generan en estos taludes serios problemas geotécnicos de estabilidad, siendo frecuentes los desprendimientos de bloques y deslizamientos en cuña a favor de fracturas y los planos de estratificación.

Sería recomendable, para futuros desmontes practicados en este grupo litológico, evitar disposiciones desfavorables, subparalelos en dirección y buzamiento a las capas.

Por último, señalar que este grupo litológico muestra alto interés como yacimientos rocosos para áridos de machaqueo.

GRANITO DEL MACIZO DE LA TOGIZA, (001a)

- Litología

Este grupo litológico consiste en granitos (adamellitas) de tendencia calcoalcalina, con una composición principal de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, albita, biotita, moscovita y anfíboles. Hacia los bordes del plutón, la facies granítica au-

menta su contenido en albita y en moscovita, convirtiéndose en un granito de 2 micas. En general, el tamaño de grano es grueso. Este plutón engloba retazos de roca metamórfica indiferenciada sin asimilar, que consiste en la mayoría de los casos en esquistos mosqueados y corneanas. (Ver Foto 3.32.).



Foto 3.32. Aspecto del grupo litológico (001a)

- Estructura

El macizo de la Togiza es un batolito de forma redondeada, que corta a la gran estructura del pliegue tumbado de Mondoñedo. Internamente no presenta deformación, ni orientaciones, mostrando una textura en mosaico equigranular.

- Geotecnia

Geotécnicamente, se trata de una roca, con capacidad portante alta. El grupo litológico no es ripable.

La permeabilidad es muy baja y sólo debida a la fracturación. El drenaje subterráneo es escaso y el drenaje superficial eficaz, ya que este grupo litológico genera fuertes relieves.

Este grupo litológico está afectado por una red de fracturas y diaclasas que adoptan orientaciones ortogonales entre ellas, destacando las diaclasas de descompresión subparalelas a la superficie topográfica. El índice de fracturación se ha estimado en una fractura cada 1 ó 2 m.

Se han observado taludes naturales y artificiales. Respecto a los primeros, son de gran altura y presentan inclinaciones en torno a 45°, mientras que los segundos son de alturas medias (10-15 m) y con inclinaciones verticales-subverticales.

La geomorfología de estos granitos se caracteriza por domos, berrocales y laderas salpicadas de grandes bolos graníticos de varios metros cúbicos.

Los taludes artificiales observados son estables, pero presentan un elevado riesgo potencial de deslizamientos en cuña a favor de las diaclasas presentes en esta litología.

Los posibles desmontes en este grupo litológico, deben tener en cuenta que se trata de una roca muy resistente. Conviene evitar las laderas salpicadas de grandes bolos graníticos susceptibles de movilizarse. Finalmente es necesario un estudio riguroso de la fracturación, ya que el riesgo de desprendimientos a favor de discontinuidades puede ser elevado.

Las alturas y las inclinaciones de los taludes deberían diseñarse en función de lo anterior, aunque se estima que este grupo litológico permitirá efectuar excavaciones con pendientes fuertes.

GRANITOS DE MONSEIBÁN, ROMÁN Y AFLORAMIENTOS MENORES, (001b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por un granito de 2 micas de grano medio, que presenta orientaciones tectónicas. (Ver Foto 3.33.).

La composición principal consiste en cuarzo, feldespato potásico (microclina), plagioclasa, moscovita y biotita.

Estos plutones graníticos engloban retazos de rocas metamórficas no asimiladas correspondientes a esquistos y cuarzoesquistos de edad Precámbrica.

- Estructura

Tanto el batolito de Monseibán como el de Román, tienen forma subredondeada a escala cartográfica, con una estructura interna orientada con las direcciones de esquistosidad (S1) generales de la zona.

Estos granitos presentan textura de grano medio en mosaico equigranular.

El grupo litológico se ve afectado por un índice de fracturación estimado en 1 fractura cada 2 m aproximadamente.



Foto 3.33. Aspecto del grupo litológico (001b)

- Geotecnia

Geotécnicamente, se trata de una roca, con capacidad portante alta. Este grupo litológico solo es ripable en la zona de alteración.

La permeabilidad es baja, debida solamente a la fracturación, por lo que el drenaje subterráneo es escaso. El drenaje superficial no es muy eficaz, ya que grandes zonas de estos granitos se encuentran en topografía plana con zonas de alteración (jabres) de importante extensión.

Los afloramientos de roca fresca son limitados, existiendo grandes áreas de alteración, lo cual no permite estimar la magnitud de los problemas geotécnicos de estabilidad de taludes, que pudiera presentar el grupo litológico.

En general, taludes practicados en este grupo litológico, deberán situarse en tramos de roca fresca, prestando especial atención al análisis de la fracturación con el fin de evitar desprendimientos de bloques.

En roca sana las excavaciones pueden ser altas y con inclinaciones del orden del 1H:2V.

DIABASA, (002e)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por filones de diabasa, de carácter básico, con una composición principal de plagioclasas, clinopiroxeno, anfíbol, biotita y cuarzo. Presentan colores verdosos-amarillentos en muestra alterada y grisáceos en roca fresca. (Ver Foto 3.34.).

- Estructura

Presentan espesores variables desde 20 m hasta 100 m, con una textura de grano muy fino. No presentan estructuras de orden interno.

Los afloramientos observados están afectados de un índice de fracturación elevado.

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de una roca, con capacidad portante alta. El grupo litológico no es ripable.

La permeabilidad es baja, debido ocasionalmente a la fracturación. El drenaje subterráneo es escaso, mientras que el drenaje superficial es eficaz.

No se han observado taludes artificiales, el único talud observado es natural y localizado en la playa de Arnao (Zona 1), mostrando bloques caídos a favor de la red de diaclasado.

En general, este grupo litológico soportaría taludes elevados e inclinaciones del orden del 1H:2V.

MONZONITA, (002b)

- Litología

  Esta litología está constituida por diabasas monzoníticas de composición principal hornblenda, plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y albita.

- Estructura

  Este grupo litológico se presenta a modo de filón, con un espesor de 15-20 m y dirección N-S, que adopta una morfología en bolos. Internamente, la textura consiste en un mosaico equigranular de grano fino.

- Geotecnia

  Geotécnicamente, se trata de una roca, con capacidad portante alta, no ripable.

  La permeabilidad es muy baja prácticamente impermeable, únicamente se aprecia circulación a través de las fracturas. El drenaje subterráneo es nulo y superficial irrelevante.

  No se han observado taludes en este grupo litológico.

METABASITAS, (002c)

- Litología

  Este grupo litológico consiste en rocas de naturaleza ultrabásica como peridotitas y gabros, de grano fino, con colores verdosos que se tornan a rojizos en zonas de alteración.



Foto 3.34. Aspecto del grupo litológico (002e)

- Estructura

Presentan un espesor débil, de pocos metros, con una ordenación interna de sus componentes que, configuran una esquistosidad. Están intruidos a modo de sils en las cuarcitas del grupo litológico (111a).

- Geotecnia

  Geotécnicamente, se trata de una roca, con capacidad portante alta. El grupo litológico no es ripable, salvo en zonas de alteración. El grupo litológico es impermeable.

  No se han observado taludes naturales ni artificiales en el grupo, pero puede estimarse que el único problema geotécnico que puede presentar se derive de la baja consistencia que presenta la roca en las zonas de alteración.

3.3.5. Grupos geotécnicos

Los grupos litológicos definidos en el apartado 3.2.4. han sido agrupados en diferentes grupos geotécnicos (GT), atendiendo a características geotécnicas comunes.

Los grupos geotécnicos definidos en esta Zona 2 son los siguientes:

- Grupo geotécnico GT3

  En la Zona 2, este grupo geotécnico comprende los grupos litológicos T, t y A, a.

  Grupo formado por conglomerados, arenas y arcillas. El grado de compactación es de tipo medio-bajo. Capacidad portante de media a baja puede originar asientos bajos. Son materiales excavables, con un grado moderado de erosionabilidad. Permeabilidad aceptable con un drenaje superficial suficiente por infiltración y un drenaje subterráneo medio.

  En este tipo de materiales se recomiendan taludes con pendientes 3H:2V donde serán necesarias medidas protectoras contra la erosión que eviten las caídas de cantos.

  Los materiales pertenecientes a este grupo geotécnico pueden resultar de interés como yacimientos granulares de zahorra natural y arenas.

- Grupo geotécnico GT4

  En la Zona 2, este grupo geotécnico comprende el grupo litológico, D, d.

  Grupo formado por limos arcillosos englobando cantidades variables de cantos angulosos de naturaleza cuarcítica y pizarrosa.

  Son materiales con un grado de compactación bajo. Capacidad portante baja, puede dar origen a asientos medios. Excavables y susceptibles de erosión por esco-

rrentía. Su permeabilidad es baja. El drenaje superficial es aceptable y el drenaje subterráneo pobre. Se recomiendan taludes bajos y tendidos.

Los materiales pertenecientes a este grupo geotécnico, pueden ser interesantes como materiales de préstamo.

- Grupo geotécnico GT5

  En la Zona 2, este grupo geotécnico comprende los grupos litológicos C4, c4, C1, c1 y V3, v3.

  Grupo formado por conglomerados heterométricos y angulosos englobados en una matriz areno-limosa-arcillosa.

  Son materiales con un grado de compactación bajo. Muy erosionables. Capacidad portante media a baja, puede dar lugar a asientos importantes. Excavables y con permeabilidad media. Drenaje superficial eficaz y drenaje subterráneo medio.

  Los taludes practicados en estos materiales presentan problemas de estabilidad, debidos a la poca compactación y la erosionabilidad, que se manifiestan en caídas de bloques y derrumbes, por lo que se recomiendan taludes bajos con inclinaciones suaves.

- Grupo geotécnico GT6

  En la Zona 2 este grupo geotécnico comprende el grupo litológico C2, c2. (Ver Foto 3.12.), apartado 3.3.4..

  Grupo formado por grandes bloques de tamaño métrico, angulosos y de naturaleza cuarcítica empastados en una matriz de naturaleza cuarcítica y pizarrosa donde están presentes todos los tamaños de grano.

  Los materiales que componen este grupo geotécnico pueden ser divididos en dos grupos; por un lado los que componen la matriz, los cuales son un suelo, con capacidad portante media-baja. Excavable. Permeabilidad media. Drenaje superficial eficaz y drenaje subterráneo bueno. De otra parte están los bloques de tamaños métricos.

  Los taludes practicados en los materiales de este grupo geotécnico, correrán riesgo de caída de bloques y deslizamientos en masa, y será muy importante no descalzar estos materiales para evitar su movilización.

- Grupo geotécnico GT7

  En la Zona 2, este grupo geotécnico comprende el grupo litológico V2, v2. (Ver Foto 3.14.).

  Grupo formado por arenas sueltas heterométricas, angulosas procedente de la alteración "in situ" de rocas graníticas.

  Los materiales que componen este grupo geotécnico tienen capacidad portante media. Son ripables. Permeabilidad media por porosidad intergranular. Drenaje superficial eficaz, alto coeficiente de infiltración y drenaje subterráneo alto.

  Los taludes realizados en los materiales de este grupo geotécnico deberán ser bajos y tendidos ya que presentarán inestabilidades debidas al bajo grado de compactación y a la alta alterabilidad y erosionabilidad de los materiales.

  Los materiales granulares, procedentes de la alteración de los granitos, se recomiendan como zonas de préstamos.

- Grupo geotécnico GT8

  En la Zona 2, este grupo geotécnico comprende los grupos litológicos (130b), (122), (121e), (121a), (121b), (010b), (130a), (100), (110), (112a) y (111b).

  Grupo formado por pizarras, gneises y pequeñas intercalaciones de espesor débil de areniscas y cuarcitas.

  Los materiales que componen este grupo geotécnico son rocas, con capacidad portante media. Estos material son ripables a ripable marginal, en zonas superficiales y no ripables en profundidad en función del índice de fracturación que suele ser elevado y el grado de alteración que es variable. La permeabilidad es baja debido a la fracturación. El drenaje superficial es eficaz y el drenaje subterráneo muy bajo.

  Los taludes practicados en los materiales de este grupo geotécnico deberían evitar, dentro de lo posible, situaciones desfavorables subparalelas a la dirección y buzamiento de la esquistosidad de los materiales.

  El elevado índice de fracturación y el gran desarrollo de los planos de esquistosidad provocan numerosas inestabilidades del tipo de caída de bloques, lajas y deslizamientos en cuña, como se aprecia en las fotos 3.35 y 3.36. Los materiales correspondientes a este grupo geotécnico son los que presentan mayor incidencia de deslizamientos de ladera.



Foto 3.35. Cuña deslizada en talud practicado en el grupo litológico (111b)

6



Foto 3.36. Gran cuña deslizada y medida de sostenimiento en talud practicado en el grupo litológico (111b)

- Grupo geotécnico GT9

  En la Zona 2, este grupo geotécnico comprende los grupos litológicos (001c), (002d), 001a, (001b), (002e), (002b) y (002c).

  Grupo formado por rocas graníticas y rocas filonianas.

  Los materiales que componen este grupo geotécnico son rocas, con capacidad portante alta, no ripables, con permeabilidad muy baja, drenaje superficial eficaz en la mayoría de los casos y drenaje subterráneo muy pobre.

  En general, es característico un índice de fracturación medio, siendo los taludes practicados en los materiales de este grupo geotécnico, generalmente, estables, donde la posible inestabilidad se deriva de los deslizamientos en cuña definidos por las diferentes familias de fracturas. (Ver Foto 3.37).

  También existen problemas de movilidad de grandes bloques y bolos graníticos en donde los macizos graníticos presentan esta morfología. (Ver Foto 3.32.).

  Los materiales que componen a este grupo geotécnico tienen alto interés como yacimientos rocosos para áridos por machaqueo.



Foto 3.37. Cuña deslizada en talud practicado en el grupo litológico (001a)

- Grupo geotécnico GT10

  En la Zona 2, este grupo geotécnico comprende los grupos litológicos (121d), (112b) y (111a).

  Grupo formado por cuarcitas, areniscas y pequeñas intercalaciones de pizarras.

  Los materiales que componen este grupo geotécnico son rocas, con capacidad portante alta. No ripables. La permeabilidad es baja por fracturación. El drenaje superficial es eficaz y el drenaje subterráneo escaso.

  Estos materiales presentan un índice de fracturación variable entre medio y elevado.

  Los taludes practicados en los materiales de este grupo geotécnico serán generalmente estables con diseños 1H:2V y será preciso evitar disposiciones de talud paralelas a la dirección de la estratificación y ángulos de talud a favor del buzamiento de la estratificación. También será recomendable el análisis riguroso de la fracturación de determinados taludes para minimizar el riesgo de deslizamientos en cuña.

  Los materiales de este grupo geotécnico tienen alto interés como yacimientos rocosos para árido por machaqueo.

- Grupo geotécnico GT11

  En la Zona 2, el grupo geotécnico GT-11 comprende al grupo litológico (121c).

  Grupo formado por una alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras.

  Los materiales que componen este grupo geotécnico presentan características geotécnicas variables. De una parte las litologías de cuarcitas y areniscas que son rocas, con capacidad portante alta, no ripables, permeabilidad baja, drenaje superficial eficaz y drenaje subterráneo muy escaso.

  De otra parte, las litologías de pizarras que son rocas, con capacidad portante media. Estos materiales son ripables a ripable marginal en zonas muy fracturadas y alteradas, y posiblemente, no ripables en profundidad. La permeabilidad es baja por fracturación. El drenaje superficial eficaz y el drenaje subterráneo muy pobre. En general, el grupo geotécnico puede considerarse no ripable a ripable marginal dependiendo de la abundancia de pizarras y del índice de fracturación que suele ser elevado.

Los taludes practicados en los materiales de este grupo geotécnico pueden admitir pendientes del orden del 1H:1V y deberán evitarse las disposiciones más desfavorables subparalelas a la dirección y buzamiento de las capas, ya que el carácter de alternancia, así como, el elevado índice de fracturación junto a una esquistosidad bien desarrollada en las pizarras, ocasiona numerosos problemas de estabilidad. (Ver Foto 3.38.).



Foto 3.38. Inestabilidades en talud construido sobre el grupo litológico (121c)

- Grupo geotécnico GT12

En la Zona 2, este grupo geotécnico comprende el grupo litológico (111c).

Grupo formado por calizas y dolomías marmóreas. Los materiales que componen este grupo geotécnico son rocas, con capacidad portante alta, no ripable, con permeabilidad media a alta por karstificación, drenaje superficial eficaz y drenaje subterráneo bueno.

Los taludes practicados en los materiales de este grupo geotécnico pueden admitir pendientes entre 1H:1V y 1H:2V. Es recomendable evitar en lo posible las situaciones más desfavorables, subparalelas a la dirección y buzamiento de las capas, ya que el índice de fracturación que en algunas zonas puede ser muy elevado ocasiona problemas de estabilidad. (Ver Foto 3.39.).

Los materiales de este grupo geotécnico son interesantes yacimientos rocosos de árido de machaqueo.



Foto 3.39. *Talud practicado en el grupo litológico (111c) mostrando un alto índice de fracturación y canales kársticos*

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

Los materiales de los grupos litológicos de la Zona 2, presentan diferentes problemas geotécnicos en función de que se trate de suelos o rocas.

Así, los materiales considerados, geotécnicamente, como suelos, pueden dar lugar a asientos derivados de su baja capacidad portante, y problemas de erosionabilidad debidos al bajo grado de compactación, presentando localmente problemas de encharcamiento.

El aspecto más problemático lo constituye la estabilidad de los grupos geotécnicos D, d, C1, c1, C4, c4 y C2, c2 en los futuros desmontes que pudieran realizarse en ellos.

Los materiales, que geotécnicamente son considerados como rocas, presentan, en las litologías más duras (cuarcitas, calizas y rocas ígneas), problemas de ripabilidad, siendo

necesario en la mayoría de los casos el uso de explosivos. Grupos geotécnicos GT8, GT9, GT10 y GT12.

El elevado índice de fracturación, junto al gran desarrollo de los planos de esquistosidad y la verticalidad de las pendientes, provoca en los materiales del grupo geotécnico G8, deslizamientos de ladera y problemas de estabilidad en los taludes artificiales. Siendo de especial importancia en aquellos taludes diseñados paralelamente a la dirección de los planos de esquistosidad y con ángulos de talud semejantes al buzamiento de los planos de esquistosidad o de las capas.

Por último, los materiales carbonatados del grupo G12 pueden presentar problemas derivados del drenaje subterráneo, debidos a la alta porosidad y permeabilidad por karstificación, que puede dificultar las cimentaciones, la construcción de taludes y las obras subterráneas.

3.4. ZONA 3. ALTIPLANICIE DE LA "TERRA CHA"

3.4.1. Geomorfología

Esta unidad comprende el área situada entre la unidad geomorfológica de relieve montañoso y el límite Sur del Tramo. La zona más característica de esta unidad geomorfológica corresponde a la altiplanicie de la "Terra Cha".

El macizo Hercínico, después de sufrir repetidamente los procesos de erosión y levantamiento isostático, tiende a convertirse en una penillanura sobre la cual quedan numerosos relictos del macizo preexistente.

Una porción de esta antigua superficie de erosión corresponde a la "Terra Cha" o Tierra Llana, que a pesar de la acción de la orogenia alpina, se ha conservado como zócalo rígido dentro del Orógeno Alpino, conservando hasta la actualidad las características adquiridas por los procesos geomorfológicos posthercínicos.

En la actualidad, la dinámica de los agentes geológicos tiende a modelar esta región, confiriéndola unos rasgos geomorfológicos particulares. Así, en la zona norte de la "Terra Cha", la acción erosiva remontante de los ríos de la vertiente Cantábrica, avanza sobre la penillanura recortándola y transformándola en una zona de relieve más pronunciado, mientras que en el ámbito, propiamente dicho, de la penillanura y debido a su relieve tan suave, son los procesos fluviales deposicionales los que modelan el paisaje.

Desde el Terciario hasta la actualidad, el predominio de los procesos fluviales con un marcado carácter endorréico-semiendorréico, han dado como resultado la acumulación de depósitos sedimentarios de gran extensión, correspondientes a grandes llanuras alu-

viales, abanicos, terrazas y zonas lacustres-palustres, configurando un relieve de formas planas y suaves alomamientos.

Los procesos de ladera son escasos siendo los más importantes los de tipo coluvionar, que se desarrollan a favor de las ligeras pendientes que caracterizan la zona.

Por otra parte, los depósitos de tipo eluvionar alcanzan gran desarrollo incluyéndose bajo este término, los depósitos de poco o nulo transporte, provocados por las alteraciones y/o procesos edáficos, que tapizan de manera general toda la región, en donde, en la mayoría de los casos, la naturaleza del substrato (esquistos y algunos afloramientos graníticos) no condiciona la morfología del terreno.

En definitiva, el paisaje puede resumirse como una campiña de formas planas y suaves alomamientos, tapizada por una cubierta vegetal constante, en donde existen llanuras aluviales de gran extensión y zonas lacustres de gran desarrollo (laguna de Cospeito).

3.4.2. Tectónica

La Zona 3 se encuentra en su totalidad en el dominio del Manto de Mondoñedo, en donde existe representación del autóctono y del alóctono. El autóctono está representado por las cuarcitas, de edad Cámbrico inferior, de la ventana tectónica del Monte Carballosa, mientras que, en el alóctono afloran principalmente esquistos precámbricos.

La fase de deformación F_1 está presente en la Zona, reconociéndose por la foliación tectónica S_1 que muestran los esquistos. La fase de deformación F_2 es reconocible en el cabalgamiento basal del Manto de Mondoñedo que aflora en la ventana tectónica del Monte Carballosa y la fase de deformación F_3 es reconocible en el replegamiento de los esquistos precámbricos ya que estos conforman el núcleo del pliegue tumbado de Mondoñedo.

En general, las observaciones tectónicas en esta zona son muy difíciles ya que prácticamente todo el área está recubierta por depósitos recientes de tipo aluvial, lacustre y eluvial.

En la Figura 3.6., puede verse un corte esquemático representativo de la Zona 3.

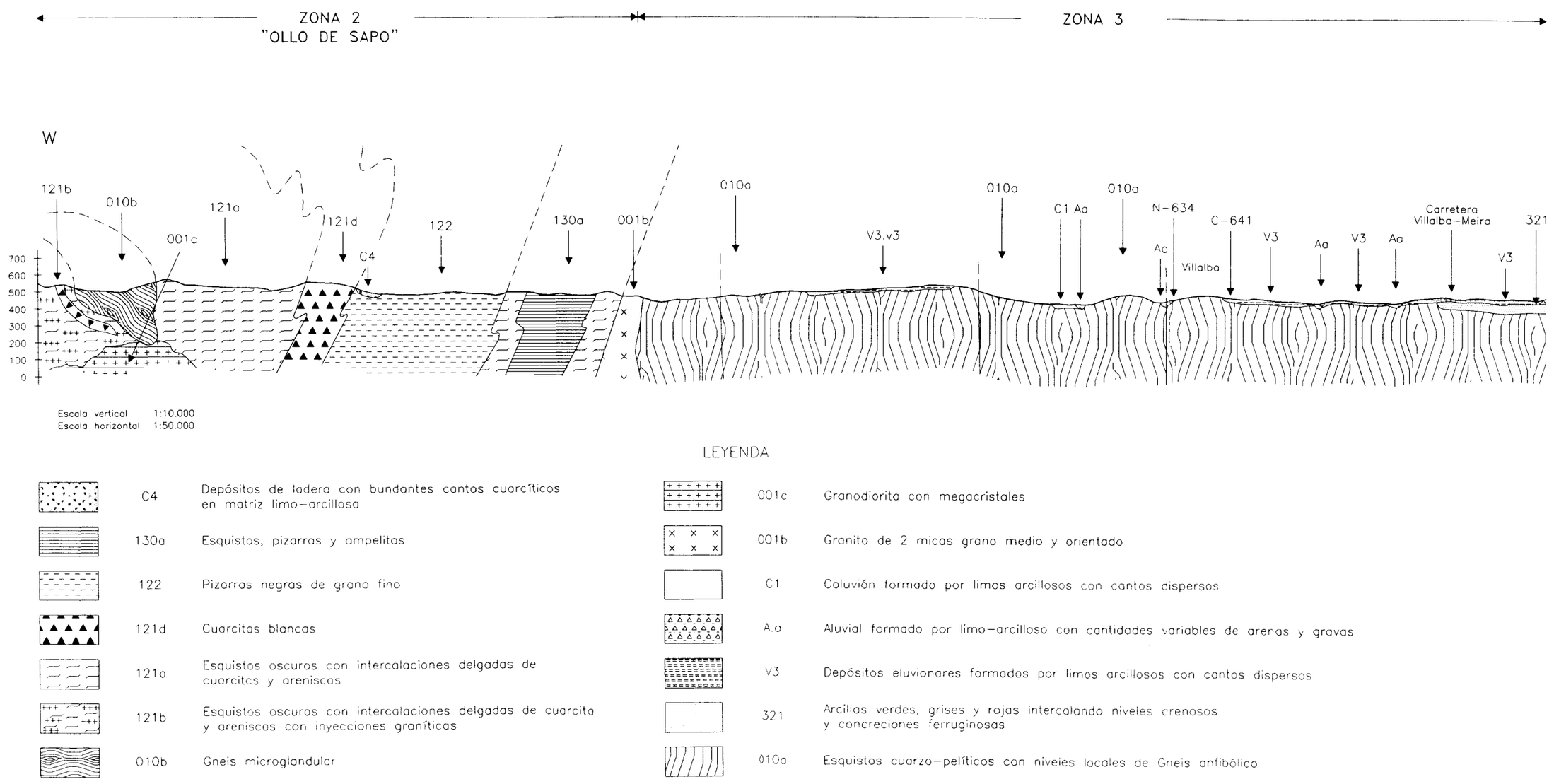


Figura 3.6. *Corte esquemático de la Zona 3.*

3.4.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica, en la Zona 3, engloba materiales del Manto de Mondoñedo, representado el autóctono por las cuarcitas del Cámbrico Inferior y el alóctono por los esquistos del Precámbrico (Serie Villalba) y por cuarcitas y pizarras del Cámbrico Inferior. Sobre los materiales del alóctono se apoyan de manera discordante depósitos sedimentarios de edad Terciaria y Cuaternaria. La serie Precámbrica se encuentra intruida por algunos batolitos graníticos y por numerosas inyecciones graníticas, en la Figura 3.7., se muestra la columna estratigráfica de la Zona 3.

3.4.4. Grupos litológicos

En este apartado se describen los aspectos litológicos, estructurales y geotécnicos de los grupos litológicos de la Zona 3.

ALUVIAL	A, a.
JABRE	V2, v2.
TERRAZAS	T, t.
CONOS DE DEYECCIÓN	D, d.
COLUVIALES	C1, c1.
PIZARRAS DE GRANO MEDIO-FINO CON INTERCALACIONES CUARCÍTICAS	(111b).
CUARCITAS Y ARENISCAS CON INTERCALACIONES PIZARROSAS	(111a).
GRANITOS DE MONSEIBÁN, ROMÁN Y AFLORAMIENTOS MENORES	(001b).

Todos estos grupos litológicos se encuentran presentes en mayor o menor medida en la Zona 3, pero sus descripciones ya han sido contempladas en las Zonas 1 y 2.

DEPÓSITO MIXTO: COLUVIONAR Y ELUVIONAR, V3, v3

- Litología

  Este grupo litológico esta constituido fundamentalmente por productos de alteración, siendo la litología predominante los limos-arcillosos de colores oscuros, ricos en materia orgánica, que esporádicamente engloban cantos dispersos hete-

rométricos, angulosos-subangulosos de naturaleza cuarcítica y pizarrosa-esquistosa.

- Estructura

  Se disponen horizontalmente, careciendo de ordenamiento interno, el espesor es pequeño, superando los 3,5 m en raras ocasiones.

ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	T.t	GT3	TERRAZA FORMADA POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	CUATERNARIO
	D.d	GT4	CONOS DE DEYECCIÓN FORMADO POR LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	C1.c1	GT5	COLUVIÓN FORMADO POR LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	CUATERNARIO
	A.a	GT3	ALUVIAL FORMADO POR LIMO–ARCILLOSO CON CANTIDADES VARIABLES DE ARENAS Y GRAVAS	CUATERNARIO
	V2.v2	GT7	DEPÓSITO DE JABRE DE ARENA GRUESA SUELTA	CUATERNARIO
	V3.v3	GT5	DEPÓSITOS ELUVIONARES DE LIMOS ARCILLOSOS CON CANTOS DISPERSOS	
	321	GT14	ARCILLAS VERDES, GRISES Y ROJAS INTERCALANDO NIVELES ARENOSOS Y CONCRECIONES FERRUGINOSAS	TERCIARIO
	111b	GT8	PIZARRAS DE GRANO MEDIO–FINO CON INTERCALACIONES CUARCÍTICAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111a	GT10	CUARCITAS Y ARENISCAS CON INTERCALACIONES PIZARROSAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111b	GT8	PIZARRAS DE GRANO MEDIO–FINO CON INTERCALACIONES CUARCÍTICAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111a	GT10	CUARCITAS Y ARENISCAS CON INTERCALACIONES PIZARROSAS	CÁMBRICO INFERIOR
	010a	GT13	ESQUISTOS CUARZO–PELÍTICOS CON NIVELES LOCALES DE GNEIS ANFIBÓLICO	PRECÁMBRICO
	001b	GT9	GRANITO DE 2 MICAS DE GRANO MEDIO Y ORIENTADO	
	002a	GT9	APLITA	

Figura 3.7. *Columna estratigráfica de la Zona 3.*

- Geotecnia

Geotécnicamente, estos materiales tienen capacidad portante baja. Este grupo litológico es excavable.

La permeabilidad es muy baja, debida a porosidad intergranular, que provoca un drenaje subterráneo muy pobre.

El drenaje superficial no es eficaz, pues la infiltración es mínima y el depósito coincide en zonas de topografía plana, existiendo problemas de encharcamiento. (Ver Foto 3.40.).



Foto 3.40. *Aspecto del grupo litológico V3, v3 con problemas de drenaje*

El grado de compactación es muy bajo, siendo un material con alto grado de erosionabilidad.

No se han observado taludes en este grupo litológico.

ARCILLAS VERDES, GRISES Y ROJAS INTERCALANDO NIVELES ARENOSOS Y CONCRECIONES FERRUGINOSAS, (321)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por arcillas verdes, grises y rojas que intercalan niveles arenosos y microconglomeráticos. (Ver Foto 3.41.).



Foto 3.41. Aspecto del grupo litológico (321)

  Las arcillas tiene elevada plasticidad y presentan en ocasiones restos de raíces en posición de vida.

  Las fracciones más groseras presentan rápidos acuñamientos y tienen una distribución irregular. En muchos lugares este grupo litológico está coronado por un nivel microconglomerático de 1 m de espesor con cantos heterométricos y subangulosos-subredondeados.

- Estructura

  El conjunto tiene un espesor medio de 40 m, el cual se presenta de manera horizontal y tabular. Son reconocibles estructuras sedimentarias en las fracciones arenosas del tipo de laminaciones paralelas y cruzadas.

- Geotecnia

  Geotécnicamente, estos materiales tienen capacidad portante media, pueden dar lugar a asientos bajos a medios. El grupo litológico es excavable.

  El grupo presenta permeabilidad baja-muy baja y solamente localizada en los niveles de tamaños de grano mayores, debida a porosidad intergranular. El drenaje subterráneo es muy pobre, mientras que el superficial es insuficiente ya que este grupo litológico, se localiza en zonas de topografía muy plana, en donde los encharcamientos son muy frecuentes, llegando incluso a darse lagunas de origen endorréico.

  Respecto a los taludes, no se ha observado ninguno, pero el bajo grado de compactación y la baja resistencia a la erosión que presentan estos materiales, recomienda taludes bajos y que no rebasen inclinaciones 3H:2V.

ESQUISTOS CUARZO-PELÍTICOS, CON NIVELES LOCALES DE GNEIS ANFIBÓLICO, (010a)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por una serie de esquistos oscuros ricos en biotita, en donde existen tamaños de grano variables. También intercalan algunos niveles de mayor tamaño de grano, como cuarzoesquistos. En algunos puntos, la serie alberga algunos niveles de poco espesor y continuidad de gneis anfibólico compuesto por cuarzo, plagioclasa, hornblenda, granate, epidota, esfena y apatito. También es generalizado en algunas zonas encontrar inyecciones graníticas intraestratificadas. Este grupo litológico es conocido en la literatura geológica como la Serie Villalba. (Ver Foto 3.42.).



Foto 3.42. Aspecto del grupo litológico (010a)

- Estructura

  Este grupo litológico tiene un espesor de 2.000-2.500 m, y presenta un gran desarrollo de la esquistosidad S1 crenulada por la esquistosidad S3, así como, un gran índice de fracturación, cifrado en 1 fractura cada 20 cm.

  En algunos niveles de esta serie pueden reconocerse estructuras típicas de depósitos turbidíticos.

- Geotecnia

  Geotécnicamente se trata de una roca, con capacidad portante alta. Son materiales marginalmente ripables en zonas superficiales y no ripable en profundidad.

  Presenta permeabilidad baja por fracturación. El drenaje subterráneo es escaso y un drenaje superficial eficaz.

  Sólo se han observado taludes artificiales en la circunvalación a la localidad lucense de Villalba, siendo de alturas medias e inclinaciones de 45°-50°. En general, estos taludes son estables, aunque algunos presenten problemas de tipo de caída de lajas, cantos y algunas pequeñas cuñas.

Los problemas de estabilidad vienen dados por el grado de alteración de los materiales y por la acción conjunta de la esquistosidad (S1) y el elevado índice de fracturación, por lo que se aconseja, de modo general, taludes medios y no rebasar inclinaciones 1H:1V.

APLITA, (002a)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido mayoritariamente por cuarzo y feldespato que presenta la textura aplítica típica.

- Estructura

  Tiene un espesor de pocos metros, y se encuentra rellenando una fractura de dirección N-S aproximadamente, a modo de dique.

- Geotecnia

  Geotécnicamente se trata de una roca, con capacidad portante alta. El grupo litológico no es ripable y presenta una permeabilidad muy baja.

3.4.5. Grupos geotécnicos

Los grupos litológicos definidos en el apartado 3.3.4. han sido agrupados en diferentes grupos geotécnicos (GT) atendiendo a características geotécnicas comunes.

Los grupos geotécnicos definidos en esta Zona 3 son los siguientes:

- Grupo geotécnico GT3

  En la Zona 3, este grupo geotécnico comprende los grupos litológicos T, t y A, a.

  Grupo formado por conglomerados, arenas y arcillas. El grado de compactación es de tipo medio-bajo. Capacidad portante de media a baja, puede dar origen a asientos bajos. Excavables, con un grado moderado de erosionabilidad. Permeabilidad aceptable, con un drenaje superficial suficiente por infiltración y un drenaje subterráneo medio.

  En este tipo de materiales se recomiendan taludes con pendientes 3H:2V donde serán necesarias medidas protectoras contra la erosión, y las caídas de cantos.

Los materiales pertenecientes a este grupo geotécnico pueden resultar de interés como yacimientos granulares de zahorra natural y arenas.

- Grupo geotécnico GT4

  En la Zona 3, este grupo geotécnico comprende el grupo litológico D, d.

  Grupo formado por limos arcillosos englobando cantidades variables de cantos angulosos de naturaleza cuarcítica y pizarrosa.

  Son materiales con un grado de compactación bajo. Capacidad portante baja, puede dar lugar a asientos diferenciales. Excavables y susceptibles de erosión por escorrentía. Su permeabilidad es baja. Drenaje superficial aceptable y drenaje subterráneo pobre. Se recomienda taludes bajos y tendidos.

  Los materiales pertenecientes a este grupo geotécnico pueden ser de interés como materiales de préstamo.

- Grupo geotécnico GT5

  En la zona 3, este grupo geotécnico comprende los grupos litológicos C1, c1 y V3, v3.

  Grupo formado por conglomerados heterométricos y angulosos englobados en una matriz areno-limo-arcillosa.

  Son materiales con un grado de compactación bajo. Muy erosionables. Capacidad portante media a baja, puede dar lugar a asientos importantes. Excavables y con permeabilidad media. Drenaje superficial eficaz y drenaje subterráneo medio.

Los taludes practicados en estos materiales presentan problemas de estabilidad, debidos a la poca compactación y la erosionabilidad, que se manifiestan en caídas de bloques y derrumbes, por lo que se recomiendan taludes bajos con inclinaciones suaves.

- Grupo geotécnico GT7

En la Zona 3, este grupo geotécnico comprende el grupo litológico V2, v2.

Grupo formado por arenas sueltas heterométricas, angulosas procedentes de alteración "in situ" de rocas graníticas.

Los materiales que componen este grupo geotécnico tienen capacidad portante media. Son ripables. Permeabilidad media por porosidad intergranular. Drenaje superficial eficaz, alto coeficiente de infiltración y drenaje subterráneo alto.

Los taludes practicados en los materiales de este grupo geotécnico deberán ser bajos y tendidos ya que presentarán inestabilidades debidas al bajo grado de compactación y a la alta alterabilidad y erosionabilidad de los materiales.

- Grupo geotécnico GT8

  En la Zona 3, este grupo geotécnico comprende el grupo litológico (111b).

  Grupo formado por pizarras y pequeñas intercalaciones de espesor débil de areniscas y cuarcitas.

  Los materiales que componen este grupo geotécnico son rocas, con capacidad portante media. Estos materiales son ripables en zonas superficiales y no ripables por debajo de la zona de alteración. La permeabilidad es baja debida a la fracturación. El drenaje superficial eficaz y drenaje subterráneo muy bajo.

  Los futuros taludes practicados en los materiales de este grupo geotécnico deberían ser 1H:1V y evitarán, dentro de lo posible, situaciones desfavorables subparalelas a la dirección y buzamiento de la esquistosidad de los materiales hacia el eje de la calzada.

  El elevado índice de fracturación y el gran desarrollo de los planos de esquistosidad provocan numerosas inestabilidades del tipo de caída de bloques, lajas y deslizamientos en cuña.

  Los materiales correspondientes a este grupo geotécnico son los que presentan mayor incidencia de deslizamientos de ladera.

- Grupo geotécnico GT9

  En la Zona 3, este grupo geotécnico comprende los grupos litológicos (001b) y (002a).

  Grupo formado por rocas graníticas y rocas filonianas.

Los materiales que componen este grupo geotécnico son rocas, con capacidad portante alta, no ripables, con permeabilidad muy baja, drenaje superficial eficaz en la mayoría de los casos y drenaje subterráneo muy pobre.

En general, es característico un índice de fracturación medio, siendo los taludes constituidos en los materiales de este grupo geotécnico generalmente estables. Las posibles inestabilidades se deriva de los deslizamientos en cuña definidos por las diferentes familias de fracturas.

También existen problemas de movilidad de grandes bloques y bolos graníticos en donde los macizos graníticos presentan esta morfología.

Los materiales que corresponden a este grupo geotécnico tienen alto interés como yacimientos rocosos para áridos de machaqueo.

- Grupo geotécnico GT10

  En la Zona 3, este grupo geotécnico comprende el grupo litológico (111a).

  Grupo formado por cuarcitas, areniscas y pequeñas intercalaciones de pizarras.

  Los materiales que componen este grupo geotécnico son rocas, con capacidad portante alta. No ripables. La permeabilidad es baja por fracturación. El drenaje superficial es eficaz y drenaje subterráneo escaso. Estos materiales presentan un índice de fracturación variable entre medio y elevado.

  Los taludes practicados en los materiales de este grupo geotécnico serán generalmente estables, con pendientes altas del orden de 1H:2V. Será preciso evitar disposiciones de talud paralelas a la dirección de la estratificación y ángulos de talud a favor del buzamiento de la estratificación. También, es recomendable un análisis riguroso de la fracturación de determinados taludes para minimizar el riesgo de deslizamientos a favor de discontinuidades.

  Los materiales de este grupo geotécnico tienen un alto interés como yacimientos rocosos para áridos por machaqueo.

- Grupo geotécnico GT13

  En la Zona 3, este grupo geotécnico comprende el grupo litológico (010a).

  Grupo formado principalmente por esquistos que albergan niveles de cuarzoesquistos, diques de cuarzo y niveles delgados de gneises anfibólicos.

Los materiales que componen este grupo geotécnico son rocas con capacidad portante media-alta. No ripables, presentando ripabilidad marginal en superficie debida al grado de alteración y al desarrollo de la fracturación. La permeabilidad es baja por fracturación. El drenaje superficial es eficaz y el drenaje subterráneo escaso. Presentan un elevado índice de fracturación que junto con los planos de esquistosidad S1 generan algunas inestabilidades del tipo de caída de lajas y pequeños deslizamientos de cuñas.

En general los taludes son estables, pero deben evitarse desmontes paralelos a la dirección de la esquistosidad y ángulos de talud semejantes al buzamiento de dicha esquistosidad.

- Grupo geotécnico GT14

  En la zona 3 este grupo geotécnico está representado por el grupo (321).

  Este grupo geotécnico, está formado por arenas, arcillas y algún nivel calcáreo. Se pueden considerar, en general, como suelos con capacidad portante de media a baja y en los tramos más arcillosos, pueden llegar a dar asientos.

  Estos materiales son erosionables y fácilmente excavables. La permeabilidad de estos materiales es, en general, de media a baja en los tramos detríticos. Los drenajes subterráneos considerados globalmente son buenos e impermeables en los tramos arcillosos. Los drenajes superficiales son deficientes.

  Los taludes construidos en este grupo generarán inestabilidades de tipo gravitacionales y erosivos en la formación, siendo las condiciones constructivas en general desfavorables porque a esto se le añade la posibilidad de la presencia de yesos, que la literatura describe a otras zonas, fuera del Tramo.

3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

Los materiales de los grupos litológicos de la Zona 3, presentan una variedad de problemas geotécnicos que pueden dividirse según se trate de suelos o rocas.

Los materiales considerados, geotécnicamente, como suelos, son de baja capacidad portante y pueden dar lugar a asientos y problemas de erosionabilidad debidos al bajo grado de compactación.

En esta zona, son especialmente problemáticos los materiales del grupo geotécnico GT2, que presentan un drenaje superficial insuficiente y muy baja permeabilidad, siendo muy frecuentes los problemas de encharcamientos.

Los materiales considerados, geotécnicamente, como rocas, presentan en las litologías más duras (cuarcitas y rocas ígneas), problemas de ripabilidad, siendo necesario en la mayoría de las situaciones el uso de explosivos. Grupos geotécnicos GT8, GT9, GT10 y GT13.

El elevado índice de fracturación, junto al gran desarrollo de los planos de esquistosidad, provoca en los materiales del grupo geotécnico GT8, un riesgo potencial elevado de inestabilidad en los taludes que se realicen, siendo de especial importancia en aquellos taludes diseñados paralelamente a la dirección de los planos de esquistosidad y con ángulos de talud semejantes al buzamiento de los planos de esquistosidad o de las capas.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS

El Tramo presenta dos áreas topográficas bien diferenciadas, una correspondería a las Zonas 1 y 3 y otra a la Zona 2.

Las Zonas 1 y 3 se caracterizan por relieves generalmente planos siendo irrelevantes los problemas de tipo topográfico que pudieran presentarse a excepción del relieve existente entre las zonas de rías y las rasas costeras de la Zona 1.

La Zona 2 presenta un relieve muy acusado configurado por valles estrechos y encajados y líneas de cumbres elevadas. La Zona 2 conecta las tierras costeras de la Zona 1 con las tierras altas y planas de la Zona 3 y la principal vía de comunicación existente en el Tramo (nacional 634) aprovecha en su trazado el valle del río Masma, el valle de Villanueva de Lorenzana y el valle de Mondoñedo para remontar el desnivel existente.

Las características orográficas de la Zona 2 condicionan drásticamente el trazado de las vías de comunicación, pudiendo ser necesario soluciones tipo túnel y viaducto para salvar los fuertes relieves.

4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS

Los problemas de índole geomorfológica en el Tramo de estudio pueden agruparse en 4 tipos: problemas geomorfológicos relacionados con movimientos gravitacionales, problemas de dinámica fluvial, problemas de dinámica litoral y problemas de drenaje superficial en zonas semiendorréicas.

Los problemas geomorfológicos relacionados con movimientos gravitacionales son de especial relevancia en la Zona 2, donde existen muchos ejemplos de inestabilidad natural de vertientes (deslizamientos de ladera) y de inestabilidad en taludes artificiales. Los materiales que acusan esta problemática son los correspondientes, al grupo geotécnico GT8 y en menor medida a los depósitos de ladera, coluviones y conos de deyección de los grupos geotécnicos GT6, GT5 y GT4.

También son importantes, los problemas que pudieran presentarse en las laderas de los macizos graníticos que presentan una geomorfología en berrocal y grandes bolos graníticos susceptibles de ponerse en movimiento.

Los problemas geomorfológicos relacionados con la dinámica fluvial son fundamentalmente de tipo erosivo, siendo la Zona 2 en donde se detectan la mayoría de los fenómenos de encajamiento, erosión de cauces y acción erosiva remontante.

Los problemas geomorfológicos relacionados con la dinámica litoral son de tipo erosivo y de acumulación. Están presentes en la Zona 1 y se manifiestan en las variaciones de las zonas de playa, en los desprendimientos en las zonas de acantilado y en la migración de los depósitos como resultado del régimen de mareas y la acción fluvial en las zonas de rías.

Los problemas de drenaje superficial en zonas semiendorréicas están localizados fundamentalmente en la Zona 3, en la comarca de la "Terra Cha", en donde el relieve llano y el carácter impermeable de los grupos litológicos V3, v3 y (321) del grupo geotécnico G2 generan extensas áreas encharcadas en las épocas de fuertes precipitaciones.

4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

Los problemas geotécnicos de mayor importancia que presenta el Tramo de estudio pueden resumirse en los siguientes:

Problemas relacionados con la capacidad portante

La mayoría de los materiales considerados geotécnicamente como suelos pueden dar lugar a asientos. Corresponden fundamentalmente a los grupos geotécnicos GT1, GT2, GT4, GT5, GT6 y GT7.

Problemas relacionados con el grado de compactación

Los materiales de los grupos geotécnicos GT1, GT2, GT3, GT4, GT5, GT6 y GT7 presentan alto grado de erosionabilidad.

Problemas relacionados con la capacidad de drenaje superficial

Los materiales del grupo geotécnico GT2 y GT5 presentan problemas de encharcamiento debido a la baja permeabilidad y al escaso relieve que presentan. (Ver Foto 3.40.).

Problemas relacionados con la ripabilidad

Los materiales de los grupos geotécnicos GT8, GT9, GT10 y GT13 son en general materiales no ripables siendo necesario el uso de explosivos para su disgregación.

Problemas relacionados con la estabilidad de laderas y taludes artificiales

Los materiales que componen el grupo geotécnico GT8 son, generalmente materiales que debido al alto índice de fracturación, el gran desarrollo de los planos de esquistosidad y la verticalidad de las laderas, presentan problemas de inestabilidad de laderas (deslizamiento de ladera) y de estabilidad de taludes artificiales. Los problemas de estabilidad de taludes se acentúan, cuando dichos taludes se construyen paralelos a la dirección de los planos de estratificación o esquistosidad con inclinaciones semejantes al buzamiento de dichos planos. (Ver Fotos 3.36, 3.37. y 3.38.).

Por otra parte, los coluviones, conos de deyección y depósitos de ladera que componen los grupos geotécnicos GT4, GT5 y GT6 presentan un riesgo potencial muy elevado de movilizarse si se descalzan las bases de estos depósitos.

Problemas relacionados con el drenaje subterráneo

Los materiales del grupo geotécnico GT12 presentan alta permeabilidad por karstificación, aspecto que debe considerarse en cimentaciones y construcciones de taludes y obras subterráneas. (Ver Foto 3.39.).

4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

El corredor sugerido para conectar la zona costera Cantábrica y la carretera nacional VI, coincide en su mayor parte, con el trazado de la carretera Nacional 634. El trazado de la Nacional 634 es el paso natural para remontar el relieve existente entre la costa (Zona 1) y la "Terra Cha" (Zona 3), aprovechando el valle del río Masma, el valle de Villanueva de Lorenzana y el valle de Mondoñedo hasta alcanzar el puerto de Gesta y entrar en la altiplanicie de la "Terra Cha". Ver Figura 4.1.

Otros corredores distintos a éste supondrían tramos largos de trayectos por zonas de topografía accidentada, en donde serían más numerosos los desmontes, túneles y viaductos encareciendo la obra, además de no comunicar los principales núcleos de población del Tramo.

El trazado sugerido presenta determinados trayectos con problemas de índole variada.

Así, el trayecto que discurre entre la localidad de Ribadeo y la ría de Foz por la Zona 1 (rasa costera), presenta el problema de una alta densidad de núcleos urbanos, (construcción de variantes) mientras que si se opta por un trazado cercano al relieve que separa la Zona 1 de la Zona 2 (área con menor densidad de núcleos urbanos), apare-

cerían problemas constructivos en la estabilidad de los depósitos gravitacionales que flanquean este relieve.

Por otra parte, el mayor desnivel que tiene que salvar el tramo de trazado sugerido, se encuentra entre la localidad de Mondoñedo y el puerto de Gesta que da paso a la "Terra Cha".

Este paso presenta problemas geotécnicos importantes, ya que además de salvar el fuerte desnivel existente, la traza discurriría paralela a la dirección de las capas, y los taludes serían a favor de la estratificación, con los problemas que esto conlleva, y que se pueden observar en la carretera actual.

Con objeto de evitar estas situaciones de inestabilidad, se sugiere un trazado paralelo al actual, pero por la ladera opuesta del valle de Mondoñedo. Este nuevo trazado atravesaría materiales con una disposición estructural mucho más favorable (buzamiento contrario a la pendiente de los futuros taludes) y así evitar posibles inestabilidades.

De esta manera se alcanzaría el puerto de la Gesta para continuar por el actual trazado de la Nacional 634, atravesando el altiplano de la "Terra Cha" y evitando las zonas semiendorréicas existentes en la Zona 3.

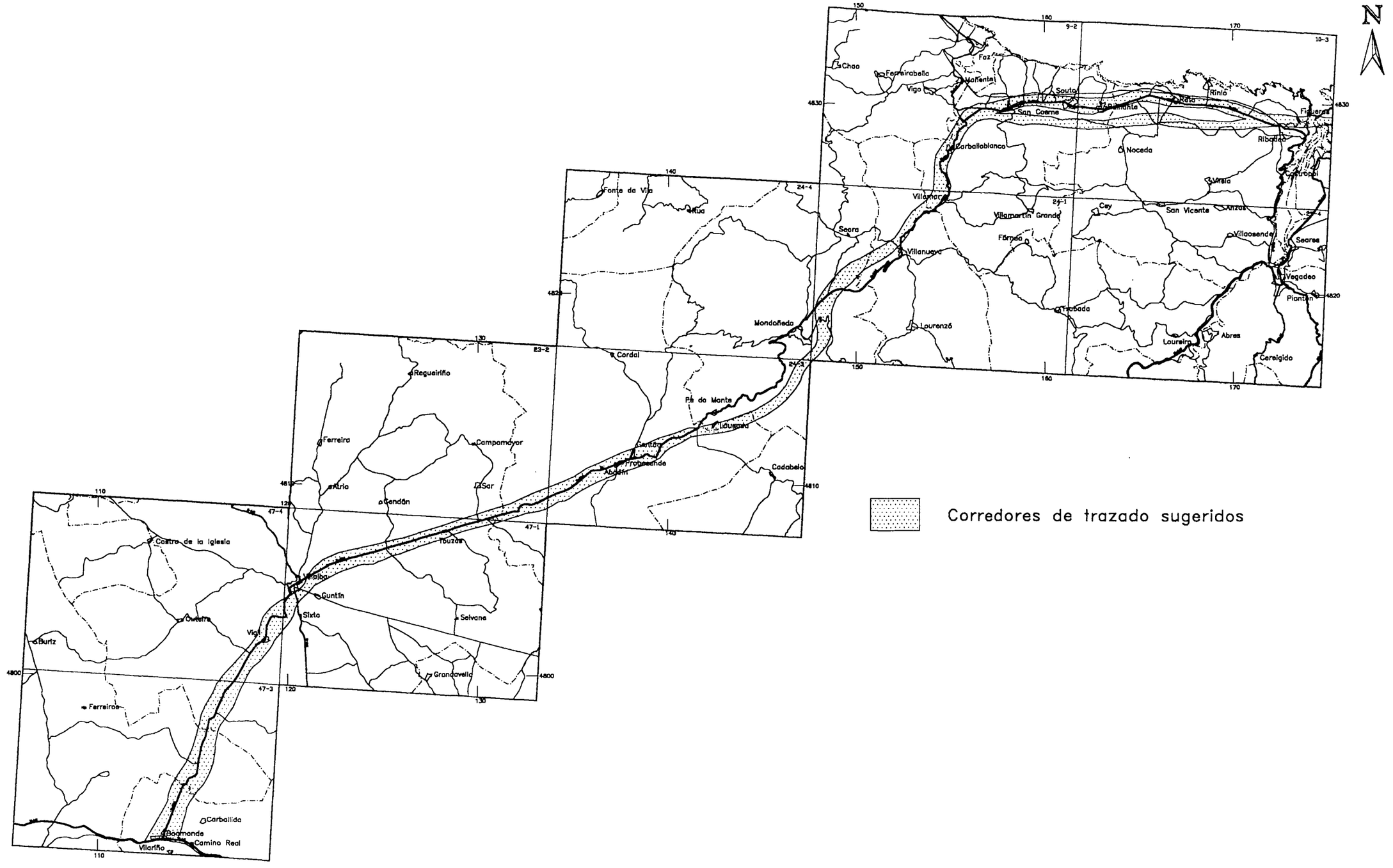


Figura 4.1. *Corredores de trazado sugeridos.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente Estudio no incluye un análisis detallado de los yacimientos de materiales del Tramo, ya que dicho análisis desbordaría, por su metodología especial y amplitud, el alcance de los Estudios Previos de Terrenos.

No obstante, se ha considerado conveniente presentar, de forma ordenada, la información recogida sobre yacimientos con motivo de la realización del presente Estudio Previo.

La información que a continuación se expone se refiere exclusivamente a yacimientos de materiales utilizables en obras de carretera (canteras, graveras y materiales para terraplenes y pedraplenes).

En la Figura 5.1. se muestra la ubicación de los yacimientos en el Tramo de estudio, y en el Cuadro 5.1. se muestran las características particulares de cada uno de ellos. (Ver Fotos 5.1. y 5.2.).

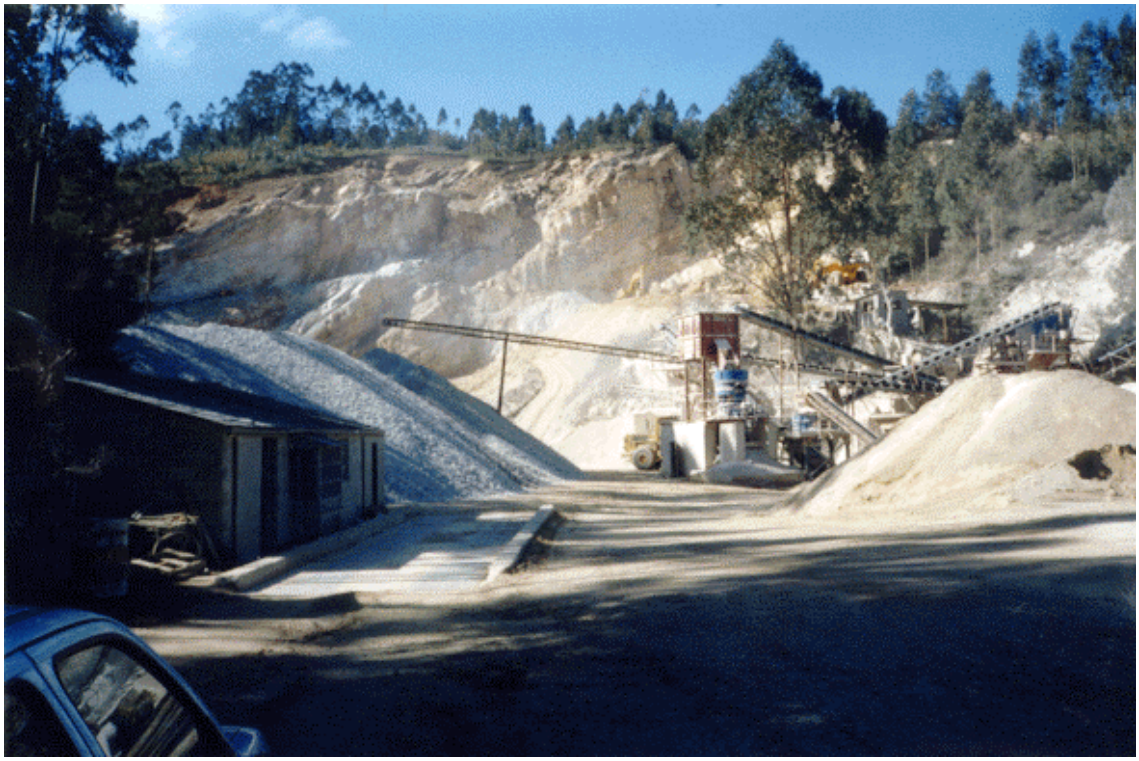


Foto 5.1. Detalle del YR-6

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

Los yacimientos rocosos existentes en el Tramo son, principalmente, de naturaleza cuarcítica, calcárea e ígnea y se ubican en los grupos litológicos siguientes:

- 121 d (cuarcitas)
- 112 b (cuarcitas y areniscas)
- 111 c (calizas y dolomías marmóreas)
- 111 a (cuarcitas)
- 002 e (diabasas)
- 001 b (granitos)
- 002 d (dolerita)



Foto 5.2. Detalle del YR-16

Los valores del ensayo de desgaste Los Angeles para granulometría A ofrecen los siguientes resultados:

- Los grupos litológicos (121d), (112b) y (111a), presentan valores entre el 33,6% y 27,7%, considerándose adecuados como árido de carreteras pero inadecuados para capa de rodadura.

- El grupo litológico (111c) presenta valores del 34,6%, considerándose adecuado como árido de carretera y para capa de rodadura. La cantera (YR-16) situada en las cercanías de Villanueva de Lorenzana, que explota el grupo litológico (111c), presenta las siguientes granulometrías de áridos:

  - Arena (0-6 mm)
  - Gravilla (16-12 mm)
  - Gravilla (12-18 mm)
  - Gravillón (18-30 mm)
  - Grava (30-70 mm)
  - Zahorras (0-50 mm)
  - Escolleras de todo tipo y peso

  Estos áridos presentan una resistencia al desgaste de los áridos por medio de la máquina de Los Angeles S/NLT-149 del 26% y la determinación de la adhesividad a los áridos de los ligantes bituminosos en presencia de agua S/NLT-166 superior al 95%.

- Los grupos litológicos (001b), (001a) y (001c) presentan valores entre 47,8% y 37%, considerándose adecuados como árido de carretera pero inadecuados para capa de rodadura.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

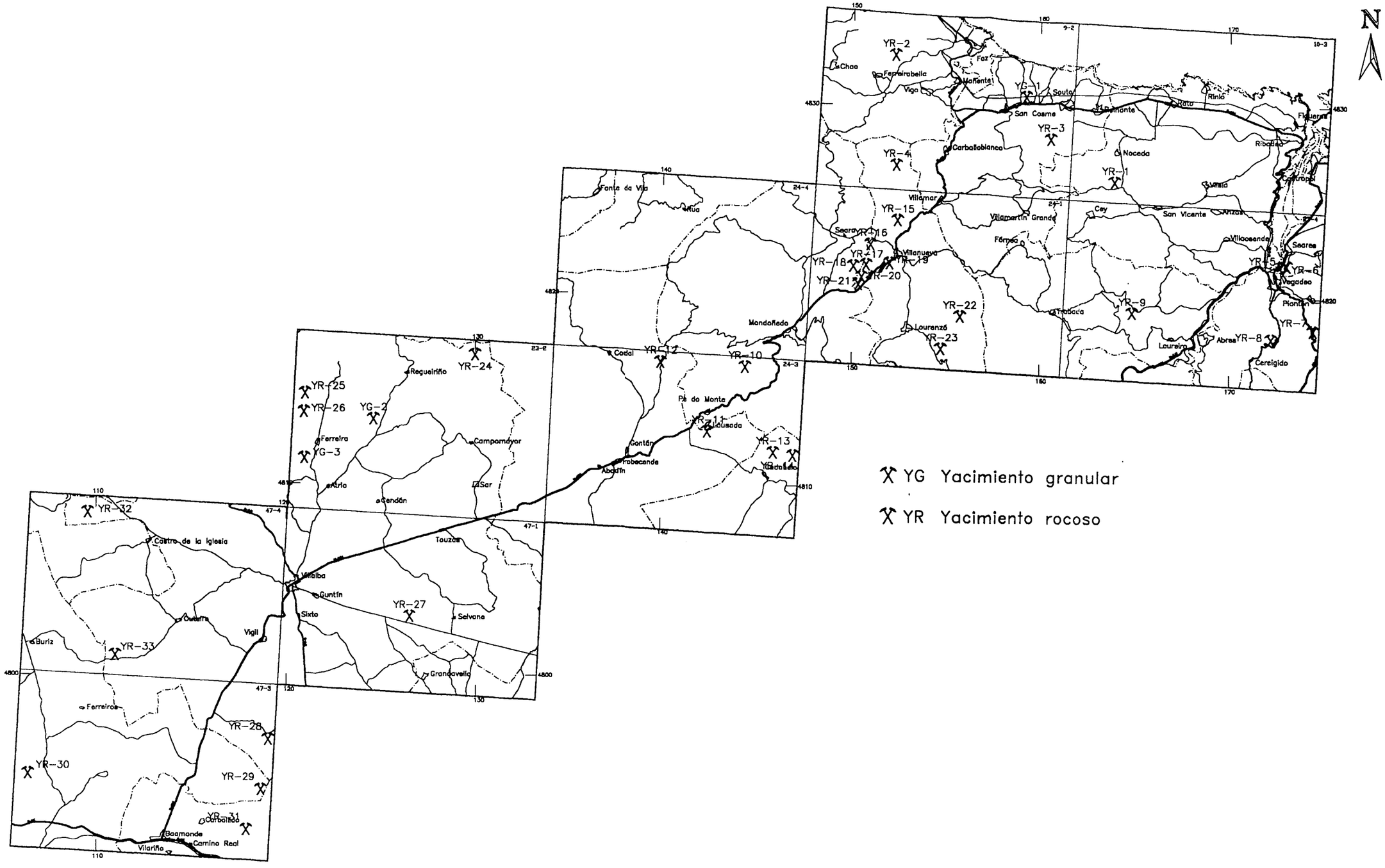


Figura 5.1 *Esquema de situación de los yacimientos rocosos y granulares en el Tramo de estudio.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO Nº. 5.1. DE YACIMIENTOS ROCOSOS

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN (Hoja-Cuadrante)	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-1	Alto - Activo	10 - 3	(121d)	Cuarcita	Bueno. Cruce entre la carretera de Villamartín Pequeño y la Carretera de Devesa a Ponte.
YR-2	Alto - Inactivo	9 - 2	(111a)	Cuarcita	Bueno. Carretera que partiendo de Foz en dirección a la Ermita de San Gonzalo continúa hasta el pie del Pico Lebre (360 m).
YR-3	Bajo - Inactivo	9 - 2	(121d)	Cuarcita	Bueno. Carretera que sale de la N-634 en la localidad de Casaldeite con dirección a Magdalena de Remourelle.
YR-4	Bajo - Inactivo	9 - 2	(121d)	Cuarcita	Malo. Camino que parte desde San Fiz con dirección Norte.
YR-5	Alto - Inactivo	25 - 4	(111c)	Caliza	Malo. Por un camino que parte hacia el SE desde Vilavedelle en la Nacional 640.
YR-6	Alto - Activo	25 - 4	(111c)	Caliza	Bueno. 1 km. al Norte de Vegadeo por la Nacional 640.
YR-7	Bajo - Inactivo	25 - 4	(112b)	Cuarcita	Bueno. En la localidad de Vega de Villar, en la carretera que une Vegadeo con Villanueva de Los Oscos.
YR-8	Bajo - Inactivo	25 - 4	(112b)	Cuarcita	Bueno. En el Km. 4 de la carretera que une Vegadeo y Bres.
YR-9	Bajo - Inactivo	25 - 4	(002e)	Diabasa	Malo. Por un camino que parte desde Margaride en dirección Sur. Margaride está en el km. 4,300 de la carretera que une Trabada y Follaval en la N-640.
YR-10	Bajo - Inactivo	24 - 3	(111c)	Caliza	Malo. Camino con dirección Oeste que parte del Km. 421 de la Nacional 634
YR-11	Bajo - Inactivo	24 - 3	(111c)	Caliza	Malo. Camino que con dirección Sur parte de Lousada, al cual se llega desde una carretera que parte desde el km. 427 de la Nacional 634.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN (Hoja-Cuadrante)	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-12	Bajo - Inactivo	24 - 3	(111a)	Cuarcita	Malo. 200 m al SW de Valiña de Freire.
YR-13	Alto - Inactivo	24 - 3	(111a)	Cuarcita	Malo. En el km. 9 de la carretera Mondoñedo-Riotorto, parte una carretera hacia Pastoriza de la cual en el km. 5 parte otra carretera, desde la que sale un camino con dirección NW a la altura del km. 1.
YR-14	Bajo - Inactivo	24 - 3	(111a)	Cuarcita	Malo. Inmediatamente al Norte de la localidad de Montouto.
YR-15	Bajo - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. Al Norte de Pousada en el km. 407 de la Nacional 634.
YR-16	Alto - Activo	24 - 1	(111c)	Caliza	Bueno. A 1 km. de Villanueva de Lorenzana por la carretera que une esta localidad y Alfoz.
YR-17	Bajo - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. A 1.000 m al NE de Guillade.
YR-18	Bajo - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. A 500 m al Norte de Guillade.
YR-19	Medio - Inactivo	24 -1	(111c)	Caliza	Bueno. A 1 km. de Villanueva de Lorenzana, en la localidad de Recemil.
YR-20	Bajo - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. A 1 km. al NW de Arrojo en el Pico Loseiras.
YR-21	Medio - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. Camino con dirección Oeste que parte del km. 412,750 de la Nacional 634.
YR-22	Alto - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. En la localidad de Carballal a 4 km. al SE de Villanueva de Lorenzana.
YR-23	Bajo - Inactivo	24 - 1	(111a)	Cuarcita	Bueno. En el km. 7 de la carretera que une Villanueva de Lorenzana y Riotorto.
YR-24	Bajo - Inactivo	23 - 2	(111a)	Cuarcita	Malo. A 500 m al Norte de Merlos.
YR-25	Alto - Inactivo	23 - 2	(111a)	Cuarcita	Malo. A 200 m al Norte de Garea, a la altura del km. 4,500 de la carretera de Villalba a Villapedre.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN (Hoja-Cuadrante)	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-26	Alto - Inactivo	23 - 2	(111a)	Cuarcita	Malo. A 200 m al Norte de Garea, a la altura del km. 4,500 de la carretera de Villalba a Villapedre.
YR-27	Alto - Inactivo	47 - 1	(001b)	Granitos	Bueno. En el km. 6,750 de la carretera de Villalba a Meira.
YR-28	Alto - Inactivo	47 - 3	(111a)	Cuarcita	Malo. Situado en Piconzos, al que se accede por una carretera que parte del km. 461 de la Nacional 634.
YR-29	Alto - Inactivo	47 - 3	(111a)	Cuarcita	Malo. A 1.500 m al Este de Santa Mariña.
YR-30	Bajo - Inactivo	47 - 3	(002d)	Dolerita	Bueno. A 750 m al Oeste de Casanova.
YR-31 Varios frentes	Alto - Activo	47 - 3	(111a)	Cuarcita	Malo. A 500 m al Este de Pedroso.
YR-32	Alto - Inactivo	47 - 4	(121d)	Cuarcita	Malo. Situado al pie del Pico Chao de Lebre (567 m) al que se accede por una carretera que parte del km. 14 de la carretera que une Villalba y Campo de la Feria.
YR-33	Bajo - Inactivo	47 - 4	(121d)	Cuarcita	Bueno. Situado en la carretera que une Buriz y Outeiro, a unos 6 km. al Este de Buriz, en las cercanías de Villasilvestre.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

Los yacimientos granulares existentes en el Tramo benefician materiales de los grupos litológicos siguientes:

- R2,r2 (arenas y gravas)

- (321) (arcillas y arenas)

En la Figura 5.1., se muestra la ubicación de los yacimientos granulares en el Tramo de estudio, y en el Cuadro 5.2., se muestra un cuadro con las características particulares de cada uno de ellos. (Ver Foto 5.3.).



Foto 5.3. Aspecto de YG-1

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO Nº. 5.2.

DE YACIMIENTOS GRANULARES

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN (Hoja-Cuadrante)	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG-1	Alto - Activo	9 - 2	R2, r2	Arenas y Gravas	Bueno. Cruce entre línea férrea de vía estrecha y la carretera que une Remior y la Nacional 634.
YG-2	Alto - Activo	23 - 2	321	Arcillas Arenas	Bueno. En Villagaronte, en el Km. 10,500 de la carretera que une Villalba y Mirón.
YG-3	Alto - Inactivo	23 - 2	321	Arcillas Arenas	Malo. Inmediatamente al Oeste de Pazo, a la altura del Km. 2 de la carretera de Villalba a Villapedre.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

En el Cuadro 5.3., se muestran los usos más adecuados como material de préstamo de los distintos grupos litológicos.

CUADRO Nº. 5.3. DE MATERIALES PARA PRÉSTAMOS

GRUPOS LITOLÓGICOS	TERRAPLEN	PEDRAPLEN	ESCOLLERA
Playa R1, r1	-	-	-
Dunas E, e	-	-	-
Marismas M, m	-	-	-
Suelos V1, v1	-	-	-
Conglomerados, arenas y arcillas R2, r2	SI	SI	-
Terrazas T, t	SI	SI	-
Conos de deyección D, d	SI	-	-
Coluviales C1, c1	SI	-	-
Depósitos de ladera C3, c3	-	SI	-
Aluvial A, a	-	SI	-
Depósitos de ladera C2, c2	-	SI	-
Depósitos de ladera al pie de Cuarcita Armoricana C4, c4	-	SI	-
Jabre V2, v2	SI	-	-
Esquistos, pizarras y ampelitas (130b)	SI	SI	-
Pizarras negras de grano fino (122)	SI	SI	-
Areniscas blancas-amarillentas de grano fino (121e)	SI	-	-
Cuarcitas blancas (121d)	-	SI	SI
Esquistos oscuros con intercalaciones delgadas de cuarcita y areniscas (121a)	-	SI	-

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

GRUPOS LITOLÓGICOS	TERRAPLEN	PEDRAPLEN	ESCOLLERA
Esquistos oscuros migmatizados con intercalaciones delgadas de cuarcitas y areniscas (121b)	-	SI	-
Gneises microglandulares (010b)	-	SI	-
Granodiorita (001c)	-	SI	SI
Dolerita (002d)	-	SI	SI
Pizarras negras y ampelitas (130a)	SI	SI	-
Alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras (121c)	-	SI	-
Pizarras grises-azuladas con intercalaciones delgadas de arenisca (100)	SI	SI	-
Pizarras verdes con algún nivel de areniscas (110)	SI	SI	-
Areniscas y cuarcitas con intercalaciones delgadas de pizarra (112b)	-	SI	SI
Pizarras verdes (112a)	SI	SI	-
Calizas y dolomías marmóreas (111c)	-	SI	SI
Pizarras de grano fino-medio con intercalaciones cuarcíticas (111b)	SI	SI	-
Cuarcitas y areniscas con intercalaciones pizarrosas (111a)	-	SI	SI
Granito del macizo de la Togiza (001a)	-	SI	SI
Granitos de Monseibán, Román y afloramientos menores (001b)	-	SI	SI

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

GRUPOS LITOLÓGICOS	TERRAPLEN	PEDRAPLEN	ESCOLLERA
Diabasa (002e)	-	SI	SI
Monzonita (002b)	-	SI	SI
Metabasitas (002c)	-	SI	SI
Depósito mixto: coluvionar y eluvionar V3, v3	SI	-	-
Arcillas verdes, grises y rojas intercalando niveles arenosos y concreciones ferruginosas (321)	SI	-	-
Esquistos cuarzo-pelíticos, con niveles locales de gneis anfibólico (010a)	-	SI	SI
Aplita (002a)	-	SI	SI

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MÁS DETALLE

En el Cuadro 5.4, se muestra un resumen de los yacimientos rocosos y granulares que por su importancia pudieran ser objeto de un estudio más detallado.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO Nº 5.4. DE YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDAN ESTUDIAR CON MÁS DETALLE

SÍMBOLO	INTERES	SITUACIÓN (Hoja-Cuadrante)	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-1	Alto - Activo	10 - 3	(121d)	Cuarcita	Bueno. Cruce entre la carretera de Villamartín Pequeño y la Carretera de Devesa a Ponte.
YG-1	Alto - Activo	9 - 2	R2, r2	Arenas y gravas	Bueno. Cruce entre línea férrea de vía estrecha y la carretera que une Remior y la Nacional 634.
YR-2	Alto - Inactivo	9 - 2	(111a)	Cuarcita	Bueno. Carretera que partiendo de Foz en dirección a la Ermita de San Gonzalo continúa hasta el pie del Pico Lebre (360 m).
YR-5	Alto - Inactivo	25 - 4	(111c)	Caliza	Malo. Por un camino que parte hacia el SE desde Villavedelle en la Nacional 640.
YR-6	Alto - Activo	25 - 4	(111c)	Caliza	Bueno. 1 km. al Norte de Vegadeo por la Nacional 640.
YR-13	Alto - Activo	24 - 3	(111a)	Cuarcita	Malo. En el km. 9 de la carretera Mondoñedo-Riotorto, parte una carretera hacia Pastoriza de la cual en el km. 5 parte otra carretera, desde la que sale un camino con dirección NW a la altura del km. 1.
YR-15	Bajo - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. Al Norte de Pousada en el km. 407 de la Nacional 634.
YR-16	Alto - Activo	24 - 1	(111c)	Caliza	Bueno. A 1 km. de Villanueva de Lorenzana por la carretera que une esta localidad y Alfoz.
YR-17	Bajo - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. a 1.000 m al NE de Guillade.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

SÍMBOLO	INTERES	SITUACIÓN (Hoja-Cuadrante)	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-18	Bajo - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. a 500 m al Norte de Guillade.
YR-19	Medio - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Bueno. A 1 km. de Villanueva de Lorenzana, en la localidad de Recemil.
YR-20	Bajo - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. A 1 km. al NW de Arrojo en el Pico Loseiras.
YR-21	Medio - Inactivo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. Camino con dirección Oeste que parte del km. 412,750 de la Nacional 634.
YR-22	Alto - Activo	24 - 1	(111c)	Caliza	Malo. En la localidad de Carballal a 4 km. al SE de Villanueva de Lorenzana.
YG-2	Alto - Activo	23 - 2	(321)	Arcillas Arenas	Bueno. En Villaragonte, en el km. 10,500 de la carretera que une Villalba y Mirón.
YR-25	Alto - Inactivo	23 - 2	(111a)	Cuarcita	Malo. A 200 m al Norte de Garea, a la altura del km. 4,500 de la carretera de Villalba a Villapedre.
YR-26	Alto - Inactivo	23 - 2	(111a)	Cuarcita	Malo. A 200 m al Norte de Garea, a la altura del km. 4,500 de la carretera de Villalba a Villapedre.
YG-3	Alto - Inactivo	23 - 2	(321)	Arcillas Arenas	Malo. Inmediatamente al Oeste de Pazo, a la altura del Km. 2 de la carretera de Villalba a Villapedre.
YR-27	Alto - Inactivo	47 - 1	(001b)	Granitos	Bueno. En el km. 6,750 de la carretera de Villalba a Meira.
YR-28	Alto - Inactivo	47 - 3	(111a)	Cuarcita	Malo. Situado en Piconzos, al que se accede por una carretera que parte del km. 461 de la Nacional 634.
YR-32	Alto - Inactivo	47 - 4	(121d)	Cuarcita	Malo. Situado al pie del Pico Chao de Lebre (567 m) al que se accede por una carretera que parte del km. 14 de la carretera que une Villalba y Campo de la Feria.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ARAMBURU, C., BASTIDA, F. (Eds), (1995).- "Geología de Asturias". TREA 1-308 pp. Oviedo.

- BASTIDA, J. MARTÍNEZ-CATALÁN, J.R. y PULGAR, J.A. (1986).- "Structural, metamorphic and magmatic history of the Mondoñedo nappe (Hercynian belt, NW Spain). Journal of Structural Geology. Vol 8., Nos. 3/4 pp. 415 to 430.

- FERNÁNDEZ-CATUXO, J (1.990).- "Nuevas aportaciones al conocimiento geológico de la ría del Eo (NW España)". Geogaceta, nº 8 pp. 109-112.

- HERNÁNDEZ PACHECO, E y ASENSIO AMOR, I. (1959).- "Materiales sedimentarios sobre la rasa Cantábrica. Tramo comprendido entre las rías Eo y Foz. Bol. R.S.E.H.N., t. 57 (Sección geol..), pp.75-100.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1980).- "Mapa Geológico de España a Escala 1.50.000. Hoja 10, Ribadeo". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1977).- "Mapa Geológico de España a Escala 1.50.000. Hoja 9, Foz". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1980).- "Mapa Geológico de España a Escala 1.50.000. Hoja 25. Vegadeo". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1978).- "Mapa Geológico de España a Escala 1.50.000. Hoja 24, Mondoñedo". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1975).- "Mapa Geológico de España a Escala 1.50.000. Hoja 23, Puentes de García Rodríguez". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1975).- "Mapa Geológico de España a Escala 1.50.000. Hoja 47, Villalba". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1982).- "Mapa Geológico de España a Escala 1.200.000. Hoja 8, Lugo". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1984).- "Mapa Geológico de España a Escala 1.200.000. Hoja 1, La Coruña". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1973).- "Mapa Geotécnico General a Escala 1.200.000. Hoja 2, Avilés". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1974).- "Mapa Geotécnico General a Escala 1.200.000. Hoja 8, Lugo". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1973).- "Mapa Geotécnico General a Escala 1.200.000. Hoja 1, La Coruña", I.G.M.E

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1973).- "Mapa de Rocas Industriales a Escala 1.200.000. Hoja 1, La Coruña". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1973).- "Mapa de Rocas Industriales a Escala 1.200.000. Hoja 8, Lugo". I.G.M.E.

- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA, (1991).- "Mapa Geológico de España a Escala 1.200.000. Hoja 2, Avilés". I.T.G.E.

- JULIVERT, M y ARBOLEYA, M.L., (1984).- "Areal balancing and stimate of areal reduction in a thin-skinned fold and thrust belt (Cantabrian zone, NW Spain): constraints on its emplacement mechanism. Journal of Estructural Geology. Vol 8. Nos. 3/4 pp 407 to 414. Great Britain.

- MARCOS, A. (1973).- "Las series del Paleozóico inferior y la estructura herciniana del occidente de Asturias (NW de España)". Trabajos de Geol., núm. 6, pp 1-113. Facultad de Ciencias. Universidad de Oviedo.

- MARCOS, A y PÉREZ-ESTAUN, A. (1981).- "La estratigrafía de la Serie de los Cabos en la zona de Vegadeo (zona Asturoccidental-Leonesa NW de España)". Trabajos de Geol. núm. 11, pp 89-94. Universidad de Oviedo.

- MARY, G., MEDUS, J. y DELIBRIAS, G. (1975).- "Le Quaternaire de la côte Asturienne (Espagne)". Bul A.F.E.Q., Vol 1 pp 13-23.

- WALTER, R. (1986).- "Die Geologie in der nordostlichen Provinz Lugo (Nord west-Spanien)". Geotekt. Forsch. vol. 27 pp 3-70 Suttgart.

- WALTER, R (1966).- "Resultados de investigaciones geológicas en el Noroeste de la provincia de lugo (NO España) (notas y Comns). Inst. Geol. y Minero de España, nº 89 Madrid.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO

(1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350

** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

* NEOGENO 2

2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense

1** MIOCENO

Superior	Messinense; Tortoniense	Pontiense	Pantiense s.str.; Vallesense
Medio	Serravallense; Langhiense	Helvetiense	Vindoboniense
Inferior	Burdigaliense; Aquitaniense		

* PALEOGENO 1

3** OLIGOCENO — Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense

2** EOCENO

Superior	Priaboniense=Ludense=Bartonense	
Medio	Biarritzense; Luteciense	
Inferior	Cuisiense; Ilerdiense	- Ypresiense, Sparnaciense

1** PALEOCENO — Thanetiense; Montiense; Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

* CRETÁCICO 3

2** SUPERIOR — Maestrinchtiense; Campaniense; Santoniense; Coniaciense (2); Turonense; Cenomanense — Senonense

1** INFERIOR — Albense; Aptense; Barremiense; Hauteriviense; Valagieniense; ? Berriasiense=Wealdense — Facies Urgoniense; Neocomiense (marino); Facies Wealdense (continental)

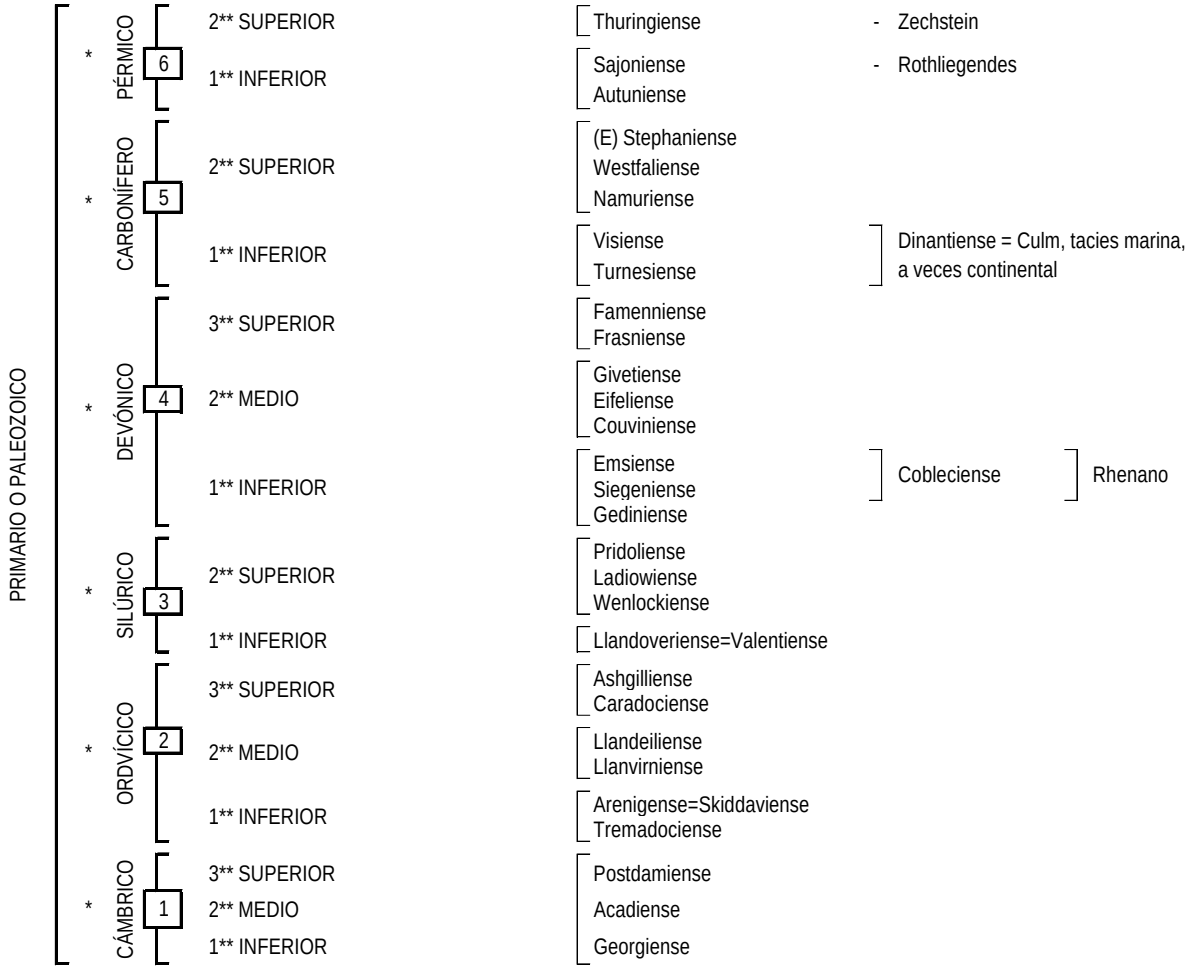
* JURÁSICO 2

3** MALM	Superior	Portlandiense=Tithonico; Kimmeridgiense; Oxfordiense
2** DOGGER	Medio	Calloviense; Bathoniense; Bajociense; Aaleniense
1** LIAS	Inferior	Toarciense; Pliensbachiense; Sinamuriense; Hettangiense

* TRIÁSICO 1

3** SUPERIOR	Retiense; Noriense; Carniense	Keuper
2** MEDIO	Ladiniense; Anisiense=Virglonense	Muschelkalk
1** INFERIOR	Werfeniense	Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

b) Se consideran de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

c) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2-3 kg/cm^2) produce asientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65°) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10°).

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien

porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

Drenaje

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

8. PLANOS

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)

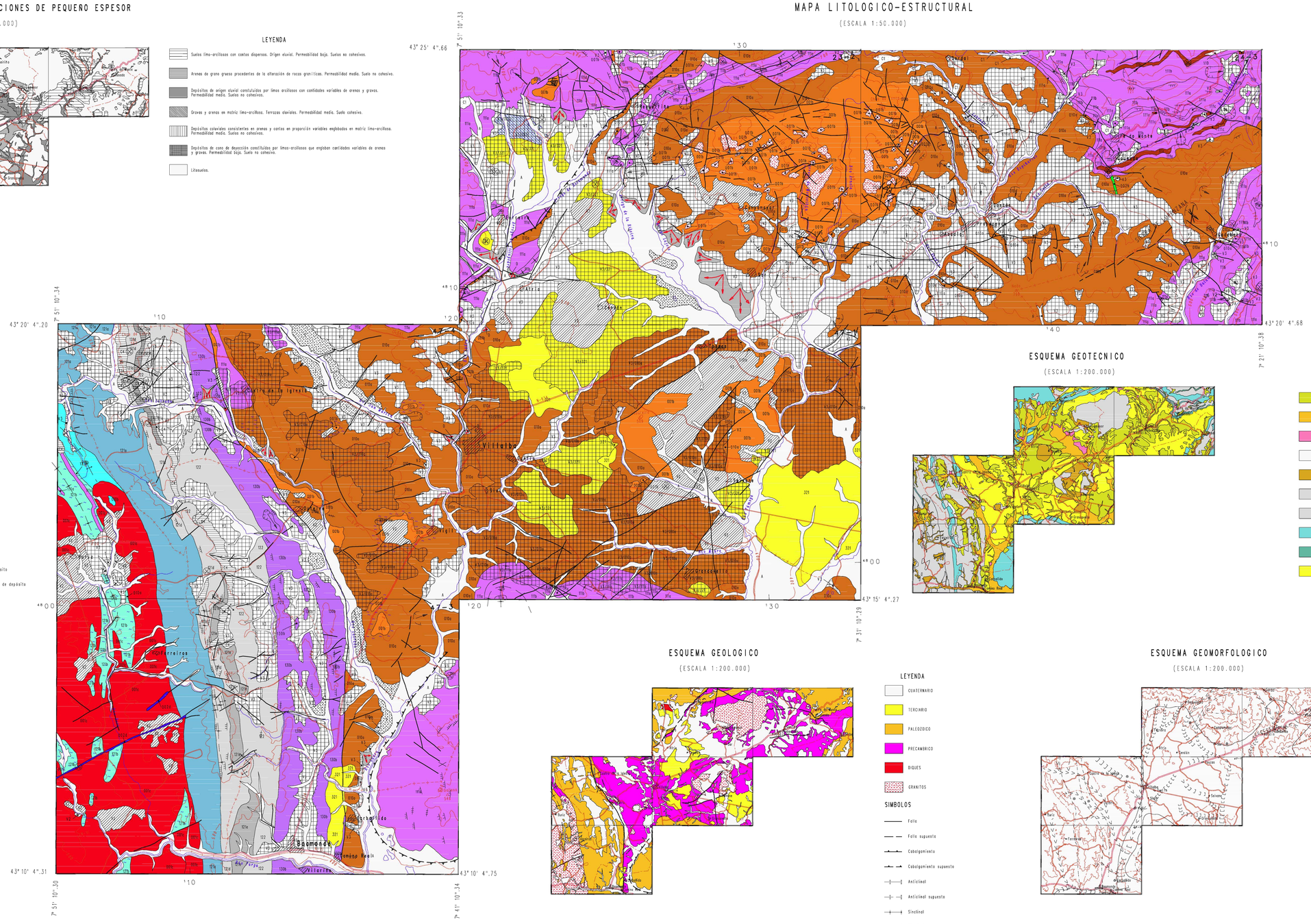


LEYENDA

- Suelos limo-arcillosos con cantos dispersos. Origen eluvial. Permeabilidad baja. Suelos no cohesivos.
- Arenas de grano grueso procedentes de la alteración de rocas graníticas. Permeabilidad media. Suelo no cohesivo.
- Depósitos de origen aluvial constituidos por limos arcillosos con cantidades variables de arenas y gravas. Permeabilidad media. Suelos no cohesivos.
- Gravas y arenas en matriz limo-arcillosa. Terrazas aluviales. Permeabilidad media. Suelo cohesivo.
- Depósitos coluviales consistentes en arenas y cantos en proporción variables englobados en matriz limo-arcillosa. Permeabilidad media. Suelos no cohesivos.
- Depósitos de cono de deyección constituidos por limos-arcillosos que engloban cantidades variables de arenas y gravas. Permeabilidad baja. Suelo no cohesivo.
- Litosuelos.

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)



LEYENDA

- Contacto entre formaciones geológicas
- Escarpe de colulvión, depósitos de ladera y terrazas
- Cabalgamiento
- Cabalgamiento supuesto
- Fallas, diaclasas, lineaciones
- Anticlinal indicando inmersión
- Sinclinal indicando inmersión
- Deslizamiento de ladera indicando escarpe y zona de depósito
- Probable deslizamiento de ladera indicando escarpe y zona de depósito
- Cantera activa o mina a cielo abierto activa
- Cantera abandonada o mina a cielo abierto abandonada
- Buzamiento entre 0-30 grados
- Buzamiento entre 30-60 grados
- Buzamiento entre 60-90 grados
- Buzamiento vertical
- Buzamiento horizontal
- Zona con inyecciones graníticas

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)

LEYENDA

- Arcillas, limos, arenas y niveles de cantos. Son suelos con grado de compactación bajo, capacidad portante baja, excavables, permeabilidad baja-muy baja. Drenaje superficial y subterráneo escaso. Problemas de encharcamiento y los derivados de la plasticidad de las arcillas.
- Conglomerados, arenas y arcillas. Son suelos con grado de compactación medio-bajo, capacidad portante baja-media, asientos admisibles, excavables, permeabilidad media, drenaje superficial suficiente y drenaje subterráneo medio.
- Limos arcillosos con cantidades variables de cantos. Suelo con grado de compactación bajo, capacidad portante baja, excavable. Permeabilidad baja. Drenaje superficial y subterráneo pobre.
- Conglomerados en matriz arena-lima-arcillosa. Suelos con grado de compactación bajo, capacidad portante baja-media, excavables, permeabilidad media, drenaje superficial y subterráneo eficaz.
- Arenas sueltas resultantes de la alteración de rocas graníticas. Son suelos con capacidad portante media, ripables, permeabilidad media, drenajes superficiales y subterráneos eficaces.
- Esquistos, pizarras y gneises. Son rocas con capacidad portante media, no ripables, permeabilidad baja, drenaje superficial eficaz y subterráneo bajo.
- Rocas graníticas y filonianas. Capacidad portante alta, no ripables, permeabilidad muy baja, drenaje superficial eficaz y drenaje subterráneo muy pobre.
- Cuarcitas y grenicas. Son rocas con capacidad portante alta, no ripables, permeabilidad baja, drenaje superficial eficaz y drenaje subterráneo pobre.
- Calizas y dolomías. Son roca scon capacidad portante alta, no ripables, permeabilidad alta, drenaje superficial eficaz y subterráneo elevado.
- Esquistos. Son rocas con capacidad portante media-alta, no ripables, permeabilidad baja, drenaje superficial eficaz y subterráneo pobre.

ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)

LEYENDA

- CUATERNARIO
- TERCIARIO
- PALEOZOICO
- PRECAMBRICO
- DIQUES
- GRANITOS

SIMBOLOS

- Falla
- Falla supuesta
- Cabalgamiento
- Cabalgamiento supuesto
- Anticlinal
- Anticlinal supuesto
- Sinclinal
- Sinclinal supuesto

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)

LEYENDA

- Zona de morfología llana y suavemente alomada
- Zona montañosa con fuerte relieve

SIMBOLOS

- Valle de fondo plano
- Valle en forma de "uve"
- Divisoria de aguas
- Divisoria de vertiente
- Deslizamiento

L E Y E N D A

DEPOSITOS RECIENTES

- **A** — Limos arcillosos englobando cantidades variables de gravas y arenas, hamométricos y subredondeados de naturaleza cuarcítica y pizarrosa. Se presenta en depósitos costeros o en barras arenosas o de gravas con estratificaciones cruzadas o imbricación de cantos. Es un suelo con permeabilidad media, drenaje superficial deficiente, problemas de encharcamiento, baja compacidad y capacidad portante baja. Formación excavable. Presenta problemas geomorfológicos derivados de la dinámica fluvial. (Cuaternario. P.a.: superior a 3.5 m en muchos casos).
- **H3** — Arena de grano grueso resultante de la alteración de granitos, sin matriz, heterométricos y gruesos angulosos. Sin orientación interna. Es un suelo con permeabilidad media, buen drenaje, compacidad media, capacidad portante media y ripable. (Cuaternario. P.a.: hasta 17 m).
- **V3** — Limos arcillosos de colores oscuros englobando cantos esporádicos heterométricos, angulosos y subangulosos, de naturaleza cuarcítico-pizarrosa-esquistosa. Es un suelo con capacidad portante baja permeabilidad baja con medios drenajes y problemas de encharcamiento, compacidad baja, alta erosionabilidad y excavable. (Cuaternario. P.a.: inferior a 3.5m). Nota: este grupo puede aparecer sobre los grupos litológicos 010a, 111a, 111b, 321 y 002c.
- **C4** — Cantos cuarcíticos muy abundantes, heterométricos, angulosos, de tamaño aproximado 10 cm, englobados en matriz limo-arcillosa. Tiene una estructura en cuña-pie de monte sin ordenación interna. Se trata de un suelo con permeabilidad media-alta, buen drenaje, capacidad portante media y excavable. Los taludes observados presentan caídas de cantos y derrumbes. (Cuaternario. P.a.: a partir de 4 m). Nota: este grupo puede aparecer sobre el grupo litológico 121e.
- **T** — Gravas y arenas en matriz limo-arcillosa, redondeadas-subredondeadas a subangulosas, de tamaños 3-5 cm y 10-20 cm. Presenta disposición horizontal tabular con cantos imbricados. Es un suelo con compacidad media, capacidad portante media, permeabilidad media, drenajes eficaces, erosionabilidad alta y excavable. En taludes artificiales se han observado caídas de cantos. Será recomendable taludes 18/IV. (Cuaternario. P.a.: entre 2 y 8 m).
- **D** — Limos-arcillosos que engloban cantidades variables de gravas heterométricas, angulosas o redondeadas, de naturaleza cuarcítica y pizarrosa. Morfología especial de cono de deyección sin ordenación interna. Es un suelo con capacidad portante baja, permeabilidad y compacidad baja, alta erosionabilidad, excavable. (Cuaternario: P.a.: 2 m o superiores).

DEPOSITOS TERCIARIOS

- **321** — Arcillas verdes, grises y rojas con intercalaciones arenosas y microconglomeráticas. Tiene estructura horizontal y tabular. Es un suelo con permeabilidad baja-muy baja y drenajes malos con problemas de encharcamiento, capacidad portante media, excavable. Dada la erosionabilidad de los materiales, los taludes deben ser bajos y tendidos para evitar socavamientos. (Terciario. P.a.: 40 m). Nota: sobre este grupo puede aparecer el grupo litológico V3.

ROCAS METAMORFICAS PALEOZOICAS

- **130b** — Esquistos pelíticos oscuros de grano fino alternando con paquetes de pizarras oscuras de grano fino. Buzamiento vertical y esquistosidad muy desarrollada y subvertical. Indice de fracturación elevado. Es una roca con permeabilidad baja, buen drenaje, capacidad portante media con ripabilidad marginal en esquistos y ripable en las pizarras. Las laderas artificiales presentan caídas de lajas y cuñas. No deberán construirse taludes altos y con pendientes elevadas, debido al riesgo de caídas de bloques, no superando 3H/2V; en las situaciones más favorables. (Silúrico. P.a.: 1000 m).
- **122** — Pizarras negras de grano fino con algunos moldes de cristales de pirita. Presenta una esquistosidad muy desarrollada y alto índice de fracturación. Es una roca con permeabilidad baja, buen drenaje, capacidad portante media, ripable marginal a rígido. Los taludes presentan caídas de lajas y deslizamientos de cuñas. En los taludes a construir debe de tenerse en cuenta la dirección de la fracturación y la esquistosidad de las pizarras con respecto a la traza, para prevenir caídas de cuñas, no deberán de superar 3H/2V. (Ordovícico medio. P.a.: 100 m).
- **121d** — Cuarcitas blancas muy recristalizadas con algunos niveles pizarrosos de poca espesor. Interiormente presentan laminación paralela y crucada planar. Es una roca con permeabilidad baja, capacidad portante alta, no rígable. Indice de fracturación moderado. Los taludes artificiales presentan caídas de bloques y deslizamiento de pequeños cuñas. En situaciones favorables podrán construirse taludes altos e inclinados 1H/1V. Solamente con dirección de taludes definidos y en función del ángulo que formen con las capas pueden darse recomendaciones específicas. (Ordovícico inferior. P.a.: 800 m).
- **121e** — Areniscas blancas-amarillentas de grano fino, de naturaleza cuarcítica, con cemento silíceo y feldespático. Presenta un grado de alteración elevado. Es una roca con permeabilidad baja, capacidad portante media-alta y rígable. (Ordovícico inferior. P.a.: 40-50 m). Nota: sobre este grupo puede aparecer el grupo litológico C4.
- **121a** — Esquistos pelíticos de grano fino y color oscuro que alternan con niveles centimétricos de areniscas y cuarcitas. Esta alternancia da una esquistosidad muy desarrollada y un índice de fracturación elevado. Es una roca con permeabilidad baja, capacidad portante media, rígable a rígable marginal. Los taludes presentan caídas de bloques y deslizamientos en cuña. En los taludes a construir debe de tenerse en cuenta la dirección de la fracturación y la esquistosidad de las pizarras, para prevenir caídas, con respecto a la traza, no deberán de superar 3H/2V. (Ordovícico inferior. P.a.: 300 m).
- **121b** — Esquistos pelíticos de grano fino y color oscuro que alternan esporádicamente niveles centimétricos de areniscas, cuarcitas o inyecciones graníticas. Es una roca con permeabilidad baja, capacidad portante media, rígable a rígable marginal. Los taludes presentan caídas de bloques y deslizamientos en cuña. Dada la fracturación existente y la diferente competencia de los materiales, no deberán de construirse taludes demasiado altos ni pendientes, sobre todo cuando el talud buce contra el eje del río, no debiendo superarse la relación 3H/2V en las situaciones más favorables. (Ordovícico inferior. P.a.: 300 m).
- **111c** — Calizas y dolomías marmóreas con intercalaciones margosas. Afloran en bancos masivos y finamente estratificados. Es una roca con un índice de fracturación moderado-alto, con permeabilidad alta por karstificación, drenaje subterráneo importante, capacidad portante alta, no rígable. Los taludes presentan caídas de bloques y deslizamientos de cuña. Los taludes a construir podrán acoplar la configuración 1H/2V, dada la competencia de los materiales; pero debido a su karstificación y presencia de niveles más blandos deberá de hacerse en cada caso, un estudio detallado de la distribución espacial de las diferentes discontinuidades existentes. (Cámbrico inferior. P.a.: 100-200 m).
- **111b** — Pizarras de grano fino a medio de colores verdosos, grises y oscuros, con intercalaciones delgadas de areniscas cuarcíticas blanquecinas. Tiene una esquistosidad muy desarrollada y un índice de fracturación elevado. Es una roca con permeabilidad baja, capacidad portante media, rígable a rípable marginal. Los taludes son muy inestables con numerosos deslizamientos de tierra, cuñas, caídas de bloques y lajas. Por la inestabilidad observada en estos materiales, no deben construirse taludes de altura ni con pendientes elevadas; para las situaciones más favorables no debe de superarse 3H/2V. En cada caso se recomienda un estudio detallado de las discontinuidades y juntas existentes en el macizo rocoso. (Cámbrico inferior. P.a.: 600-1500 m). Nota: sobre este grupo puede aparecer el grupo litológico V3.
- **111a** — Cuarcitas y arenicas con intercalaciones de poco espesor de pizarros. Son de grano grueso a medio, hamométricos y redondeados, con cemento silíceo, coalítico y feldespático. Afloran con aspecto tableado y con un índice de fracturación elevado. Es una roca con permeabilidad baja, capacidad portante alta, no rípable. Los taludes presentan caídas de bloques y deslizamientos de cuñas. Dada la fracturación existente y la diferente competencia de los materiales, no deberán de construirse taludes demasiado altos ni pendientes, sobre todo cuando el talud buce contra el eje del río, no debiendo superarse la relación 3H/2V en las situaciones más favorables. (Cámbrico inferior. P.a.: 1500-2000 m). Nota: sobre este grupo puede aparecer el grupo litológico V3.

ROCAS PRECAMBRICAS

- **010b** — Gneis microglandular englobando niveles delgados de cuarcitas feldespáticas, micacitas y esquistos. Presentan una foliación muy desarrollada y un índice de fracturación muy elevado. Es una roca con permeabilidad baja, capacidad portante alta y rípabilidad marginal. Dada la homogeneidad del material en roca fresca podrían darse inclinaciones de talud en el entorno de 1H/2V; aunque sólo un estudio cuidadoso de la foliación existente minimizará el riesgo de caída de bloques. (Precámbrico. P.a.: 500 m).
- **010a** — Esquistos pelíticos con niveles intercalados de cuarzoesquistos y gneises anfibólicos de poco espesor y continuidad. Presenta un gran desarrollo de esquistosidad y un elevado índice de fracturación. Es una roca con permeabilidad baja, capacidad portante media-alta y rípabilidad marginal. Los taludes presentan caídas de lajas, cuñas y deslizamientos de cuñas. Dada la fracturación existente y la diferente competencia de los materiales, no deberán de practicarse taludes demasiado altos ni pendientes, sobre todo cuando el talud buce contra el eje del río, no debiendo superarse la relación 3H/2V en las situaciones más favorables. (Precámbrico. P.a.: 2000-2500 m). Nota: sobre este grupo puede aparecer el grupo litológico V3.

DIQUES

- **002d** — Diques de doleritа de tonalidades verdosas. Presenta disyunción en bolos y un grado de alteración elevado. Es una roca impermeable con capacidad portante alta, no rípable y rípable de forma marginal en las zonas alteradas. (P.a.: 20-30 m).
- **002c** — Peridotitas y gabros de grano fino y color verdoso, con colores rojizos en zonas de alteración. Es una roca impermeable con capacidad portante alta, no rípable salvo en zonas de alteración. Nota: sobre este grupo puede aparecer el grupo litológico V3.
- **002b** — Diques de diabasas monzoníticas de grano fino, con morfología en bolos. Es una roca impermeable con capacidad portante alta, no rípable. (P.a.: 15-20 m).
- **002a** — Dique con alto contenido en cuarzo con textura aplítica. Es una roca impermeable con capacidad portante alta, no rípable. (P.a.: 5-10 m).

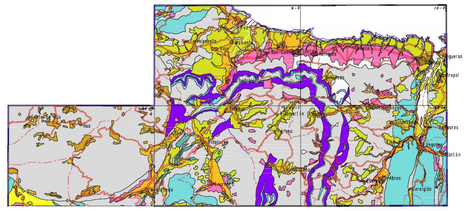
ROCAS GRANITICAS

- **001c** — Granodiorita de grano medio-grueso muy alterado con megacristales. Presenta un índice de fracturación moderado. Es una roca con capacidad portante alta en las zonas no alteradas. No rípable.
- **001b** — Granito de dos micas de grano medio muy alterado, con orientación tectónico según S1. Presenta grandes áreas de alteración (jabres). Es una roca con permeabilidad baja, capacidad portante alta en la zona no alterada, no rípable, drenaje superficial deficiente.
- **001a** — Granito calcoalcalino de 2 micas y grano grueso muy alterado. Tiene un índice de fracturación moderado. Los taludes artificiales presenta caídas de bloques y deslizamiento de cuñas. Los taludes naturales presentan inestabilidades potenciales debido a la morfología en bolos. Es una roca con permeabilidad muy baja, capacidad portante alta en la zona no alterada, no rípable.
- Zona de granito alterante, no alterado.

MINISTERIO DE FOMENTO	DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS SERVICIO DE GEOTECNIA	ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS ITINERARIO: AUTOVIA DEL CANTABRICO: AVILES - BAAMONDE TRAMO: RIBADEO - BAAMONDE	CONSULTOR: U.T.E. INECO - INGEMISA	CUADRANTES HOJA: 47-1, HOJA: 47-2, HOJA: 47-3 HOJA: 23-1, HOJA: 24-2	MAPA LITOLOGICO - ESTRUCTURAL Y ESQUEMAS COMPLEMENTARIOS	ESCALAS 1: 50.000 1: 200.000 ORIGINAL GRAFICA	FECHA: FEBRERO 1998	REVISADO: J. MARTIN CONTRERAS J. SANTAMARIA ARIAS

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)

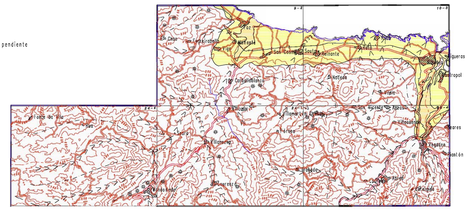


LEYENDA

- Arenas cuarcíticas blancas, sueltas, de grano fino. Son suelos con grado de compactación baja, capacidad portante muy baja, excavables, permeabilidad baja. Drenaje superficial y subterráneo eficaz.
- Arcillas, limos, arenas y niveles de cantos. Son suelos con grado de compactación baja, capacidad portante baja, excavables, permeabilidad baja-muy baja. Drenaje superficial y subterráneo escaso. Problemas de encharcamiento y los derivados de la plasticidad de las arcillas.
- Conglomerados, arenas y arcillas. Son suelos con grado de compactación media-baja, capacidad portante baja-media, asientos admisibles, excavables, permeabilidad media, drenaje superficial suficiente y drenaje subterráneo medio.
- Limos arcillosos con contenidos variables de cantos. Suelo con grado de compactación baja, capacidad portante baja, excavable. Permeabilidad baja. Drenaje superficial y subterráneo pobre.
- Conglomerados en matriz arena-limo-arcillosa. Suelos con grado de compactación baja, capacidad portante baja-media, excavables, permeabilidad media, drenaje superficial y subterráneos eficaz.
- Bloques de tamaño métrico en matriz arena-limo-arcillosa. Es un suelo con capacidad portante media-baja, ripable aunque los bloques métricos no son ripables, drenajes superficial y subterráneo eficaz.
- Arenas sueltas resultantes de la alteración de rocas graníticas. Son suelos con capacidad portante media, ripables, permeabilidad media, drenajes superficiales y subterráneos eficaces.
- Esquistos, pizarras y gneises. Son rocas con capacidad portante media, no ripables, permeabilidad baja, drenaje superficial eficaz y subterráneo baja.
- Rocas graníticas y filonianas. Capacidad portante alta, no ripables, permeabilidad muy baja, drenaje superficial eficaz y drenaje subterráneo muy pobre.
- Cuarcitas y areniscas. Son rocas con capacidad portante alta, no ripables, permeabilidad baja, drenaje superficial eficaz y drenaje subterráneo pobre.
- Alternancia de cuarcitas y pizarras. Son rocas con capacidad portante media-alta, no ripables o ripable marginal, drenaje superficial eficaz y subterráneo pobre.
- Calizas y dolomías. Son roca sosn capacidad portante alta, no ripables, permeabilidad alta, drenaje superficial eficaz y subterráneo elevado.
- Esquistos. Son rocas con capacidad portante media-alta, no ripables, permeabilidad baja, drenaje superficial eficaz y subterráneo pobre.

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

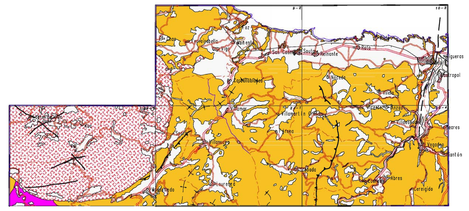
- Zona montañosa con fuerte relieve
- Zona de rasa costera. Relieve llano de suave pendiente
- Zona de ría

SIMBOLOS

- Valle de fondo plano
- Valle en forma de "uve"
- Divisoria de aguas
- Divisoria de vertiente
- Deslizamiento
- Costa acantilada
- Costa llano o playa

ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

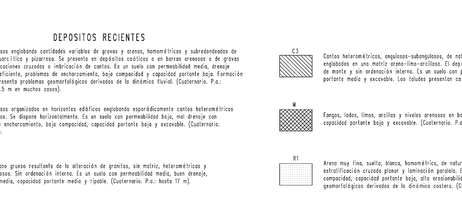
- CUATERNARIO
- PALEOZOICO
- PRECAMBRICO
- DIQUES
- GRANITOS

SIMBOLOS

- Falla
- Falla supuesta
- Cabalgamiento
- Cabalgamiento supuesto
- Anticlinal
- Anticlinal supuesto
- Sinclinal
- Sinclinal supuesto

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)



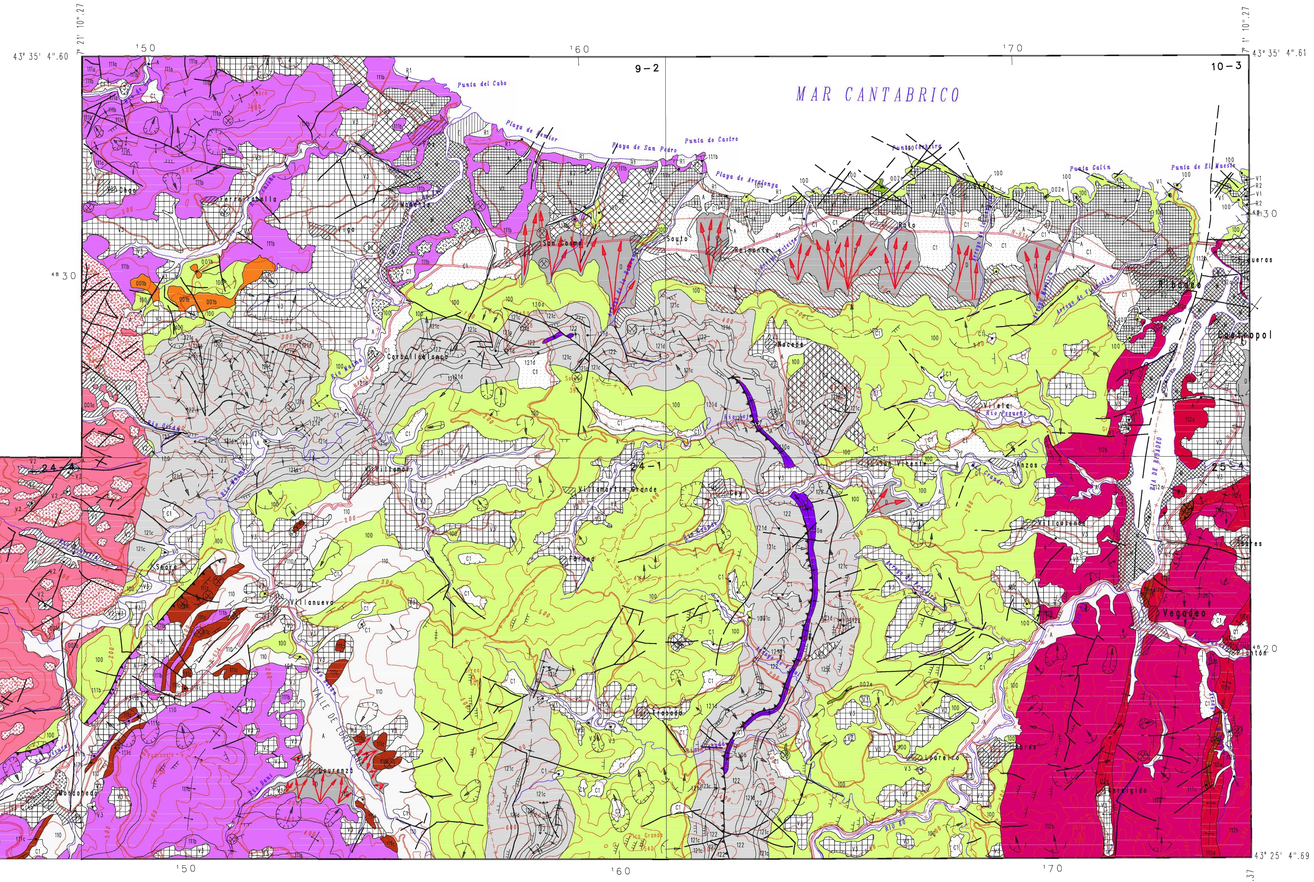
LEYENDA

- Suelos limo-arcillosos con cantos dispersos. Origen eluvial. Permeabilidad baja. Suelos no cohesivos.
- Arenas de grano grueso procedentes de la alteración de rocas graníticas. Permeabilidad media. Suelo no cohesivo.
- Depósitos de origen aluvial constituidos por limos arcillosos con contidades variables de arenas y gravas. Permeabilidad media. Suelos no cohesivos.
- Depósitos de ría-lamas marisal constituidos por fangos, lodos, limos, arcillas y niveles arenosos. Permeabilidad baja. Suelos no cohesivos.
- Arenas finas, sueltas, muy bien seleccionados. Permeabilidad alta. Suelo no cohesivo.
- Gravas y arenas en matriz limo-arcillosa. Terrazas aluviales. Permeabilidad media. Suelo cohesivo.
- Depósitos coluviales consistentes en arenas y cantos en proporción variables englobados en matriz limo-arcillosa. Permeabilidad media. Suelos no cohesivos.
- Depósitos de gravedad. Canchales. Caracterizados por bloques de tamaño métrico envueltos en matriz arena-limo-arcillosa. Permeabilidad media. Suelos poco cohesivos.
- Depósitos de cono de deyección constituidos por limos-arcillosos que engloban cantidades variables de arenas y gravas. Permeabilidad baja. Suelo no cohesivo.
- Depósito de rasa costera constituido por gravas, arenas y arcillas. Permeabilidad media. Suelo cohesivo.
- Litosuelos.



LEYENDA

- Contacto entre formaciones geológicas
- Escarpe de coluvión, depósitos de ladera y terrazas
- Cabalgamiento
- Cabalgamiento supuesto
- Fallas, diaclasas, lineaciones
- Anticlinal indicando inmersión
- Sinclinal indicando inmersión
- Deslizamiento de ladera indicando escarpe y zona de depósito
- Probable deslizamiento de ladera indicando escarpe y zona de depósito
- Cantera activa o mina a cielo abierto activa
- Cantera abandonada o mina a cielo abierto abandonada
- Buzamiento entre 0-30 grados
- Buzamiento entre 30-60 grados
- Buzamiento entre 60-90 grados
- Buzamiento vertical
- Buzamiento horizontal
- Zona con inyecciones graníticas


MAR CANTABRICO
9-2
10-3
24-1
25-4
Punta del Cabo
Playa de Arnao
Playa de San Pedro
Punta de Castro
Playa de Arnielles
Punta Culín
Punta de El Puntal
Castropol
Vegadeo
Cartavio
Villanueva
Arnao
Cartavio Grande
Cartavio Pequeño
Arnielles
Pedrosa
Pedrosa Grande
Pedrosa Pequeño
Cabo Busto
Busto
Busto Grande
Busto Pequeño
Cabo Blanco
Cabo Blanco Grande
Cabo Blanco Pequeño
Cabo Blanco Chico
Valle de Cabo Blanco
Valle de Arnao
Valle de Pedrosa
Valle de Busto
Valle de Cartavio
Valle de Villanueva
Valle de Cartavio Grande
Valle de Cartavio Pequeño
Valle de Cabo Blanco
Valle de Cabo Blanco Grande
Valle de Cabo Blanco Pequeño
Valle de Cabo Blanco Chico
Valle de Arnielles
Valle de Pedrosa Grande
Valle de Pedrosa Pequeño
Valle de Busto Grande
Valle de Busto Pequeño
Valle de Cartavio Grande
Valle de Cartavio Pequeño
Valle de Villanueva
Valle de Arnao
Valle de Arnielles
Valle de Cabo Blanco
Valle de Cabo Blanco Grande
Valle de Cabo Blanco Pequeño
Valle de Cabo Blanco Chico
Valle de Pedrosa
Valle de Pedrosa Grande
Valle de Pedrosa Pequeño
Valle de Busto
Valle de Busto Grande
Valle de Busto Pequeño
Valle de Cartavio



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Autovía del Cantábrico: Avilés-Baamonde

Tramo: Vegadeo-Lugo



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

96-03

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Autovía del Cantábrico: Avilés-Baamonde

Tramo: Vegadeo-Lugo

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCION 4

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGÍA 7
2.2. TOPOGRAFÍA 18
2.3. GEOMORFOLOGÍA 19
2.4. ESTRATIGRAFÍA 22
2.5. TECTÓNICA 28
2.6. SISMICIDAD 30

3. ESTUDIO DE ZONAS 32

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 32
3.2. ZONA 1: GEOMORFOLÓGICA DE RELIEVE MONTAÑOSO 32

3.2.1. Geomorfología 32
3.2.2. Tectónica 34
3.2.3. Columna estratigráfica 35
3.2.4. Grupos litológicos 38
3.2.5. Grupos geotécnicos 59
3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la zona 63

3.3. ZONA 2. ZONA GEOMORFOLÓGICA DE LA "TERRA CHA" 68

3.3.1. Geomorfología 68
3.3.2. Tectónica 69
3.3.3. Columna estratigráfica 70
3.3.4. Grupos litológicos 73
3.3.5. Grupos geotécnicos 104
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la zona 107

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 109

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS 109
4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS 109
4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS 110
4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 111

ÍNDICE (cont.)

Pág.

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS 114

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 114
5.2. YACIMIENTOS GRANULARES 114
5.3. YACIMIENTOS ROCOSOS 120
5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES 125

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 126

7. ANEJOS 129

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 130

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 133

1. INTRODUCCION

El objeto del presente Estudio Previo de Terrenos correspondiente al Tramo "Vegadeo-Lugo" de la Autovía del Cantábrico es estudiar las características litológicas, estructurales y geotécnicas de los materiales existentes a lo largo del Tramo del presente itinerario que puedan afectar directa o indirectamente al diseño, construcción y conservación en el transcurso del tiempo a la futura Autovía del Cantábrico en el Tramo del presente itinerario.

El tramo de estudio se encuentra comprendido entre Vegadeo y Lugo; al Sur de Vegadeo y terminando al noroeste de Lugo capital (ver Figura 1.1). Atraviesa las provincias de Asturias y Lugo, abarcando los siguientes cuadrantes de las Hojas del Mapa Topográfico en escala 1:50.000.

Nº	NOMBRE	CUADRANTES
24	Mondoñedo	II
25	Vegadeo	III
47	Villalba	II
48	Meira	I, II, III y IV
72	Lugo	I
73	Castroverde	III y IV

El trabajo se inició con una recopilación bibliográfica, general y detallada de la zona de estudio. Seguidamente, se realizó un estudio fotogeológico de la zona a escala 1:30.000; sobre el Vuelo General de España, realizado por el Ministerio del Ejército en los años 1984 y 1985. Posteriormente se realizaron una serie de campañas de campo, dirigidas, tanto a la caracterización litológica, geotécnica y estructural de los distintos materiales presentes, como a la corrección y comprobación de la cartografía realizada. Así mismo, se levantaron columnas litológicas en los puntos más representativos y se han realizado estudios de detalle e aquellas zonas con posibles problemas geotécnicos.

Finalmente se redactó la presente memoria.

Esta memoria consta de los siguientes apartados:

1. La presente introducción.

2. Caracteres generales del Tramo; donde se estudian las características generales del área, atendiendo a sus características climáticas, topográficas, geomorfológicas, estratigráficas, tectónicas y sísmicas.

3. División del Tramo en zonas de estudio; donde se divide el Tramo en distintas zonas por criterios geomorfológicos y se estudian por separado y en detalle, haciendo hincapié en sus características geotécnicas, litológicas y estructurales; estableción-

dose su columna estratigráfica y resumiendo los problemas geotécnicos generales presentes.

4. Conclusiones generales del Estudio. Donde se hace una valoración general del Tramo, de cara a la construcción de obras lineales y se hace una propuesta de corredores para su posible ejecución.

5. Información sobre yacimientos. Donde se hace una revisión de los yacimientos rocosos y granulares presentes en la zona, así como una valoración de los mismos.

6. Bibliografía consultada.

7. Anejos. Donde se incluyen los diferentes criterios utilizados en las descripciones y figuras.

8. Se incluyen los planos litológicos a escala 1:50.000 y los Esquemas a escala 1:200.000 de los suelos y formaciones de pequeño espesor, así como los esquemas geológicos, geomorfológicos y geotécnicos de la zona estudiada.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Jesús Martín Contreras
Licenciado en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. Oscar Álvarez de la Torre
Licenciado en Ciencias Geológicas

D. Miguel Sánchez Pérez
Licenciado en Ciencias Geológicas

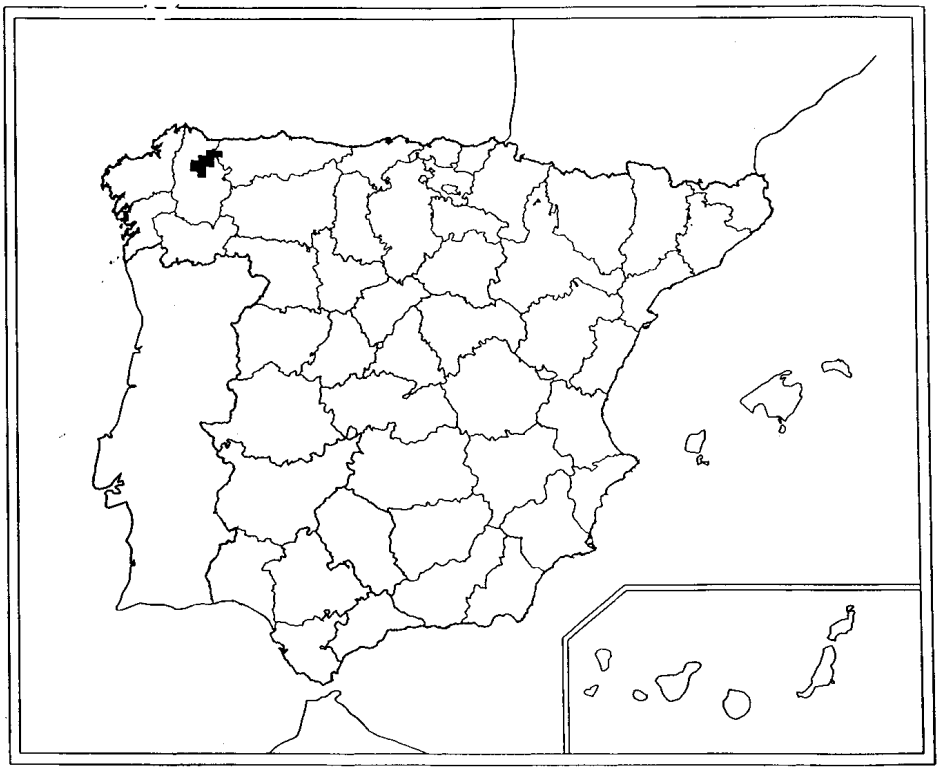


Figura 1.1. *Situación del tramo objeto de estudio en la Península Ibérica.*

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGÍA

Para el estudio de la climatología de la zona han sido escogidas un cierto número de estaciones meteorológicas, pertenecientes a la red del Instituto Nacional de Meteorología. Las características geográficas y el nombre de cada una de las estaciones están recogidos en la Tabla 1. No todas las estaciones se encuentran dentro del área de estudio, pero se han incluido por su proximidad al Tramo.

De todos los datos suministrados por estas estaciones se han seleccionado unos determinados parámetros, de los cuales se ha extraído el valor medio, el máximo y el mínimo. Todos estos valores se han recogido en dos Tablas; una con los parámetros de pluviometría y otra con los parámetros de temperaturas, hay que observar, que en la mayoría de las estaciones los datos no están completos. El Instituto Meteorológico tiene estos datos incompletos puestos como cero.

Los gráficos 1 y 2 muestran los climogramas de todas las estaciones consultadas.

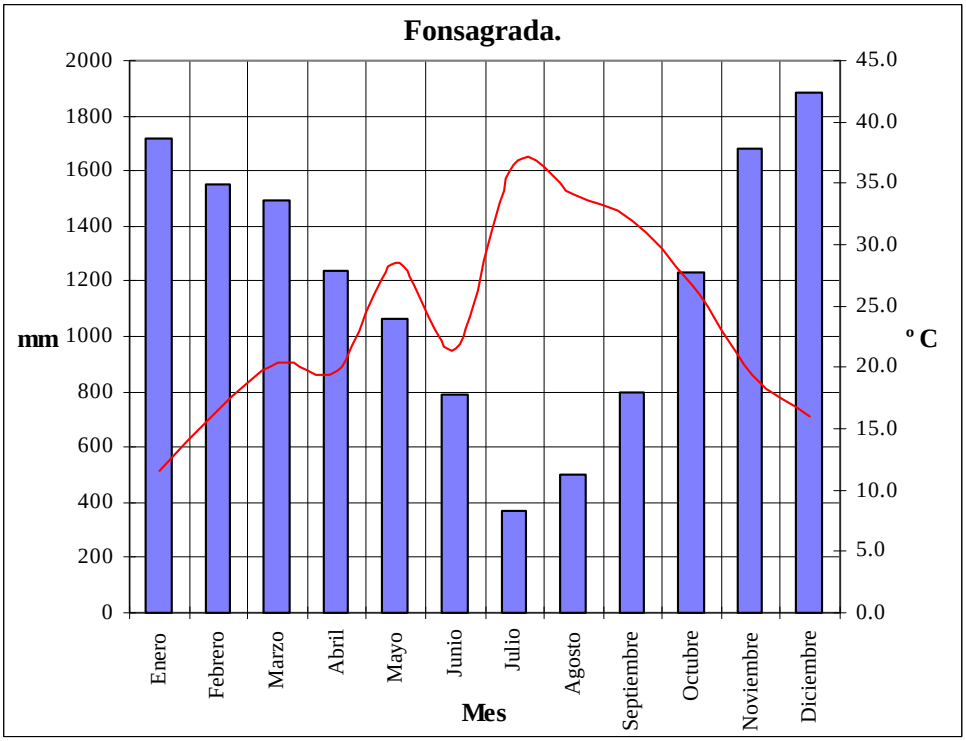
Las tablas 1 a 8 contienen los datos de temperatura y las precipitaciones de las estaciones consultadas.

Las precipitaciones medias anuales recogidas en las estaciones de referencia son bastante semejantes entre sí, siendo la media anual de 1.200 mm, cantidad superior a la media nacional, estas precipitaciones se producen en un promedio de 126 días lluviosos al año, siendo los meses más lluviosos los de Junio, Julio y Agosto. La nieve de suelo apenas está presente en el Tramo, únicamente en el mes de Enero se registran 4 días.

Las nieblas son muy frecuentes con un promedio de 31 días al año, siendo predominante en los meses de Diciembre, Marzo, Abril y Mayo.

Los días de rocío y escarcha se dan durante un promedio de 32 y 17 días respectivamente, siendo los meses más frecuentes los de Mayo, Junio, Julio y Agosto para los primeros y Noviembre, Enero, Febrero y Marzo para los segundos.

Las temperaturas tienen un mínimo invernal de 8 °C en Enero y de máxima 38 °C en los meses de Julio y Agosto. El mes más frío corresponde a Enero con una media de 5.6 grados y los meses más calurosos a Julio y Agosto con una media de las máximas de 29 º C


Fonsagrada.
mm
ºC
Mes
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre

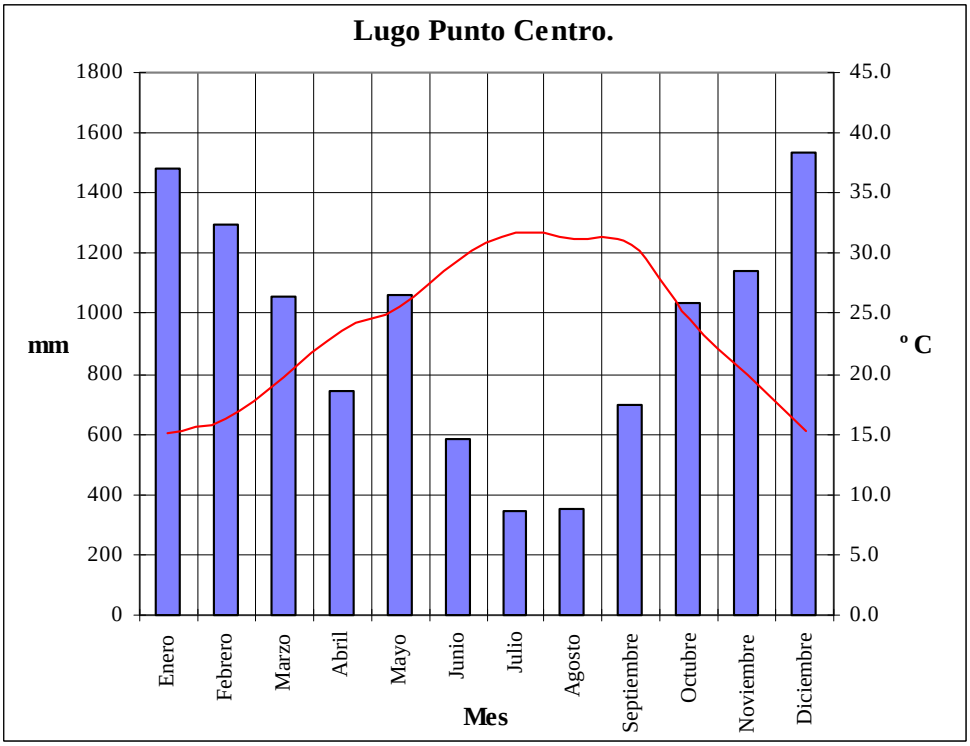
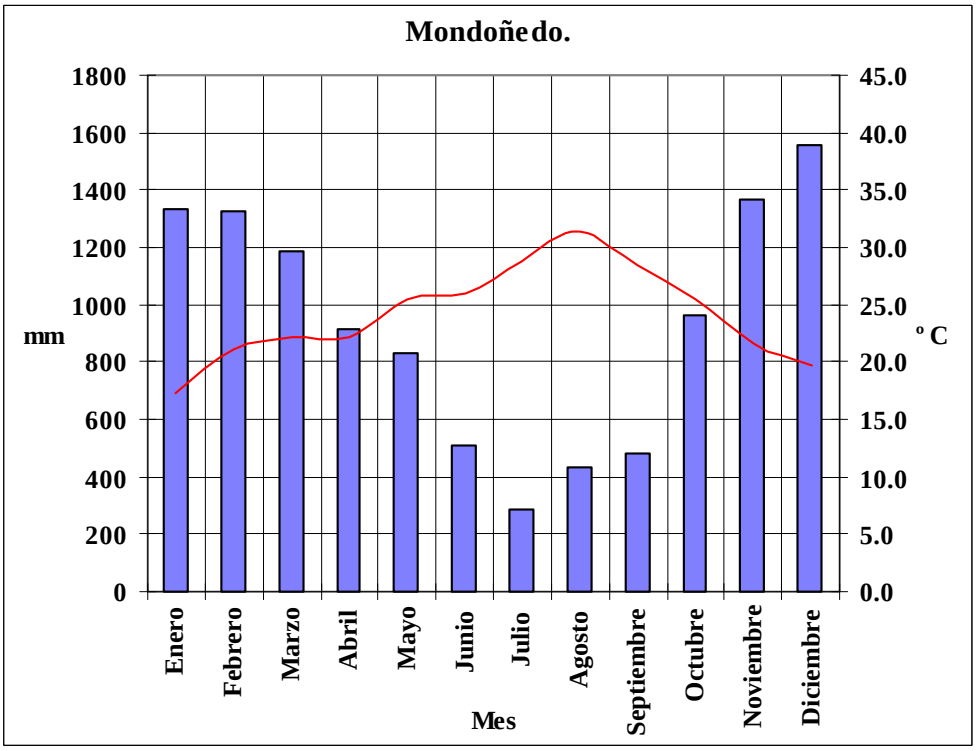

Lugo Punto Centro.
mm
ºC
Mes
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre

Gráfico 1


Mondoñedo.
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
mm
45.0
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
º C
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Mes

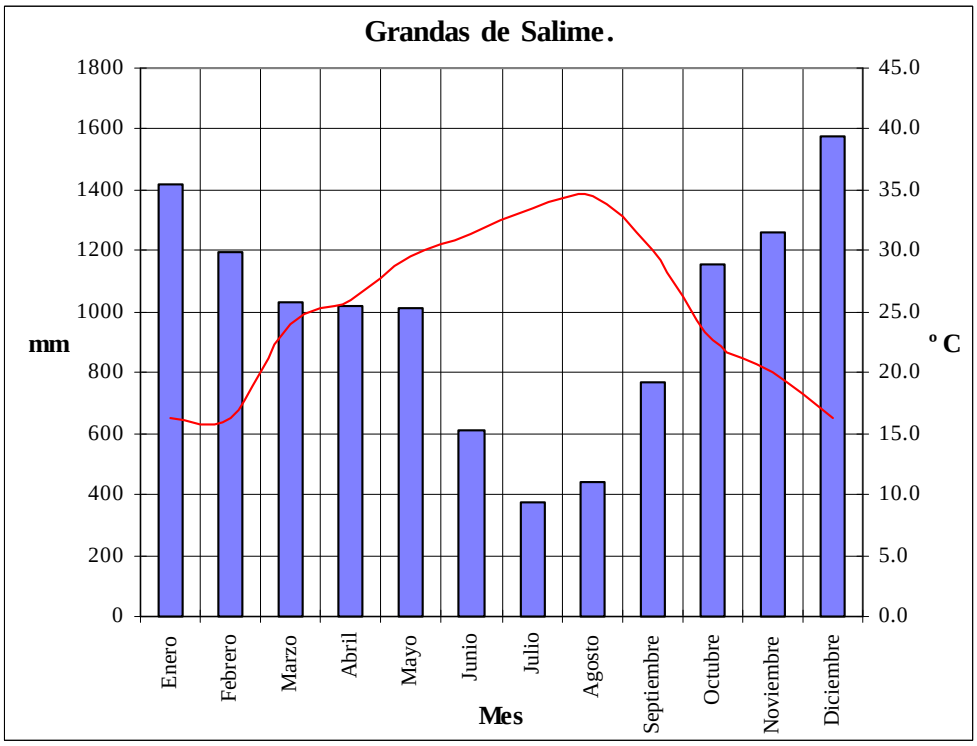

Grandas de Salime.
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
mm
45.0
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
º C
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Mes

Gráfico 2

TEMPERATURAS. FONSAGRADA

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media mes	Días temp. min < -5º C	Días temp. min < 0º C	Días temp. min >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Media***	11.5	-1	9	3	6	0	5	0	0	0
Enero	***Máxima***	13	2	9	4	6	0	12	0	0	0
Enero	***Mínima***	10	-3	8	2	5	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	16	-3	10	3	7	0	5	0	0	0
Febrero	***Máxima***	20	0	13	5	9	2	9	0	0	0
Febrero	***Mínima***	12	-5	7	1	4	0	2	0	0	0
Marzo	***Media***	20	-1	12	4	8	0	5	0	0	0
Marzo	***Máxima***	24	1	17	6	11	0	8	0	0	0
Marzo	***Mínima***	18	-3	10	3	7	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	20	-2	12	5	8	0	3	0	0	0
Abril	***Máxima***	23	0	13	5	9	0	5	0	0	0
Abril	***Mínima***	17	-3	10	4	7	0	1	0	0	0
Mayo	***Media***	20	-2	12	5	8	0	3	0	0	0
Mayo	***Máxima***	23	0	13	5	9	0	5	0	0	0
Mayo	***Mínima***	17	-3	10	4	7	0	1	0	0	0
Junio	***Media***	22	3	17	7	12	0	0	0	0	0
Junio	***Máxima***	22	4	18	8	12	0	0	0	0	0
Junio	***Mínima***	21	1	17	5	11	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	37	8	28	14	21	0	0	0	22	14
Julio	***Máxima***	39	8	30	14	21	0	0	0	24	16
Julio	***Mínima***	34	7	27	13	21	0	0	0	19	12
Agosto	***Media***	34	9	26	14	20	0	0	0	18	9
Agosto	***Máxima***	38	9	29	15	22	0	0	0	25	16
Agosto	***Mínima***	30	8	24	13	18	0	0	0	10	1
Septiembre	***Media***	32	5	23	12	18	0	0	0	11	4
Septiembre	***Máxima***	34	6	25	12	18	0	0	0	20	7
Septiembre	***Mínima***	30	4	22	12	17	0	0	0	2	1
Octubre	***Media***	27	4	18	9	14	0	0	0	2	1
Octubre	***Máxima***	31	6	23	12	18	0	0	0	8	2
Octubre	***Mínima***	23	1	14	6	10	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	19	0	13	7	10	0	2	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	21	0	14	8	10	0	3	0	0	0
Noviembre	***Mínima***	16	0	13	5	9	0	1	0	0	0
Diciembre	***Media***	16	1	11	5	8	0	2	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	18	3	12	6	8	0	2	0	0	0
Diciembre	***Mínima***	14	0	10	4	7	0	0	0	0	0

Tabla 1

TEMPERATURAS. COLEGIO PUNTO CENTRO

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media mes	Días temp. min < -5º C	Días temp. min < 0º C	Días temp. min >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Media***	15	-3	10	2	6	2	9	0	0	0
Enero	***Máxima***	19	13	11	4	8	7	20	0	0	0
Enero	***Mínima***	12	-8	7	-1	4	0	2	0	0	0
Febrero	***Media***	16	-3	11	2	7	1	7	0	0	0
Febrero	***Máxima***	20	13	13	5	8	3	15	0	0	0
Febrero	***Mínima***	13	-7	9	0	5	0	1	0	0	0
Marzo	***Media***	20	-3	12	2	7	0	8	0	0	0
Marzo	***Máxima***	24	-1	15	6	10	2	17	0	0	0
Marzo	***Mínima***	15	-6	10	0	5	0	1	0	0	0
Abril	***Media***	24	-1	14	4	9	0	2	0	1	0
Abril	***Máxima***	28	2	19	7	13	0	11	0	3	0
Abril	***Mínima***	18	-4	12	2	8	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	26	1	16	6	11	0	1	0	2	0
Mayo	***Máxima***	32	4	19	7	13	0	4	0	5	4
Mayo	***Mínima***	18	-3	13	5	9	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	29	4	21	10	15	0	0	0	4	1
Junio	***Máxima***	33	6	26	12	18	0	0	0	12	3
Junio	***Mínima***	24	1	18	7	13	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	32	7	23	12	17	0	0	0	8	2
Julio	***Máxima***	37	8	24	13	18	0	0	0	12	5
Julio	***Mínima***	26	3	20	10	16	0	0	0	2	0
Agosto	***Media***	31	6	23	12	17	0	0	0	9	2
Agosto	***Máxima***	36	10	26	14	20	0	0	0	22	5
Agosto	***Mínima***	26	4	20	10	16	0	0	0	4	0
Septiembre	***Media***	31	4	22	10	16	0	0	0	7	2
Septiembre	***Máxima***	36	7	24	11	17	0	0	0	13	5
Septiembre	***Mínima***	25	2	19	8	14	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	25	0	17	7	12	0	1	0	1	0
Octubre	***Máxima***	30	2	21	9	14	0	9	0	4	0
Octubre	***Mínima***	17	-4	13	3	9	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	20	-3	13	4	9	0	4	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	25	1	17	8	12	1	9	0	0	0
Noviembre	***Mínima***	15	-6	11	2	7	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	15	-5	10	3	6	2	8	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	20	-2	12	5	8	8	16	0	0	0
Diciembre	***Mínima***	10	-9	7	0	4	0	1	0	0	0

Tabla 2

TEMPERATURAS.MONDOÑEDO

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media mes	Días temp. min < -5º C	Días temp. min < 0º C	Días temp. min >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Media***	17	-2	12	0	8	0	4	0	0	0
Enero	***Máxima***	20	2	15	1	11	3	12	0	0	0
Enero	***Mínima***	15	-6	10	0	5	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	21	-1	14	0	9	0	3	0	0	0
Febrero	***Máxima***	28	5	17	1	12	2	10	0	1	0
Febrero	***Mínima***	16	-9	11	0	6	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	22	1	15	1	10	0	2	0	0	0
Marzo	***Máxima***	33	5	18	1	13	0	12	0	4	1
Marzo	***Mínima***	17	-4	12	0	7	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	22	1	16	1	11	0	1	0	0	0
Abril	***Máxima***	27	3	19	1	13	0	6	0	3	0
Abril	***Mínima***	16	-3	12	0	8	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	25	4	19	1	14	0	0	0	3	0
Mayo	***Máxima***	29	8	23	1	16	0	0	0	12	0
Mayo	***Mínima***	20	2	15	1	12	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	26	6	20	1	15	0	0	0	4	0
Junio	***Máxima***	32	9	25	1	18	0	0	0	18	3
Junio	***Mínima***	20	3	17	1	12	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	29	8	23	1	18	0	0	1	10	3
Julio	***Máxima***	39	12	29	2	22	0	0	5	31	14
Julio	***Mínima***	22	5	18	1	13	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	31	8	24	1	18	0	0	0	13	3
Agosto	***Máxima***	49	13	28	2	21	0	1	2	29	12
Agosto	***Mínima***	22	0	17	1	13	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	28	7	22	1	17	0	0	0	8	1
Septiembre	***Máxima***	38	12	26	1	20	0	0	0	19	4
Septiembre	***Mínima***	20	4	17	1	13	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	26	4	19	1	14	0	0	0	3	0
Octubre	***Máxima***	31	6	24	1	16	0	0	0	15	2
Octubre	***Mínima***	20	0	16	0	12	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	22	1	16	1	11	0	2	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	26	4	21	1	15	3	9	0	2	0
Noviembre	***Mínima***	19	-7	14	0	9	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	20	0	14	1	10	0	3	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	25	4	17	1	13	1	10	0	1	0
Diciembre	***Mínima***	15	-6	11	0	7	0	0	0	0	0

Tabla 3

TEMPERATURAS. GRANDAS DE SALIME

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media mes	Días temp. min < -5º C	Días temp. min < 0º C	Días temp. min >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Media***	16	-4	10	1	5	0	15	0	0	0
Enero	***Máxima***	17	-3	12	1	6	1	18	0	0	0
Enero	***Mínima***	15	-5	8	1	4	0	13	0	0	0
Febrero	***Media***	16	-5	11	0	6	1	17	0	0	0
Febrero	***Máxima***	18	-4	12	2	7	2	25	0	0	0
Febrero	***Mínima***	15	-6	10	-2	5	0	11	0	0	0
Marzo	***Media***	24	-5	13	2	7	1	10	0	0	0
Marzo	***Máxima***	24	-4	13	2	7	2	13	0	0	0
Marzo	***Mínima***	24	-5	13	2	7	1	10	0	0	0
Abril	***Media***	26	-2	12	2	7	0	8	0	1	0
Abril	***Máxima***	28	-1	12	3	7	0	8	0	2	0
Abril	***Mínima***	26	-2	12	2	7	0	8	0	1	0
Mayo	***Media***	30	1	19	7	13	0	0	0	6	1
Mayo	***Máxima***	30	1	20	9	14	0	0	0	7	1
Mayo	***Mínima***	30	1	19	7	13	0	0	0	6	1
Junio	***Media***	31	4	21	9	15	0	0	0	8	1
Junio	***Máxima***	35	6	22	10	16	0	0	0	9	2
Junio	***Mínima***	29	3	21	9	15	0	0	0	8	0
Julio	***Media***	34	7	24	12	18	0	0	0	13	3
Julio	***Máxima***	38	8	25	13	19	0	0	0	17	4
Julio	***Mínima***	28	5	22	10	16	0	0	0	9	0
Agosto	***Media***	35	7	25	12	18	0	0	0	15	5
Agosto	***Máxima***	37	9	25	13	19	0	0	0	17	6
Agosto	***Mínima***	33	5	24	11	18	0	0	0	13	3
Septiembre	***Media***	30	3	19	8	14	0	0	0	5	1
Septiembre	***Máxima***	31	5	21	9	15	0	0	0	6	3
Septiembre	***Mínima***	28	2	18	8	13	0	0	0	4	0
Octubre	***Media***	23	1	14	6	10	0	1	0	1	0
Octubre	***Máxima***	26	3	18	8	13	0	4	0	2	0
Octubre	***Mínima***	20	-1	12	5	9	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	20	-2	13	4	9	0	6	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	21	-1	15	6	10	0	13	0	0	0
Noviembre	***Mínima***	19	-4	12	1	6	0	2	0	0	0
Diciembre	***Media***	16	-4	10	3	6	0	7	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	18	-3	10	4	7	1	8	0	0	0
Diciembre	***Mínima***	15	-5	9	2	5	0	4	0	0	0

Tabla 4

PRECIPITACIONES. FONSAGRADA

Mes		Precipitación Total (Litros/m2)	Precipitación Max 1 día (Litros/m2)	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Meteoro diferente	Días precip >10 (Litros/m2)	Días precip >30 (Litros/m2)
Enero	***Media***	172	32	13	2	0	0	2	0	5	2	0	6	1
Enero	***Máxima***	454	68	23	8	0	1	12	1	29	8	0	13	6
Enero		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	155	28	12	2	0	0	2	0	4	2	0	6	1
Febrero	***Máxima***	408	63	22	8	1	1	9	8	21	11	0	18	4
Febrero	***Mínima***	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	150	31	11	2	0	0	1	1	2	1	1	6	1
Marzo	***Máxima***	425	116	23	10	4	2	7	10	18	8	21	15	5
Marzo	***Mínima***	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	124	27	12	1	0	1	3	1	1	1	0	5	1
Abril	***Máxima***	271	80	20	11	1	5	10	5	5	9	0	11	2
Abril	***Mínima***	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	107	23	12	0	0	1	2	2	0	0	0	4	0
Mayo	***Máxima***	272	50	22	4	2	4	8	10	2	2	0	11	2
Mayo	***Mínima***	9	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	79	27	9	0	0	2	2	3	0	0	0	3	0
Junio	***Máxima***	235	85	17	0	1	8	8	16	4	0	0	8	3
Junio	***Mínima***	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	37	15	5	0	0	1	2	5	0	0	0	1	0
Julio	***Máxima***	177	50	17	0	1	3	9	19	0	0	0	9	2
Julio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	50	18	6	0	0	1	1	5	0	0	0	2	0
Agosto	***Máxima***	141	50	14	0	2	8	6	20	0	0	0	6	3
Agosto	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	80	23	8	0	0	1	2	3	0	0	0	3	0
Septiembre	***Máxima***	301	83	18	0	0	4	12	14	0	0	0	9	5
Septiembre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	123	28	11	0	0	0	2	3	0	0	0	5	1
Octubre	***Máxima***	338	61	26	1	1	2	11	13	5	1	0	17	5
Octubre	***Mínima***	6	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	168	37	13	1	0	0	1	0	3	1	0	6	1
Noviembre	***Máxima***	528	106	24	6	1	1	6	4	18	6	0	18	7
Noviembre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	188	33	13	2	0	0	2	0	3	2	0	7	2
Diciembre	***Máxima***	872	88	29	8	0	0	13	1	18	13	0	27	13
Diciembre	***Mínima***	4.5	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 5

PRECIPITACIONES. LUGO PUNTO CENTRO

Mes		Precipitación Total (Litros/m2)	Precipitación Max 1 día (Litros/m2)	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Meteoro diferente	Días precip >10 Litros/m2	Días precip >30 Litros/m2
Enero	***Media***	148	25	18	2	1	1	7	5	8	2	0	6	1
Enero	***Máxima***	375	81	25	4	3	1	21	8	20	4	4	16	5
Enero	***Mínima***	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	130	22	16	2	1	1	5	6	6	3	0	5	0
Febrero	***Máxima***	364	70	23	2	5	3	22	13	21	6	14	17	5
Febrero	***Mínima***	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	106	19	16	2	2	1	5	8	7	1	0	4	0
Marzo	***Máxima***	293	69	25	6	1	1	20	12	18	1	0	15	4
Marzo	***Mínima***	9	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	74	14	15	0	2	2	4	12	2	0	0	2	0
Abril	***Máxima***	225	86	25	1	2	4	22	20	7	0	0	10	2
Abril	***Mínima***	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	107	21	18	0	1	2	5	13	1	0	0	4	0
Mayo	***Máxima***	236	47	22	0	1	4	20	22	1	0	0	12	3
Mayo	***Mínima***	9	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	58	18	12	0	0	3	7	14	0	0	0	2	0
Junio	***Máxima***	300	41	19	0	1	5	20	22	0	0	0	11	4
Junio	***Mínima***	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	35	13	11	0	0	2	8	15	0	0	0	1	0
Julio	***Máxima***	153	70	13	0	1	7	25	24	0	0	0	6	3
Julio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	35	11	11	0	0	3	10	16	0	0	0	1	0
Agosto	***Máxima***	386	168	15	0	0	3	19	27	2	0	0	10	5
Agosto	***Mínima***	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	70	24	12	0	0	2	11	16	0	0	0	2	0
Septiembre	***Máxima***	179	61	21	0	0	2	24	25	0	0	0	7	2
Septiembre	***Mínima***	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	104	24	16	0	0	1	11	14	1	0	0	4	0
Octubre	***Máxima***	364	90	28	0	0	3	31	30	8	0	0	14	5
Octubre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	114	22	17	0	0	1	9	9	4	0	0	4	0
Noviembre	***Máxima***	416	150	24	1	5	5	21	18	17	0	0	14	6
Noviembre	***Mínima***	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	154	30	18	1	1	1	8	6	6	1	0	6	1
Diciembre	***Máxima***	415.3	72	26	6	3	1	25	19	17	1	0	17	11
Diciembre	***Mínima***	19.9	6.5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 6

PRECIPITACIONES. MONDOÑEDO

Mes		Precipitación Total (Litros/m2)	Precipitación Max 1 día (Litros/m2)	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Meteoro diferente	Días precip >1mm Litro/m2	Días precip >10 Litros/m2	Días precip >30 Litros/m2
Enero	***Media***	134	26	14	0	0	0	3	1	5	0	0	13	5	1
Enero	***Máxima***	375	81	25	4	3	1	21	8	20	4	4	25	16	5
Enero	***Mínima***	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Febrero	***Media***	132	26	12	0	0	0	3	2	3	0	0	12	5	1
Febrero	***Máxima***	364	70	23	2	5	3	22	13	21	6	14	23	17	5
Febrero	***Mínima***	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	118	24	13	0	0	0	5	1	2	0	0	12	4	1
Marzo	***Máxima***	293	69.3	25	6	1	1	20	12	18	1	0	25	15	4
Marzo	***Mínima***	8.5	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Abril	***Media***	91	23	13	0	0	0	5	2	0	0	0	12	3	0
Abril	***Máxima***	225	86	25	1	2	4	22	20	7	0	0	21	10	2
Abril	***Mínima***	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Mayo	***Media***	83	19	12	0	0	0	5	3	0	0	0	11	3	0
Mayo	***Máxima***	236	47	22	0	1	4	20	22	1	0	0	21	12	3
Mayo	***Mínima***	9	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Junio	***Media***	51	15	8	0	0	0	5	3	0	0	0	7	2	0
Junio	***Máxima***	300	41	19	0	1	5	20	22	0	0	0	18	11	4
Junio	***Mínima***	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Julio	***Media***	28	12	5	0	0	0	5	3	0	0	0	5	1	0
Julio	***Máxima***	153	70	13	0	1	7	25	24	0	0	0	13	6	3
Julio		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	43	16	6	0	0	0	4	4	0	0	0	6	1	0
Agosto	***Máxima***	386	168	15	0	0	3	19	27	2	0	0	15	10	5
Agosto	***Mínima***	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Septiembre	***Media***	48	16	8	0	0	0	3	4	0	0	0	7	1	0
Septiembre	***Máxima***	179	61	21	0	0	2	24	25	0	0	0	14	7	2
Septiembre	***Mínima***	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Octubre	***Media***	97	26	12	0	0	0	4	5	0	0	0	10	3	1
Octubre	***Máxima***	364	90	28	0	0	3	31	30	8	0	0	28	14	5
Octubre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	136	30	14	0	0	0	4	2	3	0	0	13	5	1
Noviembre	***Máxima***	416	150	24	1	5	5	21	18	17	0	0	22	14	6
Noviembre	***Mínima***	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Diciembre	***Media***	156	28	14	0	0	0	5	2	4	0	0	14	5	1
Diciembre	***Máxima***	727	106	26	6	3	1	25	19	17	1	0	26	17	11
Diciembre	***Mínima***	3	1.5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Tabla 7

PRECIPITACIONES. GRANDAS DE SALIME

Mes		Precipitación Total (Litros/m2)	Precipitación Max 1 día (Litros/m2)	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Meteoro diferente	Días precip >1 (Litros/m2)	Días precip >10 (Litros/m2)	Días precip >30 (Litros/m2)
Enero	***Media***	142	33	12	2	0	0	4	0	10	0	14	5	1
Enero	***Máxima***	315	69	24	9	1	1	9	0	23	0	23	11	3
Enero	***Mínima***	32	8	1	0	0	0	0	0	2	0	4	0	0
Febrero	***Media***	120	26	11	2	0	0	3	0	7	0	13	4	0
Febrero	***Máxima***	295	54	19	7	1	1	19	0	17	0	22	14	3
Febrero	***Mínima***	18	13	2	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
Marzo	***Media***	103	22	11	2	0	0	3	1	5	0	12	4	0
Marzo	***Máxima***	224	53	20	8	2	6	11	6	20	0	21	8	2
Marzo	***Mínima***	19	7	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
Abril	***Media***	102	24	12	1	0	1	3	0	2	0	13	3	0
Abril	***Máxima***	218	43	25	5	1	5	12	3	13	0	25	9	2
Abril	***Mínima***	13	9	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Mayo	***Media***	101	21	14	0	0	2	4	1	0	0	14	4	0
Mayo	***Máxima***	210	39	22	2	1	8	14	7	4	3	22	8	2
Mayo	***Mínima***	6	4	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Junio	***Media***	61	19	9	0	0	2	5	1	0	0	8	2	0
Junio	***Máxima***	210	43	15	0	1	9	15	10	2	0	13	8	3
Junio	***Mínima***	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Julio	***Media***	37	17	6	0	0	1	7	2	0	0	5	1	0
Julio	***Máxima***	153	70	13	0	0	4	18	10	0	0	12	4	2
Julio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	44	16	6	0	0	1	5	1	0	0	5	1	0
Agosto	***Máxima***	200	59	16	0	1	5	15	11	0	3	16	5	4
Agosto	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	77	24	9	0	0	1	5	1	0	0	8	3	1
Septiembre	***Máxima***	269	89	20	0	1	6	14	8	2	0	17	8	4
Septiembre	***Mínima***	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Octubre	***Media***	116	30	12	0	0	0	5	1	0	0	11	4	0
Octubre	***Máxima***	264	66	24	0	0	3	14	10	1	0	24	12	3
Octubre	***Mínima***	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Noviembre	***Media***	126	27	12	1	0	0	5	1	4	0	12	5	1
Noviembre	***Máxima***	257	54	22	5	1	5	12	5	13	1	21	11	4
Noviembre	***Mínima***	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Diciembre	***Media***	158	34	12	1	0	0	5	0	7	0	13	6	1
Diciembre	***Máxima***	463	72	28	7	2	2	15	1	19	0	25	16	4
Diciembre	***Mínima***	6	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0

Tabla 8

2.2. TOPOGRAFÍA

El Tramo Vegadeo-Lugo se encuentra situado al NE de la provincia de Lugo, ocupando en su parte más nororiental una pequeña zona de la provincia de Asturias. Abarca fundamentalmente la cuenca del río Eo, en sus tramos medio y final, y una amplísima zona de la cabecera de la cuenca del río Miño.

El tramo se divide de forma natural en dos partes, una zona al N y al E con relieves montañosos y abruptos, de pendientes pronunciadas y valles estrechos y profundos. La zona centro, oeste y sur del Tramo forma la llamada "Terra Cha", o tierra llana, que como su nombre indica es una zona peneplanizada con relieves suaves y pendientes bajas, que es la cuenca natural del río Miño.

La red fluvial fundamental se compone del río Eo y el río Miño.

El río Eo discurre en sentido S-N ocupando toda la parte oriental de la zona. Teniendo como cota mínima 20 m en la localidad de Los Llanos en el límite N del Tramo. Sus afluentes se desarrollan en dirección E-W siendo los principales: el río Turia, el río de Riotorto o río Machín en su tramo inicial y el arroyo de Judán.

El río Miño discurre de E a O naciendo en la Sierra de Meira; su curso no es rectilíneo, como en el caso del Eo, sino que es meandriforme. Tiene como principales afluentes en la zona, el río Ladra al W y el río Tamoga. Como afluentes secundarios serían de destacar el río Anlló y el río Pequeño, junto a sus respectivos afluentes que se distribuyen en dirección N-S.

Los relieves principales de la zona los constituyen: la Sierra de Meira al E, con la cota máxima del Tramo, el Pico de Meira de 896 metros de altura; la Sierra de Moncino con 861 m de cota máxima al SE; la sierra de Outeino Mayor con 725 m de cota al SO, muy cerca de Lugo; la Sierra de San Martiño y la Sierra de Caracedo al N con 833 m. Después tenemos una serie de picachos de mayor o menor importancia distribuidos principalmente al NE de la zona; el Chao Grande al N con 774 m y el Monte de Junqueira con 664 m. Es de destacar el Monte Carballosa al O de la zona con 546 m, pues constituye el único relieve de importancia en esta parte del tramo.

2.3. GEOMORFOLOGÍA

En el Tramo existen las unidades geomorfológicas originadas por los procesos geológicos de tipo tectónico y de erosión, estas dos unidades son:

a) La Zona geomorfológica que constituye la altiplanicie de la "Tierra Cha".
b) La Zona geomorfológica de relieve montañoso, que ocupa la zona norte del Tramo.

Esta división coincide a su vez con las cuencas de los ríos Eo y Miño, pudiéndose describir cada una de las cuencas por separado. En la Figura-2.1 se indican las zonas geomorfológicas en las que se ha dividido el Tramo.

La alteración química del substrato es un fenómeno general a todo lo largo del tramo, con especial importancia en la "Tierra Cha". El clima húmedo y la abundante vegetación propician la existencia de fenómenos de meteorización. Los tipos de suelos desarrollados varían en función del substrato del cual proceden, siendo muy variables los suelos encontrados en la Zona. La potencia media puede estimarse en torno a los 40 cm existiendo, casi siempre, un mínimo de 25 cm. La máxima potencia observada se sitúa en torno a 6-7 metros. Finalmente es de resaltar que todas las rocas observadas tienen un grado de meteorización III o superior.

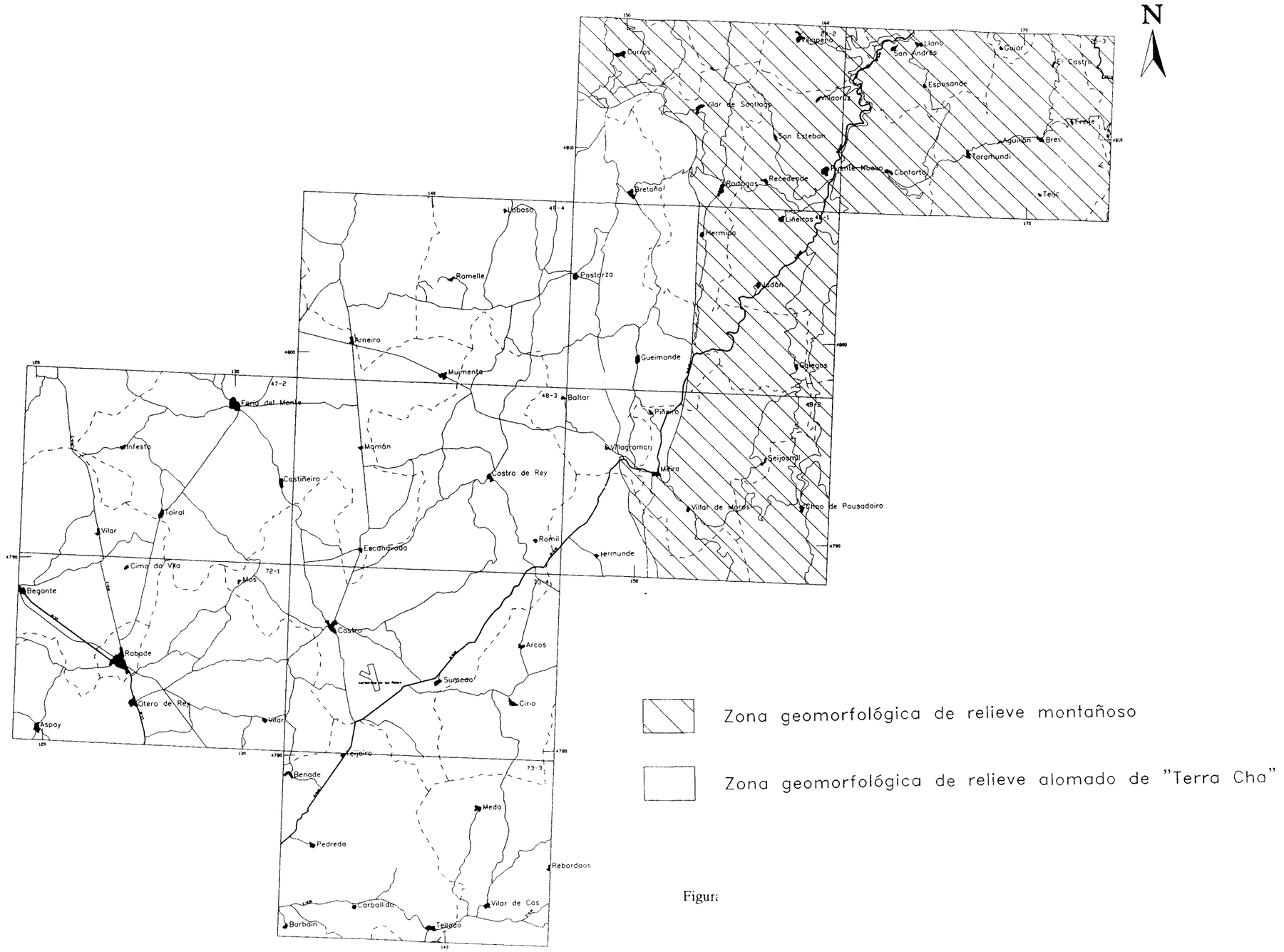


Figura 2.1. *División del Tramo en zonas geomorfológicas.*

I) Zona geomorfológica de relieve montañoso

Morfológicamente se trata de una zona con valles profundos y estrechos, en los cuales se desarrolla una red fluvial de tipo dendrítico. Las laderas son escarpadas, con pendientes superiores al 30%, estando normalmente en torno a 40°.

Litológicamente la zona se caracteriza por la presencia de materiales de competencia alta, pertenecientes a las series del Cámbrico Superior, Ordovícico y Silúrico.

En este contexto, los procesos dominantes son los de dinámica de ladera. El fenómeno más extendido son los abanicos aluviales. En general, no tienen un canal de desagüe bien desarrollado, formando un fino manto de arroyada difusa con un cono de deyección de forma alargada adosado a los cauces de los ríos. Sus cabeceras pueden presentar escarpes y pequeños deslizamientos. En las zonas intensamente vegetadas se producen fenómenos de reptación, si el substrato presenta características estructurales que favorezcan el fenómeno. Son más importantes y frecuentes los deslizamientos de grandes masas de materiales en las laderas con paleodeslizamientos en precario estado de equilibrio.

Los procesos de tipo periglaciar son escasos, encontrándose solamente canchales en la Sierra de Meira y en la parte más oriental del cuadrante III de la Hoja 25 (Vegadeo).

Los procesos gravitatorios de importancia, caída de bloques y desprendimiento de cuñas están muy localizados; dándose de forma muy puntual en la zona de la Sierra de Meira, por la presencia de los farrallones cuarcíticos de las Capas Superiores del Eo.

II) Zona geomorfológica de relieve alomado de la "Terra Cha"

Morfológicamente se trata de una extensa altiplanicie limitada al E por la Sierra de Meira, y al N por la cuenca del río de Riotorto y la cuenca del río Baus. Los relieves son suaves, con pendientes inferiores al 25%. Los mayores relieves los producen las cuarcitas del Cámbrico por ser dentro de la zona los materiales más resistentes.

La red fluvial principal es la cuenca del río Miño que se desarrolla con dirección E-W al principio, para pasar a verter hacia el Sur a partir de Sisoy. La red es de tipo meandriforme con extensas llanuras aluviales entre las que destaca la de Veiga de Toxeiro, en el W de la Hoja de Meira (48). Hay también un importante desarrollo de terrazas en la zona de Muimenta y de Castro.

El proceso fundamental de modelado del relieve es, además de la dinámica fluvial anteriormente señalada, el de la alteración de los materiales del substrato. Este proceso, unido a los fenómenos de tipo coluvionar, da como resultado la existencia de potentes recubrimientos de suelo en toda la zona, lo que dificulta el reconocimiento de los materiales

del subsuelo. Es de destacar la existencia de bastantes zonas deprimidas, que en los puntos donde el substrato está constituido por materiales arcillosos; terciarios y cuaternarios, da lugar a zonas de encharcamientos, como la Laguna de Cospeito y otras pequeñas lagunas dispersas por la "Terra Cha".

También debemos destacar un fenómeno generalizado en el contacto de las formaciones infra y suprayacentes con las cuarcitas de Cándana Superior y es la existencia de deslizamientos a todo lo largo de la formación, cuando las pendientes de las laderas son altas.

2.4. ESTRATIGRAFÍA

La zona de estudio se encuentra enclavada en el Macizo Ibérico, dentro de la zona Asturoccidental-Leonesa. En esta zona, los materiales aflorantes, forman parte de lo que se ha dado en llamar el Manto de Mondoñedo; los materiales integrantes se agrupan en las siguientes unidades:

- Serie de Villalba; de edad Precámbrico.
- Grupo de Cándana; de edad Cámbrico Inferior.
- Caliza de Vegadeo; de edad Cámbrico Medio.
- Serie de los Cabos; de edades Cámbrico Medio-Superior, al Ordovícico Inferior.
- Pizarras de Luarca; de edad Ordovícico Inferior.
- Capas de la Garganta; de edad Silúrico.
- Terciario.
- Cuaternarios.

En la Figura-2.2 se muestra una columna general de la zona.

La serie de Villaba está datada como Precámbrico y son los materiales más antiguos que afloran en el Tramo. Se trata de una serie fundamentalmente pelítica con ciertos aportes terrígenos, lo que se traduce en una alternancia de pelitas y areniscas. La serie es típica de un ambiente de sedimentación profunda. Los terrígenos representarían esporádicos aumentos de energía, producidos por levantamientos de la cuenca. El contacto con la serie superior es aparentemente concordante, pero debemos tener en cuenta que existe otra serie precámbrica encima de la serie de Villalba, la serie de Trastoy, que no aflora en el Tramo.

El Grupo Cándana tienen edad Cámbrico Inferior y está compuesto por cuatro términos de muro a techo, Cuarcitas de Cándana Inferior, Pizarras y Cuarcitas de Cándana Inferior, Cuarcitas de Cándana Superior y Capas de Tránsito.

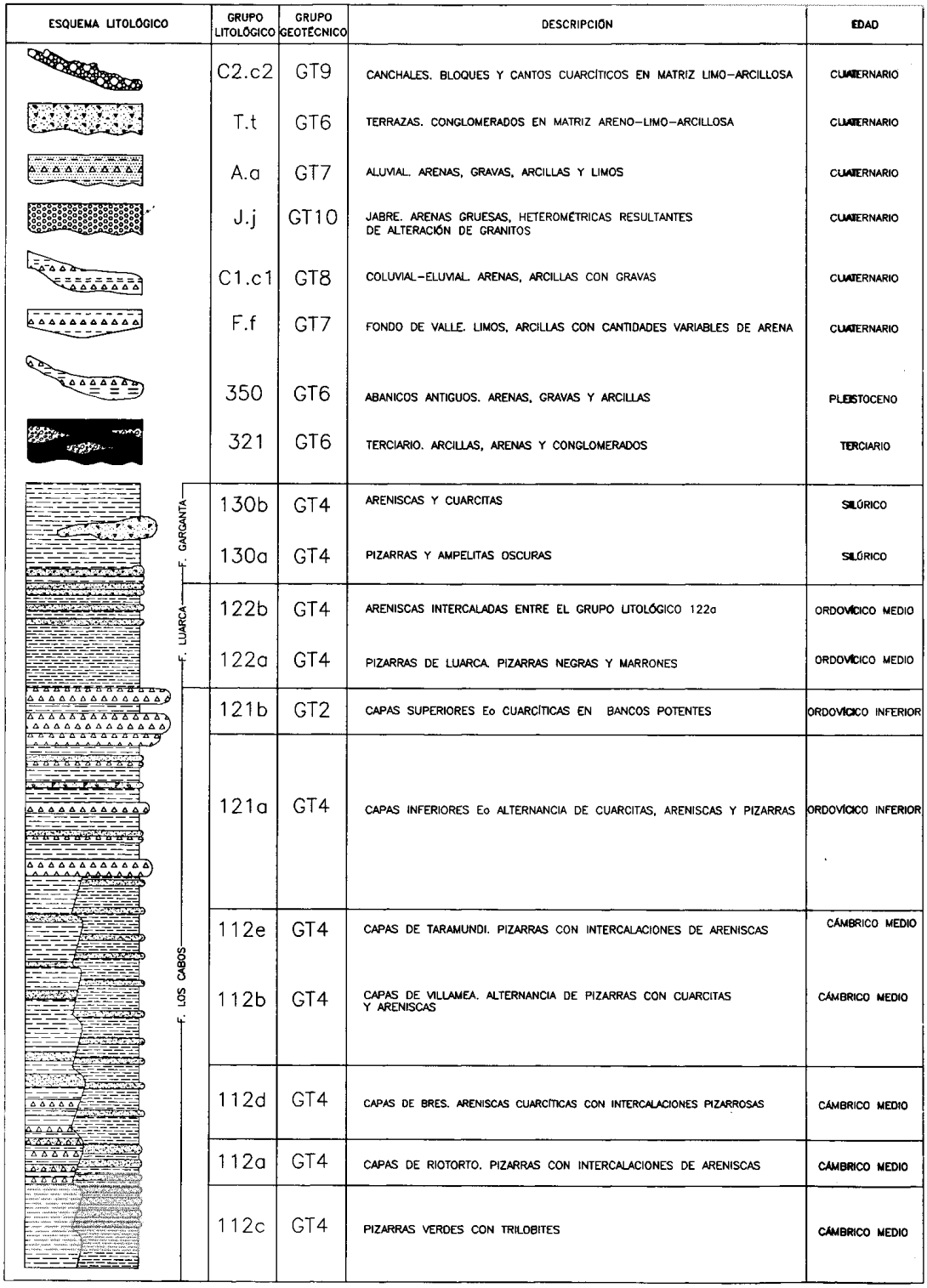
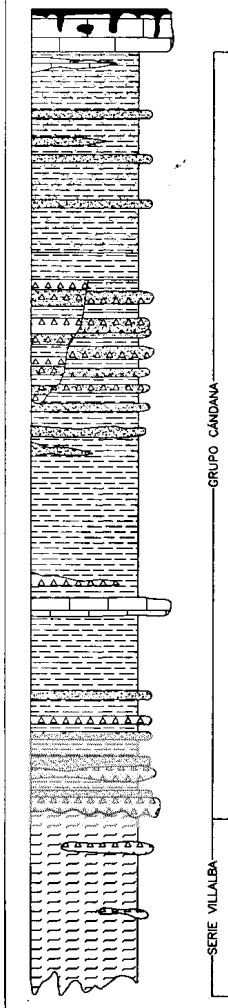


Figura 2.2. *Columna estratigráfica general de la Zona de estudio.*



ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	111g	GT3	CALIZA DE VEGADEO. CALIZAS Y DOLOMÍAS GRISES	CÁMBRICO INFERIOR
GRUPO CÁNDANA	111c	GT3	CARBONATOS DE CÁNDANA. CALIZAS OSCURAS BANTEADAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111f	GT5	CAPAS DE TRÁNSITO. PIZARRAS ARCILLOSAS Y ARENOSAS CON NIVELES DE ARENISCAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111b	GT5	CUARCITAS, MICACITAS Y PIZARRAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111e	GT4	CUARCITA DE GISTRAL. CUARCITAS Y ARENISCAS BLANCAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111d	GT4	CÁNDANA SUPERIOR. CUARCITAS Y ARENISCAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111b	GT5	PIZARRAS DE CÁNDANA. PIZARRAS Y PIZARRAS ARENOSAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111h	GT4	ARENICAS CUARCÍTICAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111c	GT3	CARBONATOS DE CÁNDANA. CALIZAS OSCURAS BANDEADAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111b	GT5	PIZARRAS DE CÁNDANA. PIZARRAS Y PIZARRAS ARENOSAS	CÁMBRICO INFERIOR
	111a	GT4	CÁNDANA INFERIOR. CUARCITAS, PIZARRAS Y ARENISCAS	CÁMBRICO INFERIOR
SERIE VILLALBA	010	GT5	PIZARRAS Y ESQUISTOS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS	PRECÁMBRICO
	001a	GT1	GRANITO DE SANTA EULALIA DA PENA	
	001b	GT1	GRANITOS DE LUGO Y CASTROVERDE	
	002a	GT1	DIQUES DE CUARZO	
	002b	GT1	DIQUES DE DIABASA	
	002c	GT1	DIQUES DE PÓRFIDO CUARCÍFERO	

Figura 2.2. *Columna estratigráfica general de la Zona de estudio (Continuación).*

Las Cuarcitas de Cándana Inferior comienzan con un episodio microconglomerático, en forma de lentejones con poco espesor y no demasiada continuidad. Encima, pasan a formar unas series estratodecrecientes de cuarcitas arenosas y cuarcitas, que a techo presentan intercalaciones pizarrosas o de pizarras arenosas. En la parte superior de la serie, la cantidad de pizarras aumenta, disminuyendo los espesores de los bancos de cuarcitas arenosas hasta pasar gradualmente a la serie superior de pizarras. En algunos puntos las cuarcitas presentan moteados de limonita, ésta puede proceder de la alteración de glauconita, lo que nos restringiría el ambiente deposicional a una plataforma muy somera. Es evidente que, el ambiente deposicional es de plataforma, pudiendo representar los estratos iniciales un sistema de foreshore, sand flats en particular.

Los episodios pizarrosos más abundantes a techo representarían el tránsito hacia profundidades mayores.

Las pizarras de Cándana Inferior forman una serie pelítico calcárea con los siguientes tramos:

- Pizarras verdosas ligeramente arenosas hacia su base.
- Nivel carbonatado con pizarras negras a muro y techo.
- Pizarras azul oscuro con niveles arenosos intercalados.
- Pizarras feldespáticas que a techo se hacen más detríticas.

Esta serie evidencia una estabilización de la cuenca para pasar después a tener un episodio más o menos somero, que queda registrado por la aparición de los carbonatos. Seguidamente pasamos a un nuevo episodio de plataforma somera, esta vez más o menos profunda, interpretándose el ambiente deposicional como nerítico. El último tramo parece evidenciar una nueva disminución de la profundidad, en un paso gradual hacia la formación superior.

Sobre la serie de las Pizarras de Cándana Inferior y en paso gradual, se depositan las Cuarcitas de Cándana Superior. Las Cuarcitas de Cándana Superior se pueden dividir en dos tramos: uno inferior compuesto por una alternancia de areniscas y pizarras. Al ascender en la serie, la formación, pasa a ser una alternancia de cuarcitas, ortocuarcitas y pizarras. El tramo superior está formado por bancos potentes de cuarcitas, separados por niveles de areniscas y pizarras arenosas.

Encima de las Cuarcitas de Cándana Superior y en paso gradual se deposita una serie de litología variada que se ha dado en llamar las Capas de Transición. Estas capas comienzan con unos metros de pizarras ampelíticas negras, continuando con una serie de pizarras arenosas y arcillosas. A techo de la serie aparecen unas pizarras arcillosas y margosas, que por cambios de facies pasan a ser materiales carbonatados. Los episodios carbonatados del techo son un tránsito hacia la serie superior, las calizas de Vegadeo.

Con esto termina la descripción del Grupo Cándana.

En este punto debemos hacer un inciso para hablar de la Cuarcita de Gistral. Al W de la zona aparece la ventana tectónica del Monte Carballosa en la cual aflora el material autóctono, perteneciente al dominio del Navia y alto Sil, la Cuarcita de Gistral. Forman una serie de cuarcitas de grano grueso con algunos nivelillos intercalados de pizarras arenosas, su posición estratigráfica abarcaría desde las Pizarras de Cándana hasta las Capas de Transición.

La siguiente unidad es la Caliza de Vegadeo. Abarca el final del Cámbrico Inferior y su techo sería ya el Cámbrico Medio. Está compuesta por una serie carbonatada, a techo y muro, presenta niveles margosos, pero son fundamentalmente calizas y dolomías.

La siguiente unidad es la serie de Los Cabos, que abarca desde el Cámbrico Medio al Ordovícico Inferior. Al avanzar en el área de estudio, hacia el Norte, se aprecian acusados cambios laterales de facies. Tenemos dos series estratigráficas diferentes; una al E de la región y otra al O, que convergen en el centro de la zona. De este modo, la serie de Los Cabos se divide en dos series; al E la serie está formada por las Capas de Riotorto y las Capas de Villamea, formadas por pizarras margas y arcillosas y por una alternancia de pizarras y areniscas. Al O la serie está formada por las Pizarras Verdes con Trilobites, Capas de Bres y Capas de Taramundi.

Las Capas de Riotorto están formadas por una serie pelítica, pizarras margosas y pizarras arcillosas con intercalaciones arenosas. Hacia el Sur las intercalaciones arenosas aumentan pasando a ser una alternancia de pizarras y areniscas en la zona de Meira. Con respecto a su edad podemos decir que abarca desde el Cámbrico Medio, al Cámbrico Superior. Su equivalente en la columna de la zona E, serían las Pizarras Verdes con Trilobites, las Capas de Bres y una parte indeterminada de las Capas de Taramundi.

Las Capas de Villamea están formadas por una alternancia rítmica de pizarras y areniscas en finos lechos. Cronológicamente abarcan desde el Cámbrico Medio al Ordovícico Inferior.

Respecto a la parte inferior de la serie de Los Cabos (s.s.), abarcaría, las Pizarras Verdes con Trilobites, las Capas de Bres y las Capas de Taramundi, ocupando desde el Cámbrico Medio hasta el Ordovícico Inferior.

Sobre las Calizas de Vegadeo aparecen las pizarras verdes con Trilobites, con intercalaciones de areniscas y niveles margosos. El contacto con la formación inferior, Caliza de Vegadeo, es gradual. Estos materiales representan una sedimentación en un medio, no excesivamente profundo.

Las Capas de Bres, son areniscas y cuarcitas blancas de grano fino con intercalaciones pizarrosas, más abundantes hacia el techo.

Las Capas de Taramundi están formadas por pizarras con tramos de areniscas o cuarcitas, que son más abundantes hacia la base.

Las Capas Inferiores del Eo están formadas por una alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras, están datadas como Ordovícico Inferior.

Las Capas superiores del Eo están formadas por potentes bancos de cuarcitas.

Encima de la serie de los Cabos se depositan las Pizarras de Luarca. Son pizarras oscuras lustrosas. Esta serie pelítica se ha depositado en ambiente tranquilo y a una profundidad ya nerítica. Está datada como Ordovícico Medio.

Entre las pizarras de la serie de Luarca aparecen intercalaciones de potentes tramos de areniscas cartografiadas en el grupo litológico (122b).

El Silúrico se deposita discordante encima de las Pizarras de Luarca. Está representado por las Capas de la Garganta. Formado por pizarras y ampelitas una serie pelítica con intercalaciones de cuarcitas y areniscas (130b).

El Terciario aparece solo en la depresión tectónica de Villalba-Lugo o "Terra cha" donde se depositó un conjunto de arcillas, arenas y conglomerados que serían representativos de una sedimentación continental de tipo lacustre y fluvial. Tenemos también muchos otros tipos litológicos, pero siempre con litologías semejantes, así aparecen facies de abanicos aluviales, datadas como Mioceno Medio-Superior.

El Cuaternario está formado por una superposición de todos los fenómenos actuales, encontrándonos con grandes depósitos aluviales, lagunas (Laguna de Cospeito, etc.), abanicos aluviales, terrazas, conos de deyección, deslizamientos, canchales, etc. Todos los fenómenos descritos en el apartado 2.3.

2.5. TECTÓNICA

La zona se encuentra enclavada en el Macizo Ibérico en lo que se ha dado en llamar el gran Anticlinal Tumbado de Mondoñedo-Lugo-Sarria. Es un anticlinal en el que se individualizan cuatro grandes anticlinales interiores, que son: Sarria, Becerreá, Mayor y Villamea. Por el Este ,el anticlinal viene limitado por el cabalgamiento basal del Manto de Mondoñedo, y por el Oeste, por la falla de Vivero. Esta estructura se formó en la primera fase de la deformación hercínica y fue posteriormente plegada por fases sucesivas.

Como estructuras menores se pueden distinguir:

- Sinclinal de Villaodrid.
- Anticlinal del Eo.
- Anticlinal de la Espina.
- Anticlinal de Villamea.
- Anticlinal de Rececende.
- Anticlinal de Mayor.
- Sinclinal de Real.

Todas estas estructuras tienen como caracteres comunes:

a) Dirección aproximadamente N-S.
b) Vergencia hacia el Este.
c) Son pliegues cilíndricos con semilongitudes de onda entre 3 y 5 km.; y amplitud media de 10 km.
d) Tienen esquistosidad de plano axial.
e) Gran constancia en la inmersión de los ejes, que puede oscilar como media de 15° a 20° al Sur.

Todos ellos se han formado en la primera fase de deformación Hercínica. Hoy día las capas presentes en todas estas estructuras presentan buzamientos al B>50° W, en general. En esta fase de deformación se origina la esquistosidad dominante en la formación.

Los cabalgamientos de los núcleos sinclinales superponen las pizarras de Luarca sobre las ampelitas del silúrico, por lo tanto, se habrían formado al final de la primera fase de deformación.

Posteriormente existe otra fase de deformación que da lugar a pliegues amplios de sección circular, siendo las estructuras más importantes:

- Sinclinal de Bretoña.
- Anticlinal de Azumara.
- Sinclinal de Santa Leocadia.
- Anticlinal de Quintela.

Todas ellas presentan dirección Norte-Sur, y una inmersión del eje de 10° o 20° al Sur.

Cabe resaltar toda una serie de fracturas transversales de dirección N 20°E. Las más importantes son la del Sur de Caurel que atraviesa los sinclinales de Villaodrid y Rececende; la que atraviesa el anticlinal de Mayor al Sur de Meira y la que atraviesa con dirección N120°E el sinclinal de Villaodrid al Norte de Piquin. Hay otros juegos de fracturas, unos de dirección E-O, rellenas de cuarzo y diabasa y otros N20°E a N40°E, rellenos de pórfido cuarcífero.

Dentro de todo este conjunto podemos señalar la existencia de la ya mencionada ventana tectónica del Monte Carballosa, donde aflora la cuarcita de Gistral que sería el autóctono perteneciente al Dominio del Navia y Alto Sil.

Esta ventana da lugar a un cizallamiento en la base del manto que pliega las estructuras de la 1ª fase, dando una estructura en dirección E-O que es contraria a las estructuras restantes de la zona. La ventana tectónica está limitada por un juego de fallas con direcciones SO-NE y E-O al Norte y al Sur del afloramiento.

Dentro de la región hay toda clase de micropliegues, suelen ser todos de la primera fase presentando esquistosidad de plano axial, suelen ser cilíndricos y presentan gran asimetría entre los flancos. También se ven pliegues de tipo kink-band, pero solo en algunos puntos aislados. Respecto a la intrusión de los granitos, se produce en momentos muy diferentes. Ello provoca una complicada historia metamórfica.

El granito del Macizo de Santa Eulalia es en realidad una granodiorita que se emplaza durante la 1ª fase de plegamiento. Por lo que ha sufrido posteriormente varias deformaciones sobreimpuestas. Su aspecto es foliado y podemos apreciar en ella estructuras sigmoidales.

Los granitos del Macizo de Lugo y del Macizo de Castroverde son granitos calcoalcalinos biotíticos de emplazamiento tardío.

El Macizo de Lugo tiene un carácter leucocrático y feldespático acusado. Está atravesado por algún dique pegmatítico de poca importancia.

El Macizo de Castroverde intruye al de Lugo, es más biotítico que el de Lugo, pero menos feldespático y leucocrático y tiene enclaves de grano fino.

La historia del metamorfismo de la región es también complicada. Tenemos en primer lugar un metamorfismo de tipo regional que presenta un desarrollo progresivo de Este a Oeste. Además las isogradas están deformadas por la tercera fase de deformación. De este modo obtenemos unas isogradas plegadas, que van de Norte a Sur y que tienen un ancho variable de unos 25 Km. desde el comienzo de la zona. Pasando después a la zona de la biotita, el almandino y la estaurolita, no llegando a cortar nunca la isograda de la sillimanita.

La estructura de la región se constituye en una fase marcadamente frágil. Corresponde a una mecánica distensiva que caracteriza el emplazamiento de los diques doleríticos. Se forman grabens que son posteriormente rellenados por los sedimentos terciarios y cuaternarios.

2.6. SISMICIDAD

Todo lo que se expone en este apartado está referido a la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-94 de reciente vigencia (desde el 9 de Febrero de 1997) que sustituye a la PDS (1974) que se venía aplicando hasta el momento de su entrada en vigor.

Según dicha Norma, la construcción de una infraestructura lineal se considera una obra de especial importancia a efectos de su aplicación, según su epígrafe 1.2.2. Esto quiere decir, que para el cálculo del coeficiente de riesgo (*p*) de la fórmula:

$$a_c = a_b \cdot p$$

donde

a_c = Aceleración de cálculo
a_b = Aceleración básica
p = Coeficiente de riesgo que se obtiene mediante la fórmula

$$p = (t / 50)^{0.37}$$

t, que es el período de vida de la construcción, va a ser igual o mayor a 100 años en este caso, de obra de especial importancia.

APARTADO DEROGADO

Según el epígrafe 1.2.3. de la NCSE-94 no es obligatoria la aplicación de esta Norma si la aceleración sísmica de cálculo, a_c, es inferior a 0,06 g, donde g es el valor de la gravedad.

Para saber la a_c simplemente tenemos que aplicar la fórmula mencionada anteriormente, puesto que a_b la obtenemos del Mapa de Riesgo Sísmico de la Figura 2.3 siendo a_b < 0,04 g, obteniéndose una a_c claramente fuera del rango de obligatoriedad para el cumplimiento de esta Norma, teniéndose que cumplir únicamente las Prescripciones de índole general que son:

- Clasificación de las construcciones
- Mapa de peligrosidad sísmica y obtención de la aceleración sísmica básica
- Aceleración sísmica de cálculo.

En la figura 2.3 esta situado el tramo objeto de estudio en el mapa de la norma sismorresistente.

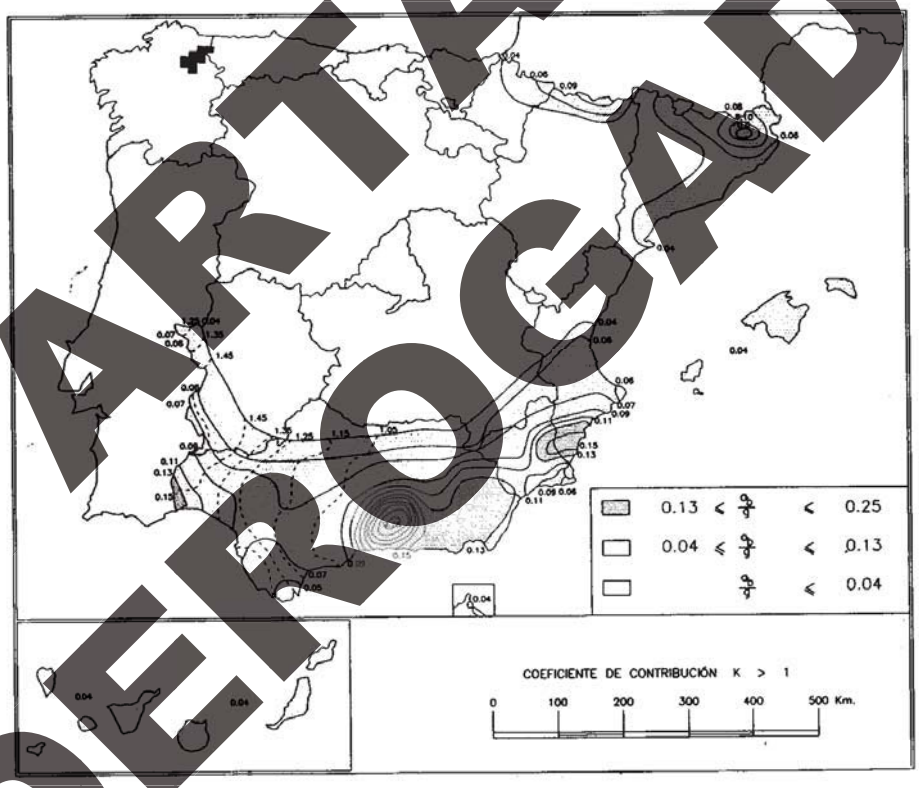


Figura 2.3. *Situación del tramo en el Mapa de la Norma Sismorresistente.*

APARTADO DEROGADO

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

El tramo se ha dividido en dos zonas, atendiendo a criterios geomorfológicos, litológicos, topográficos y geotécnicos:

- ZONA 1: Zona geomorfológica de relieve montañoso.

- ZONA 2: Zona geomorfológica que constituye la altiplanicie de la "Terra Cha".

La división del tramo en zonas de estudio, se ha separado esquemáticamente en la figura 3.1.

3.2. ZONA 1: GEOMORFOLÓGICA DE RELIEVE MONTAÑOSO

3.2.1. Geomorfología

La zona se caracteriza geomorfológicamente por tener un relieve montañoso. Los valles son estrechos y profundos, con desniveles desde la cumbre al fondo del valle de 250 metros o más. Las pendientes de las laderas son altas rondando normalmente los 40° o más en muchos casos.

En este contexto los principales procesos modeladores del relieve son los de tipo fluvial. La red fluvial es de tipo dendrítico. La dinámica de los ríos es de alta energía y en las cabeceras es de tipo torrencial. Se observan frecuentes cascadas de salto inferior a medio metro. En este tipo de dinámica fluvial el río actúa como principal modelador del paisaje, tanto por su propia acción erosiva, como por la acción de transporte de los coluviones que llegan hasta él. Los cauces principales son: el río Eo, el río de Riotorto y el río Machín. Existen además multitud de cauces menores, arroyos y torrentes.

Los depósitos generados por los ríos son aluviales y terrazas. Los aluviales son de tipo grosero y están localizados en el fondo de los valles; su potencia puede ser bastante importante. Por su importancia en extensión destacan el situado en la localidad de Riotorto y el situado en la localidad de Los Llanos. También se pueden observar en algunos puntos terrazas. Estas, forman depósitos de superficie plana adosados a los cauces fluviales en zonas propicias, discurriendo el río un poco más abajo. En general son pequeñas y en la mayoría de los puntos es difícil separarlas de los depósitos aluviales.

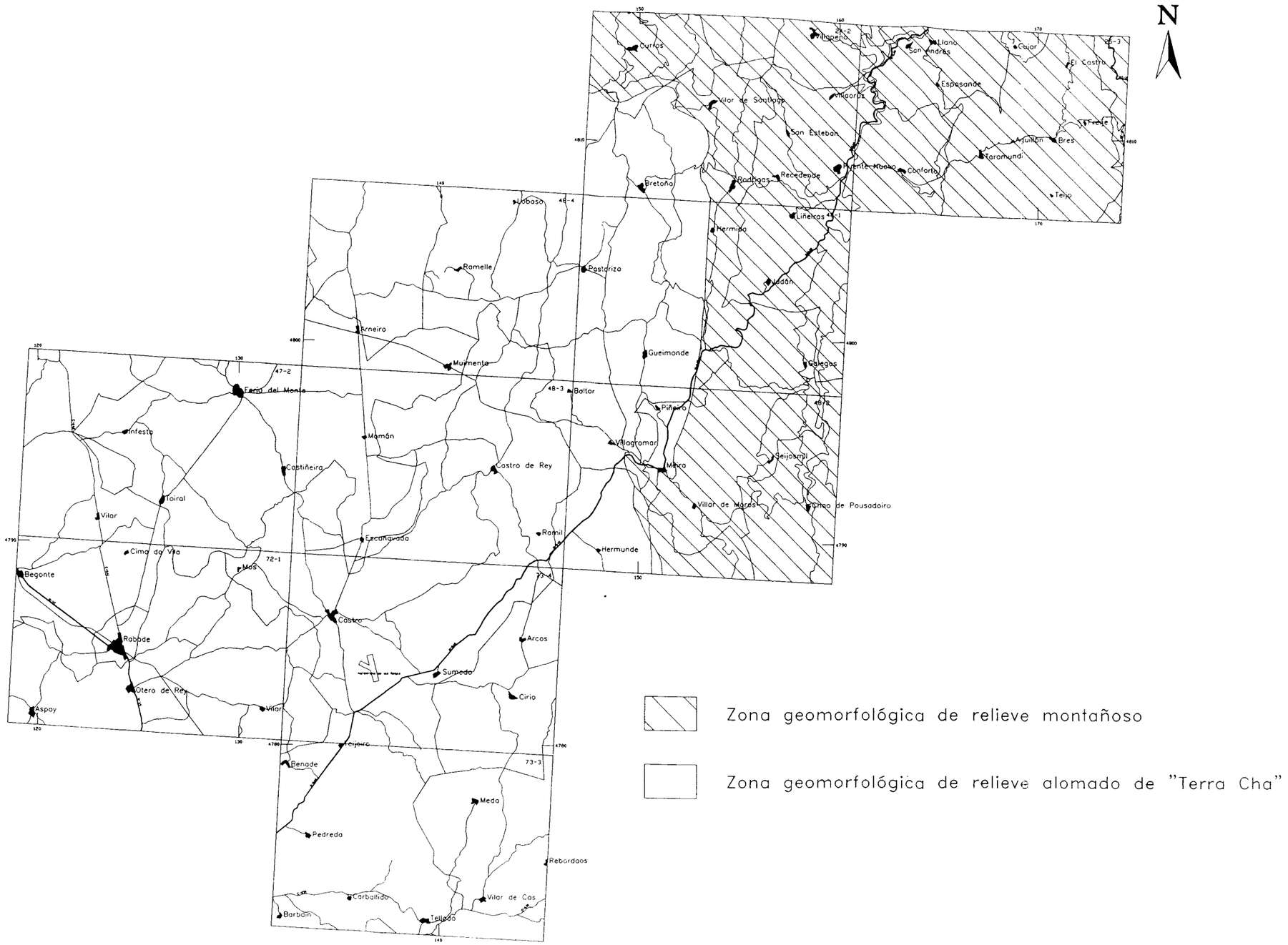


Figura 3.1. *División del tramo de zonas de estudio.*

Un tipo de dinámica características son los depósitos de ladera (s.l.). Tenemos muchas tipologías de coluviones y de abanicos aluviales. Los abanicos aluviales tienen, en general, conos de deyección poco desarrollados; la fuerte escorrentía y la alta energía de los cauces fluviales produce la rápida denudación de los depósitos generados.

Los coluviones suelen presentar escarpes en cabecera unas veces pronunciados, pero en la mayoría de las ocasiones su límite es muy difuso. Sus espesores son muy variables pero llegan a tener en muchos casos potencias significativas (5-6 m). Los perfiles de laderas así formados pasan a ser convexos con una acentuación de ésta hacia la base.

También debemos señalar la existencia de algunos canchales en la zona, son derrubios de gravedad, formados por bloques angulosos sin matriz. Se han originado por acumulación y posterior lavado de las fracciones más finas. Están ligados a litologías de competencia alta bastante fracturadas. En la zona destacan los de la Sierra de Meira y los de la Sierra de Ouroso.

Se han encontrado deslizamientos y lenguas de despegue en zonas muy fracturadas o a favor de planos de fractura cuando las pendientes son altas. De todos modos la geometría y su posible causa son muy variados. Su número tampoco es grande y la litología predominante es la de la serie de Los Cabos.

Los fenómenos kársticos son importantes y de hecho en las zonas calizas los afloramientos son muy escasos y cuando aparecen lo hacen en forma de rocas dispersas.

Un fenómeno de especial importancia es el de la alteración. Toda la zona está cubierta de un suelo vegetal de unos 10-20 cm, al que sigue una zona de alteración de potencia variable. Esta zona de alteración puede llegar a ser muy potente (hasta 2 m en terrenos calizos y más en las Capas de Tránsito). La roca aflorante siempre ha presentado un grado de meteorización de III o superior.

3.2.2. Tectónica

La tectónica de la zona tiene como rasgo principal la presencia de pliegues tumbados con vergencia al E.

Las estructuras más importantes de la zona son:

- El anticlinal de Espina.
- El anticlinal del Eo.
- El sinclinal de Villaodrid.
- El anticlinal de Villamea.
- El sinclinal de Rececende.

Los dos primeros anticlinales del Eo y La Espina, junto con el sinclinal de Villaodrid, tienen un desarrollo de los flancos similar. Los restantes tienen más desarrollado el flanco inverso. Forman pliegues muy apretados, cortados por algunas fracturas, en los cuales las cuarcitas del Eo ocupan las zonas más altas. Todo el conjunto está afectado por un diaclasado y una fracturación intensa, resultado de la Orogenia Alpina.

El diaclasado es de espaciado medio y muy continuo.

3.2.3. Columna estratigráfica

La columna litológica de la zona abarca; toda la Serie de Los Cabos, las Pizarras de Luarca, las Capas de la Garganta y la Caliza de Vegadeo, en la Figura-3.2 se muestra una columna sintética de los materiales de la zona.

En la base de la columna se sitúa la Caliza de Vegadeo; es un paquete calcáreo de 60 m de potencia. En la base su edad es Cámbrico Inferior, pero su techo representa el Cámbrico Medio.

En la parte occidental, se depositan, encima de la Caliza de Vegadeo, las Capas de Riotorto. Están constituidas por una serie de pizarras margosas y arcillosas, con una potencia estimada en 100 metros. su edad iría desde el Cámbrico Medio al Cámbrico Superior.

Sobre las capas de Riotorto nos encontramos con una alternancia de cuarcitas y pizarras de unos 700 metros de potencia, son las Capas de Villamea y su edad abarca desde el Cámbrico Superior al Ordovícico Inferior.

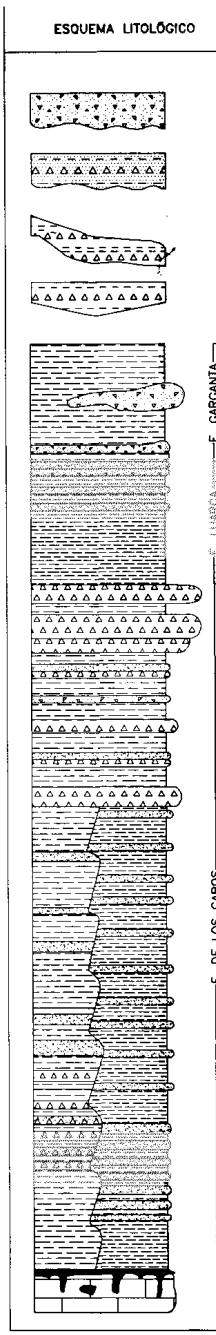
En la parte oriental sobre la Caliza de Vegadeo se depositan las Pizarras Verdes con Trilobites, que en esta zona son azoícas. Tienen una potencia de unos 200 metros, y su edad es Cámbrico Medio.

Sobre las Pizarras Verdes nos encontramos un paquete de areniscas cuarcíticas de unos 1.250 metros, son las Capas de Bres. Las Capas de Bres tienen edad Cámbrico Superior.

Las Capas de Taramundi se depositan sobre las Capas de Bres. Forman una serie pizarrosa con intercalaciones de areniscas. Su potencia está estimada en 3.350 metros. Su edad abarca desde el Cámbrico Superior al Ordovícico Inferior.

En las dos zonas se depositan las series siguientes: comienza con una alternancia de cuarcitas, pizarras y areniscas de unos 200 metros; son las Capas Inferiores del Eo, que culminan con un paquete de unos 30 m de cuarcitas duras, son las Capas Superiores del Eo. La edad de las dos formaciones es de Ordovícico Inferior.

El Ordovícico Medio se deposita encima de las Cuarcitas de las Capas Superiores del Eo y su contacto es neto. Son las Pizarras de Luarca, una serie de pizarras oscuras de unos 100 metros de potencia . Su potencia es muy variable al estar su techo erosionado.



GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
T.t	GT6	TERRAZAS. CONGLOMERADOS EN MATRIZ ARENO-LIMO-ARCILLOSA	CUATERNARIO
A.a	GT7	ALUVIAL. ARENAS, GRAVAS, ARCILLAS Y LIMOS	CUATERNARIO
C1.c1	GT8	COLUVIAL-ELUVIAL. ARENAS, ARCILLAS CON GRAVAS	CUATERNARIO
F.f	GT7	FONDO DE VALLE. LIMOS, ARCILLAS CON CANTIDADES VARIABLES DE ARENA	CUATERNARIO
130b	GT4	ARENISCAS CUARCÍTICAS	SILÚRICO
130a	GT4	PIZARRAS AMPELÍTICAS	SILÚRICO
122b	GT4	ARENISCAS INTERCALADAS ENTRE EL GRUPO LITOLÓGICO 122a	ORDOVÍCICO MEDIO
122a	GT4	PIZARRAS DE LUARCA. PIZARRAS NEGRAS Y MARRONES	ORDOVÍCICO MEDIO
121b	GT2	CAPAS SUPERIORES Eo. CUARCITAS EN BANCOS POTENTES	ORDOVÍCICO INFERIOR
121a	GT4	CAPAS INFERIORES Eo. ALTERNANCIA DE CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
112e	GT4	CAPAS DE TARAMUNDI. PIZARRAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS	CÁMBRICO MEDIO
112b	GT4	CAPAS DE VILLAMEA. ALTERNANCIA DE PIZARRAS CON CUARCITAS Y ARENISCAS	CÁMBRICO MEDIO
112a	GT4	CAPAS DE RIOTORTO. PIZARRAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS	CÁMBRICO MEDIO
112d	GT4	CAPAS DE BRES. ARENISCAS CUARCÍTICAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRA	CÁMBRICO MEDIO
112c	GT4	PIZARRAS VERDES CON TRILOBITES	CÁMBRICO MEDIO
111g	GT3	CALIZA DE VEGADEO. CALIZAS Y DOLOMÍAS GRISES	CÁMBRICO INFERIOR

F. GARGANTA
F. LUARCA
F. DE LOS CABOS

Figura 3.2. *Columna estratigráfica de la Zona 1.*

Por último se depositaron las Capas de la Garganta, una serie pizarrosa que representa el Silúrico. La potencia de la serie no se puede estimar por estar siempre o cabalgada o erosionada, pero ronda los 110 metros.

Los depósitos actuales los constituyen aluviales, terrazas y coluviones.

3.2.4. Grupos litológicos

CALIZAS Y DOLOMÍAS MASIVAS Y RECRISTALIZADAS, (111g)

- Litología

  Esta formación carbonatada está compuesta por calizas y dolomías grises, bastante recristalizadas. Su potencia varía entre unos 40 m y 60 m. Se presentan en capas métricas, masivas. Están datadas como Cámbrico Inferior, siendo su techo el tránsito hacia el Cámbrico Medio (Foto 3.1).

  Son calizas cristalinas de tamaño de grano fino, encontrándose zonas de grano medio y grano grueso. Mineralógicamente están compuestas por calcita y dolomita, encontrándose a veces proporciones variables de cuarzo y micas. Así como zonas con cristales de pirita.

  La serie está poco fracturada existiendo algunas venas de cuarzo con siderita y otras de calcita.

  Aparece en forma de capas tabulares de un metro de potencia. Se aprecia alguna diaclasa con un espaciado muy ancho de continuidad media; suelen estar rellenas de calcita.

  Las calizas se encuentran bastante alteradas por procesos kársticos. En muchos puntos no afloran siendo su traza supuesta. Las alteración produce arcillas de descalcificación.

  La permeabilidad primaria es prácticamente nula. La karstificación produce porosidad secundaria y por tanto permeabilidad. La permeabilidad es muy variable de unas zonas a otras siendo alta en las zonas muy kárstificadas y media en el resto de los afloramientos.

- Estructura

Se encuentra, en la zona N, formando parte de una serie invertida. Según avanzamos hacia el Sur origina una zona blanda que da comienzo a la "Terra Cha". En esta zona forma un sinclinal invertido y replegado, dando lugar al pliegue de Meira. En la zona E simplemente ocupa el fondo de los anticlinales del Eo y de la Espina.

- Geotecnia

Es una roca muy dura, moderadamente meteorizada. Las discontinuidades presentes tienen espaciado muy ancho de continuidad baja. Las paredes de las discontinuidades son onduladas y rugosas. Su apertura es cerrada y están moderadamente meteorizadas. Además se presentan una serie de filoncillos de espaciado ancho y de continuidad media, rellenos de calcita; estas discontinuidades están abiertas de manera muy ancha y el relleno poco meteorizado.



Foto 3.1. Calizas y dolomías masivas, al norte de Riotorto, (111g)

Su permeabilidad es media-alta en la mayor parte de los afloramientos, pero como roca calcárea presenta intensos fenómenos de alteración y karstificación, que provocan aumentos de la permeabilidad hasta valores altos.

Se han visto algunas zonas de colapso por hundimientos kársticos; tienen tamaños métricos y no son de excesiva importancia.

Los taludes naturales son muy escasos por no decir nulos y no presentan problemas de importancia.

Para su excavación se necesitaran medios violentos, voladura, martillo neumático, etc.

La capacidad portante es muy alta. Los taludes artificiales pueden ser subverticales y de altura considerable. El único problema que pueden presentar es, el de desprendimiento de bloques, por formación de cuñas.

El material se utiliza mucho como árido en la zona de Lugo, ver Punto 5.

PIZARRAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS, (112a)

- Litología

Es una serie pizarrosa de tonos verdosos con intercalaciones arenosas, de unos 100 metros de potencia. Esta datada como Cámbrico Medio.

En los primeros metros, la serie es de pizarras margosas, para pasar a ser pizarras arcillosas en los restantes. Hacia la parte superior aparecen intercalaciones areniscosas de entre 5 y 20 cm de espesor (Foto 3.2).

Las pizarras se presentan en lechos finos, los colores dominantes son verdes. Su composición mineralógica es cuarzo fundamentalmente, junto con moscovita, clorita y sericita.

Las intercalaciones areniscosas tienen entre 5 y 20 cm de grosor, siendo su composición mineralógica; cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas (albita), clorita, moscovita y sericita.

La roca puede ser catalogada como moderadamente dura y es bastante alterable; desarrolla horizontes de meteorización de aproximadamente 0,5 metros de espesor.

- Estructura

  La serie es, en general, monoclinal, buza hacia el O teniendo como dirección aproximada N-S. En el SE de la zona cerca de Meira, aflora formando la terminación periclinal del anticlinal de Mayor. Suele buzar más de 50° excepto en la zona Sur donde solo buza 30-40° al SO.

  Yacen formando un paquete pizarroso de unos 100 metros de espesor con pasos graduales de techo a muro. Las pasadas areniscosas aumentan en número hacia el techo, son finos lechos de arenisca de entre 5 y 20 cm de espesor.

  Están intensamente fracturadas, el número de discontinuidades es muy alto, generando bloques muy pequeños. El diaclasado tiene espaciado cerrado de continuidad media.

- Geotecnia

  La formación de Riotorto está constituida por pizarra verdes con intercalaciones areniscosas con grado de meteorización III-IV.

  Es una roca que está bastante alterada, por su contenido en arcillas y margas, es ripable, y con una capacidad portante de media a alta.

  Es poco permeable y la permeabilidad que tiene está producida por la intensa red de diaclasas que fracturan la roca, permitiendo la circulación del agua por ésta.

  Se ven taludes artificiales de hasta 20-25 m de altura, con inclinaciones de unos 65°-70°. Presentan problemas de chineo y de caída de bloques. No se han visto deslizamientos.



Foto 3.2. Pizarras, pizarras y areniscas en alternancia, en las afueras de Meira, N-640,(112a).

ALTERNANCIA DE PIZARRAS CON CUARCITAS Y ARENISCAS, (112b)

- Litología

  Alternancia de areniscas cuarcíticas y pizarras. Tienen colores variables, grises oscuros y claros, azules, marrones y ocres. El paso desde las Capas de Riotorto es gradual y muchas veces insensible (Foto 3.3).

  Las pizarras están compuestas de cuarzo, sericita, moscovita, clorita y materia carbonosa. Su estratificación es en láminas milimétricas.

  Las cuarcitas, en bancos poco potentes, están formadas por cuarzo y algunos opacos, aparecen bastante oxidadas, suelen estar muy fracturadas.

  Las areniscas son cuarcíticas con poca plagioclasa. Aparecen en estratos centimétricos a decimétricos.

  Se alteran con bastante facilidad, teniendo normalmente desarrollado un horizonte de alteración de unos 30 cm. No son excesivamente erosionables, aunque son normales los fenómenos de caída de bloques y chineo, de los paquetes competentes.

- Estructura

Forman un paquete pizarroso con numerosas intercalaciones de areniscas cuarcíticas de potencia entre 4-20 cm. A techo estas intercalaciones pueden llegar a ser métricas. El paso a la formación superior es gradual.

La potencia de todo el conjunto varia entre los 700 m en la zona de Villamea, al N, y los 350 m en la zona de Meira, al S. Yacen buzando normalmente al W con inclinaciones importantes. La serie está replegada en forma de anticlinales y sinclinales con vergencia al E.

Su fracturación es intensa siendo el diaclasado de espaciado muy cerrado y continuidad media. Las diaclasas están cerradas y rellenas de arcilla. La permeabilidad primaria es nula, pero la generada por fracturación es moderada, existiendo puntos con flujos de agua.



Foto 3.3. Cuarcitas, areniscas y pizarras. Entre Puente Nuevo y Rececende, (112b)

- Geotecnia

Es un grupo litológico formado por pizarras y areniscas cuarcíticas, grises, azules y marrones, duras, moderadamente meteorizadas.

Su capacidad portante es alta. La fracturación es intensa, el diaclasado tiene espaciado cerrado de continuidad media. Las fracturas están cerradas y rellenas de arcilla. También se ven venas de cuarzo sin cementar.

En la formación existen taludes artificiales de 20 m de altura, la inclinación de su paramento es de 60-70°. Tienen problemas de chineo y caída de cantos decimétricos. La caída de cuñas puede ser de importancia en cantidad y magnitud.

Son materiales ripables en la zona de alteración, pasando de ripabilidad marginal a no ripables a medida que se profundiza en la formación.

La permeabilidad es moderada en superficie y deficiente en profundidad.

PIZARRAS VERDES, (112c)

- Litología

Este grupo litológico constituye un potente paquete de pizarras verdosas con intercalaciones esporádicas de estratos de areniscas, que yacen encima de la Caliza de Vegadeo (Foto 3.4).

Su potencia es de unos 200 metros. Su edad es Cámbrico Medio, aunque en esta zona las pizarras son azoícas y su edad está definida por correlación estratigráfica con formaciones similares en otras localidades.

Mineralógicamente están compuestas por cuarzo, clorita, sericita, moscovita y opacos.

Son moderadamente alterables y presentan horizontes de suelo de unos 30 cm. Tampoco son excesivamente erosionables. Normalmente afloran poco meteorizadas.

- Estructura

Es un paquete de unos 200 m de pizarras de tonos verdes finamente laminadas. Yacen encima de la Caliza de Vegadeo aflorando principalmente en los anticlinales del Eo y de la Espina. La formación aflora con dirección N-S y los buzamientos son hacia el E y el W, no excesivamente altos.

Se trata de una serie muy diaclasada, con espaciado cerrado y continuidad media-alta. Las fracturas están cerradas, normalmente sin relleno o con arcillas.

- Geotecnia

Se trata de una roca. Pizarra verde grisácea, de grano fino, dura, moderadamente meteorizada.



Foto 3.4. Vista general de las pizarras verdes. Al sur de Bres, (112c)

Es un material duro, de capacidad portante alta, ripable, pasando de ripabilidad marginal a no ripable a medida que se profundiza en la formación en la zona de alteración. Son materiales muy fracturados. La fracturación tiene espaciado cerrado, continuidad media, las fracturas están cerradas y sin relleno o rellenas de arcilla.

La permeabilidad es baja por fracturación en la zona alterada. En profundidad se considera una formación impermeable.

En la formación existen taludes de altura baja, estables, con inclinaciones de unos 75°. Presentaban pequeños problemas de chineo y caída de algún bloque, pero sin demasiada importancia.

ARENISCAS CUARCÍTICAS CON INTERCALACIONES PIZARROSAS, (112d)

- Litología

Areniscas cuarcíticas con intercalaciones pizarrosas que aumentan hacia el techo. Tiene una potencia de 800 a 1.250 metros, mineralógicamente están compuestas por cuarzo de grano fino en proporción superior al 80%; son poco alterables, por lo que desarrollan suelos de poca potencia (Foto 3.5).

- Estructura

Es una formación de areniscas y cuarcíticas, aparecen en estractos tabulares de entre 0,20 y 1 metro de potencia. Se encuentran encima de las Pizarras Verdes con Trilobites en la zona del anticlinal del Eo y la Espina. Su dirección es N-S y los bu-

zamientos al E y W. Se encuentran moderadamente fracturadas. La permeabilidad es baja por fracturación.

- Geotecnia

Las areniscas y cuarcitas de grano fino-medio, de color ocre, son compactas y duras, moderadamente meteorizadas. Su capacidad portante es muy alta. Se trata de unos materiales de ripabilidad marginal a no ripables, habrá que utilizar medios violentos de excavación en desmontes de altura media.

Se hallan moderadamente fracturadas. El diaclasado tiene un espaciado cerrado de continuidad alta. Las fracturas están cerradas y su relleno es de arena muy fina o sin relleno.



Foto 3.5. *Areniscas cuarcíticas con intercalaciones pizarrosas. En las afueras de Bres, (112d).*

En la formación existen taludes de altura baja y media subverticales, sin problemas geotécnicos de importancia, con chineos y caída de pequeños bloques.

En las zonas donde la serie se hace arenosa se producen deslizamientos de importancia. Son deslizamientos de morfología triangular en laderas muy escarpadas.

También hay movimientos en masa del terreno. Estos fenómenos se suelen observar en la zona NE del tramo en la Sierra de Ouroso y el Pico Leiras.

Los materiales se erosionan y alteran dando origen a zonas de canchales, al producirse el movimiento de los materiales en régimen coluvionar y posteriormente ser lavada la matriz areno-arcillosa del coluvión.

PIZARRAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCA, (112e)

- Litología

Forman un grueso paquete pizarroso de colores grises y marrones oscuros, con intercalaciones de areniscas más frecuentes en la base y casi desaparecen hacia el techo. Tienen unos 3.350 metros de potencia (Foto 3.6).

En las capas de Taramundi la cantidad de arcilla aumenta mucho con respecto a las Capas de Bres, hasta más de un 80%, lo que da lugar a una serie netamente pizarrosa.

La fracturación es alta. La serie pizarrosa es bastante alterable, las pizarras se meteorizan dando arcillas y las areniscas pasan a ser arenas.

El diaclasado es intenso, de espaciado cerrado y continuidad media. Las fracturas están rellenas de arcilla

La serie tiene unos 3.350 metros de potencia total. Su permeabilidad es baja y se realiza a través de las diaclasas y fracturas.

Los contactos con las series superiores o inferiores son graduales.



Foto 3.6. Pizarras con intercalaciones de arenisca, en la carretera de Taramundi a Bres, (112e).

- Estructura

  Se presentan en forma de paquetes pizarrosos finamente laminados. Los estratos areniscosos son poco potentes, en general de un par de centímetros pero de gran continuidad.

  Las capas están muy replegadas, forman pliegues apretados de dirección N-S, buzando al W con vergencias al E.

- Geotecnia

  Se trata de una roca medianamente dura, con grado de meteorización III. Su capacidad portante es muy alta, por debajo de la zona meteorizada.

  Están bastante fracturadas. El diaclasado es cerrado de continuidad media. Las juntas son rugosas y planas, cerradas, con óxidos y arcilla como relleno.

  En estos materiales existen taludes artificiales de altura media, con inclinaciones de 70-80°; son estables, cuando el paramento del talud es perpendicular a la dirección de estratificación, en estos casos presentan moderados problemas de chineo y caída de bloques pequeños. Habrá que tener cuidado si se forman cuñas con la estratificación. Cuando el posible desmonte coincida con la dirección de las capas y

el buzamiento hacia el eje de la calzada, la inclinación límite del paramento deberá ser la inclinación de estratificación.

Son materiales de muy baja permeabilidad y ésta se realiza a través de las fracturas. Son materiales ripables en la parte superficial alterada y pasa de ripabilidad marginal a no ripables a medida que se profundiza en la formación

ALTERNANCIA DE CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS, (121a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por una formación en la que alternan tramos de areniscas con otros de pizarras y cuarcitas. Los tramos de areniscas están formadas por estratos tableados cuyas potencias pasarían 20 y 30 cm. La potencia de los extractos de cuarcita aumentan hacia el techo de la formación (Foto 3.7).

Las cuarcitas son de grano medio-fino, constituidas por cuarzo (90-95 %), plagioclasa, feldespato potásico y micas. Los términos más arenosos tienen mayor cantidad de feldespato y plagioclasa.

Las pizarras son de grano fino y se componen principalmente de cuarzo, sericita y moscovita, con proporciones variables de materia carbonosa.

La serie es moderadamente alterable, sobre ella se desarrollan suelos de unos 30 a 40 cm de espesor.

Su edad es Ordovícico Inferior.

- Estructura

Afloran con dirección N-S en los laterales de los anticlinales y sinclinales. Sus buzamientos suelen ser importantes, y normalmente al W. Están moderadamente fracturadas; el diaclasado es cerrado de continuidad media. Las juntas están cerradas con óxidos de Fe y/o arcillas.

El contacto con la formación superior es brusco y el tránsito desde la inferior gradual, siendo su potencia estimada de 200 metros.

La permeabilidad es media, por fracturación, circulando el agua a través de las fracturas.



Foto 3.7. Alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras. En Puentenuevo, (121a)

- Geotecnia

La permeabilidad varía de baja a moderada por fracturación de los materiales y está concentrado en los tramos de cuarcitas y pizarras. Las litologías de este grupo constituyen, normalmente, terrenos con orografía accidentada. La enorme tectonicidad de este grupo crea problemas potenciales relacionados con la estabilidad natural, aumentada en la zona alterada debido a la meteorización de grado III.

En estas rocas, deberán tenerse muy en cuenta los aspectos tectónicos, estructurales y geomorfológicos que, en última instancia, serán los que condicionen las pendientes de los parámetros en los desmontes.

En apoyos a media ladera, superficiales o poco profundos, la capacidad portante del terreno debe estimarse como moderada ya que por razones de alta tectonicidad, estructurales y geomorfológicas, la capacidad portante de estos materiales puede estar potencialmente reducida. En apoyos profundos o en superficies de morfología suave, la capacidad de soporte será, normalmente, alta.

Los materiales de este grupo litológico son ripables en la zona de alteración, pasando de marginalmente ripables a no ripables con la profundidad.

En estos materiales existen taludes de gran altura, 30 m y 70º-80º de pendiente. En ellos existen problemas de diferentes tipos. Todos tienen problemas de chineo y

desprendimiento de bloques. Además en muchos existen problemas de desprendimientos de cuñas, algunas de las cuales han caído por descalce de los niveles inferiores. Hay uno que ha deslizado en la N-640, en los alrededores de Pontenova, en esta zona concreta el material está muy fracturado y se vio afectado por fenómenos gravitacionales de movimientos en masa, con caída de bloques.

CUARCITAS EN BANCOS POTENTES, (121b)

- Litología

  Cuarcitas grises y blancas en potentes bancos de 1 m, que definen las crestas montañosas. Estas crestas están constituidas por bancos potentes formando un grueso paquete. En algunas zonas aparece un tramo pizarroso que divide el paquete en dos partes (Foto 3.8).

  Las cuarcitas son de grano medio-fino y con sericita intersticial. Tiene muy pocos feldespatos; son de edad Ordovícico Inferior.

- Estructura

  Forman los flancos principales de los sinclinales de Villaodrid y Rececende, definiendo las sierras. Tienen dirección N-S, con vergencia hacia el E. El buzamiento de los estratos son altos casi subverticales, hacia el Oeste.

  Los flancos, de estas estructuras, están constituidos por potentes estratos de un metro de espesor aproximadamente. Su potencia se estima de unos 40 metros, en las zonas de charnelas suelen estar muy fracturados.

- Geotecnia

  Son unas rocas muy compactas y duras, poco alteradas.

  Está poco fracturada. El diaclasado tiene un espaciado moderado y una continuidad media, existiendo zonas donde el espaciado es cerrado. En estas zonas son ripables con dificultad, pero si el espaciado aumenta serán necesarios medios violentos para su excavación. La capacidad portante es muy alta.

  La permeabilidad varía entre baja y moderada por fracturación de los materiales. La escorrentía superficial es buena, debido a que esta formación constituye morfologías accidentadas.

  En estas rocas existen taludes de unos 25 m de altura, subverticales y estables, presentando solamente algunos problemas de chineo y caída de bloques decimé-

tricos. Han sido vistas cuñas de importancia en algunos taludes, algunas desprendidas.



Foto 3.8. *Crestón de (121b), cuarcitas en bancos potentes, en el final de la sierra de Meira. El valle que se ve al fondo es el Eo*

Presentan un problema muy específico, la caída de bloques. Hay zonas, sobre todo en la Sierra de Meira, donde las cuarcitas coronan las crestas. En este punto la serie está en contacto con una zona bastante erosionable de las Capas Inferiores del Eo, lo que da lugar a caída de bloques por descalce. Este fenómeno es más acusado en la ladera O, donde en zonas de acumulación da lugar a canchales.

Hay manantiales que tienen origen en el contacto de las Capas Inferiores del Eo con las Capas Superiores.

PIZARRAS NEGRAS Y MARRONES CON ALGUNA INTERCALACIÓN DE ARENISCA, (122a)

- Litología

Estos materiales están compuestos por una potente serie de pizarras oscuras y negras, lustrosas, con intercalaciones de areniscas. En la zona de Rececende apa-

rece un lentejón de longitud kilométrica de areniscas cuarcíticas duras intercaladas con pizarras grises (Foto 3.9).

Se trata de un paquete de unos 100 metros de potencia que ocupa los núcleos sinclinales. En su mineralogía destaca la abundancia de pirita y cloritoide. Hacia la parte superior presenta intercalaciones de areniscas cuarcíticas.



Foto 3.9. *Pizarras negras y marrones con algunas intercalaciones, (122a)*

- Estructura

Se encuentran en el centro de los sinclinales de Rececende y Villaodrid. Sus buzamientos son altos y suelen ser al W. Las capas tienen dirección N-S, como todo el complejo.

Están muy fracturados. El diaclasado es de espaciado cerrado y continuidad media. Las fracturas están cerradas y rellenas de óxidos de hierro y arcillas. Su potencia puede estimarse en unos 100 metros.

- Geotecnia

  Es una roca dura a medianamente dura, moderadamente meteorizada, desarrollando localmente suelos de una cierta importancia, por alteración de la parte superficial.

  En las zonas de suelos, la roca es excavable, y en la zona alterada ripable. La permeabilidad es baja, ya que únicamente es la debida a la escorrentía existente por las fracturas, que suelen estar rellenas de arcillas y óxidos de hierro. La escorrentía superficial es eficaz.

  Excepto en las zonas de suelos desarrollados, es una roca con capacidad portante alta.

  La roca está muy fracturada. En los taludes existentes se han observado caída de bloques y chineos, hay que resaltar el efecto que puede causar el que las fracturas estén rellenas de arcillas, lo que implicarían niveles de despegue cuando estas arcillas están saturadas de agua.

  En estos materiales deberá tenerse en cuenta la estructura geológica de la formación para fijar la pendiente de los taludes. Cuando el eje de la calzada coincida con la dirección de la formación y el buzamiento de las pizarras sea hacia la calzada, la inclinación máxima de los parámetros, en los desmontes, será del buzamiento de los estratos.

ARENISCAS CUARCÍTICAS, (122b)

- Litología

  Se trata de unas areniscas cuarcíticas marrones de grano grueso con matriz ferruginosa. Solamente afloran en la zona de Rececende. Su mineralogía es simple, fundamentalmente cuarzo, con algún contenido en feldespatos. Están bastante recristalizadas (Foto 3.10).



Foto 3.10. *Detalle de (122b), areniscas cuarcíticas, al norte de Riorto. Se encuentran intercaladas dentro de la formación (121a), entramos cuya potencia varía entre 40 y 60 m*

- Estructura

  Estas areniscas constituyen un tramo intercalado en la formación 121a, constituyendo el tramo competente de dicha formación. Se encuentran bastante fracturadas, con un diaclasado bastante denso.

- Geotecnia

  Estos materiales corresponden a una roca dura, moderadamente meteorizada, producto de su grado de diaclasado y fracturación.

  La permeabilidad es escasa, ya que se encuentran bastante cementada por lo que su porosidad es baja, únicamente sería la debida a la circulación por fracturas, que al estar rellenas de arcillas en muchos casos, es baja. La escorrentía superficial es eficaz dado los fuertes buzamientos.

  La ripabilidad varía de baja a marginal en la mayor parte de la formación. La capacidad portante es alta.

No se han observado taludes, naturales o artificiales, en estos materiales, no debería de presentar problemas especiales más allá de la formación de cuñas en función de la estratificación y fracturación.

PIZARRAS AMPELITICAS OSCURAS, (130a)

- Litología

  Es un paquete potente de pizarras negras ampelíticas situándose en su base unas areniscas cuarcíticas que alternan con pizarras oscuras (Foto 3.11).

  La mineralogía de las pizarras es fundamentalmente cuarzo de grano fino, aunque estos pueden llegar a tener 0,3 mm de diámetro. La matriz es de cuarzo de grano fino, clorita y algo de sericita; también hay materia carbonosa y abundante mineral de hierro.

  La formación está muy fracturada, son unos materiales que se alteran con gran facilidad, desarrollándose suelos de potencia variable, en torno a 0,5 metros.

- Estructura

  Es un paquete de pizarras ampelíticas negras, en finas capas de espesor milimétrico. Aparecen en los ejes de los sinclinales de Villaodrid y Rececende. Sus buzamientos normalmente son al O y su dirección es N-S, la potencia estimada es de 50 a 100 m.

  Son materiales muy fracturados, el diaclasado es muy denso y con continuidad media, las juntas están cerradas con rellenos de arcillas y óxidos.

- Geotecnia

  Estos materiales constituyen una roca blanda, moderadamente meteorizada.

  Al ser una roca blanda y muy erosionable, en los taludes observados se aprecia intenso chineo y caídas de bloques centimétricos. En los posibles desmontes, en estos materiales, deberá tenerse muy en cuenta la estructura geológica de la formación. En las laderas, donde los buzamientos de los estratos, estén hacia el interior de la ladera, podrán construirse taludes con pendientes fuertes. En las laderas cuya dirección y buzamiento de los materiales sea hacia el eje de la calzada, la pendiente máxima de los parámetros no deberá superar el buzamiento de los estratos.

La existencia de fracturas rellenas de arcillas y óxidos podría suponer una dificultad, al poderse desprender bloques a favor de estas fracturas en paramentos inclinados en la misma dirección que el buzamiento de estos materiales.

La capacidad, portante, es baja, al menos en los metros alterados o de más intensa fracturación, pasando a media en zonas de roca fresca.

La permeabilidad, por fractura, es alta y la escorrentía superficial es aceptable, al desarrollarse un suelo vegetal de cierta entidad.

Estos materiales son excavables en superficie en la zona alterada y ripables en la zona de transición.

En la zona de transición, entre los horizontes más alterados y la roca más fresca, es frecuente observar rezumes de agua.



Foto 3.11. *130a, pizarras y ampelitas oscuras, N-640*

ARENISCAS CUARCÍTICAS, (130b)

- Litología

  Se trata de unas areniscas cuarzo-feldespáticas de grano medio y color gris-ocre que alternan en bancos con pizarras oscuras en algunos puntos, se encuentran fuertemente fracturadas (Foto 3-12).

- Estructura

  Aparecen en bancos métricos, siendo a veces de continuidad baja, excepto en alguna zona de la hoja de Vegadeo, están muy fracturadas y el diaclasado es muy denso y de continuidad media.

- Geotecnia

  Las areniscas de este grupo litológico se encuentran alteradas con un grado de meteorización III. Es una roca muy fracturada, en los taludes artificiales de la zona se han observado problemas de caída de bloques y movilización de cuñas, estos taludes tienen una inclinación de sus paramentos del orden de 80º.

  La circulación de agua en diaclasas rellenas de arcillas pueden suponer un problema adicional, ya que es fácil la movilización de bloques y cuñas delimitados por el diaclasado y los planos de estratificación.

  En los taludes naturales se han observado a través de las juntas pequeños manantiales y rezumes de agua. La permeabilidad varía entre media y alta y tiene como origen la fracturación existente, que como hemos dicho es elevada, lo que origina los rezumes antes mencionados; la escorrentía superficial es eficaz. Estos materiales son ripables en superficie y de ripabilidad marginal en la zona de alteración. La capacidad portante varia entre media a alta en función del desarrollo de la fracturación y alteración de los materiales.



Foto 3.12. Aspecto en campo del grupo litológico (130b)

Los materiales de las formaciones cuaternarias:

Los coluviales C1, c1 se describen en la Zona II, apartado 3.3.4..
Los aluviales A se describen en la Zona II, apartado 3.3.4..
Las terrazas T se describen en la Zona II, apartado 3.3.4..
Los Fondos de Valle F se describen en la Zona II, apartado 3.3.4.

3.2.5. Grupos geotécnicos

Los materiales de las formaciones cuaternarias se describen en este apartado se han agrupado, por grupos geotécnicos, aquellos materiales que poseen una constitución geotécnica similar, de tal forma que se tenga una unión y conjunto de los principales paramentos geotécnicos observados en las diferentes litologías existentes en la zona de estudio aquí considerada.

- Grupo geotécnico GT2

  Este grupo está formado por el grupo litológico (121b).

  Este grupo geotécnico está formado por cuarcitas, areniscas en bancos potentes y pequeñas intercalaciones de pizarras.

Estos materiales son rocas, con un grado de meteorización media, con capacidad portante alta y no ripables, excepto en aquellos puntos en que de forma local, por alteraciones sufridas, pueda ser ripable. El grado de fracturación observado en estos materiales es medio, con rocas de gran densidad; estas fracturas ocasionalmente presentan rellenos de arcillas, aunque la continuidad observada no es demasiado alta.

La permeabilidad es baja, y debido siempre a la circulación por fracturas, siendo la escorrentía superficial eficaz.

Los taludes que pudieran proyectarse en estos materiales deberán tener en cuenta la estructura geológica de las formaciones.

El estudio de la fracturación existente debería ser el adecuado en aquellas rocas en las que las fracturas coincidan en dirección con la de los materiales extraídos para evitar la caída de bloques y la formación de cuñas.

- Grupo geotécnico GT3

Son materiales de naturaleza calcárea, esta integrada por el grupo litológico (111g).

Las rocas calizas, duras, de capacidad portante alta y no ripable; la permeabilidad es media-alta, según zonas, las formaciones de karstificación son abundantes e intensas, desarrolladas a través de la fracturación, que es moderada y de continuidad media-alta. El drenaje superficial es eficaz.

Estos materiales, admitirían taludes de inclinaciones medias a altas, siempre y cuando se evite la formación de cuñas en función de la fracturación de los materiales, la dirección y el buzamiento de los mismos y la dirección e inclinación de los paramentos a construir.

Esta litología es aprovechada para su explotación en áridos de machaqueo, en las numerosas carreteras existentes, ya que el área carece de áridos naturales.

- Grupo geotécnico GT4

Bajo este grupo geotécnico se han agrupado los siguientes grupos litológicos: (112c), (112e), (112a), (112d), (112b), (122a), (130a), (130b), (121a) y (122b).

Este grupo geotécnico está formado por rocas de densidad alta a media, son materiales tipo pizarras, cuarcítico arenosas y esquistosas.

La ripabilidad de los materiales de estos grupos litológicos varia entre ripables y ripabilidad marginal en función del grado de alteración.

Las rocas son poco permeables, lo que es debido a la circulación de aguas por las fracturas, diaclasas; siendo, por el contrario, la escorrentía superficial eficaz.

La capacidad portante es media, en general, y alta de forma local, sobre todo en las capas cuarcíticas existentes en el grupo.

En los taludes existentes en los materiales de este grupo, se han observado problemas de erosionabilidad, chineo y caídas de bloques.

Dado el grado de fracturación de los materiales es previsible la formación de cuñas, en los futuros taludes a construir, especialmente si los paramentos son altos y de pendiente elevadas, por lo que se aumentaría el riesgo de desprendimiento de bloques.

Por el carácter estratiforme de muchos de los materiales comprendidos en este grupo geotécnico, cobra interés el evitar taludes paralelos a la dirección de las capas, con buzamientos hacia el eje de la calzada.

- Grupo geotécnico GT6

Este grupo geotécnico está constituido por Terrazas, T,t; litológicamente son suelos tipo gravas, con contenido en limos.

Al ser un material con un grado de compactación media no es aconsejable construir en él taludes con paramentos altos y pendientes elevadas, porque implicarían un riesgo de caída de cantos y de acarcavamientos, ya que por su naturaleza son bastante erosionables. La permeabilidad es baja y el drenaje superficial es deficiente, pudiendo producirse encharcamientos; los materiales se consideran ripables y excavables, con una capacidad portante media; constituyen un buen material de préstamo

- Grupo geotécnico GT7

  Este grupo geotécnico está formado por aluviales A,a y fondos de valle F,f litológicamente son suelos limosos poco compactos.

  La permeabilidad es muy baja, y el drenaje superficial deficiente, por lo que son previsibles problemas de encharcamiento, siendo, además, la escorrentía importante por el efecto erosivo que produce, al ser estos materiales fácilmente erosionables.

  La permeabilidad es muy baja, y el drenaje superficial deficiente, por lo que son previsibles problemas de encharcamiento, siendo, además, la escorrentía importante por el efecto erosivo que produce, al ser éstos materiales fácilmente erosionables.

  Por la disposición topográfica de los materiales de este grupo geotécnico no es previsible la construcción de taludes que pudieran afectarlos, aunque desde el punto de vista de apoyos son previsibles asientos dada su baja capacidad portante.

- Grupo geotécnico GT8

  Bajo este grupo geotécnico se han clasificado a los coluviales C1,c1, que están formados por arcillas y limos arenosos con cantos heterométricos.

  Estos suelos poseen una deficiente permeabilidad, tanto superficial como subterránea, aunque la escorrentía es alta, por lo que son bastante erosionables, debido a las características deposicionales y composicionales de los mismos.

  El material es excavable y posee una capacidad portante baja, son ripables con asientos previsibles en el caso de la realización de obras para cimentaciones.

  Los taludes a realizar deberían ser de inclinaciones bajas y de poca altura, dada la capacidad de deslizamientos y movimientos que estos materiales poseen, máxima en condiciones de saturación de agua, por lo que no es recomendable una excavación, sobre todo en las zonas basales.

  Es adecuado como material de préstamo, aunque la potencia de los mismos es irregular.

3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la zona

Los taludes artificiales existentes presentan diferentes tipos de problemas geotécnicos; como uno de los más importantes y generalizados esta el desprendimiento de cuñas, en la mayoría de las litologías presentes la fracturación es intensa, lo que implica la existencia de numerosos planos de fractura, estas discontinuidades, al estar en un clima húmedo y con lluvias intensas, suelen estar rellenas por arcillas, provocando un descenso en la cohesión de los materiales en estos planos, haciendo que los bloques delimitados por las fracturaciones deslicen los unos sobre los otros.

Este fenómeno cobra especial importancia cuando las rocas son cortadas por los desmontes de forma paralela a la dirección de los planos de estratificación ó a la de los planos principales de fracturación. En la carretera nacional 640, entre las localidades de Los Llanos y Puentenuevo han sido vistos numerosos ejemplos de este problema y en algunos casos se han presenciado desprendimientos de cuñas de varios metros cúbicos (Foto 3.13).

Otro de los problemas existentes en los taludes artificiales practicados es la caída de bloques y el chineo; muchos materiales como por ejemplo las Capas Inferiores del Eo están muy fracturados, debido al número de discontinuidades por metro cúbico provoca que se generen bloques de tamaño muy pequeño, 10 cm, estos bloques, por efecto de las lluvias y de otros fenómenos meteorológicos, se desprenden cayendo a la carretera, siendo esta circunstancia bastante importante y frecuente en algunas zonas de la N-640.



Foto 3.13. Cuña de tamaño decamétrico en la N-640, en las Pizarras de Luarca

Uno de los problemas importantes en esta zona son los deslizamientos; como ya se ha dicho las rocas están, en general, muy fracturadas, en algunos puntos entra en contacto dos rocas con fracturaciones y permeabilidades diferentes, si la roca menos fracturada, y por lo tanto menos permeable está situada en la base y la más fracturada encima se crea una zona de acumulación de agua, en este estado si se corta la base de la roca menos fracturada, esta ya no puede resistir el peso de la roca superior deslizando esta hacia la carretera. Un ejemplo de este fenómeno se encuentra poco después de Puentenuevo, en la N-640 hacia Lugo (Foto 3.14). Así mismo se observa otra importante zona de deslizamientos muy cerca de Santa María de Mayor, en el limite de zona, aquí y por un mecanismo muy similar deslizan coluviales y paquetes de pizarras (Foto 3.15).



Foto 3.14. *Vista general de una zona deslizada en la N-640 al sur de Puentenuevo*



Foto 3.15. *Vista general de uno de los deslizamientos de la zona de Santa María de Mayor*

Con respecto a otros fenómenos de movimiento de laderas se pueden señalar las reptaciones como fenómeno generalizado. En los coluviales la permeabilidad de la base es

Con respecto a otros fenómenos de movimiento de laderas se pueden señalar las reptaciones como fenómeno generalizado. En los coluviales la permeabilidad de la base es mayor que la de su superficie por lo que cuando se dan lluvias intensas el agua circula por la base de estos arrastrando material de la base, esta se asienta de nuevo produciéndose un movimiento en masa del coluvión. En toda la zona existen numerosos ejemplos de este fenómeno, especialmente en la zona sur de Bres, sin embargo en la mayoría de los casos es un fenómeno superficial.

En los coluviones y por las razones antes mencionadas, así como las altas posibilidades que existen de movilización en masa del material, se debe ser cuidadoso al plantear desmontes en ellos.

Como un tipo particular de coluvión deben mencionarse los canchales, grandes acumulaciones de cantos angulosos de tamaños grandes. Estos depósitos carecen de matriz y pueden producirse en ellos fenómenos de deslizamientos y movimientos en masa debido a la poca cohesión del material. Así mismo al proceder de la acumulación de cantos indican zonas que potencialmente pueden presentar intensos fenómenos de desprendimiento y caída de bloques.

En la Sierra de Meira se observa un problema muy específico y es la caída de grandes bloques. Los materiales que forman la cima son las cuarcitas de las Capas Superiores del Eo, en ellas la fracturación es moderada, lo cual genera bloques de gran tamaño, estos bloques por efecto de fenómenos de tipo periglaciar y las lluvias se desprenden rodando por la ladera. Se han visto bloques muy grandes en la zona, siendo un fenómeno a tener en cuenta cuando el trazado de la carretera pueda ir a media ladera (Foto 3.16).



Foto 3.16. Bloque caído cerca de la cima de la Sierra de Meira.

Otro problema existente en la zona tiene que ver con las propiedades intrínsecas de los materiales presentes. En general la capacidad portante de los materiales es alta, sin tener en cuenta su grado de fracturación, pero es esta misma capacidad la que motive su difícil ripado, teniendo en muchos casos que ser utilizados medios violentos para su excavación. Este fenómeno es de resaltar en las cuarcitas, donde en algunos puntos han sido vistas señales de voladura.

La fracturación de los materiales hace descender su capacidad portante, pero solo en caso de que el esquema particular de fracturación afecte a la zona donde se pretende cimentar la estructura, pudiéndose producir fenómenos de deslizamiento de la zapata si la estructura favorece este fenómeno.

Con respecto a los asientos en general son inapreciables, solo siendo esperable que aparezcan en los coluviones, aluviales y terrazas. En el caso de los aluviales y las terrazas serán mínimos. Con respecto a los coluviones los asientos serán moderados, dado el pequeño espesor de estos, en la mayoría de los casos.

Existen en la zona otros problemas geotécnicos. Estos otros problemas están relacionados de forma general con la permeabilidad y el flujo de agua. En las zonas de contacto de formaciones, así como por las principales fracturas, pueden producirse flujos de agua. La permeabilidad de los materiales suele ser alta, pero en algunos puntos esta puede

descender mucho, dando lugar a flujos de agua importantes tanto en la zona de contacto de formaciones como en determinadas fracturas. Si bien este fenómeno no es generalizado sí se han visto algunos taludes con este problema, debiendo cuidarse este aspecto en posteriores estudios.

Con respecto a las zonas de afloramientos calizos los fenómenos de karstificación son intensos siendo sin embargo muy difíciles de evaluar en el presente estudio.

3.3. ZONA 2. ZONA GEOMORFOLÓGICA DE LA "TERRA CHA"

3.3.1. Geomorfología

Esta zona corresponde, a la llamada depresión tectónica de Villalba-Lugo en la literatura existente. Esta es una vieja región endorréica de génesis tectónica. La zona, con débiles contrastes topográficos, con una altitud media de 420 metros es drenada por el río Miño y sus afluentes.

La zona se caracteriza geomorfológicamente por tener relieves suaves; los valles son anchos y poco profundos. No existen escarpes de importancia y la mayor parte de la zona se encuentra comprendida en un desnivel de 40-60 metros. Las pendientes no suelen superar los 30°.

El modelado del paisaje se realiza mediante la acción de los ríos. Los valles fluviales son amplios y generalmente poseen un espesor de sedimentos importante. Los ríos forman redes de drenaje de tipo meandriforme y se aprecia la divagación de los cauces, tanto en el relieve, como en los sedimentos.

Los ríos generan inmensas llanuras aluviales que se han formado por la colmatación de los valles antiguos. La dinámica fluvial es por tanto predominantemente deposicional más que erosiva. Hay zonas claramente endorréicas donde se forman numerosas lagunas de poca profundidad; Laguna de Cospeito, Laguna de Seijas o las de Reboredo, entre Porto Eurico y Porto de las Pechas. Hay muchas dispersas a todo lo largo de los valles aluviales.

Los fenómenos de tipo coluvionar no son excesivamente importantes. Sin embargo los fenómenos de tipo eluvial, meteorización del substrato, son muy comunes e importantes. Toda la zona tiene una cubierta vegetal mínima de 20 cm y los horizontes de meteorización llegan con facilidad a los 40 cm, y en algunos puntos al metro y medio o más. Esta dinámica está unida a los procesos de tipo coluvionar, formándose amplias zonas de acumulación en los valles, definidas por la red de drenaje de tercer y cuarto orden. Al no poder separar los dos procesos se han unido en la cartografía los sedimentos generados por ellos independientemente del origen principal del mismo. Los sedimentos aluviales son en general finos, con fracciones significativas de arena y algunos cantos. Se acumu-

lan en los valles, donde su nula o escasa permeabilidad da lugar a las ya mencionadas lagunas y zonas encharcadas.

Las terrazas son importantes en la zona centro del tramo. Se pueden apreciar en algunos puntos hasta cuatro niveles de terrazas. Se sitúan a diferentes alturas pero no suelen tener espesores superiores a los 3 metros, teniendo como media 1,5 metros. Su extensión es grande, sobre todo la del nivel superior.

Las litologías presentes son en general, poco competentes y bastante alterables, lo que contribuye significativamente al modelado final del relieve, mediante los procesos anteriormente descritos.

Mención aparte, merece el Monte Carballosa; en ésta zona afloran materiales pétreos de una competencia algo mayor que las del resto de la zona. Se origina así una zona de relieve algo más pronunciado que el resto, pero ocurre como con los afloramientos graníticos, que no son lo suficientemente duros como para imprimir un carácter geomorfológico propio en las zonas donde afloran.

Existen en esta zona tres macizos graníticos. Uno de ellos tiene poca extensión dentro del tramo, pero los de Castroverde y Lugo afloran en una zona bastante amplia al SE del tramo. Los dos presentan formas suaves, sin pendientes demasiado bruscas. También están bastante fracturados. Esta fracturación favorece los procesos eluviales. Las zonas de meteorización, jabre, son grandes, generando zonas deprimidas, rellenas de arena.

3.3.2. Tectónica

En esta zona, está mejor representada la segunda fase de deformación que la primera. Se pueden apreciar el sinclinal de Bretoña, el anticlinal de Azumara, el sinclinal de Santa Leocadia y la antiforma de Quintela. Estas estructuras tienen una dirección N-S. Al interferir estos pliegues con los de la Fase 1 se forman pliegues de interferencia. Está muy bien representado este fenómeno en la zona de Meira.

Existen también pliegues de una fase de replegamiento radial en los alrededores del Monte Carballosa. Este monte es una ventana tectónica donde aflora el autóctono del Manto de Mondoñedo, la cuarcita de Gistral.

Los macizos de Lugo y Castroverde están bastante fracturados. El de Lugo tiene un diaclasado de direcciones NE-SO y NO-SE. El de Castroverde está menos fracturado, e intruye al Macizo de Lugo.

3.3.3. Columna estratigráfica

La columna litológica de esta zona comprende al Precámbrico, el Grupo Cándana, la Cuarcita de Gistral y el Terciario. La Figura 3.3 representa una columna estratigráfica de la zona.

En la base de la columna aparecen los materiales más antiguos de la zona, el Precámbrico, formado por una serie pizarrosa de colores verdes y potencia mayor de 600 metros.

Sobre esta serie en aparente concordancia se encuentran las Cuarcitas de Cándana Inferior, que son un banco cuarcítico de unos 200 metros de espesor.

Las Pizarras y Carbonatos de Cándana forman una serie pelítica con carbonatos intercalados de unos 500 metros de potencia. Por encima nos encontramos con las Cuarcitas de Cándana Superior. Son un paquete cuarzo-arenoso de unos 200 metros de potencia.

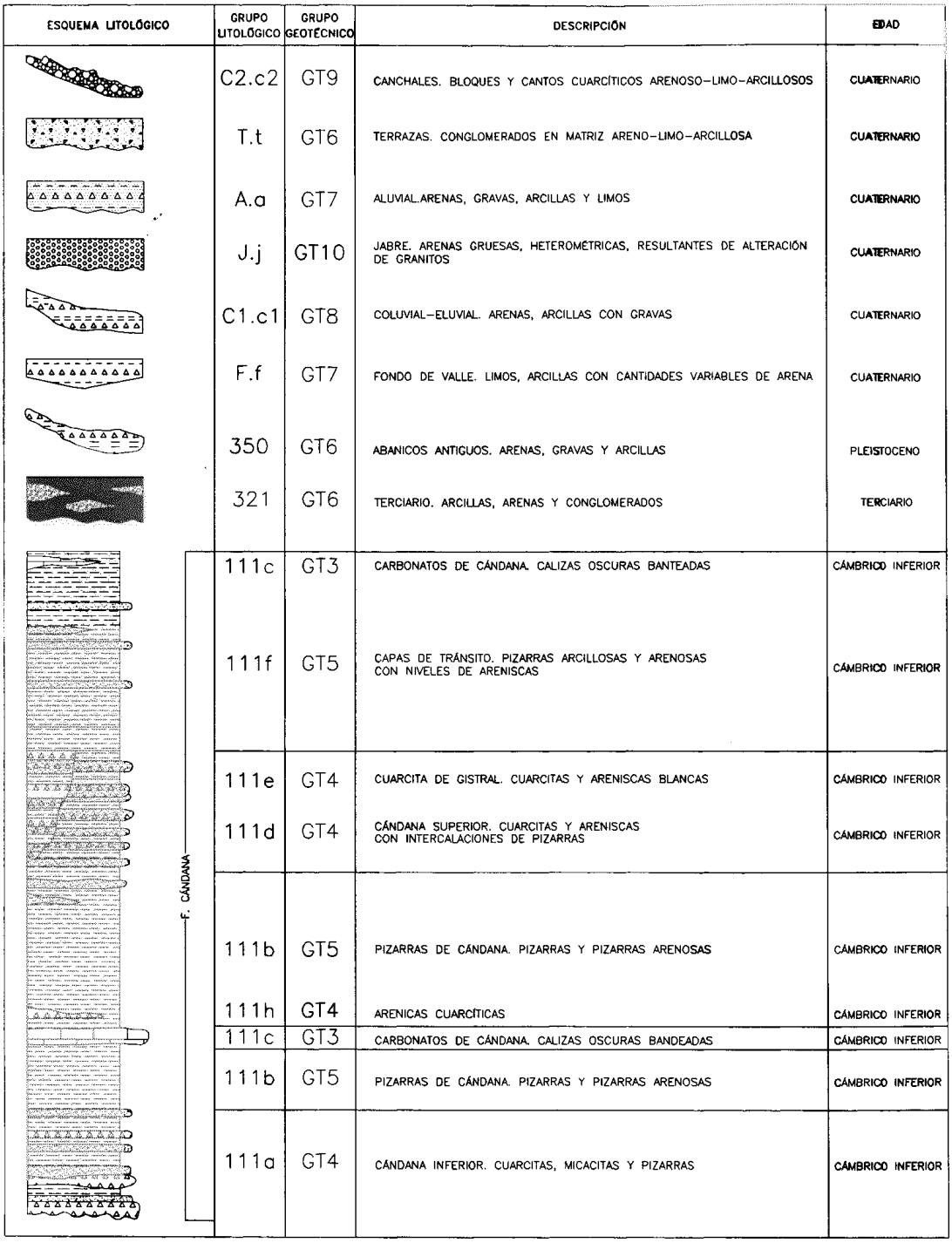


Figura 3.3. *Columna estatigráfica de la zona 2.*

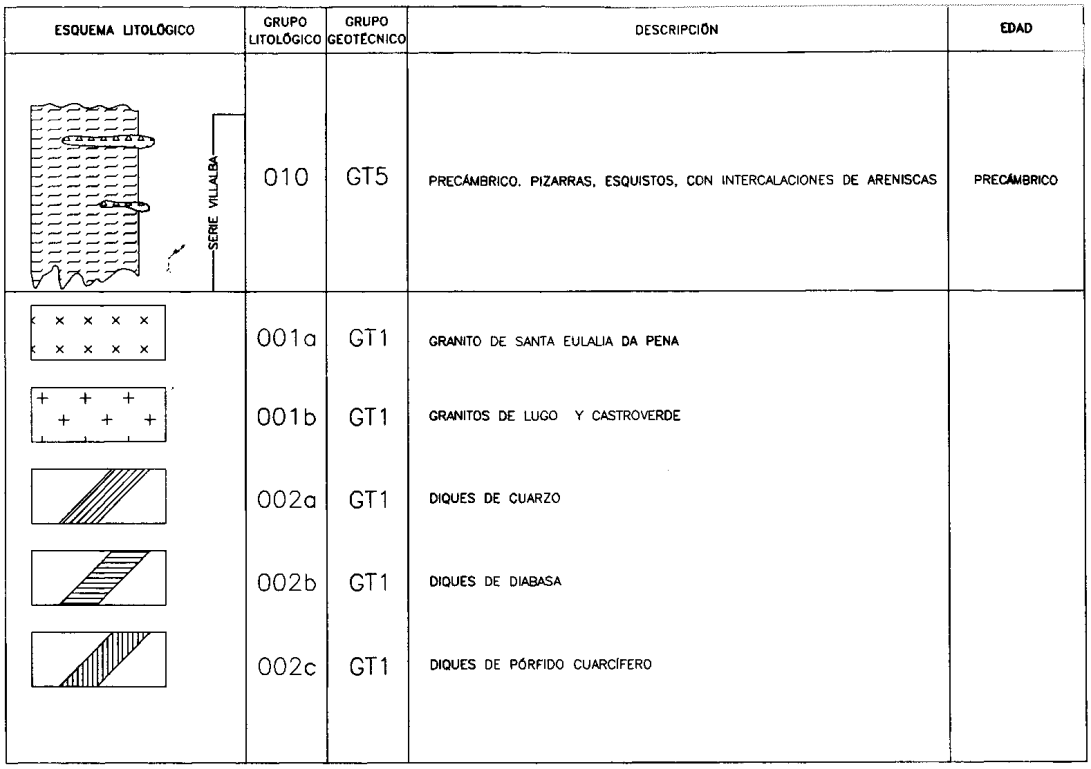


Figura 3.3. *Columna estratigráfica de la zona 2 (continuación).*

Suprayacente y formando el techo del Grupo Cándana están las llamadas Capas de Transición. Es una formación constituida por unos 220 m. de potencia de pizarras con intercalaciones de arenisca.

Los materiales cuaternarios están bien representados; terrazas, aluviales, coluviales, lagunas, etc., tapizando toda zona de forma general.

3.3.4. Grupos litológicos

GRANITO A, (001a)

- Litología

  Este grupo está formado por el Macizo de Santa Eulalia da Pena, es una granodiorita precoz y su emplazamiento tuvo lugar durante la primera fase de plegamiento.

  Es un granito de grano medio a grueso, compacto, y con megacristales. La textura es granuda alotriomorfa, con megacristales de feldespato, estos megacristales y los enclaves están orientados según direcciones preferentes (Foto 3.17).



Foto 3.17. Detalle de 001a, en las cercanías de Rabade

- Estructura

  Es una roca granítica, masiva, de grano medio a grueso, forma una estructura de cristales con una matriz de cristales más pequeños, estando orientados formando bandeados más o menos definidos.

  El grado de fracturación de los granitos es moderado, las diaclasas tienen un espaciado moderado y una continuidad alta, y algunas veces están rellenas de óxidos. Normalmente hay dos familias de diaclasas conjugadas.

- Geotecnia

  Es una roca de dura a muy dura, moderadamente alterada; la fracturación existente es debida a las familias de diaclasas conjugadas, de continuidad alta.

  La roca es ripable de forma marginal aquéllos casos en donde está muy alterada, siendo el resto no ripable; la capacidad portante es alta.

  La permeabilidad es nula, solamente se almacena el agua existente en las fracturas abiertas en superficie; el drenaje superficial, es eficaz.

  La estabilidad de los taludes a construir puede considerarse alta, por la gran competencia del material; se debería tener en cuenta la formación de cuñas, delimitadas por las familias de diaclasas existentes, y el plano de los paramentos a diseñar.

GRANITO B, (001b)

- Litología

  Estos granitos abarcan los macizos de Lugo y Castroverde, son granitos de grano grueso a medio, porfídicos, y tienen contenidos apreciables de biotita, su mineralogía principal es cuarzo, grandes cristales de feldespato potásico, plagioclasa y biotita.

  Entre los dos macizos, casi no hay diferencias importantes. El de Castroverde tiene mayor cantidad de feldespato y estos son de mayor tamaño. Así mismo tienen mayor cantidad de biotita. El Macizo de Lugo tienen enclaves tonalíticos y es de grano ligeramente más pequeño (Foto 3.18).

- Estructura

  De estructura masiva, están atravesados por una red de diaclasas en la cual hay, al menos, dos familias. Cada familia tienen un espaciado de denso a moderado, en

alguna como la de dirección 140/45S se encuentran tapizadas por pirita oxidada, pero lo normal es que sean cerradas y con rellenos de óxidos, o sin relleno, su continuidad es muy alta.

Es un material alterable, y a favor de las discontinuidades penetra la meteorización, dando lugar en algunos zonas a potentes suelos de alteración, los jabres. Es muy poco erosionable.

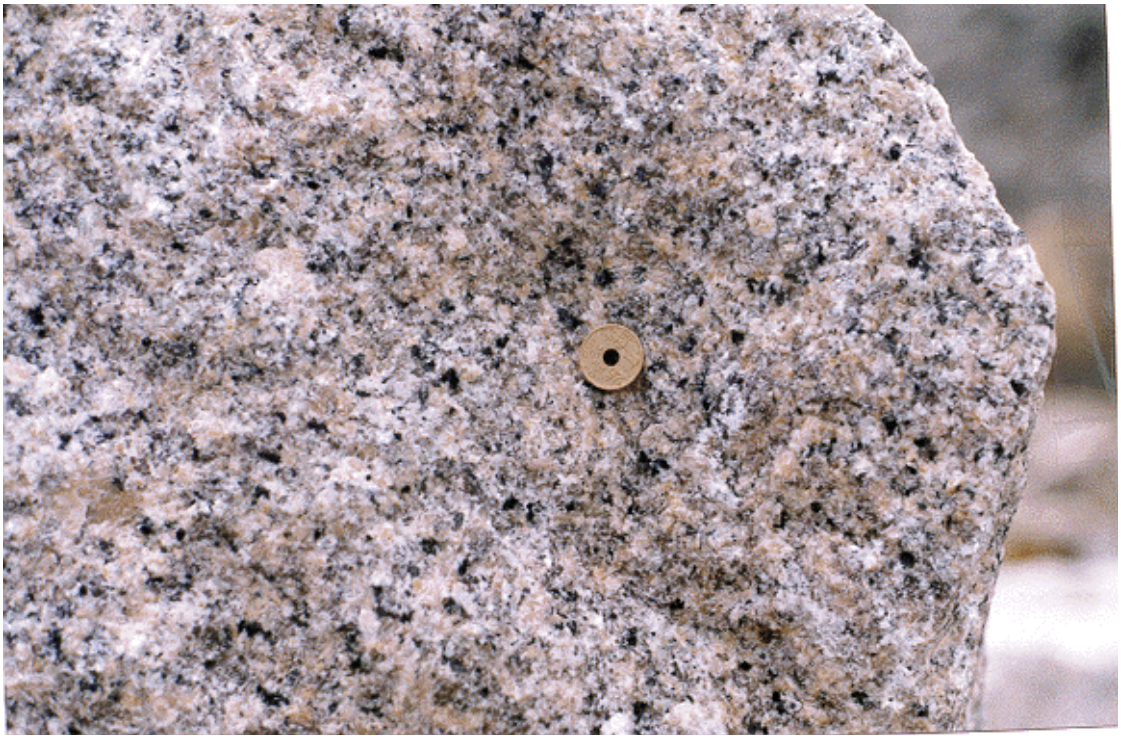


Foto 3.18. Detalle de (001b), en los alrededores de Castroverde

- Geotecnia

Es una roca dura, moderadamente alterada, bastante fracturada. En algunos casos estas fracturas tienen una gran continuidad, estando generalmente cerradas (excepto las muy superficiales).

La permeabilidad es muy baja, existiendo únicamente la debida a la fracturación; por contra la escorrentía superficial es muy eficaz.

Es un material no ripable, solamente en las zonas muy alteradas y arenizadas (jabres) se podría movilizar por otros medios que no fuesen los explosivos; la capacidad portante es alta.

Los taludes existentes presentan paramentos estables, incluso en pendientes altas, únicamente se podrían presentar problemas de caídas de bloques o cuñas en aquéllas situaciones en que la fracturación existente (diaclasas) delimitase bloques inestables, por lo que se recomienda un estudio cuidadoso de la fracturación, en el proceso de diseño de futuros taludes en esta litología.

DIQUES DE CUARZO, (002a)

- Litología

  Se trata de diques compuestos fundamentalmente de cuarzo cristalino y masivo. La potencia no sobrepasa, en general, los 8 metros.

- Estructura

  Su estructura es netamente intrusiva, cortando todas las rocas presentes excepto las formaciones de cobertera (terciarios y cuaternarios).

- Geotecnia

  Es una roca masiva, muy dura y poco meteorizada: no es ripable y de bajísima permeabilidad.

  Dadas las características geométricas de estos materiales en cuanto a potencia y longitud, las características de las obras a diseñar, se puede considerar como poco significativas, al menos en trabajos con esta escala y alcance, la presencia de este tipo de litologías en el tramo en consideración.



Foto 3.19. Dique de cuarzo en Marcos (002a)

DIQUES DE DIABASA, (002b)

- Litología

  Se trata de diques de diabasas, de carácter básico, de grano fino y bastante fracturados, la potencia raramente supera los 8 metros. Las longitudes no se aprecian del todo bien en capas, pero no superan, el centenar de metros.

- Estructura

  Su estructura es netamente intrusiva, cortando todas las rocas presentes excepto las cobertera (terciarios y cuaternarios).

- Geotecnia

  Es una roca masiva, muy dura y poco meteorizada: no es ripable y de bajísima permeabilidad.

  Dadas, las características geométricas de estos materiales en cuanto a potencia y longitud, las características de las obras a diseñar, se puede considerar como no

significativas, por lo menos en trabajos de estas características y escala, la presencia de este tipo de litologías en el tramo en consideración.

DIQUES DE PÓRFIDO CUARCÍFERO, (002c)

- Litología

  Se trata de diques de pórfido cuarcífero, masivos (Foto 3.20), son de escasa potencia; y longitudes que no sobrepasan los 100 m.



Foto 3.20. Pórfido cuarcífero en Castro de Rey, (002c)

- Estructura

  Su estructura es netamente intrusiva, cortando todas las rocas presentes excepto las de cobertura (cuaternarias y terciarias).

- Geotecnia

  Es una roca moderadamente dura muy meteorizada: ripable y de bajísima permeabilidad.

Dadas las características geométricas de estos materiales en cuanto a potencia y longitud, las características de las obras a diseñar, se puede considerar como no significativas, por lo menos en trabajos de estas características y escala, la incidencia de este tipo de litologías en el tramo en consideración.

ESQUISTOS CUARZO-PELÍTICOS, CON NIVELES LOCALES DE GNEIS ANFIBÓLICO, (010)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por una serie de esquistos oscuros, ricos en biotita, en donde existen tamaños de grano variables. También intercalan algunos niveles de poco espesor y continuidad de gneis anfibólico compuesto por cuarzo, plagioclasa, hornblenda, granate, epidota, esfena y apatito. También es generalizado en algunas zonas encontrar inyecciones graníticas interestratificadas. Este grupo litológico es conocido en la literatura geológica como la Serie de Villalba. (Ver Foto 3.21).



Foto 3.21. 010, esquistos cuarzopelítico con intercalaciones de areniscas

- Estructura

  Este grupo litológico tiene un espesor de 2.000-2.500 2.500 m y presenta un gran desarrollo de la esquistosidad S_1 crenulada por la esquistosidad S_3, así como, un gran índice de fracturación, cifrado en una fractura cada 20 cm.

  En algunos niveles de esta serie pueden reconocerse estructuras típicas de depósitos turbidíticos.

- Geotecnia

  Geotécnicamente se trata de una roca, con capacidad portante alta. Son materiales marginalmente ripables en zonas superficiales y no ripables en profundidad.

  Presenta permeabilidad baja por fracturación. El drenaje subterráneo es escaso y el drenaje superficial eficaz.

  Sólo se han observado taludes artificiales en la circunvalación a la localidad lucense de Villalba, siendo de alturas medias e inclinaciones de 45°-50°. En general, estos taludes son estables, aunque algunos presenten problemas de tipo de caída de lajas, cantos y algunas pequeñas cuñas.

  Los problemas de estabilidad vienen dados por el grado de alteración de los materiales y por la acción conjunta de la esquistosidad (S_1) y elevado índice de fracturación, por lo que se aconseja, de modo general, taludes medios y no rebasar inclinaciones 1H:1V.

CUARCITAS, PIZARRAS Y ARENISCAS, (111a)

- Litología

  Estos materiales corresponden a una serie de areniscas amarillentas con intercalaciones de pizarras arenosas. Las areniscas pueden variar desde aspecto pizarreño a cuarcítico (Foto 3.22).

  Su composición mineralógica es cuarcítica con algunos feldespatos. La matriz es cuarzo, feldespato, sericita, moscovita y clorita, en bastantes ocasiones está matriz se altera, desapareciendo la cementación de las areniscas.

  Es un material bastante alterable y moderadamente erosionable. Se desarrollan suelos y horizontes de meteorización en torno a los 0,5 metros.

- Estructura

  Están situadas en la zona central del tramo. Su dirección es N-S y los buzamientos son alto-medios, aparecen formando capas de entre 5 y 40 cm de espesor con intercalaciones de niveles centimétricos de pizarras.

  Su fracturación es media. El diaclasado es denso y de continuidad media. Las fracturas están desde cerradas a parcialmente abiertas y con rellenos de arena, arcilla y óxidos.

  Tiene zonas donde hay intrusiones de diques cuarcíticos, la potencia de la serie es variable, pero puede estimarse en torno a los 250 metros, disminuyendo hacia el N hasta 100 metros.

- Geotecnia

  Corresponde a una roca medianamente dura, moderadamente meteorizada, con grado de alteración III.

  La permeabilidad existente es de tipo medio, debido a la circulación del agua por las fracturas, la escorrentía superficial es eficaz.

  La roca es ripable y con capacidad portante alta. Esta formación se encuentra muy fracturada en superficie, en muchos casos, estas fracturas están rellenas de arcillas.



Foto 3.22. Aspecto de campo del grupo litológico (111a)

Los taludes artificiales existentes en estos materiales son estables, incluso con pendientes altas (70º), aunque se observan, de forma esporádica, caídas de bloques y chineos.

Un factor a tener en cuenta, en el diseño de futuros taludes, sería la pendiente y altura de los paramentos de los mismos para evitar la formación de cuñas y la caída de bloques, ya que se da la circunstancia, antes reseñada, de que las fracturas están rellenas de arcillas, lo que aumenta la posibilidad de deslizamientos a través de estas fracturas en condiciones de saturación de agua; esta circunstancia podría minimizarse con pendientes más suaves y alturas no excesivas.

PIZARRAS DE CÁNDANA. PIZARRAS Y PIZARRAS ARENOSAS, (111b)

- Litología

Encima de la Cuarcita de Cándana Inferior se sitúa una serie pizarrosa con la intercalación de un tramo calizo. Este tramo calizo se ha separado en la cartografía y se describe en el siguiente apartado, el resto, es una serie de pizarras verdosas, grises y negras. Las pizarras pueden ser arenosas y arcillosas. A medida que se asciende en la serie estratigráfica va aumentando el contenido de arena en la compo-

sición de las pizarras, dando lugar insensiblemente a la formación superior de areniscas.

Es una formación bastante alterable y erosionable. Normalmente no da resaltes, ocupando zonas deprimidas. Desarrolla suelos de importancia. Estos materiales están formados por cuarzo, moscovita, sericita, clorita y biotita, también hay cristales de pirita dispersos (Foto 3.23).

Debe señalarse que es una serie con frecuentes cambios de facies originando textura y colores diferentes en las pizarras, de unas zonas a otras. Este fenómeno es observable en las diferentes canteras encontradas a lo largo de la zona.

- Estructura

El plegamiento de esta serie es complejo, aparecen formando parte de los anticlinales y sinclinales originados en la primera fase de deformación. En la parte norte del tramo, en la zona montañosa, se encuentra formando parte del cierre periclinal del gran pliegue tumbado de Mondoñedo, la fracturación es de moderada a media y su potencia puede estimarse en unos 500 metros.

- Geotecnia

Estos materiales corresponden a una roca moderadamente meteorizada y con grado medio de dureza. El grado de fracturación puede definirse como medio, estando muchos de ellos rellenos de arcillas y óxidos de alteración, aunque hay zonas mucho más alteradas, como es el caso del área de Mondoñedo.



Foto 3.23. Aspecto en campo del grupo litológico (111b)

La permeabilidad es baja y es únicamente debida a la circulación de agua por las fracturas; la escorrentía superficial es pequeña, quedando muchas zonas encharcadas, también en función del régimen de lluvias de cada momento.

Estas litologías son bastante meteorizables, lo que hace que originen suelos, en algunas partes, de hasta un metro de espesor. Los suelos son excavables y en la zona de alteración la formación es ripable, la capacidad portante es alta y los asientos no se consideran significativos.

Los taludes artificiales existentes en estos materiales, de altura media y casi 70º, son estables, excepto ciertos problemas de chineos y caída de bloques; sería recomendable, para evitar estas caídas, tender un poco las pendientes

CALIZAS OSCURAS BANDEADAS, (111c)

- Litología

Las calizas de Cándana son grises y negruzcas, muy recristalizadas y bandeadas, su composición mineralógica es calcita, con intercalaciones de finas bandas de dolomita; como accesorios aparecen moscovita, cuarzo, materia carbonosa y opacos (Foto 3.24).

Son bastante alterables. Se alteran dando potencias de suelo de meteorización importantes, de hecho, en la zona de Meira, los afloramientos son casi inexistentes, el contacto es muy difuso y se intuye solamente por la aparición de bloques aislados.

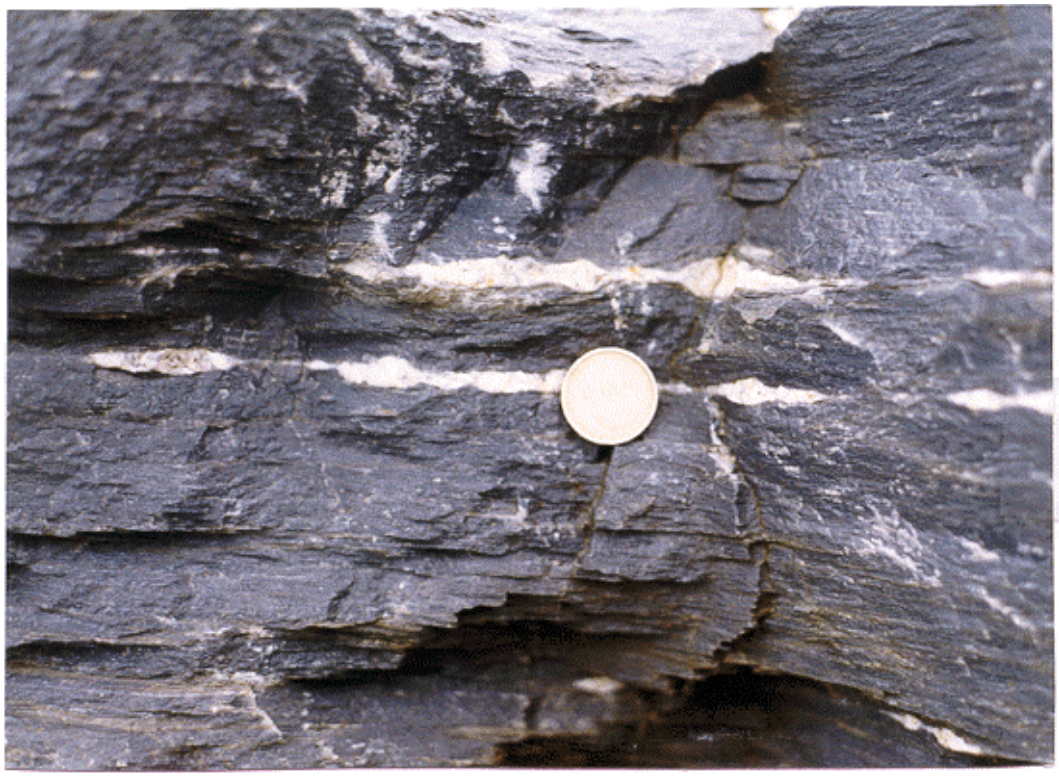


Foto 3.24. *Detalle de 111c, calizas oscuras bandeadas, en la cantera de Arcos*

- Estructura

Las calizas se encuentran incluidos en la serie de las Pizarras de Cándana, cerca del muro, representan un tramo que en el Sur de la zona tiene gran continuidad, son calizas bandeadas de colores grises y negros en capas tabulares de 0,5 metros de espesor. Poseen venas de exudación de calcita, sin embargo, en Santa María La Mayor, el afloramiento calizo es más bien masivo y en forma de bancos métricos de caliza micrítica masiva.

La fracturación es moderada, el diaclasado es de espaciado moderado y de continuidad alta; la potencia estimada es de unos 30 metros, aunque en la mayoría de los puntos no se puede apreciar, el espesor debe ser algo menor puesto que la magnitud de los afloramientos es pequeña.

- Geotecnia

Estos materiales corresponden a una roca muy dura, no ripable, moderadamente meteorizada y de capacidad portante alta, en las zonas no alteradas; en las más alteradas la capacidad portante disminuye y pueden generar asientos.

La permeabilidad, debido a la circulación de agua por las fracturas, debe considerarse media, siendo la escorrentía superficial alta; los fenómenos de karstificación son moderados. Muchas de las fracturas están rellenas de arcillas de descalcificación.

Los taludes observados, en las canteras existentes, son altos y bastante verticalizados, aunque se han observado caídas de bloques y cantos.

En el diseño de los paramentos debería hacerse un estudio cuidadoso de la estructura geológica, para evitar situaciones de tramos de carreteras paralelas a la estratificación y con direcciones de buzamientos hacia el eje de la calzada, teniendo en cuenta que las fracturas rellenas de arcilla, en condiciones de saturación de agua, puede actuar como niveles preferentes de deslizamientos.

Esta caliza es objeto de explotaciones como áridos en varias canteras del Tramo.

ARENISCAS CUARCÍTICAS, (111h)

- Litología

Se trata de unas areniscas cuarcíticas marrones de grano medio con matriz ferruginosa y arcillosa; su mineralogía es simple, fundamentalmente cuarzo, con algún contenido en feldespatos. Están bastante recristalizadas.

Se encuentran intercaladas dentro de los grupos litológicos (111b) y (111f) formando tramos de varios metros de espesor.

- Estructura

Aparece en forma de tramos intercalados en (111b) y (111f), siguiendo la misma dirección y teniendo una relación estructural similar, no son lentejones extensos, ocupando solo unas centenas de metros como mucho.

Se encuentran bastante fracturadas, tienen un diaclasado de espaciado cerrado y continuidad baja. Las fracturas se encuentran cerradas y rellenas de arcilla; en la mayor parte de los casos es un material bastante erosionable y alterable.

- Geotecnia

  Esta litología corresponde a una roca, dura, de grano medio y moderadamente meteorizada. Están medianamente fracturadas, tienen un diaclasado de espaciado cerrado y continuidad baja, las fracturas se encuentran cerradas y rellenas de arcilla; se trata de un material con capacidad portante alta, de ripabilidad marginal y permeabilidad media, debida a la fracturación.

  No se han visto en esta litología taludes de importancia, tanto naturales como artificiales. En los taludes que se hagan no son esperables problemas de importancia excepto chineo y caída de bloques; además, por la escasa potencia aflorante debe tener una incidencia mínima en el Tramo.

CUARCITAS Y ARENISCAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS, (111d)

- Litología

  Se trata de unas areniscas cuarcíticas amarillentas con intercalaciones de pizarras grises hacia la base; su mineralogía fundamental es cuarzo con una matriz de micas, sericita, clorita y abundantes óxidos de hierro (Foto 3.25).

  Es una roca bastante alterable con numerosas zonas en las cuales las cuarcitas tienen textura areniscosa por meteorización. Se desarrollan suelos de aproximadamente 1 metro de potencia.



Foto 3.25. Aspecto de campo del grupo litológico (111d)

- Estructura

  Estos materiales aparecen en potentes bancos de 7 metros de espesor. Los estratos pasan a potencias tabulares a medida que se asciende en la serie estratigráfica.

  Se disponen formando una banda en el cierre del anticlinal de Mayor; en la parte norte predominan netamente las cuarcitas, sin embargo, al ir hacia el sur la serie se hace más areniscosa.

  La fracturación es moderada. Las fracturas están parcialmente abiertas con rellenos de arcilla y óxidos; la permeabilidad es baja y es debida a la circulación de agua por las fracturas, la escorrentía es eficaz.

- Geotecnia

  Estos materiales son una roca dura. Moderadamente meteorizada. Ripable en la zona alterada, pasando a ripabilidad marginal a profundidad. Capacidad portante alta, no se prevén asientos de importancia.

La escorrentía superficial es eficaz y la permeabilidad baja únicamente debida a la circulación del agua por las fracturas, ya que la porosidad intergranular es muy baja.

La densidad de fracturación es moderada y la continuidad alta. Muchas de estas fracturas están rellenas de arcillas y óxidos que, en condiciones de saturación de agua, puede comportarse como niveles potenciales de despegue.

En los taludes artificiales existentes en el área, se han observado bloques y cuñas de considerable volumen con el consiguiente riesgo de caída, por lo que se recomienda no diseñar paramentos con alturas excesivas, y para fijar la pendiente de los taludes deberá tenerse en cuenta la estructura geológica de la formación.

Estas cuarcitas, al estar apoyados en muchos casos sobre materiales mucho más arcillosos, tienden a deslizar; estas situaciones podrían ser mas evidentes cuando fuesen cortadas por algún talud de dirección e inclinación igual que el paquete rocoso; este fenómeno es observable en muchas zonas del Tramo, por lo que a la hora de cualquier obra debería de ser objeto de un estudio riguroso la disposición de estos materiales.

PIZARRAS ARCILLOSAS Y ARENOSAS CON NIVELES DE ARENISCAS, (111f)

- Litología

Estos materiales están formados por pizarras arenosas y arcillosas con intercalaciones de areniscas, apareciendo niveles margosos al techo de la formación (Foto 3.26).

El metamorfismo ha afectado a esta serie de forma diversa, variando la mineralogía de unos puntos a otros y desarrollándose pizarras, filitas y en algún caso micaesquistos. Son frecuentes los términos de grano fino con micas, cuarzo, plagioclasas y/o feldespato potásico y moscovitas heredadas, tienen a veces materia orgánica.

Es una roca bastante alterable, las pizarras son a veces muy arcillosas, lo que provoca la aparición de horizontes de alteración de hasta 2 metros de espesor. Los materiales arcillosos, producto de alteración de las pizarras, son objeto de explotación para la fabricación de cerámica.

- Estructura

Estos materiales ocupan una extensa área en la parte central del tramo. Se encuentran suavemente replegadas formando varios anticlinales y sinclinales bastante suaves.

Las capas yacen formando lechos milimétricos agrupados en paquetes mas potentes, las intercalaciones arenosas están formadas por lechos centimétricos agrupados en capas de hasta 2 m de potencia. Estas intercalaciones aparecen en la parte baja de la formación, hacia el techo desaparecen estas intercalaciones, siendo sustituidas por margas. La potencia de la serie aumenta hacia el sur, pasando de los 200 metros del anticlinal de Mayor hasta los 500 metros de Castroverde.

- Geotecnia

Estos materiales son una roca blanda, meteorizada, con capacidad portante media; es ripable en las zonas más alteradas y excavable en superficie.

La fracturación de la zona es de grado medio, muchas de estas fracturas están rellenas de óxidos y arcillas, la permeabilidad existente es baja y se realiza a través de estas fracturas. La escorrentía superficial es eficaz.

Los taludes existentes en estas litologías presentan problemas de chineo y caídas de bloques, por lo que se recomienda inclinar a 1H:1V, siempre teniendo en cuenta que es un material bastante erosionable y alterable.



Foto 3.26. *Desmonte en (111f), pizarras arcillosas y arenosas con niveles de areniscas, carretera de Meira a Mondoñedo*

CUARCITAS Y ARENISCAS BLANCAS, (111e)

- Litología

  Los materiales están compuestos por cuarcitas de grano grueso y medio, su mineralogía fundamental es cuarzo apareciendo también, feldespato potásico, plagioclasa, turmalina, circón, rutilo y micas; es una roca poco alterable (Foto 3.27).

- Estructura

  La cuarcita de Gistral aparece en la ventana tectónica de Monte Carballosa. Los contactos con esta serie son siempre mecánicos: cabalgamientos o fallas. Están formadas por unos 1.000 metros de ortocuarcitas en estratos de unos 30 cm de espesor, con intercalaciones areniscosas, se encuentran normalmente con buzamientos altos y replegadas sobre si mismas.

  La fracturación es intensa con espaciado de cerrado a muy cerrado. Las fracturas están normalmente cerradas y con óxidos como relleno.

- Geotecnia

  Es una ortocuarcita blanca, muy dura, moderadamente meteorizada. Sus materiales pasan de marginalmente ripables, en la zona alterada, a no ripables en profundidad. Se han visto taludes artificiales de gran altura en las canteras, subverticales, tienen problemas de chineo y caída de bloques. La permeabilidad es media-alta y ésta se realiza a través de las fracturas. Son poco alterables, aunque desarrollan suelos de poca potencia.

  Estos materiales son la fuente de áridos de machaqueo más importante de la zona, con zonas de explotación muy importantes, en el apartado de yacimientos se describe con mayor detalle.



Foto 3.27. Afloramiento del grupo litológico 111e

ARCILLAS, ARENAS Y CONGLOMERADOS, (321)

- Litología

  Estos materiales están formados por un conjunto de arcillas verdes, rojas o gris azuladas, con lentejones conglomeráticos y arenosos, ricos en caolinita. Al norte, en la zona de Pastoriza, el Terciario es mucho más arenoso, siendo abundantes los lentejones de arcosas y cuarzoarenitas de grano grueso (Foto 3.28)

  La mineralogía fundamental de las arcillas, está compuesta por illita y montmorillonita (20-70 %) y caolinita en menor cantidad (10-30 %). La proporción de caolinita aumenta en las arcillas rojas hasta un 75 % descendiendo la cantidad de illita (25 %).

  En el afloramiento de Pastoriza, la proporción de caolinita aumenta (50-55 %), aumentando esta proporción en las zonas de meteorización. Las arenas aparecen formando lentejones alargados, su mineralogía fundamental es arcósica, los granos son de tamaño medio y angulosos, en muchos puntos están intensamente alteradas; los conglomerados están formados por cantos cuarzosos de todos los tamaños, subangulosos y subredondeados con abundante matriz arenosa.

La permeabilidad es alta en las zonas de conglomerados y arenas, para descender hasta hacerse casi impermeable en las zonas muy arcillosas. Siempre hay una fracción arenosa que permite la circulación del agua; el nivel freático se ha encontrado a unos 3 metros de profundidad.

- Estructura

Los materiales son un conjunto arcilloso, donde existen numerosos lentejones arenosos y de gravas, siendo los cambios laterales de facies muy rápidos. Entre los conglomerados y las arcillas se pueden encontrar toda clase de términos intermedios. También destaca la existencia de paleosuelos, marcados por una serie de cicatrices verdosas que atraviesan la serie. Su potencia puede llegar a los 30-40 metros en algunos puntos. Su potencia media se considera de unos 12 m.

- Geotecnia

Esta formación terrígeno-detrítica está poco consolidada. Su permeabilidad es de tipo medio, en general, aumentando la transmisibilidad por los lentejones donde dominan las gravas y arenas.

Se han observado algunos taludes de altura media en canteras, con paramentos subverticales, no eran estables, tenían numerosos desmoronamientos y deslizamientos, ya que al ser muy erosionable y alterable tiene intensos problemas de chineo.

Los taludes artificiales deberán tener ángulos tendidos para poder ser revegetados evitando problemas de acarcavamiento y chineos. La permeabilidad profunda es media, circulando el agua por los lentejones de arenas y gravas. La permeabilidad superficial es baja existiendo algunas zonas con encharcamientos, localmente, las arcillas tienen una plasticidad alta, aunque generalmente es media.

El material es excavable. Su capacidad portante es media, es de esperar que tengan asientos medios; pero existe la posibilidad de que en zonas arcillosas con contenidos apreciables de arena, los asientos sean significativos, especialmente si hay circulación de agua.



Foto 3.28. Aspecto de campo del grupo litológico (321)

ARENAS, GRAVAS Y ARCILLAS, (350)

- Litología

  Son materiales terciarios de cuencas endorreicas. La composición de estos depósitos es variable son frecuentemente de tipo arenoso, pasando en algunos casos a conglomerados muy arenosos y en otros a arcillas con mucha arena y algunos cantos.

  Los cantos, siempre presentes, son angulosos y subangulosos. Su composición es normalmente cuarcítica y areniscosa; estos depósitos presentan siempre un cierto grado de cementación en su matriz, pero hay grandes variaciones en función del grado de meteorización que tengan.

  Todos estos materiales, están tapizados por una gruesa capa de suelo vegetal, lo que implica altos contenidos de materia orgánica.

- Estructura

  En general, son depósitos groseros, masivos, con inclinaciones elevadas, que aparecen adosados a las laderas, en la salida de algunos cauces fluviales. Su forma

suele ser triangular o trapezoidal. Su espesor aumenta hacia el valle variando desde unos pocos centímetros a varios metros, 8-9 metros en algunos casos.

Son materiales bien graduados, con cierta abundancia de finos arcillosos. Forman una masa más o menos uniforme, en la cual aparecen de vez en cuando lentejones con tamaños ligeramente más gruesos; los cantos siempre están presentes, su centil suele estar en torno a los 20 cm, son redondeados y subredondeados de composición normalmente cuarcítica.

Las arenas son de grano medio, bien graduadas y los granos son angulosos. Su composición es fundamentalmente cuarcítica y feldespática.

- Geotecnia

Estos materiales son fácilmente excavables, siendo, además, un material adecuado para préstamos, aunque la potencia y extensión de estos depósitos no garantizan grandes volúmenes, únicamente observar que en función del uso específico debe de tener en cuenta la fracción fina y su plasticidad.

Sus depósitos, en general, son de alta permeabilidad, siempre teniendo en cuenta la estructura interna, alternancia de capas más permeables (arenas y gravas) con capas mucho más impermeables (arcillas con arenas), esta disposición condiciona la escorrentía superficial.

En relación con el flujo de agua, una circunstancia que podría darse es la presencia de niveles mucho más saturados en agua en la base de estas capas, cuando éstos se apoyen sobre substratos más impermeables; en algún caso los niveles freáticos pueden estar muy cerca de la superficie, o bien generan rezumes.

La situación descrita podría tener una gran importancia al ser atravesados estos materiales en desmonte.

La estructura interna y las diferentes permeabilidades esperables condicionarían las cimentaciones y apoyos a realizar, ya que son previsibles diferencias en la capacidad portante.

COLUVIAL-ELUVIAL, C1, c1

- Litología

Bajo este apartado agrupamos los depósitos generados por los procesos de tipo coluvionar, los abanicos aluviales y los suelos originados por meteorización “in situ“ del substrato litológico, cuando el espesor de los mismos es significativo.

La composición de estos depósitos es variable pero pueden designarse como de tipo arenoso. La variabilidad es alta, siendo en algunos casos conglomerados muy arenosos y en otros arcillas con mucha arena y algunos cantos.

Los cantos, siempre presentes, son angulosos y subangulosos. Su composición es normalmente cuarcítica y areniscosa, pero hay porcentajes importantes de cantos de pizarra. En general, la composición de los depósitos está ligada a la de los materiales existentes en la ladera inmediatamente superior. Las series pizarrosas dan lugar a depósitos preferentemente arcillosos, y la series cuarcíticas y areniscosas generan depósitos arenosos con cantos (Foto 3.29).



Foto 3.29. Vista del corte de un potente coluvión en la localidad de los Llanos, N-640

La edad de todos estos depósitos es Cuaternario. Su contacto con el infrayacente es siempre discordante; todos estos depósitos, como todo el terreno en general, están tapizados por una gruesa capa de suelo vegetal, lo que redunda en altos contenidos de materia orgánica.

- Estructura

En general, son depósitos groseros, masivos, con inclinaciones elevadas, que aparecen adosados a las laderas, cerca de los cauces fluviales. Su forma suele ser

triangular o trapezoidal, el espesor aumenta hacia el valle variando desde unos pocos centímetros a varios metros; se han visto espesores de hasta 6-7 metros.

Son suelos bien graduados, con cierta abundancia de finos arcillosos. Forman una masa más o menos uniforme, en la cual aparecen de vez en cuando lentejones con tamaños ligeramente más gruesos. Los cantos siempre están presentes, su centil suele estar en torno a los 30 cm, son subangulosos y de formas planas. Cuando su litología es pizarrosa desciende el tamaño de ellos, estando el centil en torno a los 20 cm, así mismo, el numero de cantos también baja.

Las arenas son de grano medio, bien graduadas y de granos angulosos. Su composición es fundamentalmente cuarcítica y feldespática, con proporciones escasas pero variables de granos pizarrosos muy pequeños.

- Geotecnia

Estos materiales se pueden considerar excavables y con una capacidad portante de media a baja.

La infiltración en estos materiales es alta, y la circulación interna del agua significativa por la litología de los materiales, teniendo en cuenta la estructura de los mismos, donde se alternan, zonas más permeables con zonas mucho menos permeables.

Puede ocurrir, además, que las diferencias de permeabilidad con el substrato sean altas, lo que implicaría que en las zonas basales de estos depósitos se sitúen horizontes con mayor cantidad de agua incluso saturados, estando entonces estos depósitos en situación de deslizarse o ponerse en movimiento. Esta situación es especialmente conflictiva cuando se trate de taludes, que por sus dimensiones, altura e inclinación de sus paramentos afecten a esos horizontes posiblemente saturados.

En cualquier caso, son materiales erosionables por lo que la altura del talud no debe de ser grande y las pendientes no deberían de ser mayores de 3H:2V.

ALUVIAL, A,a.

- Litología

En este apartado se incluyen todos los depósitos de origen fluvial. No se incluyen en este apartado los depósitos groseros, las terrazas, que tienen su propio epígrafe. (Foto 3.30).

Se trata de depósitos groseros, de composición arcillo-limosa con contenidos variables de gravas y arenas; alcanzan un grado de desarrollo muy importante en la cuenca del Río Miño y el Río Anllo, especialmente en la zona O del Tramo. Ocupan las zonas deprimidas, formando amplias llanuras aluviales que están extensamente cultivadas.

Su composición es fundamentalmente limosa, los cantos de tamaños pequeños son en su mayor parte cuarcíticos y están muy dispersos. La cantidad de materia orgánica es alta y se observa un importante desarrollo de suelos vegetales.

- Estructura

Son depósitos horizontales, más o menos masivos, que ocupan las zonas más profundas de los valles fluviales; la única estructura que presentan es una ligera disposición en laminas, que actualmente esta totalmente enmascarada por el uso agrícola del terreno; granulométricamente son suelos moderadamente graduados con una clara tendencia a finos.

La estimación del espesor de estos depósitos es muy difícil. El contacto inferior no ha sido visto nada más que en dos puntos en todo el Tramo, puntos que estaban cercanos a los limites laterales del deposito, por lo que no puede darse ninguna estimación más o menos fiable.

- Geotecnia

Estos materiales son suelos de color marrón-ocre o rojizo, excavables y con capacidad portante media.

Son suelos con permeabilidades de media a baja debido a su contenido en arcillas y limos, lo que implica que en algunas zonas más arcillosas son encharcables; dado el régimen de lluvias esta situación puede ser perdurable muchos meses del año.

Por otra parte, por la estructura y composición interna de estos depósitos, puede haber niveles máximos del punto de saturación en agua, con los niveles freáticos muy cerca de la superficie.

Son de esperar asientos, aunque no significativos, por la variabilidad composicional de los depósitos y por la diferente capacidad de movimiento del agua.

Es un buen material para préstamos, aunque por la heterogeneidad del depósito puede ser difícil evaluar los volúmenes disponibles en un punto del área en con-

creto; también reseñar el contenido en limos, factor este importante según los usos a los que estén destinados.

Por la disposición topográfica de los depósitos no es previsible la realización de taludes de importancia, aunque dada su composición y estructura son fácilmente erosionables, por lo que se recomiendan alturas bajas y pendientes tendidas para evitar desmoronamientos y acarcavamientos.

CANCHALES, C2, c2

- Litología

Son depósitos heterométricos de naturaleza cuarcítica, que contienen bloques métricos muy angulosos, sin matriz, pudiendo generar suelos (Foto 3.30).



Foto 3.30. *Corte en la ladera de la zona de Outeiro de Rey, donde se aprecia de arriba hacia abajo: c1, a y 121a*

- Estructura

Estos depósitos se disponen en las laderas montañosas en su parte superior, no tienen estructura interna, no tienen matriz. Su génesis está asociada con la presencia de niveles cuarcíticos competentes, en las zonas superficies topográfica supe-

riores, que al erosionarse caen por gravedad acumulándose en zonas favorables, normalmente están en situaciones de inestabilidad.

- Geotecnia

Estos materiales tienen una con capacidad portante muy baja y son excavables.

La permeabilidad es muy alta, ya que carecen de matriz, infiltrándose todo el agua hacia las zonas infrayacentes, la escorrentía superficial es muy baja, siendo posible la existencia de flujos de agua significativa a la base de estos depósitos, con presencia de rezumes.

La situación de estos depósitos en zonas de ladera, con pendientes elevadas, en la mayor parte de los casos, les hace particularmente sensibles a todo tipo de excavación ya que carecen completamente de matiz, siendo el riesgo de deslizamiento muy alto en el caso de cualquier obra que afecte a la base de los mismos. En la medida de lo posible sería recomendable evitarlos.



Foto 3.31. Vista de un arenero en J j, Castroverde

JABRE, J,j

- Litología

  Este depósito, de tipo arenoso, es el resultado de alteración de los granitos, es una arena gruesa con poca matriz, heterométrica y con granos angulosos. Su mineralogía es fundamentalmente cuarzo y feldespato, con cantidades muy pequeñas de minerales micáceos (Foto 3.11).

- Estructura

  Es un depósito fundamentalmente masivo, que aparece en zonas deprimidas y con una potencia muy variable; hasta 20 m en algunos puntos. Normalmente están asociados con zonas de fractura, donde la permeabilidad es más alta produciéndose intensos fenómenos de meteorización y alteración "in situ".

- Geotecnia

  Estos materiales son excavables y de capacidad portante alta; son un excelente material para préstamo, siendo explotables en algún punto como areneros locales.

  Posee una mala escorrentía superficial y una alta permeabilidad, debido a su gran porosidad intergranular; en las zonas de pequeño espesor y al ser el substrato impermeable, pueden estar saturadas en agua.

  Los taludes existentes en este grupo litológico tienen problemas importantes de erosionabilidad y chineo, por lo que sería recomendable no superar la relación 3H:2V para la inclinación de los taludes a construir, evitando de esta forma el acarcavamiento, ya que son fácilmente desmoronables; así mismo, la revegetación sería recomendable para evitar la erosión producida por los efectos de la escorrentía superficial.

FONDOS DE VALLE, F,f

- Litología

  En este apartado se han agrupado una serie de depósitos, que se encuentran situados en los fondos de los valles, de composición fundamentalmente limo-arcillosa pero con cantidades importantes de arena. El numero de cantos presentes es bajo y su tamaño es pequeño, son subangulosos y su composición es fundamentalmente areniscosa y cuarcítica.

Estos depósitos tienen poco espesor y son abundantes, sobre todo en la zona de Bretoña, aparecen en forma de lentejones extensos y poco potentes, rellenando los fondos de los valles.

- Estructura

Estos materiales se presentan en forma de lentejones tapizando los fondos de los valles, sobre ellos la red fluvial es muy difusa y divagante, el espesor es pequeño, en el entorno de los dos metros.

Suelen ser depósitos bastante, mal graduados y con una clara tendencia a los limos.

- Geotecnia

Estos materiales son excavables, con capacidad portante media a baja.

Por la morfología topográfica de este tipo de materiales no es probable que se construyan taludes en ellos, discurriendo en todo caso, la infraestructura sobre la superficie de los mismos.

Por la estructura interna de sus depósitos y por las litologías constituyentes de las mismos, cabe esperar que se produzcan asientos diferenciales demasiado importantes, ya que los cambios laterales pueden ser rápidos, pasando de zonas muy arcillosas con pocas arenas a otras menos arcillosas pero mucho más arenosas; son suelos que, normalmente, tienen un contenido en agua muy próximo a la saturación, dado, el importante régimen de lluvias y la poca escorrentía superficial, derivado de su morfología.

TERRAZAS, T,t

- Litología

Se trata de un deposito conglomerático de poco espesor, que se sitúa en los valles fluviales por encima de la llanura de inundación (Foto 3.32).

Su litología es la de un conglomerado bien graduado; la composición de los cantos es fundamentalmente cuarcítica, con cantos de arenisca y pizarra en menor proporción. Los cantos son redondeados o subredondeados. El tamaño máximo se sitúa en torno a los 15-20 cm. Con respecto a la matriz cabe decir que es fundamentalmente arenosa, siendo la proporción de arcillas no demasiado elevada, un 10 %. La mineralogía de la matriz es fundamentalmente cuarcítica, feldespato potásico, plagioclasa y en menor proporción micas y opacos.



Foto 3.32. Terraza en Pousaoiro, Meira (Lugo)

- Estructura

  Se disponen en capas horizontales, de estructura masiva, de poca potencia, 2,5 m como máximo, siendo la media 1,2 m, las gravas son bastante homométricas estando el resto del deposito bastante bien graduado.

- Geotecnia

  Estos materiales son excavables, en algunos casos ripables, con capacidad portante de media a alta, pueden ser utilizados como fuente de áridos, aunque el volumen sea pequeño.

  La permeabilidad es media, ya que tienen una porosidad intergranular aceptable y la matriz es mayoritariamente arenosa, el drenaje superficial es eficiente.

  Los taludes existentes en este grupo litológico presentan pendientes elevadas (70º), observándose problemas relacionados con su composición, como el acarcavamiento ya que es fácilmente erosionable.

La potencia de estos materiales no debe superar los 2 metros, por lo que los posibles taludes a construir favorecen la estabilidad de los mismos.

3.3.5. Grupos geotécnicos

Los grupos litológicos definidos en el apartado anterior, han sido agrupados en diferentes grupos geotécnicos, para dar una visión más general de las características geotécnicas del Tramo.

- Grupo geotécnico GT1

  Este grupo está formado por rocas graníticas y filonianas, correspondientes a los grupos litológicos (001a), (001b), (002a), (002b) y (002c); los materiales que componen este grupo geotécnico son rocas con capacidad portante muy alta, duras y no ripables; la permeabilidad es muy baja, el drenaje superficial es bueno y el subterráneo muy bajo.

  La roca suele presentar una densidad de fracturación de moderada a media, siendo la continuidad, en muchos casos, alta.

  Los taludes en estas rocas pueden ser subverticales, teniendo especial cuidado con la posible formación de cuñas producto de la fracturación.

- Grupo geotécnico GT3

  Este grupo geotécnico está formado por materiales rocosos de naturaleza caliza correspondientes al grupo litológico (111c).

  Los materiales que componen este grupo son calizas de grano fino y medio, muy duras y no ripables con capacidad portante alta, presentan un grado de fracturación moderado, estas fracturas pueden estar rellenas de arcillas y óxidos.

  La permeabilidad es media-baja según las zonas, pueden haber intensos fenómenos de karstificación, tanto el drenaje superficial como el profundo es eficaz.

  Los taludes en estos materiales pueden ser subverticales, hay que tener cuidado con el diseño para evitar la formación de cuñas sobre todo en el caso de buzamientos a favor del eje de la calzada.

  El material extraído puede ser utilizado, mediante machaqueo, como préstamo, en estas litologías se sitúan numerosas canteras con plantas de machaqueo importantes; en la zona son escasos los áridos, estos afloramientos calizos pueden ser explotados siempre que el volumen de material haga viable su explotación.

- Grupo geotécnico GT4

  Este grupo comprende las siguientes litologías: (111d), (111a), (111h) y (111e).

  Grupo geotécnico formado por rocas con capacidad portante media-alta, ripables a ripables marginal, medianamente duras.

  La permeabilidad observada es debida directamente a la circulación de agua por las fracturas, sin embargo el drenaje profundo es deficiente y la escorrentía superficial es eficaz.

  Estas litologías son meteorizables, presentando los taludes problemas de erosionabilidad, chineo y desprendimiento de bloques.

  Debido a la presencia de numerosas fracturas debe tenerse en cuenta la posible formación de cuñas y deslizamientos de unas capas sobre otras, especialmente en las zonas de contactos litológicos de formaciones distintas, o cuando por la disposición de la fracturación y la estratificación haya posibilidad de deslizamientos.

  Los materiales extraídos de los desmontes pueden ser utilizados como préstamo dependiendo de la granulometría que posean después de su arranque.

- Grupo geotécnico GT5

  Este grupo geotécnico engloba a las Capas de Transición (111f), (111b) y (010).

  Este grupo geotécnico está formado por materiales rocosos de capacidad portante media-baja, ripables, pero que tienen amplias zonas de material terroso, su permeabilidad superficial es alta siendo el drenaje profundo pobre.

  Están medianamente fracturadas con espaciado cerrado de continuidad media, es un material bastante meteorizable y erosionable.

  El material extraído de los desmontes se considera material de préstamo tolerable.

  Se debe tener cuidado con las zonas que hayan sufrido meteorización y alteración intensa, pues se producen en ellas deslizamientos; sobre todo en las zonas de contacto con otras litologías más duras.

- Grupo geotécnico GT6

  Las litologías que comprende este grupo geotécnico son terrazas T,t Terciarios (321) y abanicos aluviales antiguos (350).

  Este grupo geotécnico está formado por suelos con alto contenido en gravas con capacidad portante media y asientos admisibles, ripables y un grado medio de compactación, la permeabilidad superficial es suficiente y el drenaje subterráneo medio-bajo.

  Los taludes en este grupo geotécnico se estiman en un ángulo de 1H:1V y serán necesarias medidas protectoras como vegetación, el material es erosionable por lo que los taludes tendrán problemas de chineo y acarcavamientos. Estas litologías constituyen un excelente material de préstamo, dando lugar a yacimientos de áridos naturales, zahorra y arenas.

- Grupo geotécnico GT7

  Este grupo geotécnico está integrado por Aluviales A,a y Fondos de Valle F,f.

  Grupo geotécnico formado por suelos limosos con capacidad portante baja poco compactos y que pueden originar asientos, son suelos con drenaje superficial bajo y drenaje subterráneo muy pobre, son materiales muy erosionables en los cuales la escorrentía tiene especial relevancia. No son previsibles taludes en estos materiales.

- Grupo geotécnico GT8

  Este grupo está formado por el grupo litológico C1,c1.

  Este grupo geotécnico está formado por arcillas y limos arenosos con cantos, puede originar asientos y su capacidad portante es baja; son materiales susceptibles de erosión ya que están poco compactados. Su permeabilidad superficial es baja y el drenaje subterráneo es pobre.

  Los taludes deben tener ángulos bajos y en su diseño debe tenerse en cuenta la posibilidad de deslizamientos y movimientos en masa originados por descalce de las zonas bajas. Los taludes deben ser, en muchos casos apantallados en su base y se les deberá dotar de medios de drenaje para evitar acumulaciones de agua en su seno.

  Como material de préstamo pueden ser adecuados, pero su volumen no es muy importante.

- Grupo geotécnico GT9

  La litología de este depósito son los canchales C2,c2.

  Grupo geotécnico formado por un conjunto de bloques grandes mal graduado, sin matriz, excavable y de capacidad portante baja. Son los canchales.

  No deberían de construirse taludes en esta litología, pudiéndose prevenir movimientos en masa de estos depósitos mediante pantallas, muros de tierra armada o graviones. La permeabilidad es altísima, tanto la superficial como la profunda, pues el depósito carece de matriz.

- Grupo geotécnico GT10

  Este grupo está solamente representado por el grupo litológico J,,j aparece solamente en la Zona 2.

  Grupo geotécnico formado por arena media, suelta, mal graduada y cantos angulosos. Proviene de la alteración de los granitos, los materiales que componen este grupo geotécnico son suelos, con capacidad portante media-alta, pudiendo presentar asientos no significativos.

  Son materiales excavables de permeabilidad superficial eficaz, alto coeficiente de infiltración y drenaje subterráneo alto.

  Los taludes a construir en este material deberían de tener una pendiente de 40° o menor. Tienen que se revegetados para evitar fenómenos erosivos. El material extraído puede ser utilizado como material de préstamo considerándose como material adecuado.

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la zona

En la Terra Cha se presentan problemas geotécnicos relacionados, en general, con la capacidad portante de los materiales y su permeabilidad.

La capacidad portante de los materiales presentes es media, en general, si bien aparecen extensas zonas de afloramiento de materiales granulares. Estos materiales granulares son: los terciarios, los aluviales, coluviales-eluviales y las terrazas. Estos materiales ocupan aproximadamente la mitad de la zona en extensión. La litología es principalmente de tipo arcillo-arenosa, lo que motiva su baja capacidad portante. Además son esperables en muchos puntos asientos significativos.

La permeabilidad de los materiales es muy baja lo que repercute en la existencia de importantes zonas de encharcamiento y grandes lagunas, sobre todo en la zona de Feira del Monte y Rabade. Estos problemas pueden cobrar importancia en épocas de intensas lluvias; durante diciembre de 1996 se vieron extensas áreas encharcadas en las zonas mencionadas.

Los materiales granulares presentes, poseen un bajo grado de compactación lo que se traduce en un alto grado de erosionabilidad, por lo que en los taludes artificiales se pueden producir importantes fenómenos de acarcavamiento y chineo.

En los materiales de naturaleza rocosa se dan muchos de los problemas descritos en los materiales de la Zona Montañosa. Se ha detectado la presencia de cuñas en los materiales cuarcíticos del Grupo Cándana y en las calizas. Así mismo se han de tener en cuenta los fenómenos de desprendimiento de pequeños bloques y el chineo.

Debemos resaltar los problemas originados en las pizarras arenosas y arcillosas. En ellas, la presencia de rocas blandas hace que sea necesario tener especial cuidado con la inclinación de los taludes artificiales, que en esta litología han de ser mucho menores que en los demás materiales de naturaleza rocosa. También en ellas los fenómenos de erosionabilidad de los materiales son mucho más intensos que en los demás grupos rocosos.

Con respecto a los problemas de deslizamiento del terreno cabe decir que solo tienen importancia en las zonas de Pastoriza, Penamarzada y Monte Carballosa, cuando los materiales de naturaleza cuarcítica entran en contacto con los materiales de naturaleza pizarrosa. Estos fenómenos son mucho menos intensos que en la Zona Montañosa puesto que las pendientes son mucho menores y el volumen de material deslizado es mucho menor. Sobre las causas de los deslizamientos nos remitirnos a lo ya dicho en el apartado 3.1.6.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS

El Tramo tiene dos áreas topográficas bien diferenciadas, la Zona 1 ó Zona Montañosa y la Zona 2 o Terra Cha.

En la Zona 1 el relieve es acusado, apareciendo grandes pendientes, valles estrechos y encajados con elevadas líneas de cumbres. En este contexto los problemas topográficos tienen que ver sobre todo con las posibles zonas de trazado de una gran obra lineal, teniendo que ser aprovechadas las laderas de los valles más amplios para poder encontrar suficiente espacio para su trazado. Por ello se cortan zonas donde los problemas potenciales de deslizamientos y caída de bloques pueden tener especial importancia. También por ser las pendientes altas es necesario hacer desmontes de gran altura lo que redunda en la intensificación de estos problemas.

En la Zona 2 el relieve es bajo por lo que los problemas originados por la topografía son casi inexistentes. En esta zona la carretera discurriría en su mayor parte en terraplén con desmontes de baja altura, por lo que los problemas de trazado son muy pequeños en este aspecto.

4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS

Como problemas geomorfológicos de importancia a lo largo del Tramo son de destacar los relacionados con la dinámica de ladera. En muchos lugares han sido vistos deslizamientos, movimientos en masa, reptaciones y caídas de bloques. Son muy importantes en la Zona 1, puesto que las elevadas pendientes favorecen el fenómeno.

Los problemas relacionados con la dinámica fluvial son importantes en la Zona 2 donde existen grandes áreas de inundación. Los fenómenos de tipo erosivo son más importantes en la Zona 1 donde se pueden producir capturas de ríos, acción erosiva remontante y pueden darse riadas de cierta entidad, habiendo sido registradas algunas riadas significativas en el ultimo cuarto de siglo.

4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

Los problemas geotécnicos presentes en el Tramo pueden agruparse en los siguientes tipos:

Problemas relacionados con la capacidad portante

Todos los materiales considerados geotécnicamente como suelos podrán presentar, en general, problemas de asientos, así como el grupo GT5 que representa una roca blanda con importantes contenidos de material terroso.

Problemas relacionados con la erosionabilidad

Los grupos litológicos formados por materiales granulares, y los formados por rocas con altos grados de fracturación tienen una erosionabilidad alta, lo que da lugar a que se produzcan intensos fenómenos de chineos, acarcavamientos y caída de bloques pequeños.

Pueden incluirse en este grupo los fenómenos de caída de grandes bloques que tienen lugar en los alrededores de los afloramientos de los grupos GT1 y GT2, puesto que su desprendimiento y movilización están relacionados con la erosión de los materiales.

Problemas relacionados con la capacidad de drenaje superficial

Los materiales de los grupos GT6 y GT7 tienen una permeabilidad baja y ocupan zonas deprimidas, por lo que son susceptibles de formar zonas encharcadas.

Problemas relacionados con la ripabilidad

La mayoría de los grupos geotécnicos son excavables excepto los GT1, GT2 y GT3, pero excepto los materiales granulares los demás pueden presentar problemas de ripabilidad, pasando ésta a marginal. Cuando se realicen los desmontes es previsible una disminución de la fracturación, así como de el relleno y la apertura de las discontinuidades lo que puede redundar en una disminución de la ripabilidad, llegando en algún caso a no ripable, siendo pues necesario utilizar medios violentos para su excavación.

Problemas relacionados con la estabilidad de taludes y laderas

Como ya se ha dicho los materiales muy fracturados pueden llegar a dar lugar a fenómenos de inestabilidad de taludes, desprendimientos, deslizamientos y caída de bloques, siendo en muchos de ellos necesario la toma de medidas complementarias de sostenimiento de todo tipo, drenes, pantallas, etc., para la protección de la carretera.

También los materiales de los grupos GT8 y GT9 son susceptibles de movilización si son excavados por su base.

Todos estos fenómenos cobran especial importancia en la Zona 1 donde las fuertes pendientes y los relieves abruptos son más importantes.

Problemas relacionados con el drenaje subterráneo

En los materiales del grupo GT3 es posible la existencia de fenómenos kársticos, lo que puede ser problemático de cara a la realización de apoyos y la construcción de obras subterráneas.

4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

Los corredores de trazado están señalados en la Figura 4.1.

El principal problema está en el paso de la Sierra de Meira y su continuación el Chao grande y las pequeñas sierras que aparecen al Norte de Bretaña y Riotorto. Estos relieves sólo es posible salvarlos yéndose fuera de la zona al Oeste, hacia Mondoñedo o a través del valle del Eo. Los corredores de trazado, si están dentro de la zona deben todos de utilizar el valle del Eo para llegar a Vegadeo. Este corredor empieza a partir de Marco al Norte de Meira y sigue el actual trazado de la N-640, pasando por Judán y Pontenova hasta Vegadeo. Este corredor será especialmente complicado en su trazado y construcción, ya que está formado por rocas duras en las cuales el problema de formación de cuñas y los desprendimientos son fenómenos normales, como así lo demuestran los estudios efectuados en la actual carretera. Para su construcción es necesario la realización de numerosos túneles y grandes desmontes, lo cual elevará los costes de una manera muy significativa. También debemos tener en cuenta el alto impacto ambiental que un proyecto de este tipo causa en una zona fluvial, el valle del río Eo, que además es especialmente estrecho en esta zona, teniendo el proyecto problemas incluso de espacio físico para la realización de su trazado. Es necesario resaltar que estos problemas se repiten en todos los valles adyacentes, con el añadido de un impacto ambiental mucho mayor, puesto que desaparecerían extensas zonas boscosas y no mejoraría en modo alguno las condiciones del trazado y construcción del proyecto.

Los demás corredores discurren por la Terra Cha, no presentando mayores problemas, en general, que el paso de los diferentes ríos. Uno sigue la N-640, desde Lugo capital, pasando por el Teixeiro, Ludrio y Meira. Otro parte de Begonte, discurre al Sur de Feira do Monte, pasa al Norte de Muimenta y enlaza con el corredor del Eo cerca de Gueimonde, hacia Marcos donde toma el valle del Eo hacia Vegadeo. El tercer corredor parte del Rábade, pasa al sur de Escanavada, por Castro de Rey y enlaza con los anteriores por el Sur de Gueimonde. En los corredores señalados no se prevé la realización de grandes desmontes, por tener todos ellos una topografía suave formada principalmente por gran-

des lomas, los valles son amplios y no presentan grandes problemas para el trazado de una autovía con curvas de gran radio y de una anchura grande. Los materiales presentes son, en general, excavables o de fácil ripado (excepto los materiales de los grupos geotécnicos GT-2 y GT-3, que no afloran en grandes extensiones) lo que se une con los pequeños desmontes necesarios. Además los materiales procedentes de los desmontes se consideran tolerables y adecuados como materiales de préstamo. Existen numerosas zonas canterables y el transporte de los materiales es corto. Todas estas variables hacen que los costes de construcción de una autovía sean moderados. Los inconvenientes serían la relativa densa población de la zona, los problemas de encharcamiento y en algún punto los altos asientos esperables en las grandes estructuras a realizar.

Un trazado alternativo, fuera de la zona de estudio, iría desde Lugo capital hacia Castro, continuaría hacia Muimenta e iría hacia Mondoñedo a través de Loboso. Desde Mondoñedo iría por la N-640 hasta Barreiros donde enlazaría con la autovía del Cantábrico.

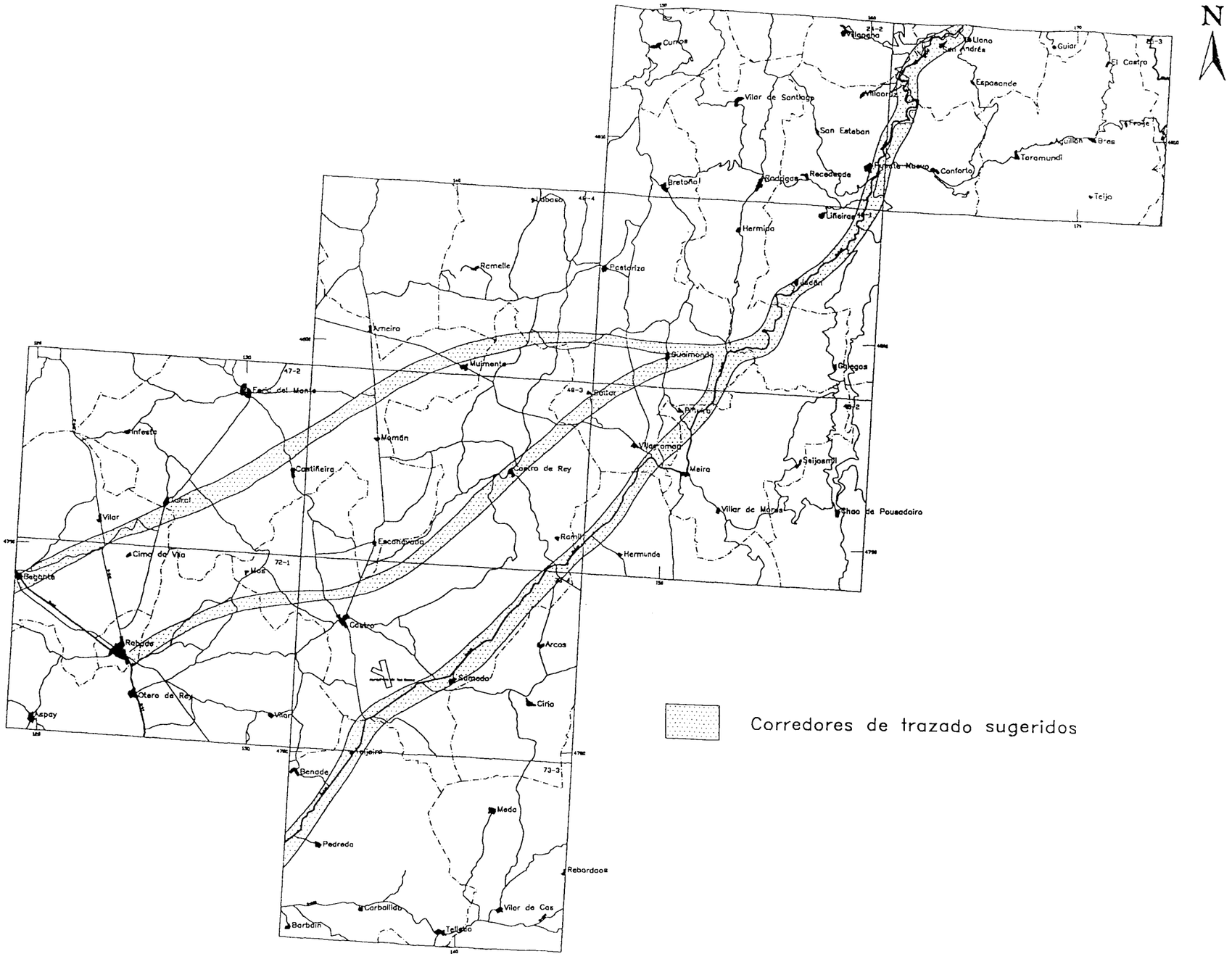


Figura 4.1. *Corredores de trazado sugeridos.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

En el presente Estudio Previo de Terrenos no se incluye un análisis detallado de los yacimientos de materiales existentes en el Tramo, ya que dicho trabajo desborda el alcance de este tipo de trabajo. En la figura 5.1. se muestra la situación de los yacimientos más interesantes.

Sin embargo, se ha considerado conveniente presentar la información sobre los yacimientos existentes en al área de estudio, recogida durante la ejecución del mismo. La información que a continuación se expone esta referida solamente a los yacimientos de materiales susceptibles de ser utilizados en la construcción de carreteras.

5.2. YACIMIENTOS GRANULARES

Existen diversas litologías susceptibles de utilización para yacimientos de áridos naturales (Fotos 5.1 y 5.2).

En primer lugar están los depósitos de los ríos, pero en la zona no existen aluviales gruesos con el suficiente desarrollo como para ser objeto de explotación intensiva, no existiendo ninguna explotación de importancia. Fuera ya del tramo en la localidad de Bascuas si existe una explotación que beneficia aluviales groseros.

En segundo lugar están las terrazas y los aluviales antiguos. Estas litologías consisten principalmente en acumulaciones de gravas cuarcíticas con matriz areno-limosa. Las terrazas no son objeto de grandes explotaciones; como ya se ha dicho estas terrazas no tienen mucha potencia aunque si gran extensión. Esto hace que su explotación se limite a pequeñas graveras abiertas para la construcción de una obra, no muy grande, en particular. Se utilizan principalmente como su base para carreteras; existiendo en la localidad de Begonte, por fuera del Tramo, un importante explotación con instalaciones de lavado y planta de machaqueo. La producción ha llegado a ser de unos 500 m3/día.

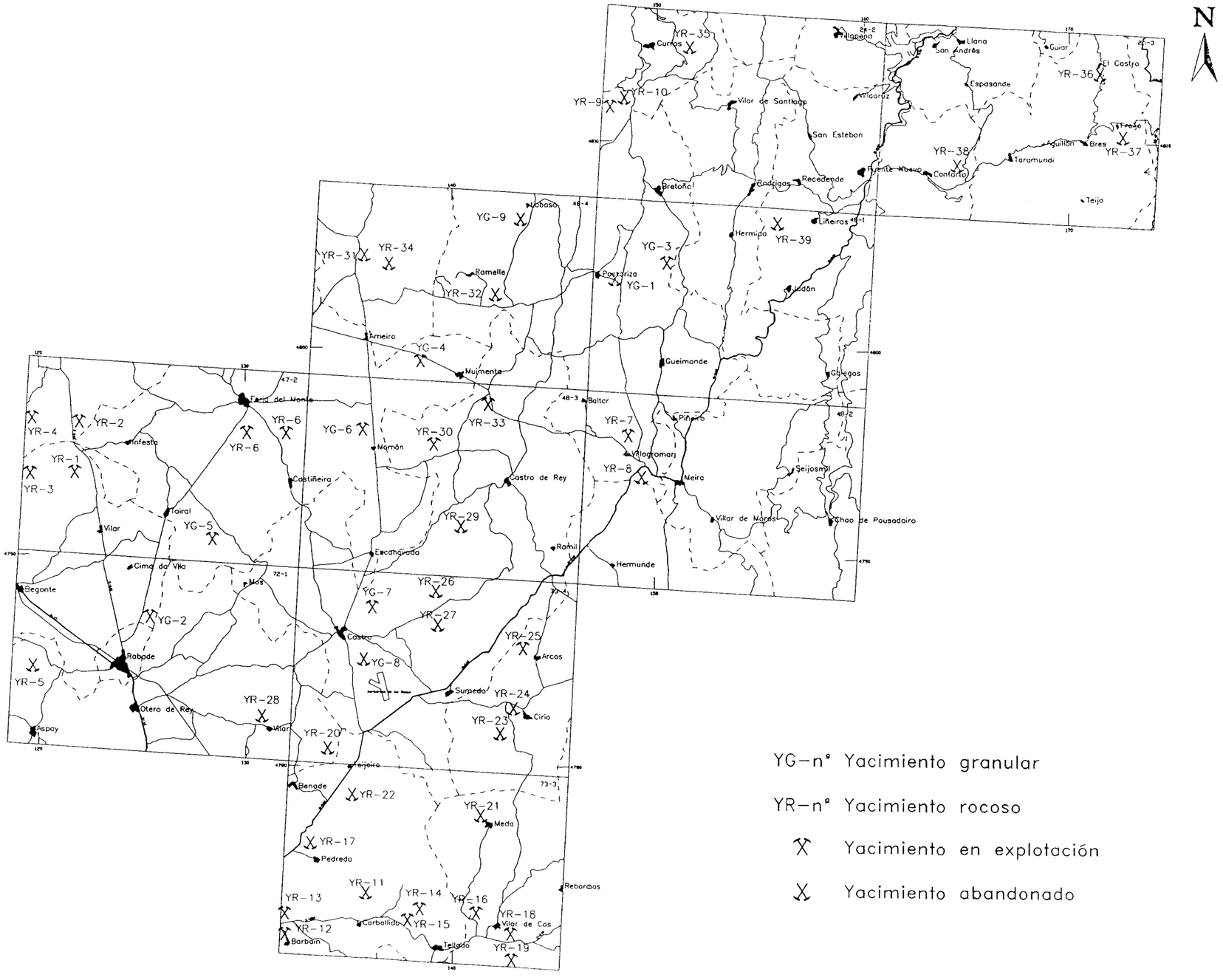
Con los aluviales antiguos sucede algo parecido, con el factor añadido de su limitada aparición, no existiendo ninguna explotación de especial relevancia en esta litología.

En tercer lugar están las explotaciones existentes en el grupo litológico 321. Este material es una importante fuente de áridos naturales en la zona. Aunque su explotación no se realiza de modo intensivo, sí es susceptible de utilizarse como fuente de áridos naturales. La caracterización del material ha dado como resultado la existencia de diferentes tipos de terrenos. Esto es lógico, pues la variedad de litologías existentes, así como su estructura, hacen que sea necesario un estudio puntual y pormenorizado de los distintos

afloramientos. También será necesario recurrir a su zonación para ser posteriormente utilizados como árido para carreteras. Estas características hacen que las explotaciones actuales encontradas sean todas de pequeño tamaño y limitada extensión.

Debe mencionarse aparte la cantera de Germar donde una fabrica de agregados y ladrillería explota unas arenas arcillosas. Las instalaciones son importantes ocupando una gran extensión y suministrando abundante material para la fabrica, siendo las reservas enormes.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



YG−n° Yacimiento granular

YR−n° Yacimiento rocoso

Yacimiento en explotación

Yacimiento abandonado

Figura 5.1. *Yacimientos más interesantes del Tramo.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Foto 5.1. *Gravera en T, t; terraza en Castro.*



Foto 5.2. *Gravera en (321). Terciario Pastoriza.*

En último lugar están las arenas procedentes de la alteración de los granitos, los jabres. Esta litología es objeto de intensa explotación en la zona de Castroverde como árido de construcción. Existen importantes explotaciones fuera de la zona, al oeste de Lugo, con producciones de hasta 100 m3/día.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO DE YACIMIENTOS GRANULARES

Nº	Hoja 50.000	Litología	Uso	Paraje	Municipio	Estado
YG-1	48	321	Áridos	Pastoriza	Pastoriza	Abandonado
YG-3	48	321	Áridos	Aldulfe	Pastoriza	Activo
YG-4	48	321	Áridos	Cima	Muimenta	Activo
YG-5	47	321	Áridos	Germar	Toiral	Activo
YG-2	72	321	Áridos	Rábade	Rábade	Activo
YG-6	48	321	Áridos	Momán	Castro de Rey	Activo
YG-7	73	T	Áridos	Castro	Castroverde	Activo
YG-8	73	T	Áridos	Castro	Castroverde	Abandonado
YG-9	48	350	Áridos	Loboso	Pastoriza	Abandonado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.3. YACIMIENTOS ROCOSOS

En la zona existen numerosas explotaciones de áridos de trituración en las cuales se benefician distintas litologías. Se explotan granitos, calizas, cuarcitas y pizarras (Fotos 5.3, 5.4, 5.5, 5.6).

Los granitos se explotan para la obtención de áridos. La explotación de los granitos como árido de construcción esta muy generalizada existiendo numerosas instalaciones con plantas de machaqueo y de clasificación. Los principales centros de producción benefician las litologías del grupo 001b siendo las explotaciones sobre 001a mucho más pequeñas y escasas, generalmente por su mucha menor extensión de afloramiento. Estas explotaciones son especialmente abundantes a lo largo de la N-630. El material extraído no sería totalmente valido para su utilización como capa de rodadura puesto que tiene un desgaste de los ángeles un poco alto (37%). Como piedra de cantería no son objeto de explotación intensiva, puesto que existen importantes centros de granitos ornamentales en las comarcas cercanas, no teniendo el material extraído una calidad comparable con la de estas localidades.



Foto 5.3. Cantera de granito en Castroverde

Las cuarcitas son objeto de amplia explotación como árido estando emplazados en estas litologías los más importantes núcleos de explotación. Las cuarcitas de los grupos litológicos de (111a) (Foto 5.4.) y (111d) son principalmente explotadas de cara a la obtención

de materiales para terraplén y subase de carreteras, pero no existen explotaciones de gran importancia. La cantidad de material disponible en estas litologías es prácticamente ilimitado.

Con respecto a la cuarcita del grupo (111e) y en los alrededores del Monte Carballosa se pueden apreciar numerosas canteras con grandes frentes de explotación y plantas de clasificación y machaqueo. Están generalmente preparadas para hacer frente a grandes demandas teniendo en muchos casos varios frentes de explotación abiertos, utilizando unos u otros dependiendo de la demanda existente. El material extraído es valido para todas las capas de una carretera excepto para la capa de rodadura, teniendo que hacer-se un estudio más detallado para poder determinar con fiabilidad este punto.



Foto 5.4. *Cantera sobre el grupo litológico (111a)*

Otra de las litologías importantes objeto de explotación es la correspondiente al grupo (111g) (Foto 3.6), existiendo en los alrededores de Meira una importante explotación. De ella se extrae árido calizo de cara a su utilización en carreteras y caminos. La explotación posee varios frentes y una importante planta de machaqueo y clasificación, las reservas son muy grandes. De esta planta se extrae la mayor parte del árido de la zona habiendo sido utilizado incluso para la capa de rodadura de algunos caminos recubiertos. También existe otra litología del mismo tipo, 111c, de donde se extrae árido calizo para los mismos usos, existiendo en la zona de Castroverde una importante explotación, la cantera de Arcos (Foto 3.5), con unas instalaciones muy similares a la de Meira.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Foto 5.5. Cantera de Meira, (111g), calizas masivas



Foto 5.6. Cantera de Arcos (111c). Calizas bandeadas

Con respecto a (002a), (002b) y (002c) cabe decir que han sido explotados en el pasado, pero sin embargo hoy día están abandonados. El material extraído no puede ser utilizado para la capa de rodadura ya que la adhesividad a betún es baja. Esto, unido al bajo volumen de material susceptible de explotación, hace que sea de difícil utilización.

En los cuadros 5.1 y 5.2 se hace una relación general de los yacimientos más interesantes y su situación.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO Nº 5.1. YACIMIENTOS MÁS INTERESANTES DEL TRAMO

Nº	Hoja 50.000	Litología	Uso		Municipio	Estado
YR-1	47	(111e)	Aridos	Fuentefría	Begonte	Activo
YR-2	47	(111e)	Aridos	Cantera Coto	Begonte	Activo
YR-6'	47	(002a)	Aridos	Peña	Cospeito	Activo
YR-7	48	(111g)	Aridos	Peñas do cal	Pastoriza	Activo
YR-8	48	(111g)	Aridos	Peñas do cal	Meira	Abandonado
YR-9	48	(111b)	Pizarras	Pastorizas	Pastorizas	Activo
YR-10	48	(111b)	Aridos	Cordal	Pastorizas	Abandonado
YR-17	72	(001b)	Aridos	Ferredoira	Lugo	Abandonado
YR-3	47	(111e)	Aridos	Banayoso	Villalba	Activo
YR-4	47	(111e)	Aridos	Cañotal	Villalba	Activo
YR-5	72	(001a)	Aridos	Feria	Rábade	Abandonado
YR-6'	72	(002a)	Aridos	Peña	Cospeito	Activo
YR-11	73	(001b)	Aridos	Manjoi	Castroverde	Abandonado
YR-12	73	(001b)	Carreteras	Barbain	Barbain	Activo
YR-13	73	(001b)	Aridos	Barbain	Barbain	Activo
YR-14	73	(001b)	Aridos	Bascuas	Bascuas	Activo
YR-15	73	(001b)	Aridos	Bascuas	Bascuas	Activo
YR-16	73	(001b)	Aridos	Sotomerille	Castroverde	Activo
YR-18	73	(001b)	Aridos	Villar de Cas	Castroverde	Activo
YR-19	73	(001b)	Aridos	Santa Juliana	Castroverde	Activo
YR-20	73	(001b)	Aridos	Golpelleiras	Castroverde	Abandonado
YR-21	73	(111c)	Aridos	Meda	Meda	Abandonado
YR-22	73	(001b)	Aridos	Cotillón	Castroverde	Abandonado
YR-23	73	(111c)	Aridos	Cirio	Cirio	Abandonado
YR-24	73	(111c)	Aridos	Cirio	Cirio	Abandonado
YR-25	73	(111c)	Aridos	Arcos	Arcos	Activo
YR-26	73	(111a)	Aridos	Villariño Pedreiro	Casto	Abandonado
YR-27	73	(111a)	Aridos	Real	Casto	Abandonado
YR-28	72	(001b)	Aridos	Vilar	Rábade	Abandonado
YR-29	48	(111a)	Aridos	Anoca	Castro de Rey	Abandonado
YR-30	48	(111a)	Aridos	Canto	Castro de Rey	Activo
YR-31	48	(010)	Aridos	Casavella	Arneino	Abandonado
YR-32	48	(111a)	Aridos	Caniza	Pastoriza	Abandonado
YR-33	48	(010)	Aridos	Vila de Iglesia	Pastoriza	Activo
YR-34	48	(111a)	Aridos	Argán	Pastoriza	Abandonado
YR-35	24	(111c)	Aridos	Santa María	Cunos	Abandonado
YR-36	25	(111g)	Aridos	El Castro	Vegadeo	Abandonado
YR-37	25	(112d)	Aridos	Freijo	Vegadeo	Abandonado
YR-38	25	(112e)	Aridos	Conforto	Taramundi	Abandonado
YR-39	48	(121b)	Aridos	Lineiras	Lineiras	Abandonado

Otras explotaciones

Además de las mencionadas existen en la zona otras litologías objeto de explotación de cara a otros usos. Así tenemos pizarras, arcillas y arenas que son explotadas para otras utilizaciones.

Las pizarras explotadas son las de (111b) teniendo en los alrededores de Bretoña y Mayor una serie de canteras abiertas de las que se extraen pizarras verdosas y oscuras que son exportadas a otros países y zonas. Como árido de carreteras solo son utilizables como relleno, pues su baja resistencia y alta alterabilidad no permiten otro uso. En algunos puntos también se explota (010), pero como piedra de cantería tiene una utilización muy limitada y como relleno para carreteras muchas veces resulta demasiado costoso por su alta resistencia.

Las arcillas que se explotan están todas en (321) excepto una en Pastoriza que explota un potente substrato de alteración de (111f). La utilización de estos materiales es principalmente para la fabricación de ladrillería y otros tipos de productos cerámicos bastos.

5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

Para los materiales utilizables en terraplén o como materiales de préstamo se ha hecho ya una relación en los apartados anteriores, así como en cada una de las descripciones geotécnicas de las diferentes litologías.

Para la ejecución de pedraplenes en el Tramo estudiado pueden utilizarse como materiales adecuados, aquellos productos pétreos procedentes de la excavación de granitos y de las cuarcitas.

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ARAMBURU, C., BASTIDA, F. (Eds), (1995).- "Geología de Asturias". TREA 1-308 pp. Oviedo.

- BASTIDA, J. MARTÍNEZ-CATALÁN, J.R. y PULGAR, J.A. (1986).- "Structural, metamorphic and magmatic history of the Mondoñedo nappe (Hercynian belt, NW Spain). Journal of Structural Geology. Vol 8. Nos. 3/4 pp. 415 to 430.

- BRELL, J. (1972).- "Estudio litoestratigráfico del Terciario del Oesete de Asturias y Galicia". Tesis doctoral. Univ. Complutense. Madrid, 341 pp.

- BRELL, J., y DOVAL, M. (1974).- "Un ejemplo de correlación litoestratigráfica aplicado a las cuencas terciarias del NO de la Península". Estudios Geológicos, Vol. XXX; pp. 631-638.

- CAPDEVILA, R, (1968 a).- "Zones de metamorphisme regional progressif dans le segmen hercynien de Galice Nord-Orientale (Espagne)". C.R. Acad. Sc. País, Ser. D, núm. 266, pp. 309-312.

- (1968 b).- "Les Types de metamorphisme 'intermediarie de basse pression', dans les segment hercynien de Galice Nord-Orientale (Espagne)". C.R. Acad. Sc. Paris, núm. 266, pp. 1924-1927.

- (1969).- ""Le metamorphisme regional progessif et les grenites dans les segment hercynien de Galice Nord-Orientale (NO de l'Espagne". These. Univ. Montpellier.

- CAPDEVILA, R. & FLOOR, P. (1970).- "Les differents types de granites hercyniens et leur distribution dans le Nord-Ouest de 'Espagne". Bol. Geol. Min., Tomo LXXXI, fasc. 2-3, pp. 101-111, 1 fig., Madrid.

- CAPDEVILA, R. & VIALETTE, Y. (1970).- "Estimation radiometrique de l'àge de la deuxième phase tectonique hercynienne en galice moyenne (Nord-Ouest de l'Espagne)". C.R. Acad. Sci. París, tomo 270, pp. 2527-25230, 1 fig., París.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1978).- "Mapa Geológico de España a Escala 1,50.000. Hoja 24, Mondoñedo". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1980).- "Mapa Geológico de España a Escala 1,50.000. Hoja 25. Vegadeo". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1975).- "Mapa Geológico de España a Escala 1,50.000. Hoja 47, Villalba". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1979).- "Mapa Geológico de España a Escala 1:50.000. Hoja 48, Meira. I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1982).- "Mapa Geológico de España a Escala 1,200.000. Hoja 8, Lugo". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1984).- "Mapa Geológico de España a Escala 1,200.000. Hoja 1, La Coruña". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1973).- "Mapa Geotécnico General a Escala 1,200.000. Hoja 2, Avilés". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1974).- "Mapa Geotécnico General a Escala 1,200.000. Hoja 8, Lugo". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1973).- "Mapa Geotécnico General a Escala 1,200.000. Hoja 1, La Coruña", I.G.M.E

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1973).- "Mapa de Rocas Industriales a Escala 1,200.000. Hoja 1, La Coruña". I.G.M.E.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1973).- "Mapa de Rocas Industriales a Escala 1,200.000. Hoja 8, Lugo". I.G.M.E.

- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA, (1991).- "Mapa Geológico de España a Escala 1,200.000. Hoja 2, Avilés". I.T.G.E.

- JULIVERT, M y ARBOLEYA, M.L., (1984).- "Areal balancing and stimate of areal reduction in a thin-skinned fold and thrust belt (Cantabrian zone, NW Spain): constraints on its emplacement mechanism. Journal of Estructural Geology. Vol 8. Nos. 3/4 pp 407 to 414. Great Britain.

- MARCOS, A. (1971).- "Las deformaciones hercinianas en el occidente de Asturias; la segunda fase de deformación y su extensión en el NW de la Península". Brev. Geol. Astur., año XV, núm., 1, pp. 2.6, 5 figs. , Oviedo.

- (1971 b).- "Cabalgamiento y estructuras menores asociadas originados en el transcurso de una nueva fase herciniana de deformación en el occidente de Asturias (NW de España)". Brev. Geol. Astur., año XV, núm. 4, pp. 59-64, 5 figs., Oviedo.

- MARCOS, A. (1973).- "Las series del Paleozoico inferior y la estructura herciniana del occidente de Asturias (NW de España)". Trabajos de Geol., núm. 6, pp 1-113. Facultad de Ciencias. Universidad de Oviedo.

- MARCOS, A y PÉREZ-ESTAUN, A. (1981).- "La estratigrafía de la Serie de los Cabos en la zona de Vegadeo (zona Asturoccidental-Leonesa NW de España)". Trabajos de Geol. núm. 11, pp 89-94. Universidad de Oviedo.

- VIRGILI, C., y BRELL, J. (1975).- "Algunas características de la sedimentación durante el Terciario en Galicia". I Centenario R. Soc. Española His. Nat. (Geol.); pp. 515-523.

- WALTER, R. (1986).- "Die Geologie in der nordostlichen Provinz Lugo (Nord west-Spanien)". Geotekt. Forsch. vol. 27 pp 3-70 Suttgart.

- WALTER, R (1966).- "Resultados de investigaciones geológicas en el Noroeste de la provincia de Lugo (NO España) (notas y Comns). Inst. Geol. y Minero de España, nº 89 Madrid.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO

(1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350

** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

* NEOGENO 2

2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense

1** MIOCENO

Superior	Messinense; Tortoniense	Pontiense	Pantiense s.str.; Vallesense
Medio	Serravallense; Langhiense	Helvetiense	Vindoboniense
Inferior	Burdigaliense; Aquitaniense		

* PALEOGENO 1

3** OLIGOCENO — Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense

2** EOCENO

Superior	Priaboniense=Ludense=Bartonense	
Medio	Biarritzense; Luteciense	
Inferior	Cuisiense; Ilerdiense	- Ypresiense, Sparnaciense

1** PALEOCENO — Thanetiense; Montiense; Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

* CRETÁCICO 3

2** SUPERIOR — Maestrinchtiense; Campaniense; Santoniense; Coniaciense (2); Turonense; Cenomanense — Senonense

1** INFERIOR — Albense; Aptense; Barremiense; Hauteriviense; Valagieniense; ? Berriasiense=Wealdense — Facies Urgoniense; Neocomiense (marino); Facies Wealdense (continental)

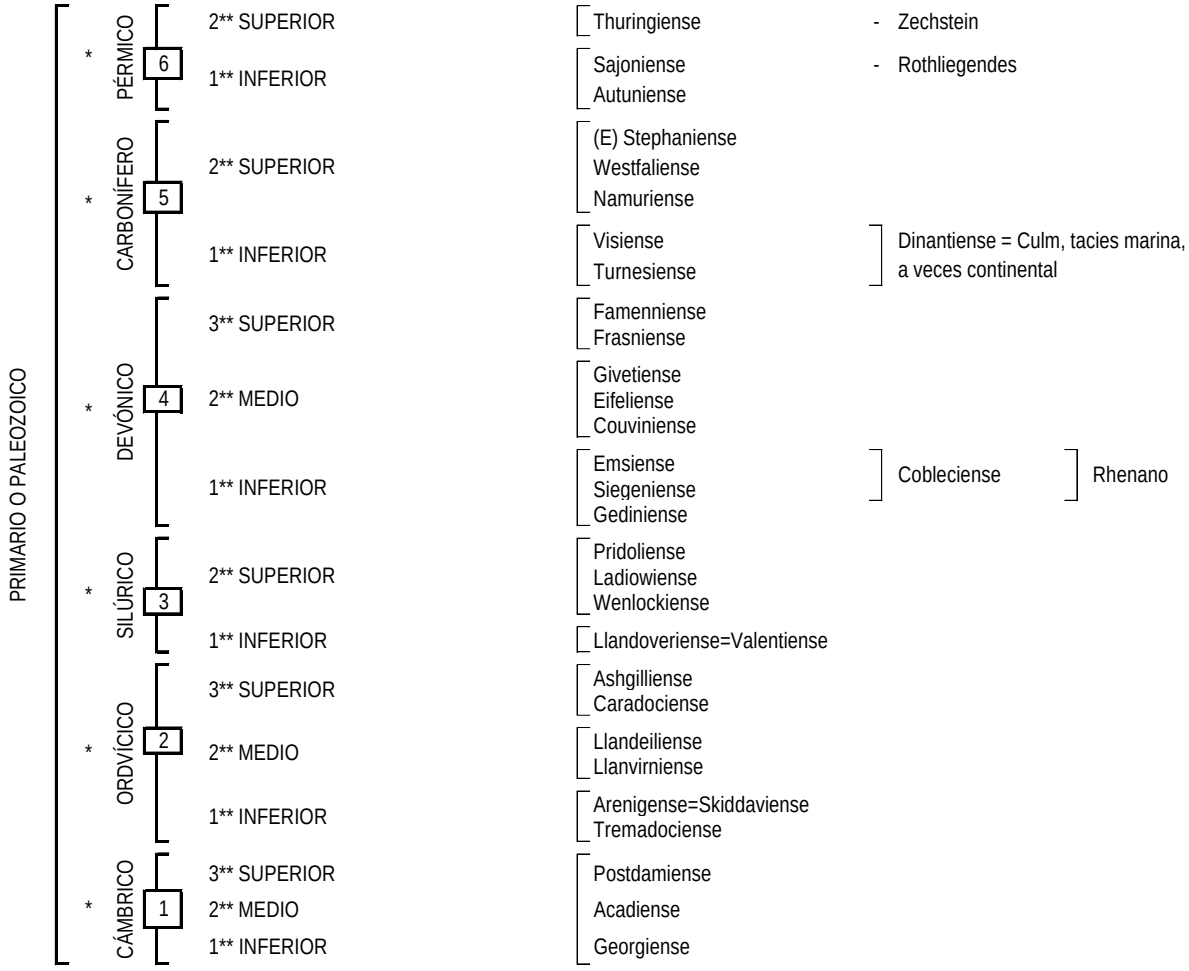
* JURÁSICO 2

3** MALM	Superior	Portlandiense=Tithonico; Kimmeridgiense; Oxfordiense
2** DOGGER	Medio	Calloviense; Bathoniense; Bajociense; Aaleniense
1** LIAS	Inferior	Toarciense; Pliensbachiense; Sinamuriense; Hettangiense

* TRIÁSICO 1

3** SUPERIOR	Retiense; Noriense; Carniense	Keuper
2** MEDIO	Ladiniense; Anisiense=Virglonense	Muschelkalk
1** INFERIOR	Werfeniense	Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

b) Se considera de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

c) Se consideran no ripables la mayor parte de las formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien formaciones rocosas estables y

resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2-3 Kg/cm^3) produce asientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos, si son poco potentes, o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65^0) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10 ^{0}).

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

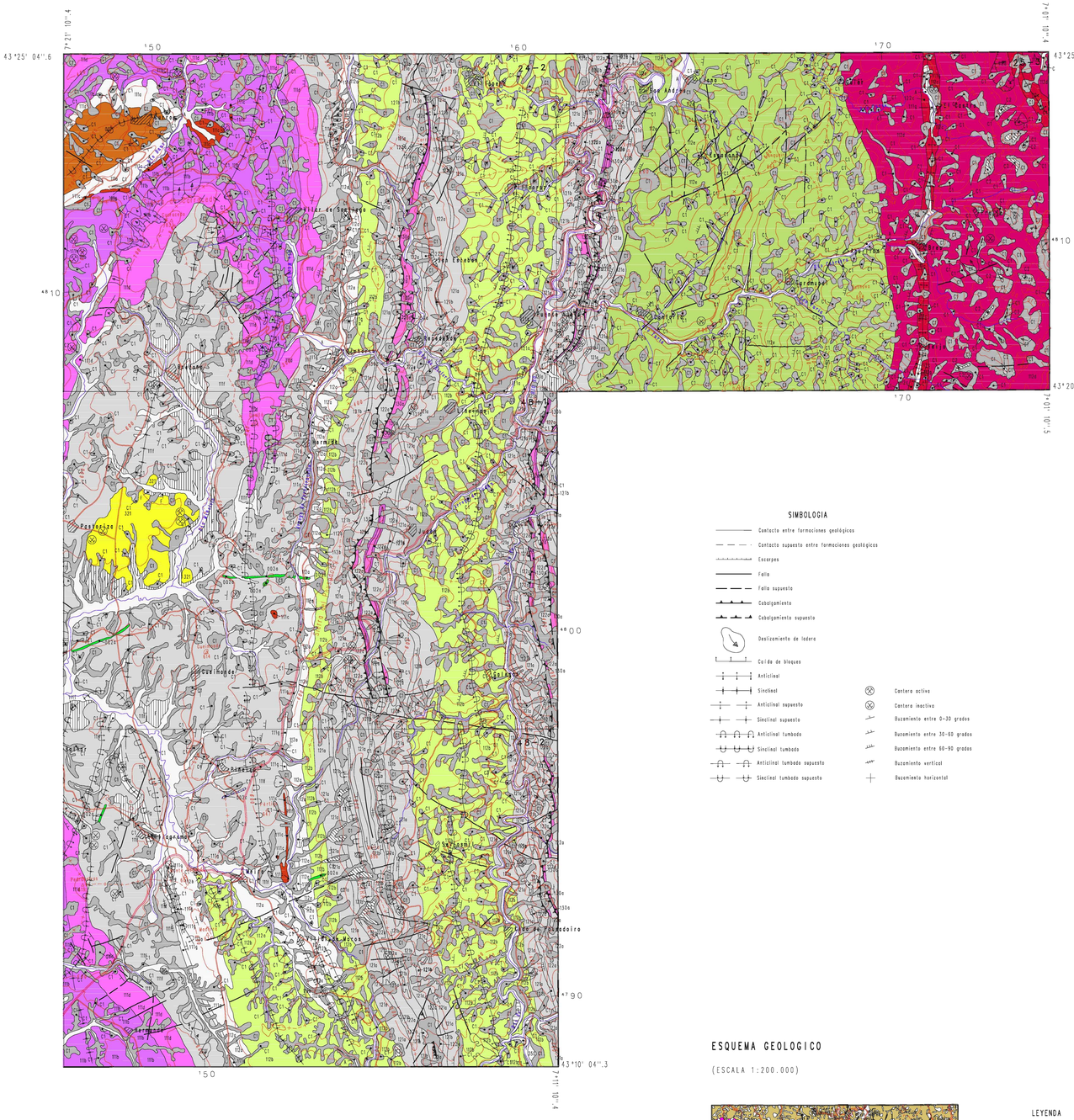
Drenaje

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

8. PLANOS

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)

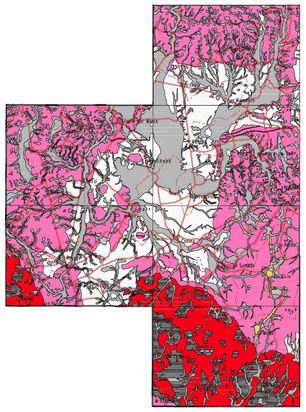

7°21' 10".4
43°25' 04".6
43°20' 04".6
7°01' 10".5
50
60
70
48 10
48 00
47 90
43°10' 04".3
7°11' 10".4
Cervio
Cervio
Cervio

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)

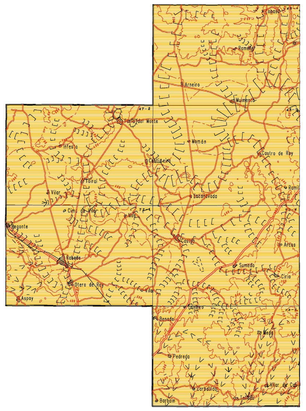


LEYENDA

- Materiales con capacidad portante muy alta, duros, no ripables. Rocas graníticas y filonianas. Permeabilidad por fracturación. Sin problemas de estabilidad. Utilizable como préstamo.
- Materiales rocosos de naturaleza caliza. Rocas duras, no ripables. Permeabilidad alta. Utilizable como préstamo. Sin problemas de estabilidad.
- Materiales rocosos con capacidad portante media-alta, ripables, rocas medianamente duras. Permeabilidad media. Utilizable como préstamo. Problemas de chinea y caída de bloques. Posible formación de cuñas. Zonas con deslizamientos.
- Materiales rocosos de capacidad portante media-baja, ripables. Permeabilidad alta. Moderadamente fracturados. Problemas de chinea y caída de bloques. Material utilizable como préstamo. Posibles deslizamientos
- Suelos granulares de capacidad portante media. Permeabilidad media. Problemas de estabilidad de taludes, chineos y acarcavamientos. Utilizable como material de préstamo.
- Suelos limosos de capacidad portante baja, asientos altos. Drenaje superficial bajo.
- Suelos arcillosos y limo-arenosos con cantos. Asientos medios, capacidad portante baja. Utilizable como préstamo. Problemas de erosionabilidad.
- Material granular formado por grandes bloques, sin matriz. Material de escollera. Permeabilidad altísima.
- Materiales arenosos con capacidad portante media, permeabilidad alta. Buen material de préstamo.

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

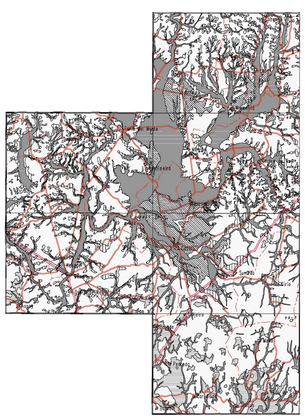
Zona de morfología llana y suavemente alomada

SIMBOLOS

- Valle de fondo plano
- Valle en forma de "uve"
- Deslizamiento
- Relieve en forma de meseta

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)

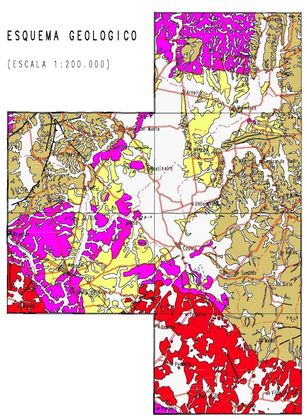


LEYENDA

- Suelos limo-arcillosos de origen aluvial, con cantos muy dispersos, permeabilidad baja. Suelos cohesivos. (FX)
- Suelos de origen aluvial, constituidos por arcillas y gravas en lentejones. Permeabilidad media-alta. Materiales granulares-cohesivos.
- Terrazas aluviales, formadas por gravas cuarcíticas redondeadas, arenas, limos y arcillas. Permeabilidad baja. Materiales granulares.
- Depósitos de ladera, de cantos heterométricos, angulosos de cuarcitas y pizarras con matriz arena-arcillosa. Materiales granulares cohesivos. Permeabilidad baja y buen drenaje superficial.
- Depósitos arenosos con cantidades de arcilla, arenas gruesas-medias, angulosas, cuarcítico-feldespáticos. Permeabilidad alta, material granular.
- Litosuelos

ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

- CUATERNARIO
- TERCIARIO
- PALEOZOICO
- PRECAMBRICO
- DIQUES
- GRANITOS

SIMBOLOS

- Falla
- Cabalgamiento

SIMBOLOGIA

- Contacto entre formaciones geológicas
- Contacto supuesto entre formaciones geológicas
- Escarpes
- Falla
- Falla supuesta
- Cabalgamiento
- Cabalgamiento supuesto
- Deslizamiento de ladera
- Caída de bloques
- Anticlinal
- Sinclinal
- Anticlinal supuesto
- Sinclinal supuesto
- Anticlinal tumbado
- Sinclinal tumbado
- Anticlinal tumbado supuesto
- Sinclinal tumbado supuesto
- Cantera activa
- Cantera inactiva
- Buzamiento entre 0-30 grados
- Buzamiento entre 30-60 grados
- Buzamiento entre 60-90 grados
- Buzamiento vertical
- Buzamiento horizontal

43°20' 04".2
43°05' 04".7
7°41' 10".3
7°31' 10".3
47-2
48-4
72-1
73-4
73-3
Cima de Mire
Laguna de Carballo
Laguna de Cospeito
Laguna de Zeixas
Cospeito
Muimenta
Romeo
Arcos
Sarria
Samos
Triacastela
Becerreá
Pedrafita
Cebreiro
Ramil
Portomarín
Vilalba
Meira
Lugo
Río Miño
Río Sarria
Río Ouro
Río Asma
Río Cabe
Río Parga
Río Ladra
Río Neira
Río Ulla
Río Furelos
Río Ambasmestas
Río Pequeño
Río Grande
Río Cabe
Río Ouro
Río Asma
Río Sarria
Río Miño



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Burgos-Aguilar de Campóo

Tramo: Quintanadueñas-Aguilar de Campóo



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

96-04

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Burgos-Aguilar de Campóo

Tramo: Quintanadueñas-Aguilar de Campóo

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCIÓN 4

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGíA 7
2.2. TOPOGRAFíA 12
2.3. GEOMORFOLOGíA 16
2.4. ESTRATIGRAFíA 21
2.5. TECTÓNICA 24
2.6. SISMICIDAD 26

3. ESTUDIO DE ZONAS 28

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 28

3.2. ZONA 1: ÁREA DE PÁRAMOS 30

3.2.1. Geomorfología 30
3.2.2. Tectónica 34
3.2.3. Columna estratigráfica 36
3.2.4. Grupos litológicos 36
3.2.5. Grupos geotécnicos 61
3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 1 66

3.3. ZONA 2: ÁREA DE CAMPIÑA 67

3.3.1. Geomorfología 67
3.3.2. Tectónica 70
3.3.3. Columna estratigráfica 72
3.3.4. Grupos litológicos 72
3.3.5. Grupos geotécnicos 104
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 2 107

ÍNDICE (cont.)

Pág.

3.4. ZONA 3: ÁREA MESOZOICA. CORDILLERA VASCO-CANTÁBRICA 109

3.4.1. Geomorfología 109
3.4.2. Tectónica 115
3.4.3. Columna estratigráfica 122
3.4.4. Grupos litológicos 122
3.4.5. Grupos geotécnicos 169
3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 3 174

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 176

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS 176
4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS HIDROLÓGICOS 176
4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS LITOLÓGICOS 178
4.4. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS 178
4.5. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS 179
4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 183

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS 186

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 186
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS 186
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES 188
5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES 198
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MÁS DETALLE 199

6. BIBLIOGRAFíA CONSULTADA 200

7. ANEJOS 202

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 203

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 205

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Estudio Previo de Terrenos es determinar los condicionantes geológicos y geotécnicos que de alguna manera pueden influir en una obra de tipo lineal como es una carretera.

Así, se analizan las características litológicas, estructurales y geomorfológicas más sobresalientes, y también otros factores condicionantes de índole geotécnica.

La estabilidad natural de las formaciones (deslizamientos, desprendimientos, etc.) y la posible utilización de las rocas en la construcción de las diversas capas de firmes de carretera, se estudian con particular interés.

El Tramo Quintanadueñas-Aguilar de Campóo está ubicado en las provincias de Burgos y Palencia (véase su situación en la Figura 1), y comprende las siguientes hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000:

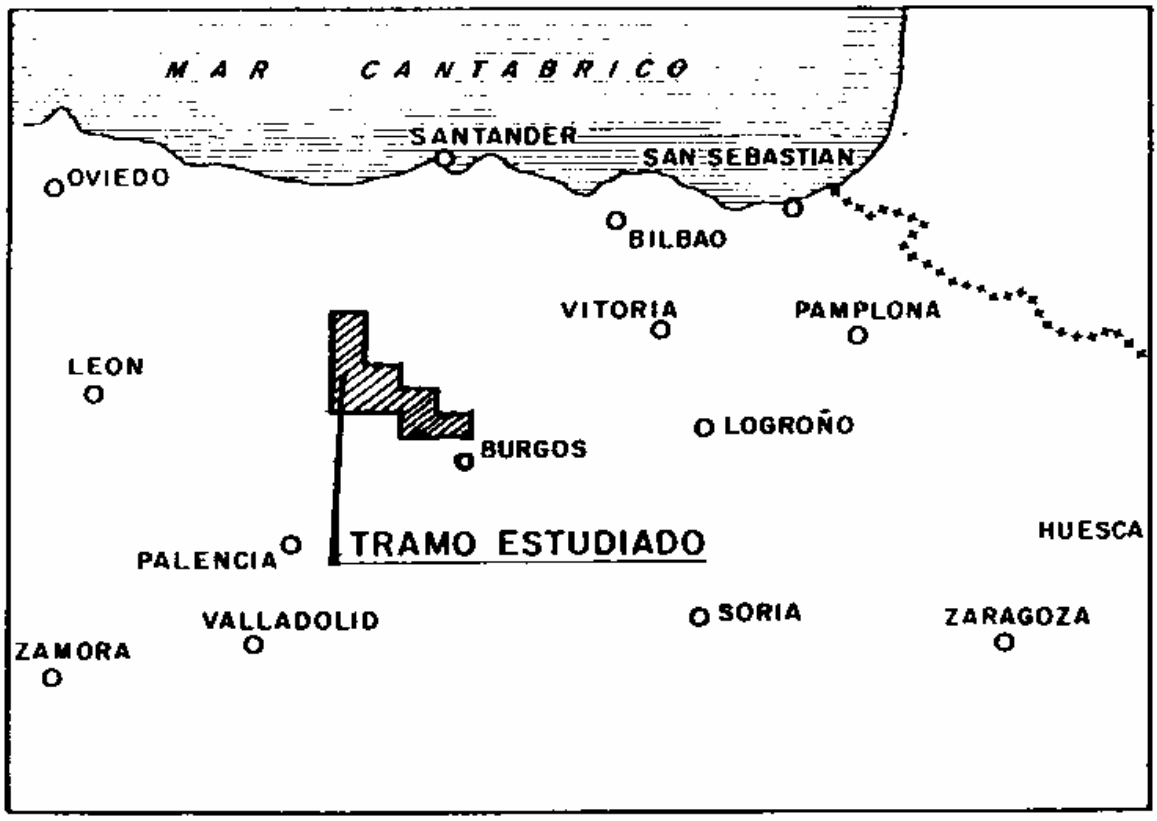


Fig. 1: Esquema de situación del Tramo

Nº	Hoja	Cuadrantes
200	Burgos	1
199	Sasamón	2
166	Villadiego	1, 3 y 4
165	Herrera de Pisuerga	2 y 4
133	Prádanos de Ojeda	2 y 4

El Estudio consta de dos documentos: Memoria y Planos.

La Memoria está dividida en siete capítulos, cuyo contenido se describe brevemente a continuación.

El primer capítulo constituye la presente Introducción al Estudio.

En el segundo se realiza una descripción general del Tramo, atendiendo a sus características topográficas, estratigráficas, tectónicas, geomorfológicas y sísmicas.

En el tercero de los capítulos se realiza una división del Tramo en zonas, según criterios geomorfológicos y tectónicos, y se definen los grupos litológicos y geotécnicos que las integran.

En el cuarto capítulo se describe un resumen de los problemas generales topográficos, hidrológicos, litológicos, geomorfológicos y geotécnicos, junto con la descripción de los corredores de trazado sugeridos.

En el quinto capítulo se hace un estudio resumido de los yacimientos rocosos y granulares más importantes ubicados en el Tramo.

El capítulo sexto se dedica a la bibliografía consultada, y el último capítulo corresponde a los anejos.

En cuanto a los Planos, se incluyen dos mapas litológico-estructurales a escala 1:50.000, que representan la totalidad de la extensión del Tramo, y cuatro esquemas (geológico, geotécnico, de suelos y formaciones de pequeño espesor, y geomorfológico) a escala 1:200.000.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Jesús Martín Contreras
Ldo. en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. José Luís Antón Vicente
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Julián Cuesta Romero
Ldo. en Ciencias Geológicas

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGÍA

Las características climáticas del Tramo se han deducido a partir de los datos aportados por una serie de estaciones meteorológicas, pertenecientes a la red del Instituto Nacional de Meteorología.

La elección de las estaciones se ha realizado atendiendo a tres criterios fundamentales: el primero de ellos es que las estaciones se distribuyen a lo largo de todo el Tramo, el segundo que cada estación contenga el mayor número de variables posibles registradas y el tercero que los años apuntados en cada estación abarquen, a ser posible, como mínimo períodos consecutivos de 30 años, que corresponde al período climático estándar fijado por la Organización Meteorológica Mundial.

Las estaciones consultadas han sido: Pantano de Aguilar de Campóo (nº 2243), Alar del Rey (nº 2257), Villadiego (nº 2285) y Villafría-Burgos (nº 331). Los cuadros 1 a 4 muestran los datos resumen de las estaciones meteorológicas consultadas.

La precipitación anual del Tramo es superior a la media nacional, ya que oscila entre 533,7 mm en Burgos hasta 656,1 mm en el Pantano de Aguilar de Campóo. En todas las estaciones las precipitaciones se distribuyen análogamente durante el año: hay un período de estiaje de Junio a Septiembre y un aumento progresivo de la pluviosidad hacia los meses iniciales y finales del año. Las precipitaciones tienen lugar en un promedio de 100,9 días de lluvia.

El número de días de nieve de media en el Tramo es de 20,5 días siendo la estación de Burgos (Villafría) la que más días de nieve tiene (27,7 días).

En cuanto a las temperaturas, sólo se disponen de datos en las estaciones de Burgos-Villafría, Alar del Rey y Pantano de Aguilar de Campóo.

Las temperaturas medias anuales oscilan entre 9,8º C y 10,6º C. Las temperaturas máximas medias están comprendidas entre 26,3º C y 28,4º C y corresponden a los meses de Julio y Agosto; y las mínimas medias mensuales varían entre -1,9º C y 0,2º C para los meses de Diciembre y Enero.

La temperatura máxima extrema es de 35,8º C y la mínima extrema de -9,4º C.

La oscilación máxima extrema es de 44,3º C y la mínima extrema de 20,7º C.

CUADRO 1.

DATOS DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1961 - 1996), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DEL PANTANO DE AGUILAR DE CAMPÓO

ESTACIÓN PANTANO DE AGUILAR DE CAMPÓO 1961-1996

MES	PRECIPITACIÓN (mm/m²)				Nº DE DÍAS DE								TEMPERATURA (ºC)						
	MEDIA	MÁXIMA	MÁXIMA 24 H	MÍNIMA	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
													MÁXIMA	MÍNIMA	EXTREMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
ENE	76,4	266,9	22,6	4,3	8,8	4,8	0,1	0,3	9,3	0,6	14,6	2,6	13,5	-9,4	23,0	8,6	7,0	-1,7	2,6
FEB	62,5	154,2	16,9	8,3	7,6	4,9	0,1	0,2	6,9	0,6	11,4	2,4	15,5	-8,5	23,9	9,7	8,6	-1,2	3,7
MAR	44,2	113,5	13,1	4,0	8,0	3,3	0,5	0,2	8,6	3,0	12,0	1,3	19,7	-6,4	26,1	11,5	11,6	0,1	5,9
ABR	63,8	191,3	18,8	8,8	10,2	2,1	0,6	1,1	8,1	6,7	6,3	0,3	22,1	-4,0	26,1	11,8	13,6	1,8	7,7
MAY	59,9	190,8	16,3	5,2	12,3	0,6	0,5	3,1	7,9	12,1	1,3	0,0	26,3	-1,3	27,6	12,6	17,5	4,9	11,2
JUN	50,9	120,5	17,5	4,8	8,8	0,0	0,1	3,5	8,1	14,1	0,1	0,0	30,7	2,0	28,7	14,0	21,9	7,8	14,8
JUL	28,3	73,7	14,8	2,2	5,4	0,0	0,1	3,5	8,0	16,3	0,0	0,0	33,7	4,5	29,2	15,9	25,8	9,9	17,8
AGO	23,9	86,5	11,4	0,0	4,7	0,0	0,0	2,7	10,0	16,7	0,2	0,0	33,2	4,3	28,9	16,1	25,9	9,7	17,8
SEP	40,0	113,3	15,6	1,4	7,7	0,0	0,0	1,5	9,2	15,3	0,8	0,0	30,9	1,6	29,4	15,2	22,9	7,7	15,3
OCT	58,1	210,6	19,1	6,5	11,0	0,3	0,0	0,2	8,9	10,1	3,5	0,1	24,4	-1,3	25,7	12,1	17,0	4,9	10,9
NOV	76,2	211,7	24,4	1,3	10,3	2,2	0,1	0,2	8,3	4,8	9,0	1,3	18,9	-5,5	24,4	9,8	11,2	1,3	6,3
DIC	71,8	204,1	21,9	0,0	9,8	3,8	0,0	0,0	10,3	2,1	11,7	3,0	14,3	-8,1	22,4	8,1	7,4	-0,7	3,3
ANUAL	656,1	-	24,4	-	104,4	22,0	2,2	16,5	103,7	102,1	70,7	11,0	33,7	-9,4	43,1	12,1	15,9	3,7	9,8

CUADRO 2.

DATOS DE TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1968 - 1996), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE VILLADIEGO

ESTACIÓN DE VILLADIEGO 1968-1996

MES	PRECIPITACIÓN (mm/m²)				Nº DE DÍAS DE							
	MEDIA	MÁXIMA	MÁXIMA 24 H	MÍNIMA	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO
ENE	58,9	216,3	16,6	4,0	8,5	2,9	0,1	0,1	18,3	1,3	17,1	2,5
FEB	49,6	174,0	16,4	4,1	7,5	3,7	0,2	0,1	12,9	1,2	15,4	2,0
MAR	33,2	98,8	9,8	0,4	7,0	2,9	0,2	0,1	12,6	2,7	15,9	1,0
ABR	61,2	181,0	18,3	8,1	9,1	1,8	0,7	0,2	13,6	4,2	10,5	0,6
MAY	60,6	158,0	15,4	14,5	11,7	0,1	0,5	2,1	13,6	5,0	4,8	0,0
JUN	47,5	128,0	19,2	2,0	7,7	0,0	0,0	2,9	8,5	6,0	0,9	0,0
JUL	28,4	79,0	13,3	IP	4,6	0,0	0,1	3,6	5,6	2,6	0,3	0,0
AGO	25,5	111,5	15,2	IP	4,4	0,0	0,1	2,1	5,7	2,2	0,6	0,0
SEP	37,5	98,5	16,5	1,5	6,8	0,0	0,0	1,3	7,8	3,9	2,9	0,0
OCT	51,5	137,0	15,6	1,3	9,0	0,3	0,0	0,4	12,9	3,7	9,2	0,0
NOV	60,6	234,5	18,4	0,0	8,3	1,8	0,0	0,0	16,8	2,4	15,9	0,9
DIC	60,3	193,0	17,9	4,4	8,5	2,9	0,0	0,1	18,6	2,1	17,5	1,9
ANUAL	574,9	-	19,2	-	93,1	16,4	2,1	12,9	146,9	37,2	110,8	8,9

CUADRO 3.

DATOS DE TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1931 - 1996), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE ALAR DEL REY

ESTACIÓN DE ALAR DEL REY 1931-1996

MES	PRECIPITACIÓN (mm/m²)				Nº DE DÍAS DE								TEMPERATURA (ºC)						
													EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
	MEDIA	MÁXIMA	MÁXIMA 24 H	MÍNIMA	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	MÁXIMA	MÍNIMA	EXTREMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
ENE	67,8	225,9	18,0	0,0	6,9	3,7	0,1	0,1	8,1	0,1	14,1	3,2	13,1	-8,5	21,6	8,6	6,7	-1,9	2,4
FEB	52,2	177,8	15,3	1,4	5,9	4,0	0,2	0,1	3,7	0,3	11,6	3,1	15,4	-7,2	22,5	10,1	8,7	-1,4	3,7
MAR	47,3	130,5	15,1	1,5	7,2	2,2	0,4	0,2	2,1	0,9	10,3	1,2	20,1	-4,9	25,0	11,5	12,4	0,8	6,6
ABR	60,3	203,1	19,3	1,9	8,3	1,3	0,9	0,9	1,2	1,9	7,7	0,6	23,7	-2,9	26,7	12,3	15,1	2,8	8,9
MAY	60,8	170,3	18,0	7,5	10,0	0,2	0,8	2,7	0,8	3,8	4,8	0,1	28,2	-0,2	28,4	13,2	19,2	6,1	12,6
JUN	48,7	122,4	18,6	2,9	7,2	0,0	0,2	3,0	0,8	6,2	1,2	0,0	33,0	3,4	29,6	14,7	23,8	9,1	16,5
JUL	29,0	126,4	15,0	0,0	4,0	0,0	0,2	2,7	0,7	6,0	0,2	0,0	35,8	6,8	29,0	16,7	28,4	11,7	20,0
AGO	23,2	99,5	12,7	0,0	3,9	0,0	0,1	2,3	1,3	9,5	0,2	0,0	34,9	6,2	28,7	16,0	27,5	11,5	19,4
SEP	42,7	138,8	18,2	0,0	6,6	0,0	0,1	1,6	1,9	8,8	3,8	0,0	32,1	3,6	28,4	14,6	23,9	9,3	16,6
OCT	60,9	213,7	20,3	0,0	9,6	0,2	0,0	0,4	3,3	3,9	11,6	0,1	24,8	-0,2	25,0	12,0	17,4	5,4	11,4
NOV	70,9	283,6	20,7	0,0	9,3	1,6	0,1	0,1	6,0	0,3	13,5	1,0	18,2	-4,6	22,8	9,5	10,9	1,4	6,1
DIC	61,9	176,5	19,3	0,0	7,0	2,8	0,1	0,1	8,8	0,2	13,5	1,9	13,7	-7,2	20,9	8,2	7,2	-1,0	3,0
ANUAL	625,6	-	20,7	-	86,0	16,0	3,0	14,2	38,6	41,9	92,5	11,2	35,8	-8,5	44,3	12,3	16,8	4,5	10,6

CUADRO 4.

DATOS DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1967 - 1996), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DEL PANTANO DE BURGOS - VILLAFRÍA

ESTACIÓN DE BURGOS-VILLAFRÍA 1967 - 1996

MES	PRECIPITACIÓN (mm/m²)				Nº DE DÍAS DE								TEMPERATURA (ºC)						
													EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
	MEDIA	MÁXIMA	MÁXIMA 24 H	MÍNIMA	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	MÁXIMA	MÍNIMA	EXTREMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
ENE	46,2	189,2	13,1	0,9	12,5	7,0	2,8	2,8	9,7	3,9	14,4	5,4	12,6	-8,5	21,1	6,1	6,6	0,5	2,7
FEB	45,3	116,2	13,2	2,1	11,1	8,0	3,5	3,0	5,6	4,0	12,3	5,7	14,7	-7,2	21,9	6,7	8,3	1,6	3,8
MAR	36,3	118,8	10,9	4,1	8,2	3,9	0,8	0,3	1,9	3,2	8,9	1,5	19,8	-5,8	25,6	7,3	11,3	4,1	5,9
ABR	57,6	164,5	16,9	3,0	10,2	2,7	1,2	1,2	1,3	4,2	4,2	0,9	21,7	-3,5	25,2	7,6	13,0	5,5	7,6
MAY	71,5	140,0	18,6	15,8	14,2	0,4	1,0	3,2	1,1	7,9	0,8	0,0	25,3	-0,4	25,7	7,6	16,7	9,1	11,0
JUN	44,1	146,0	18,6	0,0	8,4	0,0	0,3	3,1	1,7	7,4	0,0	0,0	30,0	2,7	27,3	8,0	21,7	13,7	15,0
JUL	25,1	83,7	12,0	-0,3	6,3	0,0	0,2	3,9	1,3	8,2	0,1	0,0	34,1	6,1	28,1	9,4	26,3	16,9	18,7
AGO	28,1	151,3	14,1	0,0	5,6	0,0	0,1	2,8	2,5	7,1	0,0	0,0	33,8	5,1	28,7	9,0	26,3	17,3	18,6
SEP	33,2	126,7	14,5	0,0	8,7	0,0	0,1	1,4	2,6	10,2	0,3	0,0	30,7	2,1	28,6	9,1	22,6	13,6	15,5
OCT	45,9	114,6	14,1	1,7	12,5	0,2	0,2	0,4	3,6	9,8	1,7	0,0	24,3	-0,8	25,1	7,9	16,6	8,7	10,9
NOV	52,5	178,2	14,9	0,0	10,7	2,0	0,1	0,2	4,7	5,5	6,5	1,0	18,5	-4,7	23,2	7,1	10,9	3,8	6,3
DIC	47,9	153,4	13,8	3,8	11,5	3,6	0,1	0,0	7,1	3,1	9,6	2,4	13,7	-7,0	20,7	7,0	7,2	0,2	3,6
ANUAL	533,7	-	18,6	-	119,9	27,7	10,5	22,2	43,1	74,6	58,8	16,9	34,1	-8,5	42,6	7,7	15,6	7,9	10,0

En las figuras 2 a 5 se muestran los gráficos de precipitación y de temperatura de las estaciones consultadas.

2.2. TOPOGRAFÍA

El Tramo de estudio está situado en la comunidad autónoma de Castilla y León, y comprende parte de las provincias de Burgos y Palencia.

Geográficamente se ubica en el límite septentrional de la Cuenca del Duero, y el borde meridional de la Cordillera Vasco-Cantábrica.

Desde el punto de vista topográfico, en el Tramo se muestra una gran diferencia entre los paisajes del Norte y los del Sur. El Norte, montañoso y de elevada altitud, forma parte de la Cordillera Vasco-Cantábrica. En el Sur, formando parte de la Cuenca del Duero, cabe distinguir dos paisajes principales, desarrollados sobre materiales terciarios horizontales y predominantemente blandos: en el SE se levantan las mesas de los Páramos, y en el SO, el paisaje está compuesto de formas más suaves que caracterizan a la Campiña.

En el Sureste, la característica fisiográfica más destacable la constituye la presencia de altiplanos, denominados "páramos", que forman superficies elevadas disectadas por una red fluvial muy encajada, donde los ríos crean una morfología de valles de fondo plano y vertientes pronunciadas. Los páramos son estrechos (de 1 a 6 km) y alargados, dispuestos según una dirección N-S, que es la dirección que siguen los ríos principales.

La altitud media en la zona de páramos presenta cotas variables entre 910 y 1.020 m, ascendentes de SO y S a NE y N. Las diferencias altimétricas con los fondos de los valles tienen valores del orden de los 100 m.

En el Suroeste, el tipo de paisaje predominante es de escaso relieve, débilmente alomado, desarrollado sobre los materiales terciarios blandos y subhorizontales de la Cuenca del Duero. Es lo que se conoce como "campiña".

En la campiña, la altura media es de unos 850 m, existiendo unas diferencias medias de cotas entre interfluvios y fondos de valle, de 40 m. Estas diferencias adquieren su valor máximo en las vertientes del río Pisuerga.

El sector Norte, situado sobre materiales mesozoicos, ofrece un paisaje algo diferente; es accidentado y se encuentra disectado, de una manera importante, por la red fluvial. Los términos carbonatados predominan en las elevaciones, y los términos detríticos en los valles. Son características las superficies de erosión, bien conservadas, que conforman zonas altas aplanadas, originando las típicas "mesas" o "loras".

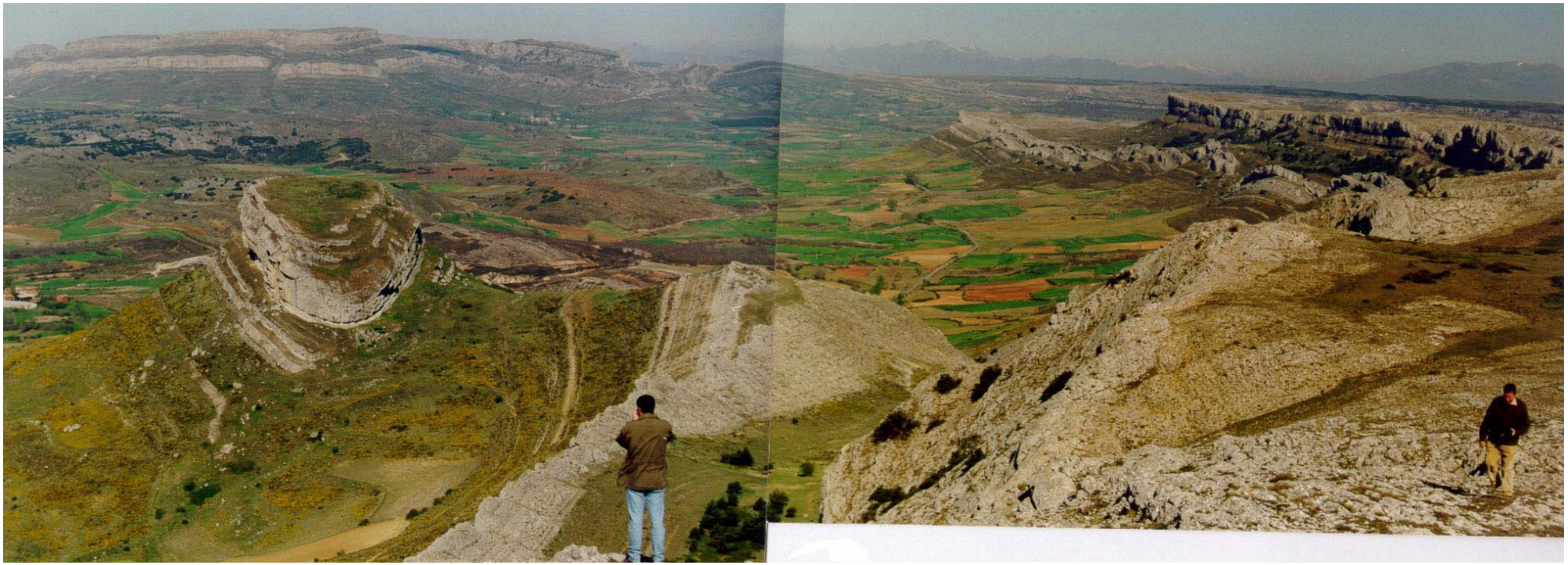
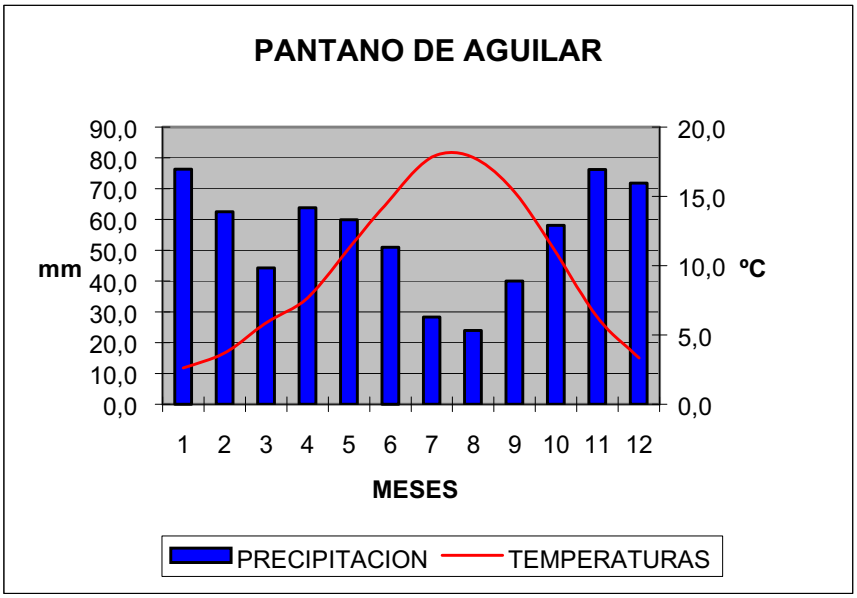


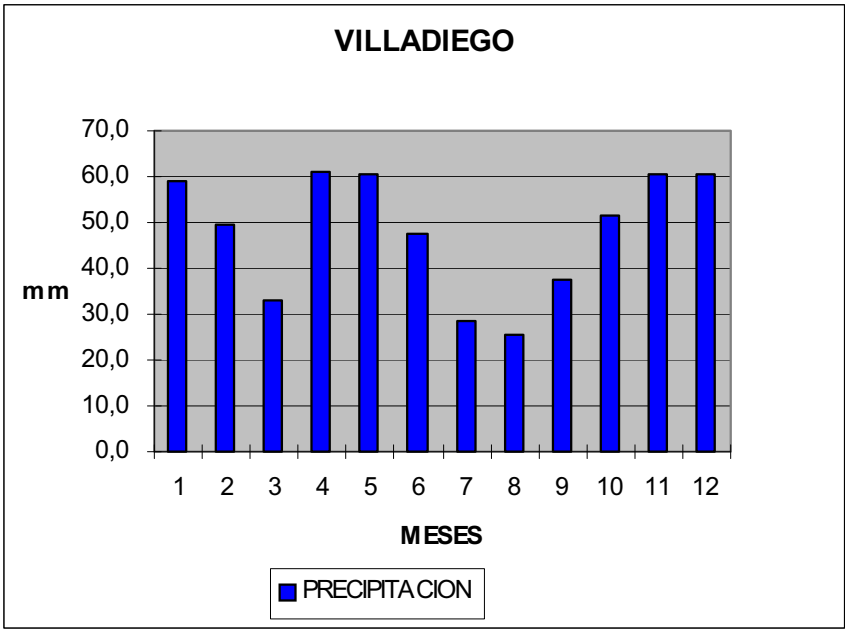
FOTO Nº 1. Desde la Peña Ulaña, en primer término se sitúa la Peña del Castillo, y al fondo, la Peña Amaya.

Fig. 2: Precipitaciones y temperaturas de la estación del Pantano de Aguilar de Campóo



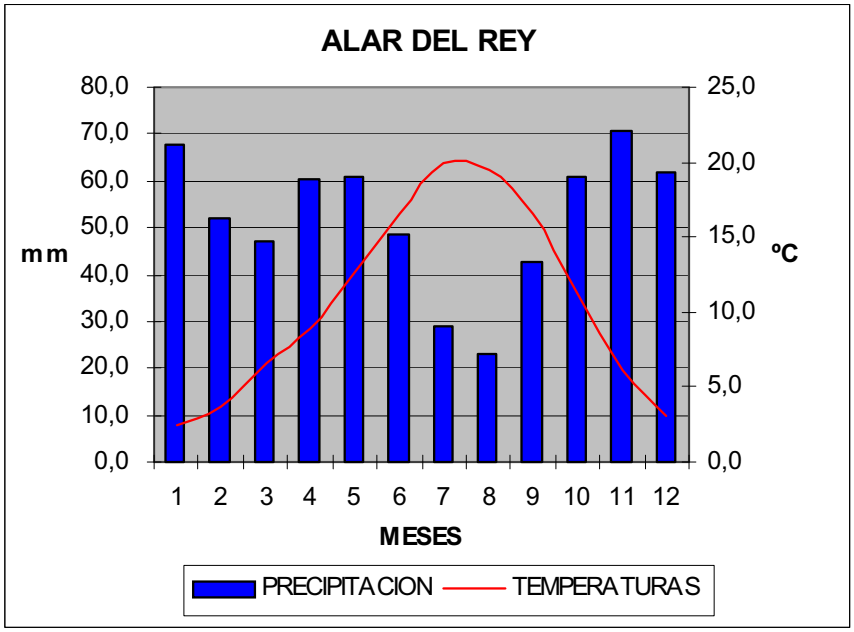
Precipitación anual = 656,1 mm
Temperatura media anual = 9,8ºC

Fig. 3: Precipitaciones y temperaturas de la estación del Pantano de Villadiego



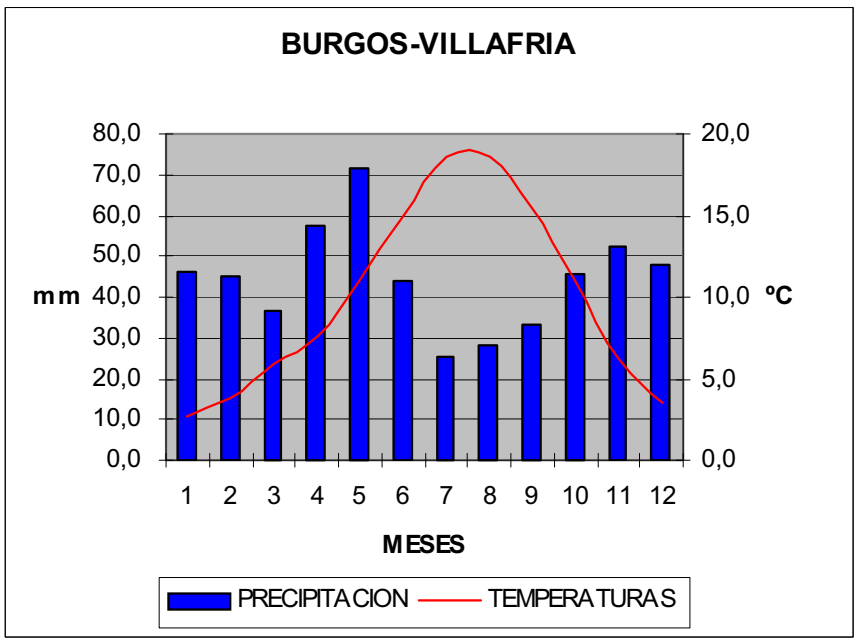
Precipitación anual = 574,9 mm

Fig. 4: Precipitaciones y temperaturas de la estación del Pantano de Alar del Rey



Precipitación anual = 625,6 mm
Temperatura media anual = 10,6ºC

Fig. 5: Precipitaciones y temperaturas de la estación del Pantano de Burgos-Villafría



Precipitación anual = 533,7 mm
Temperatura media anual = 10,0ºC

La altitud media en la zona de los relieves mesozoicos es elevada, en torno a los 1.000 m. Las zonas bajas, por las que discurren los ríos más importantes están alrededor de los 900 m.

Las cotas máximas del Tramo se sitúan en las sierras mesozoicas, (1.362 m en Peña Amaya), y las mínimas en la zona de la campiña, concretamente en el cauce del río Brullés a su paso por Villegas (820 m).

La red fluvial, que nace en las estribaciones de las sierras mesozoicas, se encuentra bien desarrollada, y vierte sus aguas en el Arlanzón y Pisuerga, pertenecientes a la Cuenca del Duero.

Una de las características principales del paisaje meseteño es el modelado fluvial. La red hidrográfica en la zona de páramos es de escasa entidad, ya que, salvo los principales cursos de agua de los ríos Ubierna, Urbel, Ruyales y Hormazuelas, el resto de la red la constituyen riachuelos de poca importancia y funcionamiento estacional. La dirección de los cursos principales es submeridiana.

En la campiña, los principales ríos son el Brullés, Odra, Riomane y Pisuerga.

En las sierras mesozoicas, la red hidrográfica secundaria sigue a grandes rasgos las directrices estructurales, mientras los cursos principales suelen cortar las estructuras geológicas. El río Pisuerga es el que vertebra esta zona, siendo sus principales afluentes los ríos Sauguillo, Monegro, Lucio, Camesa y Reitobas.

El asentamiento humano se verifica en pequeños núcleos urbanos, normalmente de menos de 500 habitantes, localizados a lo largo de los principales valles. Las poblaciones más importantes son Villadiego, Herrera de Pisuerga, Alar del Rey, Prádanos de Ojeda y Aguilar de Campóo.

En cuanto a las comunicaciones, las principales vías corresponden a las carreteras N-623 de Burgos a Santander, que apenas atraviesa el Tramo en su extremo suroriental, la N-627 de Burgos a Aguilar, y la N-611 de Palencia a Santander, que atraviesa el Tramo en dirección N-S; junto con la línea de ferrocarril Madrid-Santander.

El resto de las vías de comunicación son estrechas carreteras locales y comarcales, además de numerosos caminos resultado de la concentración parcelaria.

2.3. GEOMORFOLOGÍA

En el Tramo se muestra una gran diferencia entre los paisajes del Norte y los del Sur. El Norte, montañoso y de elevada altitud, forma parte de la Cordillera Cantábrica (Orla mesozoica Vasco-Cantábrica). En el Sur, formando parte de la Cuenca del Duero, cabe distinguir dos paisajes principales, desarrollados sobre materiales terciarios horizontales y

predominantemente blandos: En el SE se levantan las mesas de los Páramos, y en el SO, el paisaje está compuesto de formas más suaves que caracterizan a la Campiña.

En razón de todo lo descrito anteriormente, el Tramo Quintanadueñas-Aguilar de Campóo se puede dividir en tres áreas geomorfológicamente bien diferenciadas: área de páramos y área de campiña, emplazadas en la Cuenca terciaria del Duero, y área mesozoica de la Cordillera Vasco-Cantábrica.

En el área de páramos, el relieve es típicamente tabular y amesetado; y debe su morfología al contraste litológico entre las capas subhorizontales duras (calizas de los páramos), que protegen a los materiales blandos subyacentes de la erosión.

Las mesetas terciarias presentan cotas variables entre 910 y 1.020 m, ascendentes de SO y S a NE y N. La red fluvial se presenta encajada hasta un máximo de 120 m bajo los páramos.

El límite de la superficie estructural de los páramos da lugar, en el borde de los mismos, a escarpes, bajo los cuales arranca la cuesta, que va a enlazar con el fondo de los valles. Estas cuestas, de pendientes fuertes, construidas en terrenos esencialmente margosos y tapizadas en gran parte por derrubios de gravedad, muestran con bastante frecuencia signos de inestabilidad fósiles, latentes, e incluso activos.



FOTO Nº 2. Deslizamiento fósil en una ladera situada a 1,5 km de Ros, en dirección a los Tremellos. Los materiales involucrados son margas de la Facies Cuestas (Grupo 321e).

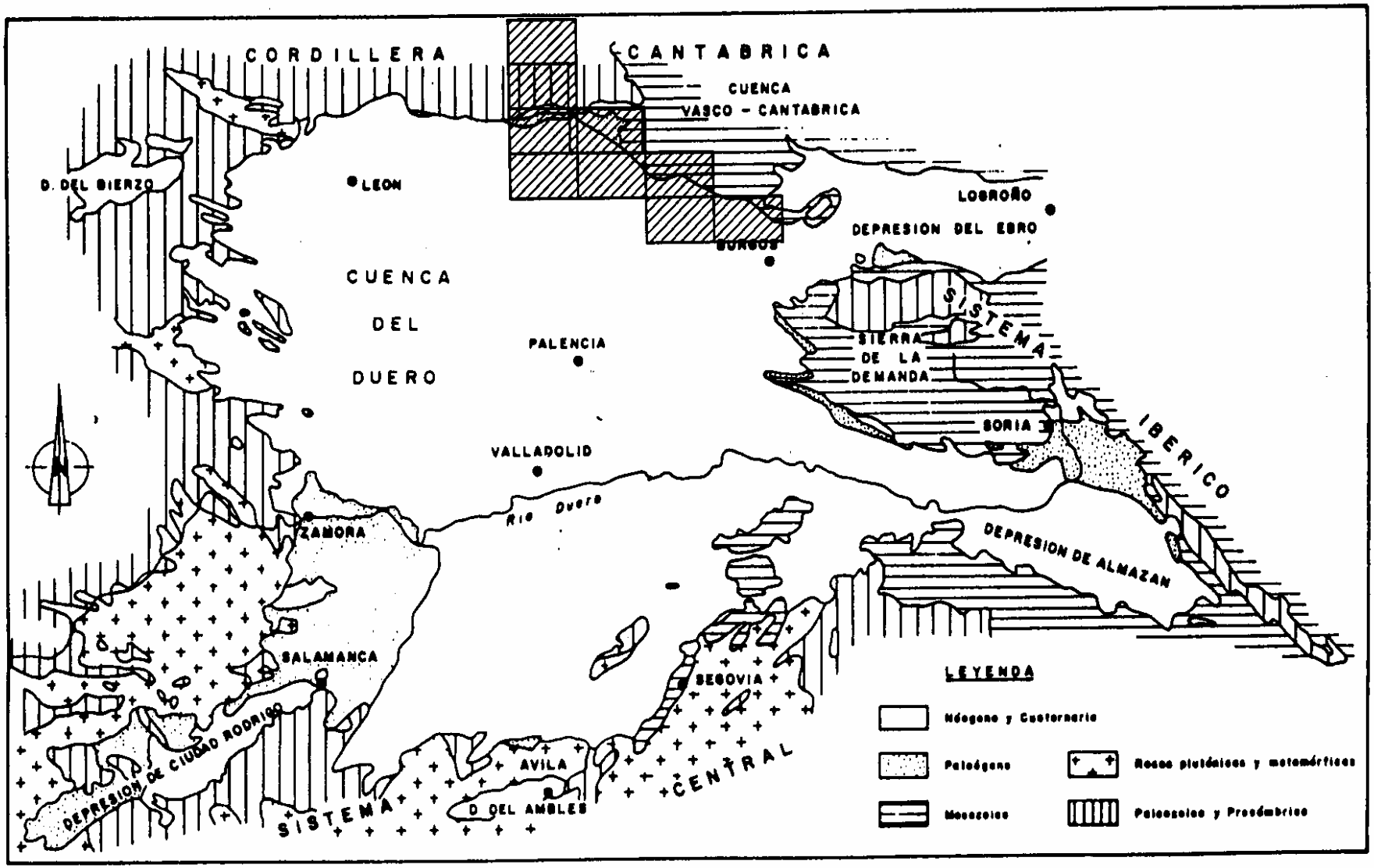


FIG.- 6 ESQUEMA DE SITUACION DEL TRAMO EN EL CONTEXTO GEOLOGICO DE LA CUENCA DEL DUERO

El área de campiña se caracteriza por el desarrollo de un relieve escasamente accidentado, de lomas suaves y barrancos poco profundos, que responde a la actuación de los procesos de disección fluvial sobre los fangos del substrato terciario, de carácter blando. Las vertientes están en general regularizadas, encontrándose la ladera cubierta por un tapiz de gravas y fangos.

La red fluvial principal ha creado un entorno de llanuras fluviales, separadas por lomas, que constituyen unos interfluvios poco elevados sobre los cauces. También cuenta con varios replanos constituidos por terrazas fluviales.

El área de la Cordillera, de relieve abrupto, contrasta morfológicamente las dos áreas anteriores, pertenecientes al Dominio Morfoestructural de la Cuenca del Duero. Presenta un relieve variado, donde destacan grandes formas estructurales: mesas, crestas, etc., y los ríos se encajan violentamente dando lugar a profundos valles y desfiladeros.

La morfología de esta zona ha sido controlada fundamentalmente por la diferente competencia de los materiales del substrato mesozoico y por la estructura geológica del mismo; así, calizas y dolomías constituyen los elementos duros y más resistentes, y margas y arenas los más incompetentes. El relieve resultante se manifiesta en relieves invertidos, con amplias zonas deprimidas en el núcleo de los anticlinales (en los que aflora el Weald, arenoso) y las mesas o loras constituidas en los sinclinales (formados sobre todo por calizas del Cretácico Superior). Entre ambas hay formas de cuesta, replanos estructurales y crestas, asociadas con fallas o pliegues en calizas, y localizadas en estrechas zonas de corredores con mayor complicación tectónica.

En este área se conservan huellas de un arrasamiento generalizado que da lugar a la "Superficie de Erosión Fundamental", sobre la que destacan algunos relieves, en forma de mesas, que coinciden con los anteriormente citados, correspondientes a relieves residuales.

Por lo que se refiere a los procesos activos, en este área de la Cordillera se han localizado numerosas inestabilidades ligadas a movimientos de ladera en estado fósil, latente o activo, principalmente en laderas donde afloran arenas débilmente cementadas de la Facies Utrillas; desprendimientos de los escarpes calizos, y otros procesos relacionados con fenómenos de erosión.

Dentro de este área, existe una banda que podría considerarse como de transición con las áreas adyacentes de la Cuenca del Duero, situadas hacia el Sur, constituida por materiales paleógenos plegados solidariamente con el mesozoico.

Existen una serie de formas de erosión y acumulación que son comunes a todas las áreas diferenciadas en el Tramo. Dentro de estas últimas, los fondos de valle, las vegas y las terrazas son los más importantes.

Los depósitos aluviales tapizan los fondos de los valles excavados por los ríos y arroyos en el substrato. Son depósitos poco coherentes, cuya composición es de arenas y gravas en una matriz limo-arcillosa. Están constituidos por aportes de procedencia longitudinal (fluvial) y lateral (laderas), dando fondos planos o en "U". Se apunta para estos valles una génesis por solifluxión, con concavidad de enlace en las laderas, y cuya alimentación principal procede de las vertientes regularizadas, en las que los depósitos se han movido también por solifluxión.

En muchos casos, estos valles de arroyos poco funcionales, adquieren un amplio desarrollo lateral, creando áreas llanas, de escasa pendiente, y mal drenaje superficial.

En los valles de los principales ríos, especialmente el río Pisuerga, la llanura de inundación ha creado extensas vegas. Su anchura llega alcanzar los 2 km al SE de Aguilar. Estos ríos, en su proceso de encajamiento, han dejado unos sistemas de terrazas, pudiéndose distinguir un total de hasta 10 plataformas escalonadas por encima del nivel del cauce, en el caso del río Pisuerga.

Asentados sobre los fondos de valle, llanura aluvial o terrazas bajas, a la salida de varias torrenteras, se forman conos de deyección.

En cuanto a los coluviones que se encuentran en el Tramo, son pequeños y de poca potencia, al igual que los canchales, que se localizan al pie de los escarpes calcáreos.

La Raña es otra forma acumulativa común al Tramo, aunque de escasa representación. Se localiza al Norte y aparece entre los 940 y los 1.060 m, ofreciendo una pendiente aproximada del 2 %, siempre dirigida hacia el centro de la cuenca.

Por lo que respecta a las formas erosivas, a estas pertenece la incisión lineal, que actúa principalmente en las cabeceras de la red fluvial secundaria, y las cárcavas, formadas en laderas de pendiente acusada, no tapizadas por depósitos coluvio-eluviales.

La red fluvial, sobre el Terciario, drena principalmente hacia el Sur, desde la Cordillera Cantábrica hacia el centro de la cuenca. Sobre el Mesozoico, lo hace con otras direcciones, adaptándose a las estructuras y a la litología.

Los principales cursos fluviales son el río Ubierna, Urbel, Ruyales, Hormazuelas, Brullés, Odra, Riofresno, Burejo, Pisuerga y Camesa; todos ellos afluentes del Arlanzón y Pisuerga y, a través de estos, del Duero.

La red fluvial secundaria en el Dominio de la Cuenca del Duero, es de tipo dendriforme, fruto de su encajamiento en materiales más o menos homogéneos y con estratificación horizontal o subhorizontal. Los cauces se encajan en las capas blandas, mientras que las duras dan fuertes resaltes, es el tipo de red denominada "en reja", con un gran control estructural.

En las proximidades de Aguilar de Campóo, el Pisuerga queda regulado por un embalse de 100 a 200 Hm³ de capacidad, situándose en 942 m la cota máxima de embalse.

Finalmente, indicar que para cada una de las zonas en que se ha dividido el tramo de estudio, se hace más adelante una descripción fisiográfica y morfoestructural particularizada, en la que se describe la disposición actual del relieve, como consecuencia de la naturaleza de los materiales que forman el substrato geológico y de la disposición estructural de los mismos; y, por otro lado, se efectúa un análisis de las principales formas que componen cada una de estas unidades, y la influencia de los procesos exógenos en el modelado.

2.4. ESTRATIGRAFÍA

La columna estratigráfica general del Tramo consta de materiales mesozoicos, terciarios y cuaternarios. Desde el punto de vista estratigráfico se diferencian claramente dos áreas, una situada al Norte y formada por materiales mesozoicos pertenecientes a la Región Vasco-Cantábrica; y otra, al Sur, caracterizada por la presencia de unidades terciarias de la Cuenca del Duero.

Los materiales mesozoicos corresponden a los sistemas Triásico, Jurásico y Cretácico. El primero está constituido por materiales lutítico-arcillosos con niveles de yesos dispersos, en facies Keuper; su desarrollo superficial es escaso y se encuentra asociado siempre a grandes fracturas regionales, por lo que sus contactos, al menos parcialmente, son mecánicos.

En continuidad estratigráfica aparente, se disponen depósitos carbonatados del Triásico Superior-Jurásico Inferior, formado por términos de calizo-dolomíticos y carniolas oquerosas sobre los que se dispone una serie alternante de margas, margocalizas y calizas, correspondientes a las facies rítmicas del Lías y Dogger. Sobre estas unidades jurásicas marinas se disponen términos detríticos y carbonatados sedimentados en condiciones continentales, con alguna esporádica conexión marina, afines a la Facies Purbeck.

El Cretácico Inferior se dispone discordante sobre estas unidades del Purbeck, mediante términos detríticos asignables a la Facies Weald, que se compone de un conjunto alternante de areniscas, arenas y limolitas, con términos groseros. La serie estratigráfica se

continúa con el ciclo detrítico del Aptiense-Albiense, que, de Norte a Sur, se disponen gradualmente sobre la Facies Weald, la Facies Purbeck y el Jurásico marino, faltando el resto por erosión. Es característica la presencia de intercalaciones carbonosas en estos materiales.

El Cretácico Superior comienza con una importante discordancia sobre la que se sitúan los característicos términos detríticos en Facies Utrillas, de edad Albiense-Cenomaniense. Sobre esta transición se deposita el resto del Cretácico Superior, que está organizado en tres complejos de barras calcáreas sucesivos, a veces dolomitizadas, con facies margosas que se intercalan a diferentes alturas, destacando en el Santoniense un importante conjunto margoso que representa el máximo transgresivo del Cretácico Superior. Culminan esta sedimentación carbonatada unos términos carbonatados y margo-dolomíticos, de edad Campaniense Alto-Maastrichtiense, que dan paso a la Facies Garum, compuesta por materiales arcillosos rojos y verdes de afinidad continental.

Se diferencian dos contextos paleogeográficos, separados por el Accidente de Becerril, que tienen un importante reflejo en la estratigrafía hasta la parte media del Santoniense, momento en el que se homogeneiza la sedimentación. Los afloramientos más meridionales (Rebolledillo de la Orden, Cuevas de Amaya), se caracterizan por presentar un importante hiato sedimentario que comprende al Cenomaniense Superior, Turoniense y Coniaciense, y el substrato de la Facies Utrillas es el Lías inferior. En los sectores situados al norte del Accidente, se encuentran bien representados todos los términos de la serie, y el substrato de la Facies Utrillas corresponde a los términos detríticos del Aptiense-Albiense, o a diferentes unidades jurásicas marinas.

El Terciario de la Cuenca del Duero está representado por sedimentos continentales generados mediante un dispositivo de relleno de abanicos aluviales (facies detríticas) en los bordes, que pasan gradualmente a facies lacustres (margas, calizas y evaporitas) en las partes centrales. La construcción y relleno de la cuenca se inicia en el Paleógeno, prosiguiendo a lo largo de todo el Paleoceno hasta el Plioceno.

Hacia los bordes de la Cuenca del Duero se diferencian varios ciclos de relleno, compuestos esencialmente por depósitos terrígenos, correspondientes a sistemas de abanicos aluviales y fluviales, más o menos desarrollados, cuyos ápices se localizan en el borde meridional mesozoico de la Cordillera Vasco-Cantábrica, dando lugar, a su vez, a distintos ambientes sedimentarios que vienen caracterizados por sus facies, de las cuales a continuación se describen las más representativas.

Los materiales paleógenos afloran adosados al borde de la cuenca. La primera etapa de sedimentación Paleógena está constituida por términos detríticos silíceos depositados en clara discordancia sobre la Facies Garum. También en discordancia se disponen, sobre

el Paleógeno basal y sobre otras unidades cretácicas y jurásicas, potentes depósitos conglomeráticos de color rojizo, que intercalan depósitos más finos en menor proporción, de edad Eoceno-Oligoceno.

El siguiente ciclo tiene una edad Astaraciense. Coexisten múltiples abanicos aluviales de pequeño radio, con importantes sistemas de abanicos fluviales, que constituyen las redes principales de drenaje. El área comprendida entre estos abanicos fluviales se caracteriza por la presencia de facies carbonatadas charcustres-palustres, originadas por deficiencias en el drenaje. Las facies conglomeráticas, pertenecientes a los contextos proximales de los abanicos, se denominan Facies Alar del Rey-Vega de Riacos, y los depósitos del frente, que se caracterizan por la elevada proporción de lutitas, son conocidos como Facies Grijalba-Villadiego.

El ciclo siguiente, discordante sobre el anterior, se sitúa en el Mioceno Superior. Es de naturaleza principalmente silícea y las facies conglomeráticas de orla media y frente proximal corresponden a la denominación de Abanico de Cantoral. Los depósitos de frente distal se conocen como Facies de La Serna.

Discordantes sobre materiales neógenos y paleógenos en la Cuenca del Duero, y sobre términos principalmente cretácicos en la Cordillera Vasco-Cantábrica, se encuentran diseminados pequeños afloramientos de sistemas aluviales groseros del Plioceno Superior, que corresponden al último episodio aluvial finineógeno (Raña).

Los materiales del Mioceno Inferior, Medio y Superior, constituyen la mayor parte de la extensión cartográfica del Terciario en el Tramo. Las tres grandes unidades neógenas de la zona central de la Cuenca son la Facies Tierra de Campos (Astaraciense), la Facies Cuestas (Mioceno Superior, Astaraciense-Vallesiense) y Calizas del Páramo (Turoliense-Plioceno).

La Facies Tierra de Campos y su equivalente lateral la Facies Grijalba-Villadiego, de tonos rojos y ocres, está constituida por arcillas, limos, arenas, areniscas y conglomerados; estos últimos más frecuentes en el cuadrante NE de la Hoja de Herrera de Pisuerga. Estos materiales afloran extensamente en el sector SO del Tramo.

La Facies Cuestas está representada esencialmente por margas, frecuentemente yesíferas, que intercalan niveles de calizas más o menos margosas y lechos detríticos. De forma generalizada, estos materiales afloran en las fuertes pendientes que unen los fondos de los valles con las superficies de las parameras del sector SE del Tramo.

Las Calizas del Páramo incluyen los niveles calizos terminales de la sucesión miocena, y dan lugar a los horizontes de páramos existentes en la región, en el extremo SE del Tramo.

A muro de la Facies Tierra de Campos se define la Facies Dueñas, formada por margas y arcillas calcáreas, con intercalaciones de calizas. Se hace muy evaporítica en el sector oriental del Tramo, correspondiente a la Hoja de Burgos (Facies Villatoro).

Los depósitos más recientes son cuaternarios, resultado de la disección fluvial y la evolución de pendientes consiguiente. Son destacables las terrazas y la llanura aluvial del río Pisuerga, de gran extensión al SE de Aguilar de Campóo.

2.5. TECTÓNICA

El Tramo de estudio engloba la terminación estructural suroccidental de la Cordillera Vasco-Cantábrica y el borde septentrional de la Cuenca del Duero.

La Cordillera Vasco-Cantábrica se caracteriza por estar afectada por los acontecimientos geodinámicos que conforman el Ciclo Alpino. Durante la etapa distensiva sinsedimentaria se ve afectada, entre otras, por las fases kimméricas, neokimméricas y aústricas. Durante las fases compresivas pirenaicas actúa una tectónica de cobertera, de carácter tangencial, que se ve favorecida por la existencia de un importante nivel de despegue, a favor de los materiales plásticos del Triásico. Los movimientos de desgarre han sido muy importantes, tanto en las etapas sedimentarias como en las de actividad orogénica.

Toda esta superposición de fases deformativas conforman el aspecto tectónico observable en esta Región, con una estructura compleja, que muestra una coexistencia de distintas direcciones de ejes de plegamiento y una superposición de la Fase Pirenaica y la Neokimérica; aunque los efectos más patentes son responsabilidad de la Fase Pirenaica.

Los materiales mesozoicos de la Región Vasco-Cantábrica se han dividido en varias unidades, según su grado de deformación y posición geográfica. El Tramo de estudio comprendido en esta Región engloba una gran parte de la denominada Franja o Banda Plegada de Montorio (Dominio Periasturiano), y el límite occidental de la Plataforma Burgalesa o Plataforma Estructural de los Páramos de la Lora (Dominio Cántabro-Navarro), separados ambos por el Accidente de Ubierna.

La Banda Plegada de Montorio, a su vez, se subdivide en cuatro áreas separadas por accidentes tectónicos. Así, el Accidente de Becerril del Carpio, separa la zona de La Ojeda, al Suroeste, de la zona de Amaya-Pisuerga, al Noreste. Y el Accidente de Villamartín de Villadiego separa a esta última de la zona de Ulaña-Coculina, situada al Este. La Sierra de Ubierna constituiría la cuarta zona, situada en la terminación E-SE de la Banda Plegada.

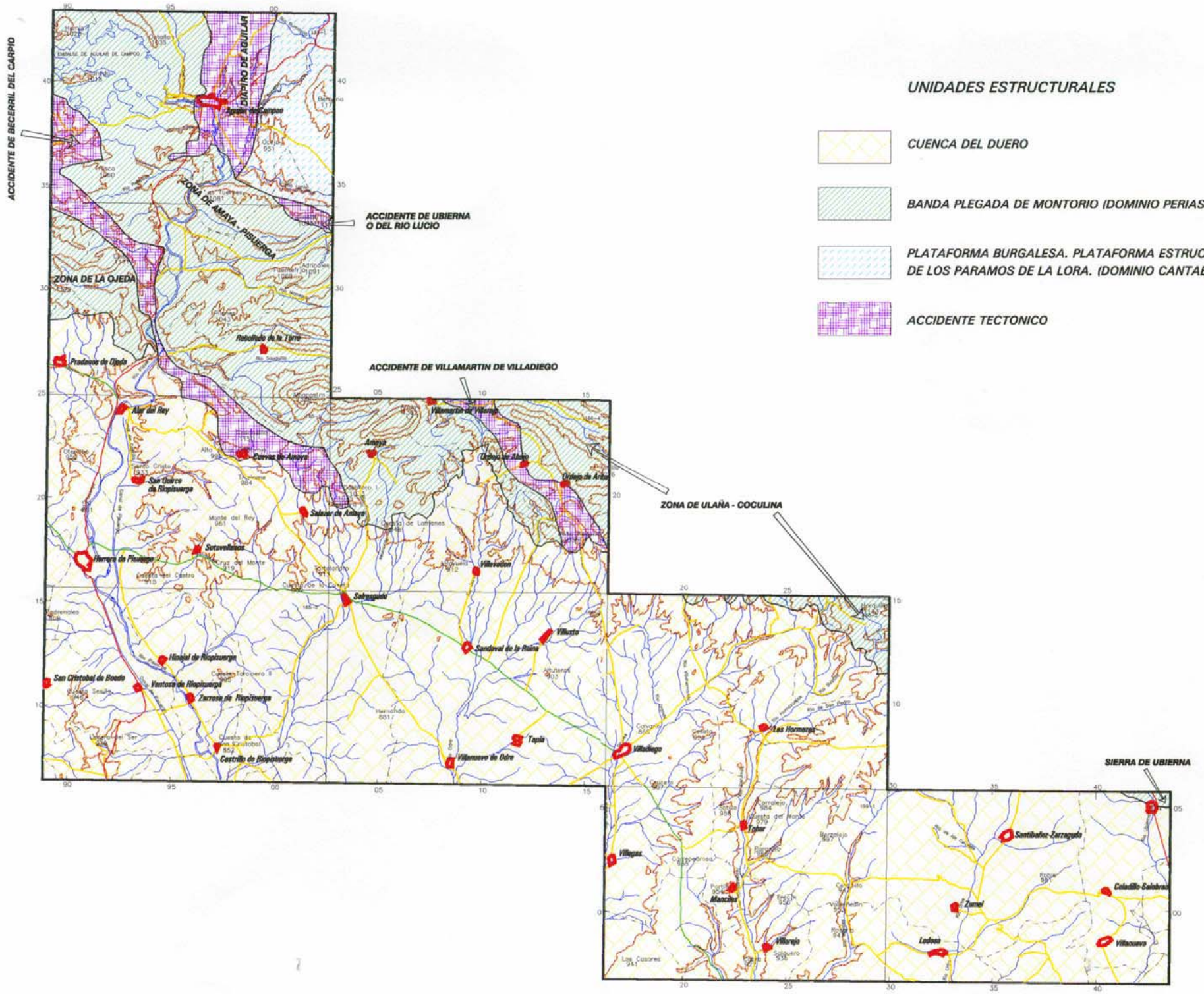


FIG. 7 ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL TRAMO
UNIDADES ESTRUCTURALES

Escala 1:200.000

La zona de contacto entre la Cuenca del Duero y la Cordillera Vasco-Cantábrica está constituida por conglomerados terciarios, que se encuentran débilmente basculados hacia el Sur. Esta formación conglomerática suele ser discordante sobre el Mesozoico, y, en algunos puntos, el Cretácico Superior de la Banda Plegada suele cabalgar a los conglomerados terciarios, incorporándolos incluso en algunas escamas.

Los materiales de la Cuenca del Duero se caracterizan por la disposición horizontal o subhorizontal, y por la ausencia casi completa de actividad tectónica.

Las etapas alpinas tardías desencadenan la configuración de la Cuenca del Duero a través de una distensión relativa inducida por desgarres. Las siguientes manifestaciones tectónicas afectan a los conglomerados calcáreos terciarios que conforman la zona de borde de la Cuenca del Duero. Estas pueden ser reflejo de las Fases Sávica y Stayrica.

Durante el Mioceno Medio (Aragoniense Superior) tiene lugar una reactivación del Borde Cantábrico durante la fase de deformación denominada Intraaragoniense. Esta reactivación se manifiesta por una discordancia estructural entre materiales del Mioceno Inferior y Medio.

A finales del Vallesiense, una nueva fase de deformación, denominada Intravallesiense o Atica, se pone de manifiesto por la presencia de una nueva discontinuidad, que afecta a la Facies Cuestas e inicia el comienzo de un nuevo ciclo, cuya superficie de colmatación son las Calizas de los Páramos.

A partir de esta última fase, tiene lugar, aunque de forma muy restringida, una etapa de deformación de pequeña intensidad, con fracturas, alabeos, etc., y el consiguiente nuevo ciclo sedimentario correspondiente a las Calizas del Páramo 2. Estas afloran al Sur, fuera del Tramo estudiado, y corresponderían a la Fase Iberomanchega I.

La última fase tectónica de cierta importancia tiene lugar en el Plioceno. Su actividad se ve limitada a suaves basculamientos con los que posiblemente estén relacionados los episodios sedimentarios detríticos correspondientes al Aluvial Finineógeno. Se sitúan en la región, con un carácter extensivo, a techo de los materiales neógenos previos de la Cuenca del Duero, y sobre términos preneógenos deformados, en las áreas de la Banda Plegada.

2.6. SISMICIDAD

APARTADO DEROGADO

En cuanto a la sismicidad, la zona de estudio tiene una aceleración básica de cálculo $a_b < 0,04$ g.

La aceleración sísmica de cálculo viene dada por la expresión:

$$a_c = \rho \cdot a_b$$

Para construcciones de normal importancia con un período de vida de 50 años $\rho = 1{,}00$.

Para construcciones de especial importancia con un período de vida de 100 años $\rho = 1{,}30$.

Para los dos tipos de construcciones anteriores, la aceleración sísmica de cálculo resulta menor de 0,06 g.

De acuerdo con la Norma Sismorresistente NCSE-94 de construcción al ser la aceleración sísmica de cálculo menor de 0,06 g no es necesaria la consideración de las acciones sísmicas en las obras y servicios realizados en la zona.

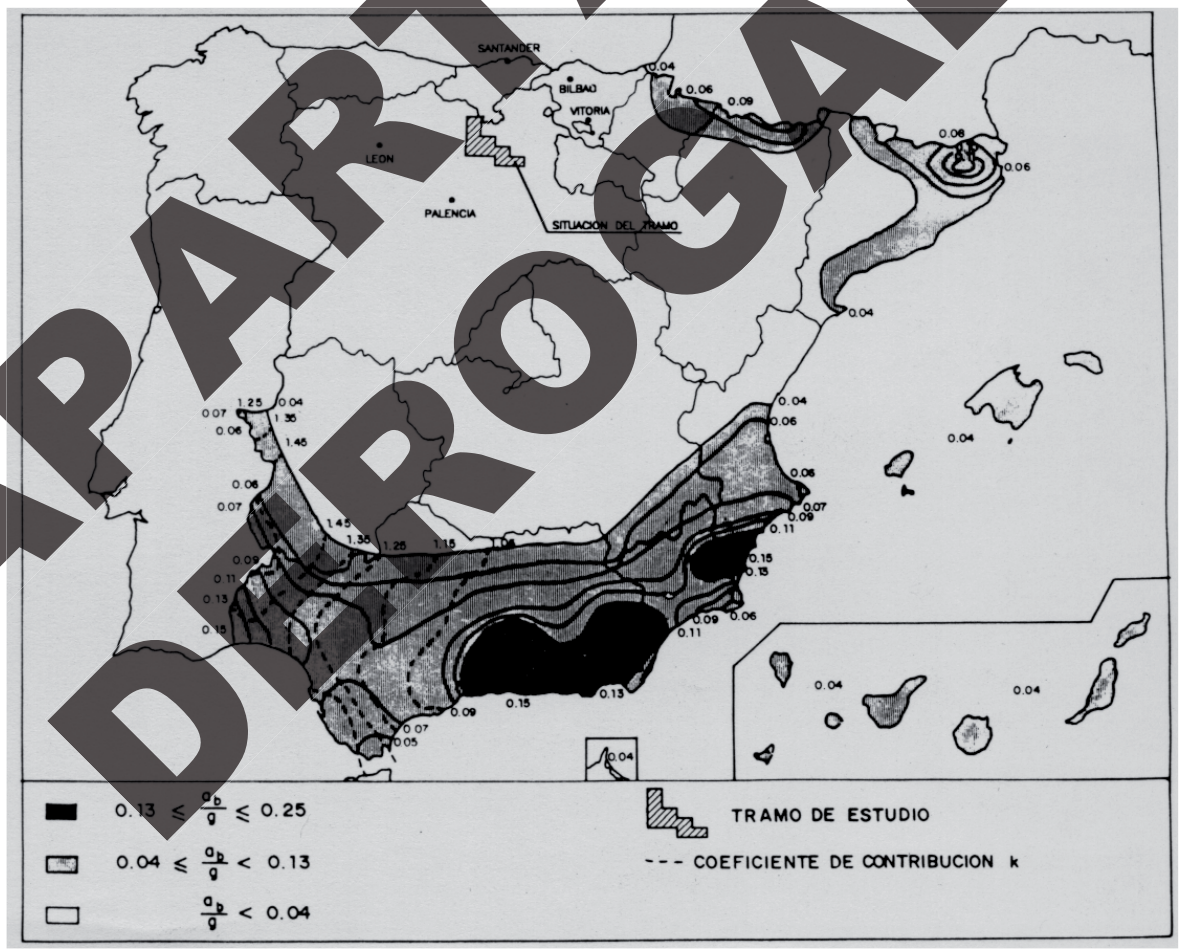


Fig. 8: Situación del tramo en el Mapa Sismorresistente

APARTADO DEROGADO

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

Para una mejor sistematización de este Estudio se ha establecido una división del Tramo en tres zonas, atendiendo a sus características litológico-estructurales y geomorfológicas, que son las que principalmente pueden condicionar las obras viales a realizar en un futuro. La distribución geográfica de estas zonas se muestra en la Figura 9, y sus características diferenciadoras son las siguientes:

- ZONA 1: Se ha denominado "Área de Páramos". Está situada en el sector suroriental del Tramo estudiado, en el borde septentrional de la Cuenca del Duero. Morfológicamente constituye una unidad formada por páramos y cuestas con valles encajados. La naturaleza de los materiales es eminentemente carbonatada, margosa y arcillosa. La edad de estos materiales es terciaria.

  El acceso a esta Zona 1 es fácil a través de los principales cursos fluviales, que la surcan según una dirección N-S. La intercomunicación entre los distintos valles presenta dificultades de trazado y problemas geotécnicos relacionados con las laderas.

- ZONA 2: Se ha denominado "Área de Campiña". Está situada en el sector suroccidental del Tramo estudiado, borde nororiental de la Cuenca del Duero. Morfológicamente se caracteriza por un relieve suave y alomado, surcado por arroyos poco funcionales, en valles abiertos y poco encajados en el substrato. La naturaleza de los materiales es detrítica, principalmente arcillosa, y la edad terciaria.

  En esta Zona 2 la morfología es suave y los problemas son escasos, en principio adecuada para obras viales.

- ZONA 3: Se ha denominado "Área Mesozoica. Cordillera Vasco-Cantábrica". Se sitúa en el sector Norte del Tramo estudiado, correspondiente al borde meridional de la Cordillera Cantábrica. Morfológicamente se caracteriza por un relieve accidentado, montañoso en algunos casos, y de elevada altitud. La naturaleza de los materiales es tanto carbonatada como detrítica, y su edad mesozoica.

  En esta Zona 3, la disposición estructural responde a una orientación general ONO-ESE y, dada su morfología accidentada, son poco practicables los accesos, sobre todo en dirección distinta a la de las estructuras. Las laderas manifiestan problemas localizados de estabilidad.

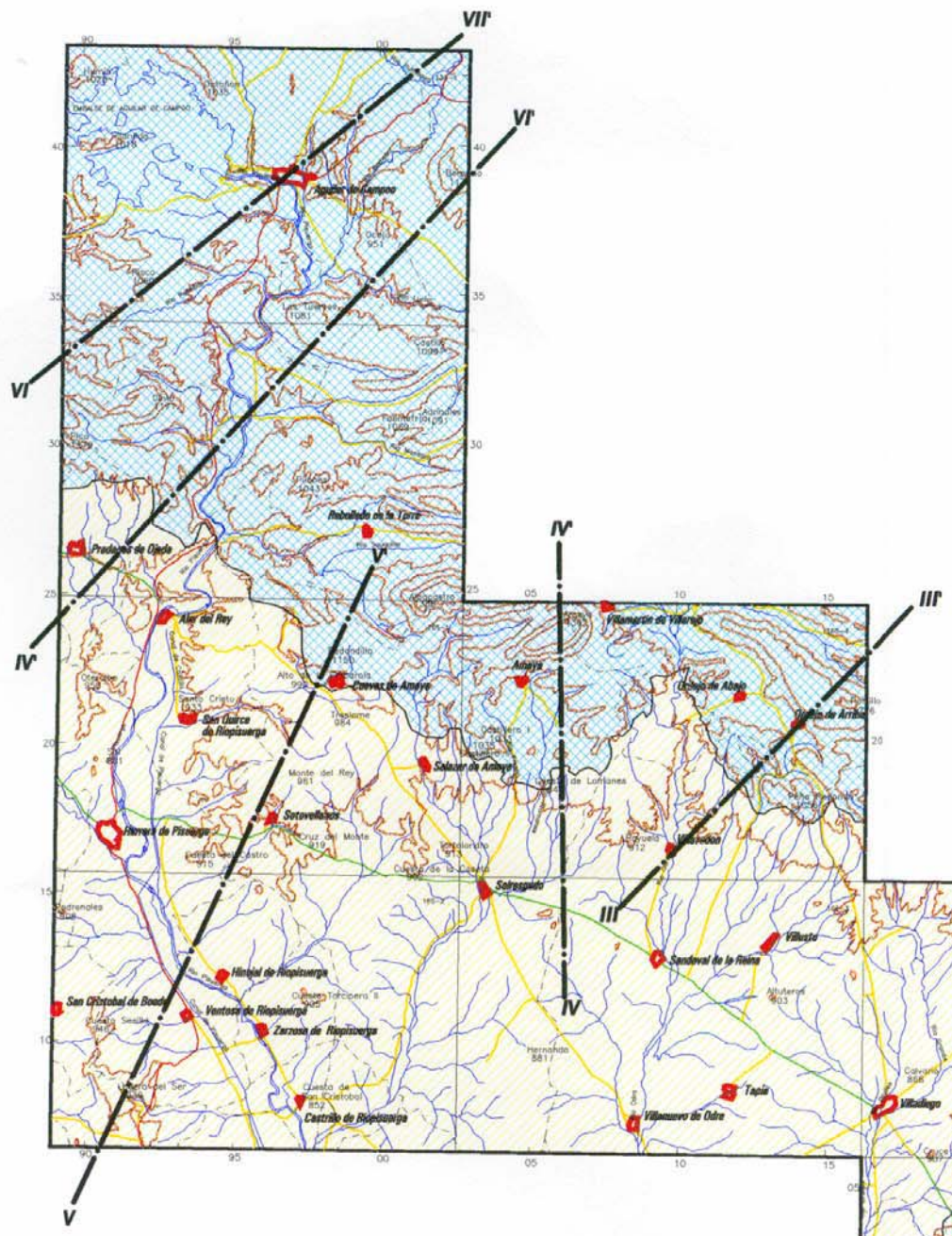


FIG. 9 ESQUEMA DONDE SE MUESTRA LA DISTRIBUCION EN ZONAS DEL TRAMO DE ESTUDIO Y LA TRAZA DE LOS CORTES GEOLOGICOS REALIZADOS.

Escala 1:200.000

3.2. ZONA 1: ÁREA DE PÁRAMOS

3.2.1. Geomorfología

Está situada en el sector suroriental del Tramo estudiado, en el borde septentrional de la Cuenca del Duero.

El relieve es típicamente tabular y amesetado; y debe su morfología al contraste litológico entre las capas subhorizontales duras y blandas que la componen. Así, las calizas de los Páramos y las calizas terminales de la Facies Cuestas protegen los materiales blandos subyacentes de la erosión, y constituyen una superficie estructural, ligeramente inclinada hacia el suroeste, retocada posteriormente por una serie de procesos exógenos. En algunos sitios, la erosión de la red fluvial ha exhumado bancos de calizas, intercalados en la serie terciaria margosa, que constituyen superficies estructurales de pequeña extensión, a cotas inferiores, y forman un enlace, en cierto modo escalonado, con la Zona 2 de la Campiña.

Las mesetas terciarias presentan cotas variables entre 910 y 1.020 m, ascendentes de SO y S a NE y N. La red fluvial, que tiende a ser dendriforme, se presenta encajada hasta un máximo de 120 m bajo las Calizas de los Páramos.

La red fluvial drena principalmente hacia el Sur. Los principales cursos fluviales son el Ubierna, Urbel, Ruyales y Hormazuelas; todos ellos afluentes del Arlanzón y Pisuerga, y, a través de estos, del Duero. Es de destacar el aspecto dendriforme de la red fluvial secundaria (afluentes de los ríos citados), fruto de su encajamiento en materiales blandos y arcillosos.

La morfología de la zona es el resultado de la actuación de procesos de tipo fluvial, kárstico y de gravedad. En el ámbito de la misma es posible distinguir tres formas de modelado:

- Formas poligénicas: Altiplanices de los páramos.
- Formas de ladera: Escarpes y cuestas.
- Formas fluviales: Fondos de valle y conos de deyección.

FORMAS POLIGÉNICAS: ALTIPLANICIES DE LOS PÁRAMOS

Se desarrollan sobre las Calizas del Páramo, aunque buena parte de ellas se encuentran en estado degradado. En su génesis han intervenido varios procesos exógenos, como la kastificación, alteración, acumulación y erosión.

En varias partes, la intensa karstificación ha destruido los bancos de calizas, lo que ha dado lugar a una superficie ondulada y, en detalle, ligeramente irregular, sin llegar, en la mayoría de los casos, a producirse zonas karstificadas espectaculares o lapiaces. Existen algunas dolinas de fondo plano y pequeña dimensión.

Las arcillas de descalcificación, que fueron producidas por la karstificación, posiblemente han sido afectadas por procesos de erosión y acumulación, y rellenan, en la actualidad, los huecos de disolución de las calizas. Las alteraciones se manifiestan localmente como costras.

Se han localizado también cerros cónicos en el límite de la zona de los páramos (Zona 1) y la campiña (Zona 2), correspondiendo a antiguas mesetas en las que las calizas suprayacentes han desaparecido por erosión.

Los materiales que constituyen estas plataformas son calizas y calizas margosas, margocalizas y margas, a veces yesíferas.

FORMAS DE LADERA: ESCARPES Y CUESTAS

El límite de la superficie estructural de los páramos da lugar, en el borde de los mismos, a escarpes cuyas alturas pueden oscilar entre muy pocos metros y más de veinticinco metros.

Bajo el escarpe arranca la cuesta, que va a enlazar con el fondo de los valles. Las cuestas son de dos tipos: Unas tienen pendientes fuertes o muy fuertes y carecen de suelos de recubrimiento, por lo que se desarrolla, en la actualidad, una fuerte erosión con formación de cárcavas; las otras (la gran mayoría) poseen un tapiz de derrubios de gravedad, en el que toman especial significación los fragmentos y bloques calizos desprendidos de los escarpes de la zona alta. Estos depósitos, originados en un clima más frío que el actual y situados sobre pendientes fuertes construidas en terrenos esencialmente margosos, se estructuran con bastante facilidad como deslizamientos fósiles, latentes, e incluso activos.

Cuando las cuestas no están coronadas por los niveles de Calizas de los Páramos, o se desarrollan sólo sobre substratos detríticos, disminuyen o están ausentes los problemas de inestabilidad potencial de las laderas.

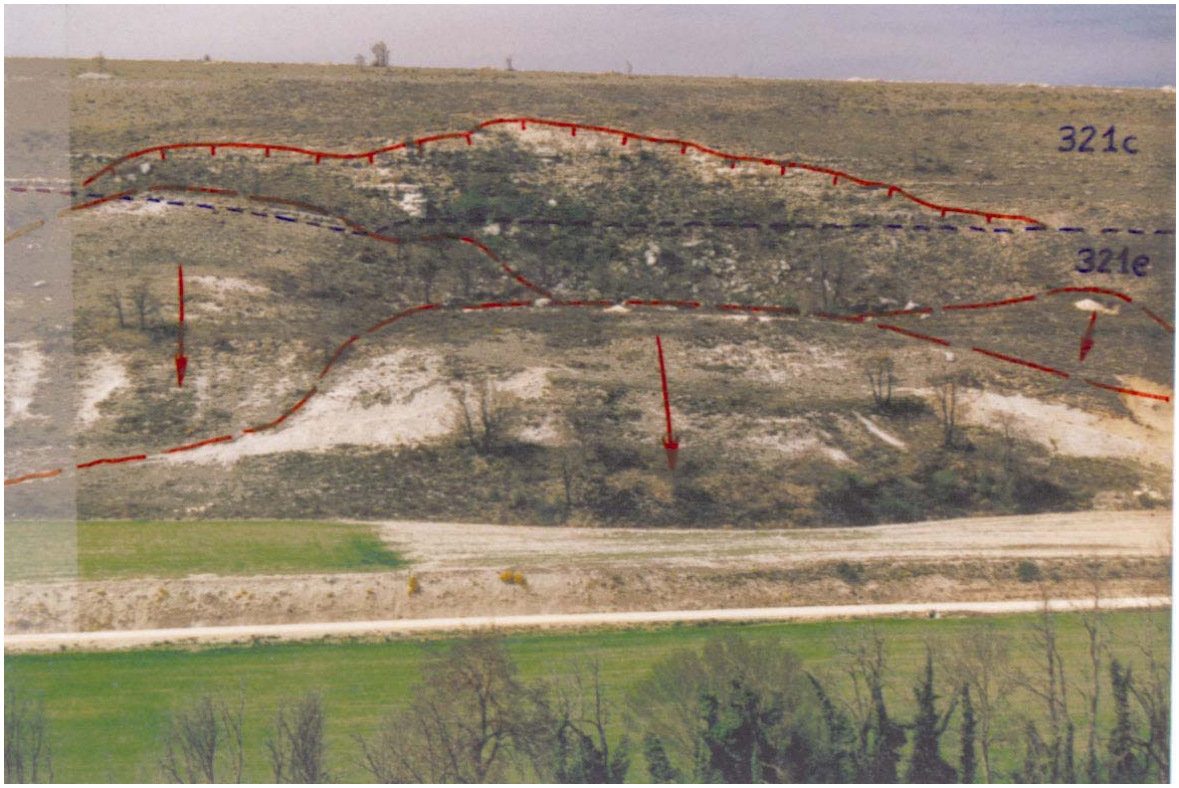


FOTO Nº 3. Deslizamiento circular en una ladera del río Ruyales, al N de Avellanosa del Páramo. El deslizamiento afecta a las margas de la Facies Cuestas (Grupo 321e), y el escarpe del mismo se sitúa en la unidad superior, compuesta por una alternancia de calizas y margas (Grupo 321c).

El origen de dicha inestabilidad hay que buscarlo en tres factores esenciales: por una parte en la constitución litológica del Mioceno, caracterizada por un predominio de materiales impermeables, margosos o arcillosos, y con intercalaciones de niveles calizos o detríticos más o menos permeables; de otra, la disposición estratigráfica que sitúa a los niveles calizos en los horizontes más altos de la serie, en especial los más potentes, con elevada permeabilidad por fisuración y karstificación, que constituyen las plataformas de los páramos; y, por último, la propia estructura horizontal, que da lugar en última instancia a la creación de dichos páramos y que facilita el paso del agua meteórica a las profundidades, a través de las fracturas y diaclasas, o siguiendo niveles permeables conectados a distinta altura como consecuencia de cambios laterales de facies. Este agua surge a media ladera en numerosos puntos del terreno, y ha sido y es la causa de la existencia de óptimas condiciones para la inestabilidad.

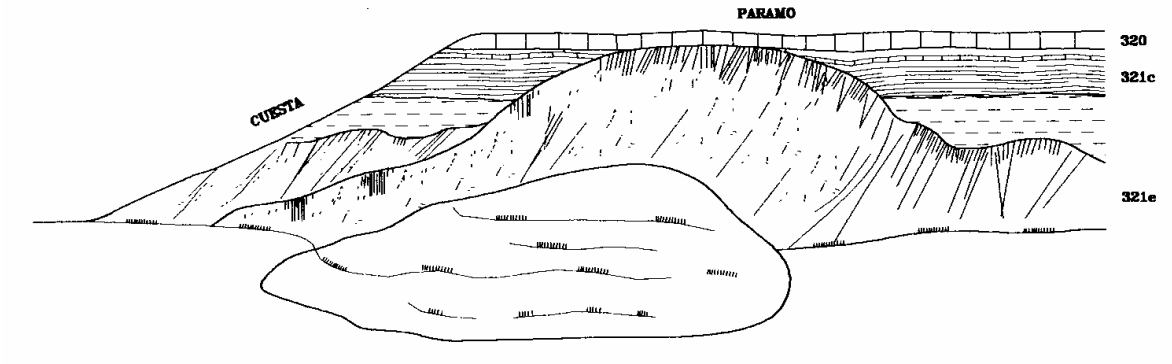


Fig. 10: Deslizamiento fósil en una ladera del parámo, que afecta a las margas de la Facies Cuestas (Grupo 321e), situándose el escarpe en la unidad superior, en la que alternan calizas y margas (Grupo 321c). El parámo está coronado por una superficie subhorizontal de calizas (Grupo 320)

FORMAS FLUVIALES: FONDOS DE VALLE Y CONOS DE DEYECCIÓN

Dentro de este grupo, se pueden distinguir tanto formas de erosión, como de acumulación. De las últimas, los fondos de valle son las más importantes. Tapizan los fondos de los valles, excavados por los ríos y arroyos en el substrato terciario. Son depósitos poco coherentes, cuya composición es de arenas y gravas en una matriz limo-arcillosa. Están constituidos por aportes de procedencia longitudinal (fluvial) y lateral (laderas) dando fondos planos o en "U", apuntándose para estos valles una génesis por solifluxión con concavidad de enlace en las vertientes, y cuya alimentación principal procede de las vertientes regularizadas en las que los depósitos se han movido también por solifluxión.

Si exceptuamos el valle del río Ubierna, de mayor anchura, el resto de los ríos y arroyos de la Zona 1 son estrechos, de fondo plano y de pequeño canal de avenamiento.

Asentados sobre los fondos de valle y llanura aluvial, a la salida de varios barrancos, se forman conos de deyección. Poseen la morfología de abanico y el perfil convexo típico de estas formas. Están compuestos por cantos y gravas calcáreos y subredondeados, en una matriz limo-arcillosa. Los conos de mayor dimensión están situados en las márgenes de los ríos Ubierna y Urbel.

A las formas erosivas pertenece la incisión lineal, que actúa, principalmente, en las cabeceras de la red fluvial secundaria.

Las cárcavas son poco importantes, habiéndose formado en laderas donde afloran materiales blandos (sobre todo margas y arcillas de la Facies Cuestas) no tapizados por depósitos de ladera.

3.2.2. Tectónica

La Zona 1, situada íntegramente en la Cuenca del Duero, se caracteriza por la disposición horizontal y subhorizontal de los materiales que la integran y por la ausencia casi completa de actividad tectónica.

Durante el Mioceno Medio (Aragoniense Superior) tiene lugar una reactivación del Borde Cantábrico, durante la Fase de deformación denominada Intraaragoniense. Esta reactivación se manifiesta por una discordancia estructural entre materiales del Mioceno Inferior y Medio.

A finales del Vallesiense, una nueva fase de deformación denominada Intravallesiense o Atica, se pone de manifiesto por la presencia de una nueva discontinuidad, que afecta a la Facies Cuestas e inicia el comienzo de un nuevo ciclo, cuya superficie de colmatación son las Calizas de los Páramos.

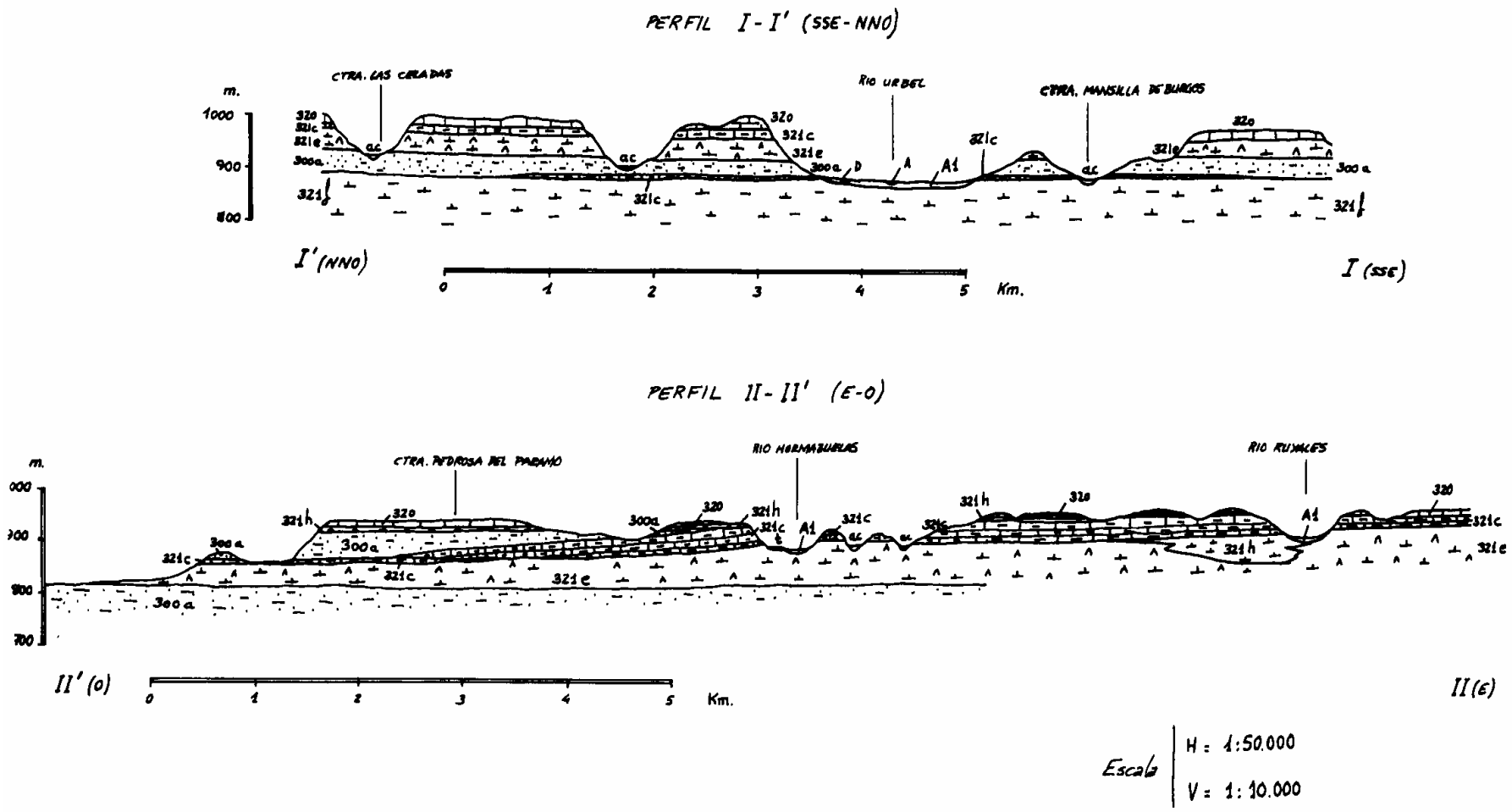
A partir de esta última fase tiene lugar, aunque de forma muy restringida, una etapa de deformación de pequeña intensidad, con fracturas, alabeos, etc., y el consiguiente nuevo ciclo sedimentario correspondiente a las Calizas del Páramo 2. Estas afloran al Sur, fuera del Tramo estudiado, y corresponderían a la Fase Iberomanchega I.

No se han detectado muestras de actividad neotectónica importante. En este sentido, el basculamiento generalizado hacia el SO que presenta la superficie fundamental del páramo, puede ser debido a un levantamiento de pequeña magnitud de la Cordillera Cantábrica, ya que la pendiente va disminuyendo conforme se adentra en la Cuenca del Duero.

Así pues, de todo lo dicho cabe deducir una actividad tectónica de elevación para el borde mesozoico, y durante el lapso de tiempo indicado por las formaciones terciarias representadas. Esta actividad parece haberse ido amortiguando progresivamente.

Además de la inclinación mencionada de la superficie del páramo, hacia el interior de la cuenca, fuera ya del Tramo de estudio, hay fracturas y pliegues de gran radio. Todos estos fenómenos deben testimoniar la existencia de ligeros movimientos diferenciales de elevación-hundimiento en zonas de la cuenca un poco más alejadas del borde, o bien el reflejo superficial de fracturas de zócalo, también puestas de manifiesto por las orientaciones dominantes de la red hidrográfica, que básicamente tienden a recorrer la zona en las direcciones N-S, N25E y N120-130E.

FIG.- 11 CORTES GEOLOGICOS CORRESPONDIENTES A LA ZONA 1



Columna estratigráfica

La columna estratigráfica de esta Zona 1 aparece en la Figura 12.

3.2.3. Grupos litológicos

En este apartado se describen la litología, estructura y características geotécnicas de los grupos litológicos que se han individualizado dentro de la Zona 1, en el presente Tramo del Estudio.

ALUVIONES ACTUALES, (A)

- Litología

  Aluviones constituidos por gravas y bolos redondeados, de naturaleza poligénica, principalmente silícea metamórfica, y arenas, arenas limosas y limos.

  Los aluviales de los ríos Ubierna y Urbel están constituidos por arcillas y limos arenosos, ligeramente cohesivos y de plasticidad media y baja, con algunos cantos calizos, en general redondeados, dispersos en su masa, o reunidos en pequeños lentejones de escasa potencia.

- Estructura

  Este grupo está situado en el área ocupada por el cauce mayor los ríos más importantes; es decir, el que se supone puede ser ocupado por las aguas en avenidas de normal recurrencia.

  Posee una estructura canalizada y netamente discordante con los grupos litológicos infrayacentes. Los materiales se disponen en forma de barras de canal, surcadas por numerosos canales de estiaje.

  Los cauces más importantes, donde ha sido diferenciado este grupo son: Ubierna, Urbel, Odra, Pisuerga y Camesa.

  Su potencia está comprendida entre los 0,5 m y 2 m (aluvial "a"), y los 2 m y 5 m (aluvial "A").

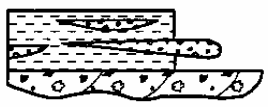
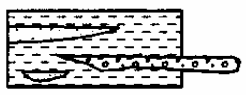
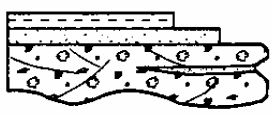
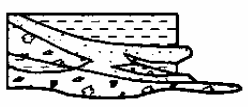
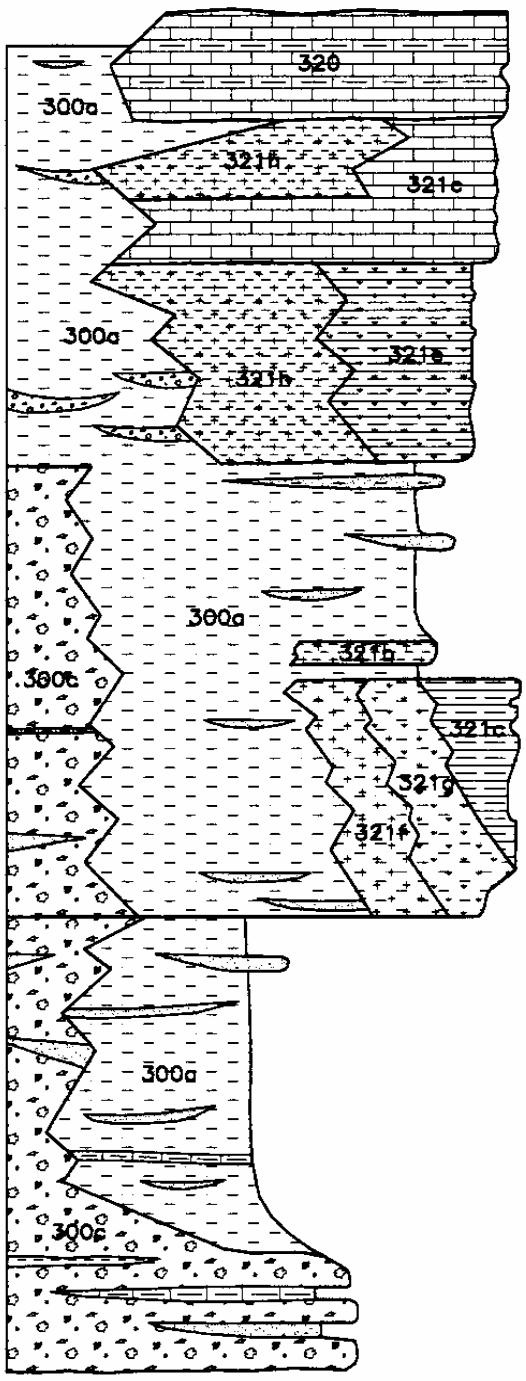
COLUMNA LITOLOGICA	GRUPO LITOLOG.	GRUPO GEOTEC.	LITOLOGIA	POTENCIA EN m.	EDAD
	A	G–1	Gravas poligénicas, arenas y limos.	1–6	HOLOCENO
	A1	G–2	Limos arenosos con gravas dispersas, lechos de arenas y gravas silíceas principalmente.	1–6	HOLOCENO
	AC	G–4	Limos y arcillas arenosas, con gravas y gravillas dispersas en lechos discontinuos.	1–3	HOLOCENO
	T	G–3	Gravas poligénicas, principalmente silíceas, arenas, limos y arcillas.	1–6	HOLOC./PLEISTOC.
	D	G–5	Arcillas y limos con arenas y gravas poligénicas.	1–6	HOLOC./PLEISTOC.
	C	G–5	Arcillas con bastante fragmentos de rocas calizas. Limos arenosos y arcillas con bastantes gravas silíceas.	1–5	HOLOC./PLEISTOC.
	320	G–6	Calizas y calizas margosas con lechos delgados de margas (Calizas del Páramo).	4–25	MIOCENO SUP./ PLIOCENO
	321 c	G–7	Alternancia de calizas oquerosas más o menos margosas con margas y margocalizas.	30–40	MIOCENO
	321 h	G–8	Margas de tonos blancos y grisáceos.	25–35	MIOCENO
	321 e	G–8	Margas frecuentemente yesíferas de tono blanquecino. Se intercalan estratos de margocalizas, calizas, yesos, arcillas, limos y arenas.	25–35	MIOCENO
	300 a	G–10	Limos y arcillas arenosas con arena y areniscas y algunos horizontes de conglomerados silíceos.	8–45	TERCIARIO
	321 f	G–9	Arcillas más o menos margosas que alternan con tramos carbonatados, a veces calcarenitas.	40	MIOCENO INF.
	321 g	G–9	Margas, arcillas e intercalaciones de yesos.	45	MIOCENO INF.
	300 c	G–11	Conglomerados calcáreos con escasa matriz y arcillas rojas.	50–70	TERCIARIO

FIGURA.–12 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 1: AREA DE PARAMOS

- Geotecnia

  • Permeabilidad: Media-alta, por infiltración, con niveles freáticos próximos a la superficie.

  • Problemas geomorfológicos: Los procedentes de la dinámica fluvial.

  • Capacidad portante: Se estima en general baja, aunque dada la escasa potencia que en algunos casos tienen estos sedimentos, cualquier requerimiento algo importante de esfuerzo de una estructura habrá de ser remitido siempre al substrato.

  • Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

  • Empleo: Pueden ser considerados como adecuados o tolerables como material de préstamo. Sólo parcialmente constituyen yacimientos granulares.

TERRAZA BAJA ALUVIAL, (A1)

- Litología

  Aluviones constituidos por limos más o menos arenosos, bastante materia orgánica, con grava silícea dispersa y lechos de gravas y arenas.

  Los aluviales de los ríos Ubierna y Urbel están constituidos por arcillas y limos arenosos, ligeramente cohesivos y de plasticidad media y baja, con algunos cantos calizos, en general redondeados, dispersos en su masa, o reunidos en pequeños lentejones de escasa potencia.

- Estructura

  Constituye este grupo la terraza baja aluvial o llanura de inundación de los ríos más importantes de la región.

  Los lechos de gravas y arenas presentan una distribución irregular, como corresponde a materiales depositados en un antiguo cauce meandriforme, y su proporción es en general inferior a la de los limos, que suelen constituir el horizonte superior con bastante continuidad.

Este grupo alcanza mayor entidad en los valles de los ríos Ubierna, Urbel, Odra, y Pisuerga.

La potencia de estos depósitos puede oscilar entre 1 y 5 m.

- Geotecnia

  • Permeabilidad: Permeabilidad baja. El drenaje, efectuado por percolación natural, se considera desfavorable por el hecho de que la rápida evacuación de los aportes hídricos superficiales se ve muchas veces dificultada por la existencia en profundidad de niveles freáticos o lechos impermeables, factores que evitan o interfieren en su normal saneamiento. Escorrentía poco activa.

  • Problemas geomorfológicos: Los derivados de la dinámica fluvial. Problemas locales por socavación.

  • Capacidad portante: Oscila de media a baja, siendo previsible que puedan producirse asientos diferenciales cuando la potencia de los depósitos sea pequeña y el bulbo de presiones afecte al substrato arcilloso mioceno, interfiriendo de forma negativa el previsible horizonte freático existente entre la terraza y el substrato.

  • Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

  • Empleo: El conjunto de los materiales de este grupo puede considerarse como adecuado o tolerable para préstamos, y sólo parcialmente dichos materiales constituyen yacimientos granulares. Los aluviales del río Pisuerga son en los que aparecen, con mayor frecuencia e importancia, lechos detríticos gruesos.

ALUVIAL-COLUVIAL, (AC)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por materiales limo-arenosos y arcillosos, junto con gravas y gravillas poligénicas bastante redondeadas, dispersas o dispuestas en lechos discontinuos. En esta Zona 1 pueden aparecer yesos diseminados, heredados de las formaciones terciarias. Posee una compacidad y dureza muy bajas.

- Estructura

  Estos materiales suelen estar ubicados en los cursos de arroyos y riveras, y vaguadas de fondo muy amplio y llano, donde los aportes de tipo coluvial se ven tímidamente retrabajados por una incipiente acción aluvial. La potencia de este grupo litológico está comprendida entre 0,5 y 3 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Permeabilidad baja o muy baja. El drenaje, efectuado por percolación natural, se considera desfavorable por el hecho de que la rápida evacuación de los aportes hídricos superficiales se ve muchas veces dificultada por la existencia en profundidad de niveles freáticos o lechos impermeables, factores que evitan o interfieren en su normal saneamiento. Escorrentía poco activa. Pueden aparecer aguas agresivas.

  - Problemas geomorfológicos: Este grupo delimita áreas potenciales de actividad hidrodinámica.

  - Capacidad portante: Se estima en principio baja a muy baja, principalmente si presenta yesos en su composición.

  - Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

  - Empleo: En general, no son utilizables como préstamos.

TERRAZAS FLUVIALES, (T)

- Litología

  Son depósitos aluviales formados por gravas redondeadas poligénicas, principalmente silíceas, y arenas, con una matriz limosa o limo-arcillosa. En menor proporción existen lechos de arenas y limos más o menos arenosos.

- Estructura

  Depósitos lenticulares con potencias variables, de 1 a 6 m y disposición subhorizontal. Poseen estructuras típicas de canales rellenos por gravas y arenas, y, aquellas mejor conservadas, están recubiertas por limos y arenas de llanura de inundación. El tamaño medio de los clastos es de grava media, con predominio de tamaños comprendidos entre 2 y 4 cm, y es muy frecuente el menor de 2 cm.

Las terrazas que alcanzan un mayor desarrollo son las del valle del río Pisuerga, en su curso medio, donde existen hasta nueve niveles escalonados por encima de la llanura de inundación.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Alta. Escorrentía superficial poco activa.

  - Problemas geomorfológicos: Pendientes naturales subhorizontales y estables, salvo en aquellas zonas próximas a los bordes que forman escarpes.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Taludes bajos (<2 m) de 60º.
    - Problemas: Erosiones superficiales y caídas de gravas.

  - Taludes recomendados: Se podrán adoptar pendientes en torno a los 45º. La existencia de niveles freáticos en el contacto con el substrato mioceno impermeable puede dar lugar a problemas de inestabilidad en los taludes de excavación cuando este grupo quede colgado en la cabecera del desmonte. En tales circunstancias deben cuidarse las medidas de drenaje, tender los taludes a pendientes iguales o inferiores a 30º, o diseñar medidas de contención.

  - Capacidad portante: Moderada, con posibilidad de que puedan darse asientos diferenciales cuando la potencia de la terraza es tal que el bulbo de presiones no llega al substrato arcilloso mioceno; o cuando llegando a él, la existencia de un posible nivel freático en el contacto terraza-substrato interfiera negativamente en la capacidad soporte del terreno.

  - Ripabilidad/Excavabilidad: Son excavables con medios mecánicos normales.

  - Empleo: Suelen constituir yacimientos granulares de reducidas dimensiones. Algunos de ellos aprovechados en obras locales. En el caso de las terrazas del río Pisuerga, la importancia de los yacimientos es ya considerable.

CONOS DE DEYECCIÓN, (D)

- Litología

  Arcillas y limos con arenas y gravas de naturaleza poligénica, abundando las angulosas y poco rodadas, de origen calcáreo.

- Estructura

  Son depósitos lenticulares de tipo abanico aluvial, que se encuentran sobre la terraza baja aluvial de los principales valles, en la desembocadura de pequeños arroyos. Su potencia puede oscilar entre 1 y 6 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Moderada o baja permeabilidad. Escorrentía superficial poco activa.

  - Problemas geomorfológicos: Forman pendientes muy tendidas y, en general, estables.

  - Taludes artificiales observados: No se han observado.

  - Taludes recomendados: No deben superar pendientes mayores de 45º.

  - Capacidad portante: Moderada a baja.

  - Ripabilidad/Excavabilidad: Son materiales excavables.

  - Empleo: Se estiman tolerables para su utilización como préstamos.

COLUVIAL, (C)

- Litología

  La composición de este grupo litológico varía en función de la composición de su área fuente. En general son arcillas y limos arenosos con gravas y bloques, generalmente abundantes, de naturaleza variable. Pueden aparecer yesos diseminados, heredados de las formaciones terciarias.

- Estructura

  Son depósitos de gravedad, y por tanto se disponen al pie de las laderas, constituyendo bandas alargadas paralelas a las mismas.

  Interiormente poseen una estructura masiva y son poco coherentes. Su potencia es muy irregular, pero oscila entre 0,5 m y 2,5 m.

- Geotecnia

    - Permeabilidad: Baja, por infiltración. Pueden aparecer aguas agresivas.

    - Problemas geomorfológicos: Pendientes naturales de hasta 35º. Son frecuentes los suelos que presentan signos de reptación.

    - Taludes artificiales observados:

        - Pendientes: 50º-60º en taludes bajos.

        - Problemas: Suelen ser bastante inestables y sufren una degradación apreciable.

    - Taludes recomendados: No deberán superar pendientes de 40º en el caso de que sólo se afecte a los propios materiales del coluvión; si estos quedasen colgados en el talud, la pendiente de los mismos no debería sobrepasar los 30º.

    - Capacidad portante: Se estima en principio baja a muy baja, principalmente si aparecen yesos en su composición.

    - Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

    - Empleo: Varían de inadecuados a tolerables como material de préstamo.

CALIZAS, MARGAS Y MARGOCALIZAS (321c)

- Litología

    Tramo calcáreo compuesto por bancos de 10 a 25 cm, separados entre sí por finas capas de margas blancas y blanco-verdes, masivas y compactas; aunque otras veces (hacia el NE) se presentan bancos de caliza de potencia métrica. Las calizas suelen ser micríticas, de color crema, más o menos oquerosas. Se desarrolla un karst relleno parcialmente por arcillas rojas de neoformación.



FOTO Nº 4. *Aspecto que presentan los materiales del grupo 321c, que corresponde a una alternancia de calizas oquerosas más o menos margosas, margas y arcillas higroscópicas.*

Los cambios de facies son frecuentes, y así, se encuentran intercalados en la serie niveles decimétricos de arcillas margosas ocres y areniscas de color variable.

Superficialmente puede existir un suelo de alteración de naturaleza arcillosa que engloba fragmentos de roca caliza y que difícilmente supera el metro de potencia en zonas llanas o de suave morfología.

- Estructura

Presenta una disposición subhorizontal y los estratos experimentan variaciones laterales en su potencia; se pasa de bancos masivos a series alternantes métricas o decimétricas. Los bancos calizos bien desarrollados llegan a dar superficies llanas de páramos y producen escalonamientos y pendientes muy fuertes en las vertientes. Morfológicamente este grupo engloba formas de parameras y cuestas.

Alcanza un espesor máximo de 30 a 40 m. Existen tramos con potencias comprendidas entre 1 y 4 m.

No han sido observadas estructuras tectónicas reseñables.

Estos materiales afloran ampliamente en el cuadrante suroccidental de la Hoja de Villadiego y en el de Sasamón; y en menor grado en el cuadrante de la Hoja de Burgos.

- Geotecnia

  • Permeabilidad: Los materiales que constituyen el grupo son de naturaleza impermeable; no obstante, los niveles más competentes presentan un permeabilidad por fisuración y karstificación. La escorrentía superficial es poco activa en las áreas de parameras, y activa a muy activa en las vertientes; en estas últimas el agua de escorrentía puede percolar a través de los depósitos de ladera, circulando a través de la superficie de contacto substrato-recubrimiento, o quedar retenida en las zonas más arcillosas de estos. El agua que penetra en el terreno a favor de las capas más permeables aflora a media ladera en forma de surgencias, la mayor parte de las veces ocultas por los derrubios de la misma.

    Todas estas aguas existentes en la cuesta son potencialmente agresivas, y han incidido e inciden muy negativamente en la estabilidad natural de las vertientes.

  • Problemas geomorfológicos: Las vertientes se ven afectadas con bastante regularidad por fenómenos de deslizamientos, desplomes y desprendimientos, fósiles la mayor parte de ellos, latentes y activos otros.

    La escorrentía superficial origina en algunos puntos de las laderas importantes procesos de erosión y acarcavamientos.

    A techo de este tramo calcáreo, y más importante cuanto más al norte, existe un karst de desarrollo vertical métrico-decimétrico.

  • Taludes artificiales observados:

    • Pendientes: En taludes medios donde la proporción y el espesor de las capas de caliza y margas es más o menos similar, se observan pendientes de 45º.

- Problemas: En los desmontes es frecuente la surgencia de freáticos colgados que dan lugar a importantes problemas de inestabilidad, incluso deslizamientos profundos que afectan de una forma generalizada a todo el talud.



FOTO Nº 5. Deslizamiento del talud de la carretera local que conduce desde Pedrosa de Río Urbel a San Pedro Samuel, muy próximo a esta última localidad, en la cuesta del páramo. El deslizamiento ha afectado a los materiales del grupo 321c, constituidos por una alternancia de calizas, margocalizas y margas. Al pie del talud se observan afloramientos de agua.

- Taludes recomendados: Dependerá principalmente de la litología dominante. De forma general, en los taludes de alturas medias no deberán adoptarse pendientes superiores a 45º, excepto en los casos en que este estuviera dominado por un banco calizo. Cuando el dominio corresponde a las margas, la pendiente debe suavizarse, no sobrepasando los 35º.

  Es importante, en la construcción de desmontes en estos terrenos, la realización de cunetas amplias al pie del talud, para la recogida de desprendimientos y derrubios en general.

Deberán tenerse muy en cuenta los procesos geomorfológicos mencionados anteriormente, a fin de poder prevenir incidencias negativas durante o posteriormente a la construcción. El drenaje del talud es un tema importante, ya que, como se ha dicho anteriormente, es frecuente la surgencia en el mismo de freáticos colgados, que pueden dar lugar a problemas de inestabilidad a corto o medio plazo.

- Capacidad portante: A excepción de aquellas áreas de ladera donde los derrubios y suelos de alteración están afectados por procesos de inestabilidad, el substrato estable posee una capacidad de soporte moderada y alta.

- Ripabilidad/Excavabilidad: El grupo es ripable por medios mecánicos normales en más de un 70 %.

- Empleo: Útil como material de relleno, en terraplenes.

MARGAS Y MARGAS YESÍFERAS CON INTERCALACIONES DE MARGOCALIZAS, CALIZAS Y YESOS, (321e)

- Litología

Este grupo está caracterizado por un conjunto heterogéneo formado por margas y margas yesíferas con intercalaciones de margocalizas, calizas margosas, yesos y arcillas. Localmente pueden existir tramos decimétricos oscuros, carbonosos. En algunas zonas se han observado lechos de limos y arenas. Corresponde a la Facies Cuestas.

Las margas son dolomíticas, masivas y compactas, de tonos blanco-verdes y grisáceos. Los margas yesíferas pueden presentar niveles milimétricos a centimétricos de yeso secundario hialino.

Las rocas carbonatadas (margocalizas y calizas) se presentan en bancos de espesor decimétrico o, más raramente, métrico. Se trata de micritas (mudstone) y biomicritas (wackestone).

Los depósitos yesíferos forman bancos tabulares, de 1 a 3 m de espesor, habiendo yesos químicos y yesos retrabajados. Los yesos químicos se presentan en niveles de 1 a 6 cm de espesor y gran continuidad lateral, con límites generalmente netos y planos. Muestran tonos verdes claros y son deleznables y masivos. Los niveles retrabajados constituyen capas de cierta continuidad lateral (30 m de longitud máxima observada) y 0,20 a 0,75 m de espesor, estando representados por arenas yesíferas de tonos verdes.



FOTO Nº 6. *Margas con niveles de margocalizas aflorando en el talud de un desmonte situado en el P.K. 13+500 de la carretera local (BU-622), entre Arroyal y Mansilla de Burgos. Se originan caídas de pequeños bloques del nivel superior de margocalizas, por erosión diferencial.*

Se corresponde estratigráficamente con el grupo 321h, del que se diferencia por cambio lateral de facies, al no aparecer en aquél las intercalaciones yesíferas.

Generalmente estos materiales se encuentran recubiertos por un manto coluvial que solamente ha sido representado en la cartografía cuando adquiere cierta entidad. Este suelo está integrado por arcillas margosas con abundantes fragmentos de caliza.

La edad de estos materiales es Mioceno.

- Estructura

Se encuentran típicamente en las laderas constituyentes del relieve amesetado del área, y de los cerros testigo. Su disposición es subhorizontal y alcanza una potencia máxima de 25-35 m, 10-15 m en algunos afloramientos.

Las margas y margas yesíferas, dominantes en el grupo, constituyen desde estratos masivos a capas decimétricas. Las calizas y margocalizas se intercalan de manera muy irregular y tienen potencias que oscilan desde unos pocos metros y algunos decímetros. Son frecuentes las alternancias métricas o decimétricas de capas compactas de margas, margocalizas o calizas más o menos margosas, con capas de margas deleznables o muy flojas. Los niveles calizos son frecuentes a muro y, sobre todo, a techo, en donde hay un tránsito gradual a la facies eminentemente calcárea que constituye el grupo 321c.

No se han observado estructuras tectónicas reseñables, salvo diaclasas y suaves combamientos.

Estos materiales afloran en los respectivos cuadrantes de las Hojas de Sasamón y Burgos.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Se trata de un grupo constituido por materiales impermeables, entre los cuales se intercalan algunos niveles calcáreos permeables por fisuración y karstificación. A favor de estos niveles pueden formarse pequeños horizontes freáticos de aguas agresivas. La escorrentía superficial es muy activa. En general, el agua que discurre sobre esta formación tiende a disolver los niveles de yeso, cargándose de iones sulfato, con lo cual su poder corrosivo frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios es muy elevado.

  - Problemas geomorfológicos: Sobre estos materiales se observan numerosos procesos de inestabilidad en laderas; generalmente se trata de grandes deslizamientos, fósiles en su mayor parte, en los que se ven implicados los materiales calcáreos del grupo litológico que se superpone a ellos, estratigráfica y morfológicamente (320 o 321c). El origen de estos procesos está en las aguas colgadas existentes en estos niveles superiores, cuya incidencia es mayor que la que representan las aguas presentes en este grupo, unido a la alterabilidad que presentan estos materiales.

    La escorrentía superficial origina en algunos puntos de las laderas importantes procesos de erosión y acarcavamientos.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: En taludes medios (5 a 8 m) la pendiente es de 45º.



FOTO Nº 7. Deslizamiento circular en una ladera del río Ruyales, al N de Avellanosa del Páramo. El deslizamiento afecta a las margas de la Facies Cuestas (Grupo 321e), y el escarpe del mismo se sitúa en la unidad superior, compuesta por una alternancia de calizas y margas (Grupo 321c).

- Problemas: La intensa meteorización que padecen estos materiales una vez expuestos a la acción de la intemperie, hace que sobre los taludes se manifiesten erosiones y deslizamientos superficiales, así como caídas de pequeños bloques de los niveles calizos por erosión diferencial.

- Taludes recomendados: En los taludes de alturas medias y en condiciones de estabilidad natural, las pendientes de estos no habrán de sobrepasar los 35º-40º.

  Deberán tenerse muy en cuenta las características geomorfológicas e hidrogeológicas del terreno en cada zona, pues, como ya se ha comentado, son muy frecuentes los procesos de inestabilidad en laderas. En función de esto se deberá prever la necesidad de dar pendientes muy tendidas o diseñar medidas de contención en cada caso, y cuidar en extremo las medidas de drenaje superficial.

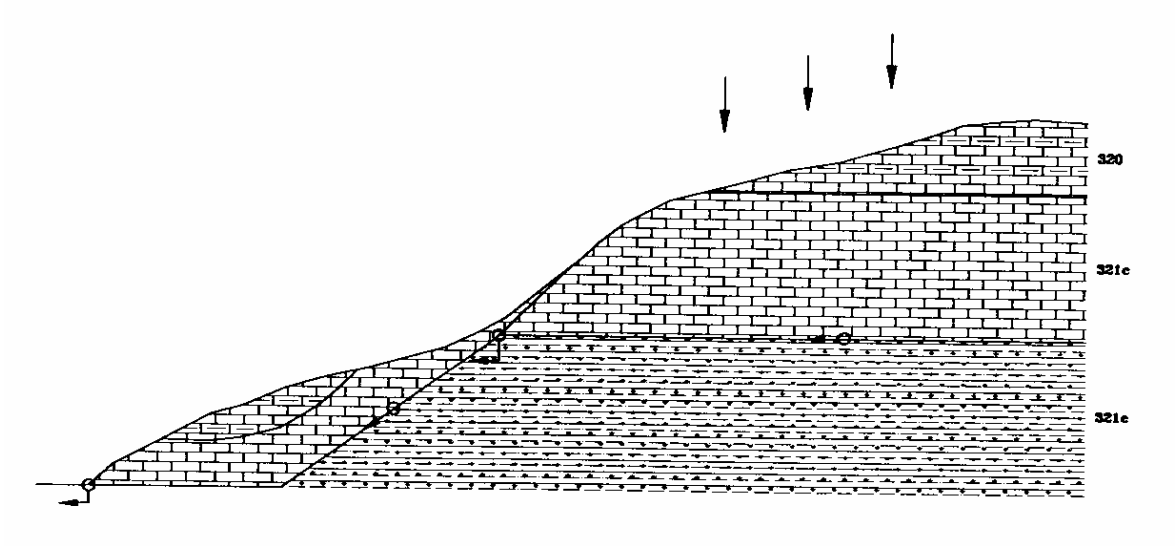


Fig. 13: El agua meteórica se infiltra a través de fracturas y karstificaciones de las calizas de los grupos litológicos 320 y 321c, y surge a media ladera, por el contacto con los materiales margosos y arcillosos del grupo 321e, que constituyen el substrato impermeable. Esto da lugar a frecuentes deslizamientos en los taludes de la carretera

- Capacidad portante: La capacidad de carga se considera de tipo medio, aunque en laderas donde se detecten procesos de inestabilidad se debe estimar como baja.

- Ripabilidad/Excavabilidad: El grupo es excavable con medios mecánicos normales, a excepción de algunos niveles calizos que pueden presentarse intercalados, y que, en cualquier caso, serán ripables.

- Empleo: No se considera adecuado, como material de relleno, en terraplenes.

MARGAS Y ARENAS YESÍFERAS, (321f)

- Litología

La unidad está constituida por arcillas más o menos margosas, verdosas, que alternan con tramos más carbonatados y blancos, a veces calcareníticos. En partes muy concretas, junto al borde sur de la Sierra de Ubierna, intercalan arcillas y limos rojizos de potencia métrica y longitud hectométrica.

La edad de estos materiales es Mioceno Inferior.

- Estructura

  Ocupan una amplia extensión dentro del sector Sur, y presentan un cambio lateral de facies con respecto a las margas, yesos y arcillas del grupo 321g, aflorantes hacia el Sur. Alcanza un espesor máximo visible de 40 m.

  La alterabilidad de estos materiales hace que frecuentemente se hallen recubiertos por un potente suelo arcilloso de origen coluvio-eluvial.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Se trata de un grupo constituido por materiales, en general, impermeables. La escorrentía superficial es activa. El agua que discurre sobre esta formación tiende a disolver los niveles de yeso, cargándose de iones sulfato, con lo cual su poder corrosivo frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios es muy elevado.

  - Problemas geomorfológicos: Sobre estos materiales se observan algunos procesos de inestabilidad en laderas; generalmente se trata de deslizamientos superficiales de escasa entidad, y reptaciones del recubrimiento coluvio-eluvial.

    La escorrentía superficial origina, en algunos puntos de las laderas, erosiones y acarcavamientos.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: En taludes medios (8 m) las pendientes son de 45º.

    - Problemas: La alteración que padecen estos materiales una vez expuestos a la acción de la intemperie, hace que sobre los taludes se manifiesten erosiones y deslizamientos superficiales.

  - Taludes recomendados: En los desmontes se recomiendan paramentos con pendientes muy tendidas (< 30º), o diseñar elementos de contención en cada caso, y cuidar en extremo las medidas de drenaje superficial.

  - Capacidad portante: La capacidad de carga se considera media-baja.

  - Ripabilidad/Excavabilidad: El grupo es excavable con medios mecánicos normales.

- Empleo: No se considera adecuado, como material de relleno, en terraplenes.

MARGAS, YESOS Y ARCILLAS, (321g)

- Litología

Constituyen una serie heterolítica con arcillas muy plásticas, margas y gypsarenitas, e intercalaciones de yesos diagenéticos que pueden alcanzar hasta 15 cm de espesor. Alternan colores grisáceos y negruzcos a blanquecinos y amarillentos, existiendo incluso capas de color negro.

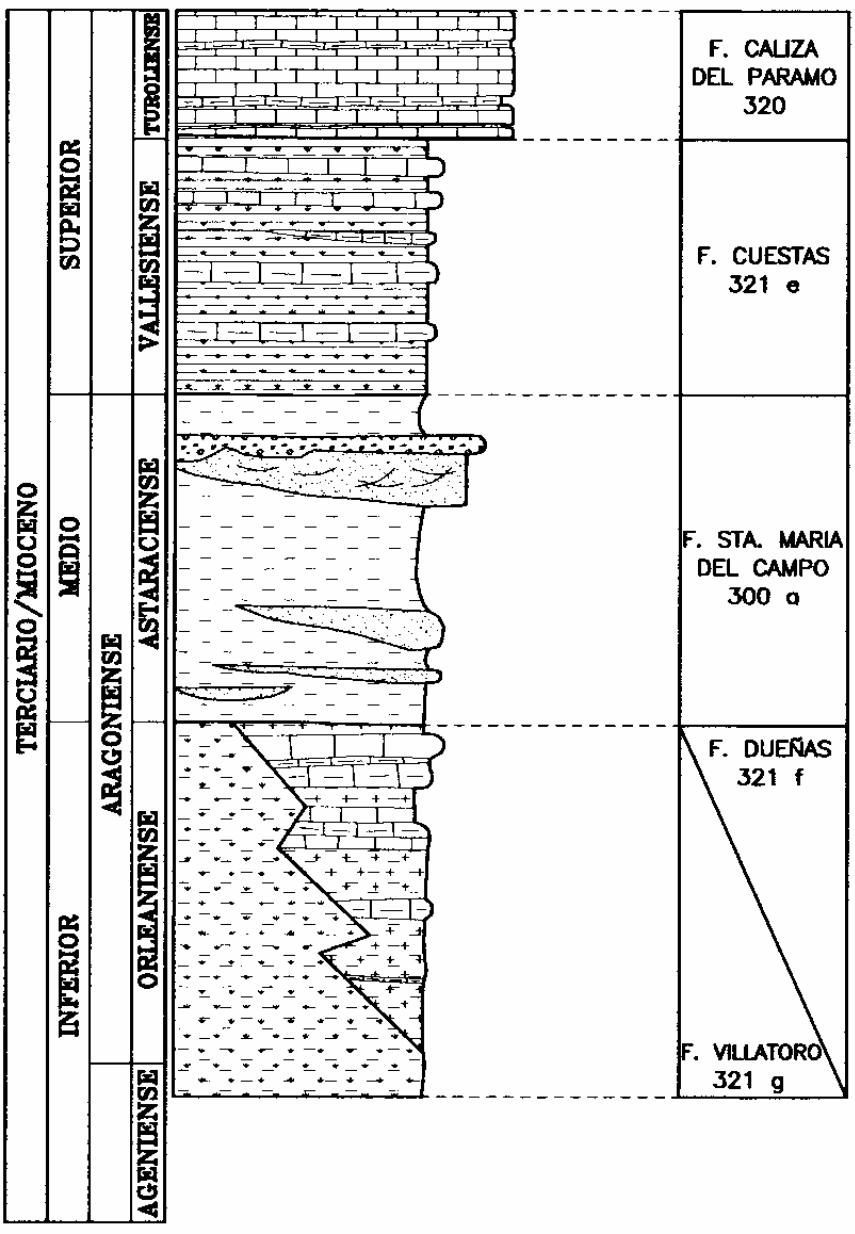


Fig. 14: Columna estratigráfica de un sector de la Zona 1 (Área de Páramos), en las proximidades de la localidad de Quintanadueñas

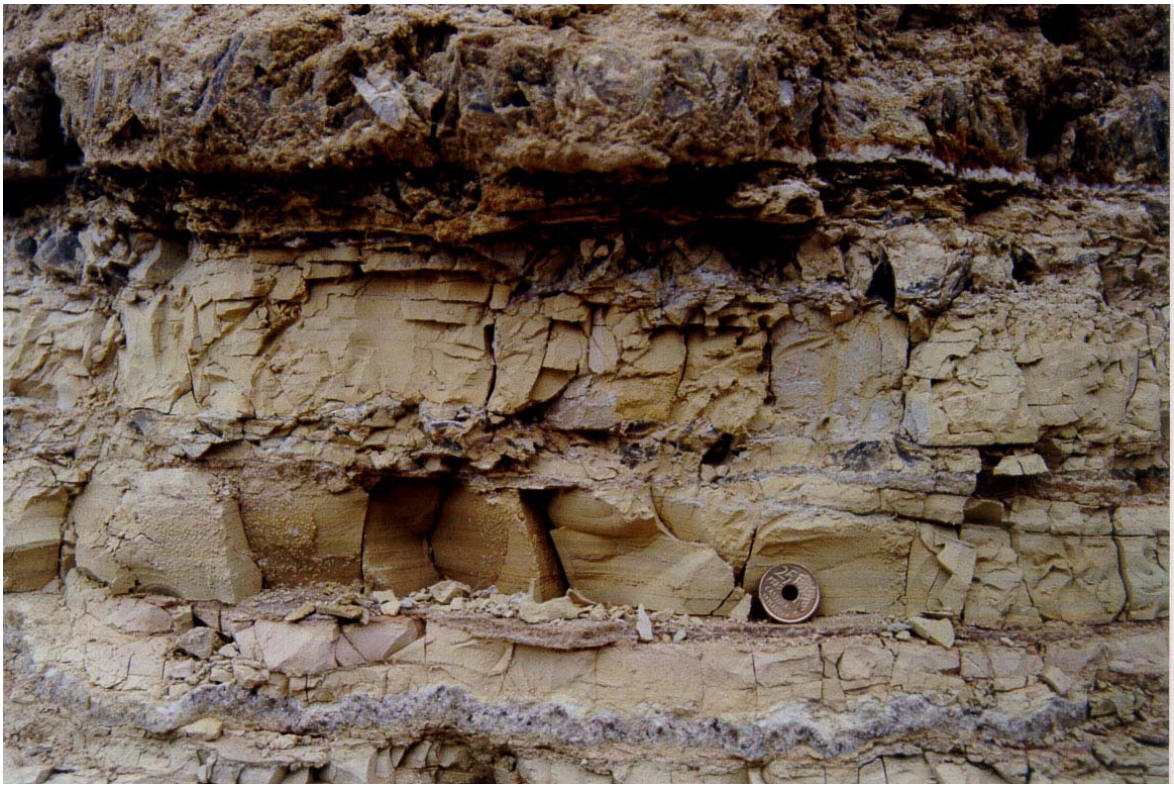


FOTO Nº 8. Aspecto que presentan en detalle las margas, arcillas y yesos de la F. Villatoro (grupo 321g).

La edad de estos materiales es Mioceno Inferior.

- Estructura

Corresponde a una facies lacustre, evaporítica, que aflora en la cuenca del río Ubierna, y es el equivalente lateral de la facies de margas y arenas yesíferas (321f) aflorantes hacia el Norte. Se trata de sedimentos lacustres de aspecto varvado, finamente estratificado en capas milimétricas y centimétricas. Presenta una potencia máxima aflorante de 45 m.

La alterabilidad de estos materiales y la escasa pendiente de las áreas en que afloran, hace que frecuentemente se hallen recubiertos por un potente suelo arcilloso de origen coluvio-eluvial.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Se trata de un grupo constituido por materiales impermeables. La escorrentía superficial es poco activa, dada la escasa pendiente que muestran las áreas donde afloran. El agua que discurre sobre esta formación tiende a disolver los niveles de yeso, cargándose de iones sulfato, con lo cual

su poder corrosivo frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios es muy elevado.

- Problemas geomorfológicos: Sobre estos materiales se observan algunos procesos de inestabilidad en laderas; generalmente se trata de deslizamientos superficiales de escasa entidad y reptaciones del recubrimiento coluvio-eluvial.

  La escorrentía superficial origina, en algunos puntos de las laderas, erosiones y acarcavamientos.

- Taludes artificiales observados:

  - Pendientes: Taludes medios (6 m) con pendientes de 30º a 80º, en función de la proporción de niveles yesíferos.

  - Problemas: La alteración de los niveles margosos, hace que sobre los taludes se manifiesten erosiones, deslizamientos superficiales y desprendimientos, por erosión diferencial.



FOTO Nº 9. *Desmonte situado en la carretera local de Sotragero a Villanueva de río Ubierna, en las proximidades de esta última localidad. Sobre el talud se manifiestan signos de inestabilidad que afectan a margas, yesos y arcillas de la F. Villatoro (grupo 321g).*

- Taludes recomendados: El efecto de trabazón que ejercen los niveles de yeso permite adoptar pendientes de 45º a 50º en taludes medios. Es necesario cuidar las medidas de drenaje superficial.

- Capacidad portante: La capacidad de carga se considera media. Existe la posibilidad de que puedan producirse asientos diferenciales por karstificación de los niveles yesíferos.

- Ripabilidad/Excavabilidad: El grupo es excavable con medios mecánicos normales.

- Empleo: No se considera adecuado, como material de relleno, en terraplenes.

MARGAS, (321h)

- Litología

  Son una serie de margas y arcillas más o menos margosas, blanquecinas, grisáceas y verdosas, que alternan con tramos más carbonatados, en niveles decimétricos. Pueden aparecer, de forma minoritaria, arcillas carbonosas oscuras. Las margas son frecuentemente dolomíticas, masivas y compactas.

  Se corresponde estratigráficamente con el grupo 321e, del que se diferencia por cambio lateral de facies.

  La edad de estos materiales es Mioceno.

  Por lo general, sobre estos materiales existe un recubrimiento coluvial, principalmente al pie de laderas, y que cuando adquiere potencia significativa se ha cartografiado independientemente. Este suelo está integrado por arcillas margosas con abundantes fragmentos de caliza.

- Estructura

  Muestran estratos horizontales y cambio lateral de facies rápidos. Alcanzan un espesor máximo de 40 m.

  Se encuentra ampliamente representado en el cuadrante suroriental de la Hoja de Villadiego, así como en las de Sasamón y Burgos.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Son materiales impermeables en su gran mayoría, entre los cuales se intercalan algunos lechos calcáreos o detríticos, permeables por fisuración y karstificación, o porosidad, respectivamente. A favor de estos pueden constituirse pequeños horizontes freáticos, cuyos efectos negativos en la estabilidad natural de las laderas son claros. La escorrentía superficial es muy activa.



FOTO Nº 10. Deslizamiento de tierras en un talud situado en el P.K. 76+400 de la carretera local entre Melgosa de Villadiego y Brullés. El recubrimiento cuaternario se ha visto inestabilizado a favor del contacto con las margas del grupo 321h, que constituyen el substrato, en un punto donde se observan afloramientos de agua.

  - Problemas geomorfológicos: Sobre estos materiales se observan numerosos procesos de inestabilidad en laderas; generalmente se trata de deslizamientos, fósiles en su mayor parte, en los que se ven implicados los materiales calcáreos del grupo litológico que se superpone a ellos, estratigráfica y morfológicamente (320 o 321c). El origen de estos procesos está en las aguas colgadas existentes en estos niveles superiores, cuya incidencia es mayor que la que representan las aguas presentes en este grupo, unido a la alterabilidad que presentan estos materiales.

La escorrentía superficial origina en algunos puntos de las laderas importantes procesos de erosión y acarcavamientos.

- Taludes artificiales observados:
  - Pendientes: 45º en taludes bajos.
  - Problemas: La intensa meteorización que padecen estos materiales una vez expuestos a la acción de la intemperie, hace que sobre los taludes se manifiesten erosiones y deslizamientos superficiales.
- Taludes recomendados: En los taludes de alturas medias y en condiciones de estabilidad natural, las pendientes de estos no habrán de sobrepasar los 35º-40º.

  Deberán tenerse muy en cuenta las características geomorfológicas e hidrogeológicas del terreno en cada zona, pues, como ya se ha comentado, son muy frecuentes los procesos de inestabilidad en laderas. En función de esto se deberá prever la necesidad de dar pendientes muy tendidas o diseñar medidas de contención en cada caso, y cuidar en extremo las medidas de drenaje superficial.
- Capacidad portante: La capacidad de carga se considera media, aunque en laderas en que se hayan detectado procesos de inestabilidad se debe estimar como baja.
- Ripabilidad/Excavabilidad: El grupo es excavable con medios mecánicos normales, a excepción de algunos niveles calizos que pueden presentarse intercalados y que, en cualquier caso, serán ripables.
- Empleo: No se considera adecuado, como material de relleno, en terraplenes.

CALIZAS CON INTERCALACIONES MARGOSAS, (320)

- Litología

  Está formada por un conjunto alternante de calizas, calizas margosas y margas con frecuentes variaciones laterales de facies. Son conocidas como Calizas del Páramo. Su color es fundamentalmente gris blanquecino, a veces crema, y aparecen en bancos de 0,5 a 1,5 m de espesor, mientras que las intercalaciones margosas no llegan a superar los 20 cm.

En general son cavernosas, y desde el punto de vista petrográfico son micritas y biomicritas.

Los niveles margosos son frecuentes y se intercalan entre los litosomas carbonáticos, encontrándose a veces estos sustituidos por arcillas rojas como consecuencia también de los procesos de karstificación y lavado que afectaron a estos niveles.

Las calizas son duras y muy compactas; cuando se hacen margosas su dureza y compacidad se ve reducida.

La edad de estos materiales es Mioceno Superior-Plioceno.

Superficialmente existe un suelo de alteración, distribuido irregularmente, formado por arcillas de descalcificación y bloques de rocas calizas.

- Estructura

Constituyen el nivel calcáreo superior de la serie terciaria de la zona, originando una extensa superficie morfológica que sigue en continuidad hacia el interior de la Cuenca del Duero. Son los característicos Páramos o Parameras, formas planas situadas a cotas superiores a los 900 m, que generan mesas más o menos aisladas típicas de la región. Su disposición es subhorizontal, con una ligera inclinación deposicional hacia el SO, junto con suaves abombamientos. No se han observado estructuras tectónicas reseñables.

Su espesor muestra oscilaciones notables, estando comprendido entre 1 y 25 m, alcanzando su máxima potencia hacia el noroeste, y sus mínimos hacia el Sur y Este. Estas variaciones de potencia son debidas tanto a los cambios laterales de facies como a los efectos de la erosión.

Afloran ampliamente en las Hojas de Burgos y Sasamón, y también en el cuadrante suroriental de la Hoja de Villadiego.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Las calizas presentan un grado de porosidad variable, siendo la fisuración y una muy desarrollada karstificación lo que las hace muy permeables. No obstante, la intercalación de horizontes margosos y la existencia de arcillas de descalcificación en superficie, crean problemas locales de escorrentía superficial.

Los páramos, en general, infiltran gran parte del agua de escorrentía, agua que pasa a niveles más profundos a favor de planos de diaclasado y de fractura, superficies de estratificación y horizontes permeables o semipermeables intercalados en la serie miocena; aflorando posteriormente a distintos niveles en las laderas.

- Problemas geomorfológicos: Es destacable la inestabilidad gravitacional, fósil y activa, que se observa en los bordes escarpados de los páramos. Bloques y masas de roca caliza se han desplomado y deslizado sobre los materiales margosos subyacentes, principalmente por la alteración, deformación y erosión diferencial de estos últimos.

  También se observan procesos de karstificación que pueden dar lugar a inestabilidades por hundimientos.

- Taludes artificiales observados:

  - Pendientes: Taludes bajos con inclinaciones de 80º.

  - Problemas: Caída ocasional de bloques de pequeñas dimensiones, por erosión diferencial.

- Taludes recomendados: Los taludes de desmontes de alturas medias, podrán ser, en general, con pendientes muy fuertes (> 60º), y será conveniente diseñar una amplia cuneta que recoja los materiales que puedan llegar a desprenderse por erosión diferencial.

- Capacidad portante: En principio debe estimarse como alta e incluso muy alta. No obstante, estas características pueden sufrir modificaciones importantes en los siguientes casos y circunstancias: En los bordes de las plataformas, donde existe un riesgo de inestabilidad gravitacional; en las zonas de profunda alteración de las calizas, con formación de un suelo potente de arcillas de descalcificación; en las zonas donde los procesos de karstificación pueden inducir riesgo de hundimientos; en las zonas en que hay cambios rápidos de facies entre las calizas y las margas, tanto en lo que se refiere a la naturaleza litológica como a la estructura sedimentaria; en las zonas en que se producen cambios de los niveles freáticos cautivos o colgados, y, por último, en las zonas en que existe mal drenaje superficial.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Los materiales de este grupo se consideran, en general, no ripables por medios mecánicos normales. No obstante, debido a los cambios laterales de facies, algunos niveles o zonas sí podrán ser ripables.

- Empleo: Localmente útil como material canterable.

LUTITAS, ARENAS Y GRAVAS, (300a)

Este grupo se describe en la Zona 2 (pág. 89), ya que en ella presenta un desarrollo más importante.

BRECHAS Y CONGLOMERADOS CALCAREOS Y ARCILLAS ROJAS, (300c)

Este grupo se describe en la Zona 2 (pág. 99), ya que en ella presenta un desarrollo más importante.

3.2.4. Grupos geotécnicos

Las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior como grupos litológicos, se agrupan según ciertas características geotécnicas comunes. A estas agrupaciones se les denomina en este Estudio "grupos geotécnicos", y en la Zona 1 son las siguientes:

- Grupo geotécnico G1

  Aluviones actuales del cauce de los ríos y arroyos de la Zona 1. Son gravas y arenas de naturaleza poligénica, y limos abundantes. Problemas de dinámica fluvial. Capacidad portante baja. Depósitos adecuados o tolerables para préstamos.

  El grupo geotécnico G1 está constituido por el grupo litológico A.

- Grupo geotécnico G2

  Terraza baja aluvial o llanura de inundación. Son limos más o menos arenosos, con gravas y arenas silíceas que constituyen lechos importantes y discontinuos. Drenaje natural desfavorable y problemas locales de socavación. Capacidad portante de media a baja. Posibles asientos diferenciales. Materiales parcialmente adecuados o tolerables como préstamos.

El grupo geotécnico G2 está constituido por el grupo litológico A1.

- Grupo geotécnico G3

Terrazas. Materiales detríticos constituidos mayoritariamente por gravas y arenas de naturaleza silícea y, en menor proporción, calcárea. Formaciones permeables, sin problemas importantes en taludes naturales o de excavación, dadas las potencias normales de estos depósitos. En el caso de taludes importantes en que estos materiales queden colgados en la coronación de los mismos, se pueden originar problemas de estabilidad relacionados con la posible presencia de niveles freáticos colgados en el contacto de estos con el substrato, generalmente impermeable. La capacidad portante debe considerarse moderada en principio, y prever la posibilidad de que el horizonte freático que pueda existir en el contacto de estos materiales con el substrato impermeable llegue a provocar asientos diferenciales. Materiales adecuados o tolerables como préstamos, y localmente pueden constituir yacimientos granulares.

El grupo geotécnico G3 está constituido por el grupo litológico T.

- Grupo geotécnico G4

Coluvio-aluviales de arroyos y vaguadas de esta zona. Son limos y arcillas generalmente arenosos, con gravas y gravillas dispersas de naturaleza poligénica, y elevado contenido en materia orgánica. En esta Zona 1 pueden aparecer yesos diseminados heredados de las formaciones terciarias, con el consiguiente riesgo que implican de agresividad de las aguas y problemas mecánicos. Materiales con permeabilidad baja y drenaje natural desfavorable, capacidad de soporte baja a muy baja, y no utilizables como préstamos.

Constituyen este grupo geotécnico el grupo litológico AC.

- Grupo geotécnico G5

Coluviales y conos de deyección asociados a las laderas y vaguadas de la Zona 1. Son limos y arcillas arenosos con gravas poligénicas, donde pueden aparecer yesos diseminados heredados de las formaciones terciarias, con el consiguiente riesgo que implican de agresividad de las aguas y problemas mecánicos. Materiales con permeabilidad y capacidad de carga bajas, e inmersos con bastante frecuencia en procesos de inestabilidad. Se consideran parcialmente útiles como préstamos.

Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos C y D.

- Grupo geotécnico G6

Calizas del Páramo, frecuentemente oquerosas y margosas, con intercalaciones de delgados lechos de margas blancas, duras y muy compactas. Muy permeables y con problemas locales de escorrentía superficial debidos a la presencia de horizontes margosos y arcillas de descalcificación. Inestabilidad por desprendimientos y desplomes en los bordes escarpados que limitan las parameras a que dan lugar, y posibles problemas locales de asientos diferenciales en dichos bordes o a consecuencia de la existencia de cavidades (generalmente de reducidas dimensiones) en el terreno, debido a procesos de karstificación. Los taludes de excavación podrán ser subverticales, aunque los fenómenos de erosión diferencial darán lugar a desprendimientos en los mismos. Materiales no ripables en general.

Este grupo geotécnico está integrado por el grupo litológico 320.

- Grupo geotécnico G7

Alternancia de calizas más o menos margosas y margas, con intercalaciones de arcillas margosas y areniscas. Los bancos calizos bien desarrollados llegan a dar superficies llanas de páramos y producen escalonamientos y pendientes muy fuertes en las vertientes, englobando formas de parameras y cuestas. Las vertientes se ven afectadas con bastante regularidad por fenómenos de deslizamientos, desplomes y desprendimientos, fósiles la mayor parte de ellos, latentes y activos otros.

La escorrentía superficial origina en algunos puntos de las laderas importantes procesos de erosión y acarcavamientos.

Solamente son permeables los niveles calizos más competentes, por donde aflora agua a media ladera en forma de surgencias que han incidido e inciden muy negativamente en la estabilidad natural de las vertientes. En los desmontes es frecuente la surgencia de freáticos colgados que dan lugar a importantes problemas de inestabilidad, incluso deslizamientos profundos que afectan de una forma generalizada a todo el talud.

En los taludes de alturas medias no deberán adoptarse pendientes superiores a 45º, excepto en los casos en que este estuviera dominado por un banco calizo. Cuando el dominio corresponde a las margas, la pendiente debe suavizarse, no sobrepasando los 35º, debiendo tenerse muy en cuenta los procesos geomorfológicos antes mencionados y el buen drenaje de las aguas freáticas y superficiales.

La capacidad portante es de moderada a alta, salvo en áreas inestables en donde se considera baja. Grupo ripable en general en más de un 70 %.

Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico 321c.

- Grupo geotécnico G8

Materiales margosos y margo-yesíferos con yesos, intercalaciones de calizas más o menos margosas y algunos niveles detríticos. Se encuentran típicamente en las laderas constituyentes del relieve amesetado del área, recubiertas generalmente por un manto de derrubios.

Sobre estos materiales y los derrubios que los cubren se observan numerosos procesos de inestabilidad en laderas; generalmente se trata de deslizamientos, fósiles en su mayor parte, en los que ejerce un efecto muy negativo las aguas que afloran en numerosos puntos, procedentes de freáticos colgados, unido a la alterabilidad que presentan estos materiales.

Se trata de materiales impermeables entre los cuales se intercalan algunos niveles calcáreos permeables, a favor de los cuales pueden formarse pequeños horizontes freáticos de aguas agresivas. La escorrentía superficial es muy activa.

En los taludes de alturas medias y en condiciones de estabilidad natural, las pendientes de estos no habrán de sobrepasar los 35º-40º, debiéndose tener muy en cuenta las características geomorfológicas e hidrogeológicas del terreno, y cuidar el buen drenaje de las aguas freáticas y superficiales, que generalmente serán agresivas. En función de estas últimas características, la capacidad de soporte puede oscilar ampliamente desde valores altos a bajos, estimándose normal un valor medio moderado. Son materiales excavables a ripables.

Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos 321e y 321h, así como los recubrimientos coluviales existentes sobre los mismos.

- Grupo geotécnico G9

Arcillas más o menos margosas y plásticas que alternan con tramos más carbonatados y niveles de yesos. La alterabilidad de estos materiales hace que frecuentemente se hallen recubiertos por un potente suelo arcilloso de origen coluvio-eluvial. Son materiales impermeables, donde la escorrentía superficial es activa. Aguas agresivas.

Sobre estos materiales se observan algunos procesos de inestabilidad en laderas; generalmente se trata de deslizamientos superficiales de escasa entidad y reptaciones del recubrimiento coluvio-eluvial.

En los desmontes será necesario dar pendientes muy tendidas (< 30º), o diseñar elementos de contención en cada caso, y cuidar en extremo las medidas de drenaje superficial. El efecto de trabazón que ejercen los niveles de yeso, cuando estos están presentes en el grupo 321g, permite adoptar pendientes de 45º a 50º en taludes medios.

La alteración hace que sobre los taludes se manifiesten erosiones y deslizamientos superficiales. La capacidad de carga se considera media-baja. Son excavables.

Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos 321f y 321g.

- Grupo geotécnico G10

Constituido por limos y arcillas rojos y pardos con niveles arenosos, y paleocanales de arenisca y conglomerados. Muy poco permeable en conjunto, con acuíferos multicapa en los lentejones de arena y gravas, y escorrentía superficial poco activa. Taludes generalmente estables, con problemas localizados de rotura gravitacional y erosión lineal (cárcavas). Surgencias frecuentes de aguas freáticas. Los taludes de excavación en ausencia de estratos duros (areniscas y conglomerados cementados) no deben superar normalmente los 45º, o 35º si existe agua en el talud. Podrán excavarse taludes con pendientes más fuertes, entre 45º y 60º, en aquellas áreas en las cuales dominen los elementos detríticos consolidados. No obstante, los problemas de erosión diferencial y la interferencia de las aguas colgadas podrán provocar una degradación relativamente rápida. Un drenaje efectivo de las aguas de escorrentía y, muy especialmente, de las existentes en freáticos libres cercanos a la carretera, es condición esencial para obtener una capacidad soporte media aceptable. Materiales excavables a ripables. Son útiles como préstamo, y los niveles de arenas y conglomerados constituyen fuentes de áridos, de los que existen aprovechamientos locales reducidos, generalmente intermitentes.

Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico 300a.

- Grupo geotécnico G11

Son conglomerados con cantos principalmente de caliza, englobados en una matriz arenosa, y capas de arenisca, arcillas y margas. Son materiales moderadamente permeables, con drenaje por percolación donde la cementación es débil, y por

karstificación en los tramos bien cementados. No se manifiestan importantes signos de inestabilidad en las laderas donde afloran. En desmontes se pueden adoptar pendientes de 45º cuando la cementación es débil, y de 80º cuando esta es buena. La capacidad portante se considera moderada para aquellas zonas de cementación débil, y alta cuando el grado de cementación es bueno. Unicamente será ripable en aquellos términos débilmente cementados. Localmente puede ser útil como material de préstamo.

Pertenecen a este grupo geotécnico el grupo litológico 300c.

3.2.5. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 1

La Zona 1 está constituida en su mayor parte por materiales terciarios. Los problemas geotécnicos que presenta son de especial importancia en áreas concretas, estando relacionados con circunstancias negativas de orden topográfico, litológico, hidrológico y geomorfológico.

Topográficamente, los principales valles se presentan muy encajados y dispuestos según una orientación N-S; así pues, las carreteras que se tracen con una orientación E-O tendrán la necesidad de ascender desde el fondo de los valles a las plataformas de los páramos y volver a descender, sucesivamente. Las diferencias altimétricas no son importantes, pero las pendientes de las cuestas sí lo son.

El aspecto negativo de carácter litológico está representado por el componente yesífero que, disperso en las margas o en forma de lechos intercalados en las mismas, está presente en gran parte de la formación miocena que constituye las cuestas, y en los depósitos coluvio-eluviales/aluviales que tapizan las mismas y el fondo de los valles.

Los problemas de orden hidrológico podrán surgir como consecuencia de una mala escorrentía superficial en áreas de páramo y de fondo de valle, y, muy especialmente, a causa de las aguas surgentes a media ladera, que crean condiciones favorables de inestabilidad en las mismas. El agua que discurre sobre las formaciones yesíferas tiende a disolver los niveles de yeso, cargándose de iones sulfato, con lo cual su poder corrosivo frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios es muy elevado.

Los procesos geomorfológicos que representan una incidencia negativa sobre la construcción y conservación de carreteras provendrán esencialmente de la inestabilidad natural de las vertientes, representada por la erosión y, muy especialmente, por los movimientos gravitacionales. Estos fenómenos deben tenerse muy en cuenta a la hora de proyectar trazados a media ladera.

Los problemas geotécnicos serán consecuencia de todos los factores apuntados. Se manifestarán en los taludes de los desmontes, por causa y efecto de deslizamientos y desprendimientos, y en los substratos de apoyo, por falta de capacidad portante, asientos diferenciales y por agresividad de las aguas circulantes en el terreno. Debe imponerse en todo caso un sistema de drenaje efectivo, tanto de las aguas de superficie como de las freáticas que puedan instalarse bajo la estructura vial, hasta donde puedan llegar las presiones originadas por la misma.

Los materiales cuaternarios son en general muy flojos. Su reducida potencia hará que los problemas geotécnicos que puedan plantearse en estas áreas en relación a solicitudes de carga, se resuelvan llevando la cimentación al substrato terciario que recubren.

3.3. ZONA 2: ÁREA DE CAMPIÑA

3.3.1. Geomorfología

La Zona 2 está situada en la parte suroeste del Tramo estudiado.

Se caracteriza por el desarrollo de un relieve escasamente accidentado, de lomas suaves y barrancos poco profundos, que responde a la actuación de los procesos de disección sobre las lutitas del substrato terciario, de carácter poco consistente, y que confieren un tono pardo rojizo característico al paisaje de esta zona.

La red fluvial drena principalmente hacia el Sur, desde la Cordillera Cantábrica, hacia el centro de la cuenca. Marcando el límite occidental de los Páramos (Zona 1), se encuentra el río Brulles que, junto con el Odra, Riofresno, Burejo y Pisuerga, constituyen los principales cursos de agua de la Zona 2.

La red fluvial principal ha creado un entorno de llanuras fluviales, separadas por lomas que constituyen unos interfluvios poco elevados sobre los cauces. También cuenta con varios replanos constituidos por terrazas fluviales.

La red fluvial secundaria es de tipo dendriforme, con aspecto arborescente y textura media, fruto de su encajamiento en materiales blandos lutítico-arcillosos, más o menos homogéneos y con estratificación horizontal o subhorizontal.

Pueden diferenciarse distintos tipos de modelado, siendo las formas fluviales actuales las de mayor importancia y desarrollo superficial. Los principales tipos de modelado son los siguientes:

- Formas fluviales: Vegas, sistemas de terrazas y fondos de valle
- Formas poligénicas: Rañas y glacis

- Formas de ladera: Vertientes
- Formas estructurales: Replanos estructurales

FORMAS FLUVIALES: VEGAS, SISTEMAS DE TERRAZAS Y FONDOS DE VALLE

Los cursos fluviales de los ríos Brulles, Odra, Riofresno, Burejo y, especialmente, el río Pisuerga, han creado extensas vegas y, en su proceso de encajamiento, han dejado unos sistemas de terrazas cuya característica más señalada radica en la disposición asimétrica de las mismas y su correspondencia con un dispositivo morfológico, en general, de terrazas colgadas.

A excepción del río Pisuerga, cuya morfología es la de un curso meandriforme, los cauces tienen una morfología trenzada, y en su composición litológica dominan los componentes cuarcíticos y el cuarzo.

En los valles principales, entre la terraza más baja y el aluvial actual, se encuentra la llanura de inundación. Su anchura es variable, oscilando entre los 500 m en el arroyo de Ríofresno, y hasta 2 km en algún punto del valle del río Pisuerga.

La composición litológica es de limos y arcillas oscuras, con gravas dispersas. En superficie, se dibujan varios meandros abandonados.

Las terrazas constituyen unas formas deposicionales importantes, sobre todo las desarrolladas por el río Pisuerga; pudiéndose distinguir un total de hasta 9 plataformas escalonadas por encima del nivel de los cauces.

Las terrazas de los niveles más altos están situadas en los interfluvios, mientras que las terrazas más bajas bordean los valles de los cauces principales de la Zona 2. En el caso del río Pisuerga, la terraza más baja es la que alcanza mayor amplitud y da lugar a una franja paralela al curso actual.

La composición litológica es de gravas de cuarcita y cuarzo, en una matriz arenoarcillosa. El porcentaje de componentes calcáreos es, generalmente, bajo.

Los fondos de valle también son formas deposicionales importantes dentro de esta Zona 2. Tapizan el fondo de la mayor parte de los ríos y arroyos excavados en el substrato terciario. Son depósitos poco cohesivos, cuya composición es de arenas y gravas en una matriz limo-arcillosa. Están constituidos por aportes de procedencia longitudinal (fluvial) y lateral (laderas) dando fondos planos en valles muy abiertos y poco encajados, apuntándose para estos valles una génesis por solifluxión con concavidad de enlace en las vertientes, y cuya alimentación principal procede de las vertientes regularizadas en las que los depósitos se han movido también por solifluxión.

En muchos casos, estos valles de arroyos poco funcionales, adquieren un amplio desarrollo lateral, creando áreas llanas, de escasa pendiente y mal drenaje superficial.

Asentados sobre los fondos de valle, llanura aluvial o terrazas bajas, a la salida de varias torrenteras, se forman conos de deyección. Poseen la morfología de abanico y el perfil convexo típico de estas formas. Están compuestos por cantos y gravas calcáreos y subredondeados, en una matriz limo-arcillosa. Los conos de mayor dimensión están situados en el valle del río Pisuerga, y al NO de la Zona 2, donde el relieve se hace más acusado.

A las formas erosivas, pertenece la incisión lineal, que actúa, principalmente, en las cabeceras de la red fluvial secundaria.

Las cárcavas son poco importantes, habiéndose formado en laderas de pendiente más acusada, no tapizadas por depósitos coluvio-eluviales.

FORMAS POLIGÉNICAS: RAÑAS Y GLACIS

El Aluvial Finineógeno (Raña) se localiza al norte de la Zona 2. Aparece entre los 940 y los 1.020 m, ofreciendo una pendiente aproximada del 2 %, siempre dirigida hacia el centro de la cuenca. Se trata de unos materiales conglomeráticos formados por gravas cuarcíticas con matriz arenosa, cuya potencia oscila entre 10 y 20 m.

En cuanto a los glacis, se localizan en las laderas, principalmente en la margen derecha del valle del río Pisuerga, y constituyen las formas de enlace entre unas terrazas y otras. La naturaleza de sus depósitos es similar a la de las terrazas, pero con mayor abundancia de finos. Tienen una pendiente entre el 2 y el 4 %.

Sobre estos últimos y sobre algunas terrazas, se han reconocido una serie de zonas de drenaje deficiente y pequeñas lagunas (o navas) funcionales en épocas de lluvia. Se han originado por cambio de permeabilidad entre los materiales del recubrimiento y el substrato.

FORMAS DE LADERA: VERTIENTES

En cuanto a los coluviones que se encuentran en la Zona 2, son pequeños y de poca potencia, ya que las laderas son, generalmente, mucho más planas y bajas, formándose también en los escarpes de las grandes terrazas. Son materiales blandos, dominantemente arcillo-arenosos.

Las vertientes de enlace entre unas terrazas y otras están en general regularizadas, encontrándose la ladera cubierta por un tapiz de cantos y material lutítico que no supera casi nunca los 2 m.

FORMAS ESTRUCTURALES: REPLANOS ESTRUCTURALES

La mayoría de estas formas son manifestaciones morfológicas de los contrastes litológicos existentes en el substrato terciario. Las superficies estructurales están definidas por bancos de calizas y conglomerados, intercalados en los materiales terrígenos finos miocenos, que aumentan su espesor y el tamaño de sus componentes hacia el sector de la cordillera, así como por suelos calcimorfos.

La erosión resalta los niveles más competentes dando lugar a una serie de replanos escalonados en la vertiente de los valles.

La presencia de pequeños cerros con morfología cónica, puede justificarse por la presencia de niveles duros a techo.

3.3.2. Tectónica

La Zona 2, situada íntegramente en la Cuenca del Duero, se caracteriza por la disposición horizontal y subhorizontal de los materiales que la integran, y por la ausencia casi completa de actividad tectónica.

Las etapas alpinas tardías desencadenan la configuración de la Cuenca del Duero a través de una distensión relativa inducida por desgarres. Las siguientes manifestaciones tectónicas afectan a los conglomerados calcáreos terciarios (Grupo 300c), que conforman la zona de borde de la Cuenca del Duero. Estas pueden ser reflejo de las Fases Sávica y Stayrica.

Durante el Mioceno Medio (Aragoniense Superior) tiene lugar una reactivación del Borde Cantábrico durante la fase de deformación denominada Intraaragoniense. Esta reactivación se manifiesta por una discordancia estructural entre materiales del Mioceno Inferior y Medio.

A finales del Vallesiense, una nueva fase de deformación denominada Intravallesiense o Atica, se pone de manifiesto por la presencia de una nueva discontinuidad que afecta a la Facies Cuestas (Grupo 321e) e inicia el comienzo de un nuevo ciclo, cuya superficie de colmatación son las Calizas del Páramo (Grupo 320).

A partir de esta última fase tiene lugar, aunque de forma muy restringida, una etapa de deformación de pequeña intensidad, con fracturas, alabeos, etc., y el consiguiente nuevo ciclo sedimentario correspondiente a las Calizas del Páramo 2. Estas afloran al Sur, fuera del Tramo estudiado, y corresponderían a la Fase Iberomanchega I.

La última fase tectónica de cierta importancia tiene lugar en el Plioceno. Su actividad se ve limitada a suaves basculamientos con los que posiblemente estén relacionados los episodios sedimentarios detríticos correspondientes al Aluvial Finineógeno (Grupo 322). Se sitúan en la región, con un carácter muy extensivo, a techo de los materiales neógenos previos de la Cuenca del Duero, y sobre términos preneógenos deformados en las áreas de la Banda Plegada de Montorio.

No se han detectado muestras de actividad neotectónica importante. En este sentido, el basculamiento generalizado hacia el SO que presenta la superficie fundamental del Páramo, puede ser debido a un levantamiento de pequeña magnitud de la Cordillera Cantábrica, ya que la pendiente va disminuyendo conforme se adentra en la Cuenca del Duero.

Así pues, de todo lo dicho cabe deducir una actividad tectónica de elevación para el borde de mesozoico, y durante el lapso de tiempo indicado por las formaciones terciarias representadas. Esta actividad parece haberse ido amortiguando progresivamente.

Además de la inclinación mencionada de la Superficie del Páramo, hacia el interior de la Cuenca, fuera ya del Tramo de estudio, hay fracturas y pliegues de gran radio. Todos estos fenómenos deben testimoniar la existencia de ligeros movimientos diferenciales de elevación-hundimiento en zonas de la cuenca un poco más alejadas del borde, o bien el reflejo superficial de fracturas de zócalo, también puestas de manifiesto por las orientaciones dominantes de la red hidrográfica, que básicamente tienden a recorrer la Zona 2 en las direcciones N-S, N25E y N120-130E.

ZONA DE CONTACTO O BORDE ENTRE LA CUENCA DEL DUERO Y LA CORDILLERA VASCO-CANTÁBRICA

Litológicamente está constituida por conglomerados terciarios (Grupo 300c).

Constituyen el borde de la cuenca en casi todo el contacto con el mesozoico de la Franja Plegada de Montorio, y se encuentran débilmente basculados hacia el Sur. La formación conglomerática suele ser discordante sobre el Mesozoico, y, en algunos puntos, el Cretácico Superior de la Franja suele cabalgar a los conglomerados terciarios, incorporándolos incluso en algunas escamas. El cabalgamiento más espectacular es visible, con sus pequeñas rampas, inmediatamente al Norte de la población de Rioparaíso, donde las calizas y dolomías del Grupo 232c recubren con bajo ángulo y unos 500 m de componente horizontal los conglomerados, afectados también por pequeñas fallas inversas.

Esta formación conglomerática está frecuentemente fracturada, por fallas de dirección NNO-SSE a ONO-ESE, en varios puntos. Estas fallas son aparentemente normales y con labio hundido Sur.

3.3.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica de esta Zona 2 aparece en la Figura 17.

3.3.4. Grupos litológicos

En este apartado se describen la litología, estructura y características geotécnicas de los grupos litológicos que se han individualizado dentro de la Zona 2, en el presente Tramo del Estudio.

ALUVIONES ACTUALES, (A)

- Litología

  Aluviones constituidos por gravas y bolos redondeados, de naturaleza poligénica, principalmente silícea metamórfica, y arenas, arenas limosas y limos.

- Estructura

  Este grupo está situado en el área ocupada por el cauce mayor de los ríos más importantes; es decir, el que se supone puede ser ocupado por las aguas en avenidas de normal recurrencia.

  Posee una estructura canalizada y netamente discordante con los grupos litológicos infrayacentes. Los materiales se disponen en forma de barras de canal, surcadas por numerosos canales de estiaje.

  Los cauces más importantes donde ha sido diferenciado este grupo son: Brullés, Odra y Pisuerga.

  Su potencia está comprendida entre los 0,5 m y 2 m (aluvial "a"), y los 2 m y 5 m (aluvial "A").

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Media-alta, por infiltración, con niveles freáticos próximos a la superficie.

FIG.- 15 CORTES GEOLOGICOS CORRESPONDIENTES AL LIMITE ENTRE LAS ZONAS 2 y 3

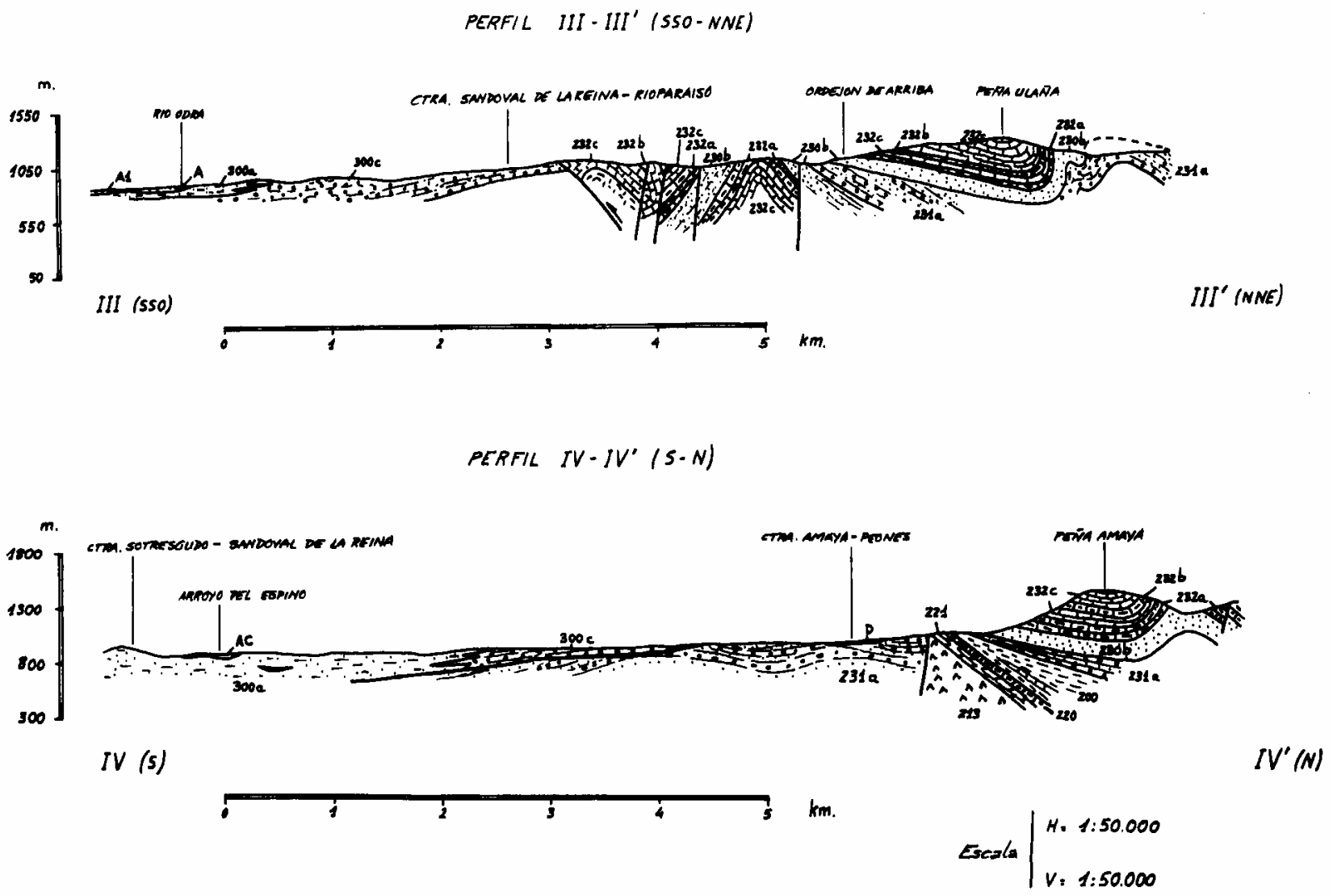
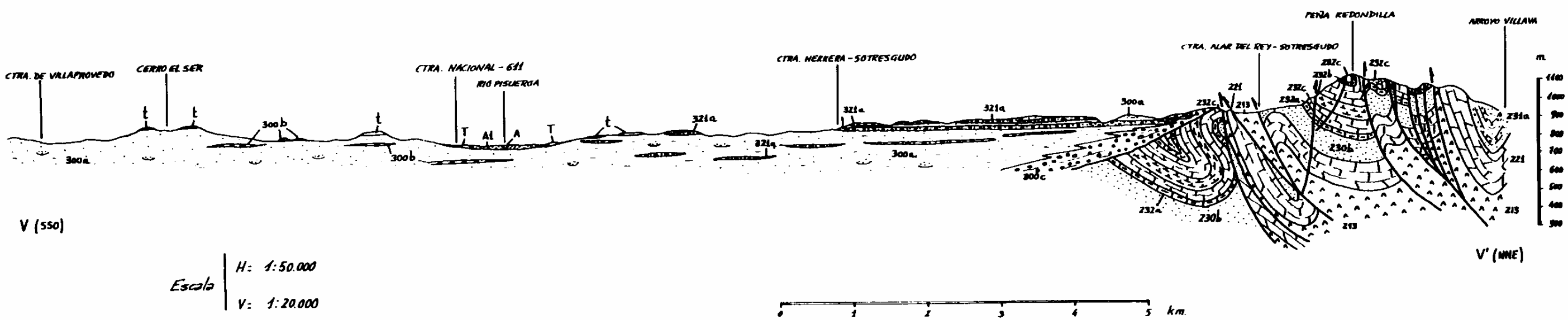


FIG.- 16 CORTE GEOLOGICO CORRESPONDIENTE A LAS ZONAS 2 y 3



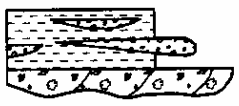
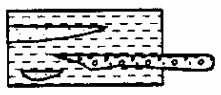
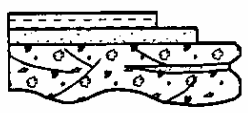
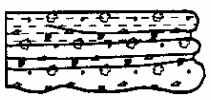
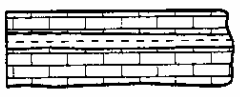
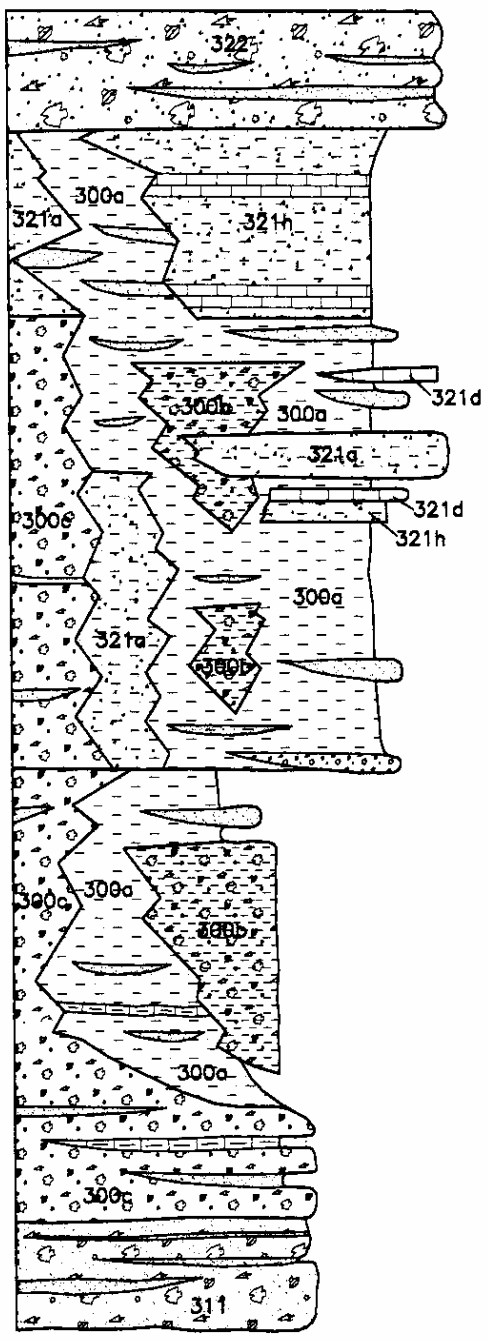
COLUMNA LITOLOGICA	GRUPO LITOLOG.	GRUPO GEOTEC.	LITOLOGIA	POTENCIA EN m.	EDAD
	A	G–1	Gravas poligénicas, arenas y limos.	1–5	HOLOCENO
	A1	G–2	Limos arenosos con gravas dispersas, lechos de arenas y gravas silíceas principalmente.	1–6	HOLOCENO
	AC	G–4	Limos y arcillas arenosas, con gravas y gravillas dispersas en lechos discontinuos.	1–3	HOLOCENO
	T	G–3	Gravas poligénicas, principalmente silíceas, arenas, limos y arcillas.	1–6	HOLOC./PLEISTOC.
	D	G–5	Arcillas y limos con arenas y gravas poligénicas.	1–6	HOLOC./PLEISTOC.
	G	G–3	Gravas y gravillas principalmente silíceas, arenas y matriz limo–arcillosa.	1–3	HOLOC./PLEISTOC.
	C	G–5	Arcillas con bastantes fragmentos de rocas calizas. Limos arenosas y arcillas con bastantes gravas silíceas.	1–5	HOLOC./PLEISTOC.
	Q	G–8	Tobas calcáreas y travertinos con niveles de limos blancos.	3–4	PLEISTOCENO
	322	G–3	Gravas silíceas, arenas y ocasionalmente, arcillas (Rañas).	20–40	PLIOCENO
	321 h	G–8	Margas de tonos blancos y grisáceos.	25–35	MIOCENO
	300 a	G–10	Limos y arcillas arenosas con arenas y areniscas y algunos horizontes de conglomerados silíceos.	8–45	TERCIARIO
	321 a	G–10	Conglomerados y areniscas, poligénicas, parcialmente cementados. Algunos lechos de lutitas, más o menos arenosas.	0–40	MIOCENO
	321 d	G–8	Bancos calcáreos, margas blancas y caliches.	0–8	MIOCENO INF./MED.
	300 b	G–12	Arcillas margosas, margas, margocalizas, calizas, fangos y areniscas.	20–40	TERCIARIO
	300 c	G–11	Conglomerados calcáreos con escasa matriz y arcillas rojas.	50–70	TERCIARIO
	311	G–11	Conglomerados cuarcíticos, arcillas rojas y niveles arenosos cementados.	10–20	PALEOCENO

FIGURA.–17 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 2: AREA DE CAMPIÑA

- Problemas geomorfológicos: Los procedentes de la dinámica fluvial.

- Capacidad portante: Se estima en general baja, aunque dada la escasa potencia que en algunos casos tienen estos sedimentos, cualquier requerimiento algo importante de esfuerzo de una estructura habrá de ser remitido siempre al substrato.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

- Empleo: Pueden ser considerados como adecuados o tolerables como material de préstamo. Sólo parcialmente constituyen yacimientos granulares.

TERRAZA BAJA ALUVIAL, (A1)

- Litología

  Aluviones constituidos por limos más o menos arenosos, bastante materia orgánica, con grava silícea dispersa y lechos de gravas y arenas.

- Estructura

  Constituye este grupo la terraza baja aluvial o llanura de inundación de los ríos más importantes de la región. Los lechos de gravas y arenas presentan una distribución irregular, como corresponde a materiales depositados en un antiguo cauce meandriforme, y su proporción es, en general, inferior a la de los limos que suelen constituir el horizonte superior con bastante continuidad.

  Este grupo alcanza mayor entidad en los valles de los ríos Brullés, Odra, Riofresno y Pisuerga.

  La potencia de estos depósitos puede oscilar entre 1 y 5 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Permeabilidad baja. El drenaje, efectuado por percolación natural, se considera desfavorable por el hecho de que la rápida evacuación de los aportes hídricos superficiales se ve muchas veces dificultada por la existencia en profundidad de niveles freáticos o lechos impermeables, factores que evitan o interfieren en su normal saneamiento. Escorrentía poco activa.

- Problemas geomorfológicos: Los derivados de la dinámica fluvial. Existen puntos donde pueden producirse socavaciones.

- Capacidad portante: Oscila de media a baja, siendo previsible que puedan producirse asientos diferenciales cuando la potencia de los depósitos sea pequeña y el bulbo de presiones afecte al substrato arcilloso mioceno, interfiriendo de forma negativa el previsible horizonte freático creado entre la terraza y el substrato.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

- Empleo: El conjunto de los materiales de este grupo puede considerarse como adecuado o tolerable para préstamos, y sólo parcialmente dichos materiales constituyen yacimientos granulares. Los aluviales del río Pisuerga son en los que aparecen, con mayor frecuencia e importancia, lechos detríticos gruesos.

ALUVIAL-COLUVIAL, (AC)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por materiales limo-arenosos y arcillosos, junto con gravas y gravillas poligénicas bastante redondeadas, dispersas o dispuestas en lechos discontinuos. Posee una compacidad y dureza muy bajas.

- Estructura

  Estos materiales suelen estar ubicados en los cursos de arroyos y riveras, y vaguadas de fondo muy amplio y llano, donde los aportes de tipo coluvial se ven tímidamente retrabajados por una incipiente acción aluvial. La potencia de este grupo litológico está comprendida entre 0,5 y 3 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Permeabilidad baja. El drenaje, efectuado por percolación natural, se considera desfavorable por el hecho de que la rápida evacuación de los aportes hídricos superficiales se ve muchas veces dificultada por la existencia en profundidad de niveles freáticos o lechos impermeables, factores que evitan o interfieren en su normal saneamiento. Escorrentía poco activa.

- Problemas geomorfológicos: Este grupo delimita áreas potenciales de actividad hidrodinámica.

- Capacidad portante: Se estima en principio baja a muy baja.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

- Empleo: En general, no son utilizables como préstamos.

TERRAZAS FLUVIALES, (T)

- Litología

  Son depósitos aluviales formados por gravas redondeadas poligénicas, principalmente silíceas, y arenas, con una matriz limosa o limo-arcillosa. En menor proporción existen lechos de arenas y limos más o menos arenosos.

- Estructura

  Depósitos lenticulares con potencias variables, de 1 a 6 m, y disposición subhorizontal. Poseen estructuras típicas de canales rellenos por gravas y arenas, y, aquellas mejor conservadas, están recubiertas por limos y arenas de llanura de inundación. El tamaño medio de los clastos es de grava media, con predominio de tamaños comprendidos entre 2 y 4 cm, y es muy frecuente el menor de 2 cm.

  Las terrazas que alcanzan un mayor desarrollo son las del valle del río Pisuerga, en su curso medio, donde existen hasta nueve niveles escalonados por encima de la llanura de inundación.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Alta. Escorrentía superficial poco activa.

  - Problemas geomorfológicos: Pendientes naturales subhorizontales y estables, salvo en aquellas zonas próximas a los bordes que forman escarpes.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Taludes bajos (< 2 m) de 60º.
    - Problemas: Erosiones superficiales y caídas de gravas.

- Taludes recomendados: Se podrán adoptar pendientes en torno a los 45º. La existencia de niveles freáticos en el contacto con el substrato mioceno impermeable, puede dar lugar a problemas de inestabilidad en los taludes de excavación cuando este grupo se quede colgado en la cabecera del desmonte. En tales circunstancias deben cuidarse las medidas de drenaje, tender los taludes a pendientes iguales o inferiores a 30º, o diseñar posibles medidas de contención.

- Capacidad portante: Moderada, con posibilidad de que puedan darse asientos diferenciales cuando la potencia de la terraza es tal que el bulbo de presiones no llega al substrato arcilloso mioceno; o cuando llegando a él, la existencia de un posible nivel freático en el contacto terraza-substrato, interfiera negativamente en la capacidad soporte del terreno.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Son excavables con medios mecánicos normales.

- Empleo: Suelen constituir yacimientos granulares de reducidas dimensiones, algunos de ellos aprovechados en obras locales. En el caso de las terrazas del río Pisuerga, la importancia de los yacimientos es ya considerable.

CONOS DE DEYECCIÓN, (D)

- Litología

  Arcillas y limos con arenas y gravas de naturaleza poligénica, abundando las angulosas y poco rodadas, de origen calcáreo.

- Estructura

  Son depósitos lenticulares de tipo abanico aluvial, que se encuentran sobre la terraza baja aluvial de los principales valles, en la desembocadura de pequeños arroyos. Su potencia puede oscilar entre 1 y 6 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Moderada o baja permeabilidad. Escorrentía superficial poco activa.

  - Problemas geomorfológicos: Forman pendientes muy tendidas y, en general, estables o con ligeros signos de reptación.

- Taludes artificiales observados: No se han observado.
- Taludes recomendados: No deben superar pendientes mayores de 45º.
- Capacidad portante: Moderada a baja.
- Ripabilidad/Excavabilidad: Son materiales excavables.
- Empleo: Se estiman inadecuados a tolerables para su utilización como préstamos.

GLACIS, (G)

- Litología

  Este grupo está formado por gravas y gravillas poligénicas, en las que abundan los cantos rodados silíceos, con matriz compuesta por arenas, limos y arcillas. En general, son materiales heredados de las terrazas y niveles de raña próximos.

- Estructura

  Son depósitos de ladera con pendientes relativamente suaves, que, a veces, adquieren una estructura de terraza, conformando la superficie culminante de cerros.

  Adquieren un mayor desarrollo en el curso medio del valle de río Pisuerga. Hoja de Herrera.

  La potencia de estos depósitos oscila entre 1 y 4 m, como valores más probables.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Moderada a alta. La escorrentía superficial es poco activa, y a veces se ve dificultada por la existencia en superficie de un suelo arcilloso. En ocasiones llegan a producirse fenómenos de endorreísmo, con formación de charcas o navas más o menos permanentes.
  - Problemas geomorfológicos: Laderas con pendientes muy tendidas y estables.

- Taludes artificiales observados:

  - Pendientes: Taludes bajos (< 2 m) con pendientes de 45º.
  - Problemas: Erosiones superficiales y caída de gravas.

- Taludes recomendados: Se podrán adoptar pendientes en torno a los 45º. La existencia de niveles freáticos en el contacto con el substrato mioceno impermeable, puede dar lugar a problemas de inestabilidad en los taludes de excavación, cuando este grupo se quede colgado en la cabecera del desmonte. En tales circunstancias deben cuidarse las medidas de drenaje, tender los taludes a pendientes iguales o inferiores a 30º, o diseñar posibles medidas de contención.

- Capacidad portante: Moderada a baja. Con espesores reducidos, cabe la posibilidad de que el horizonte freático que pueda existir en el contacto de estos materiales con el substrato mioceno impermeable, llegue a provocar asientos diferenciales.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Excavable con medios mecánicos normales.

- Empleo: Son materiales adecuados o tolerables como préstamos, y sólo parcialmente pueden constituir yacimientos granulares.

COLUVIAL, (C)

- Litología

  La composición de este grupo litológico varía en función de la composición de su área fuente. En general son arcillas y limos arenosos con gravas y bloques, generalmente abundantes, de naturaleza variable.

- Estructura

  Son depósitos de gravedad, y por tanto se disponen al pie de las laderas, constituyendo bandas alargadas paralelas a las mismas.

  Interiormente poseen una estructura masiva y son poco cohesivos. Su potencia es muy irregular, pero oscila entre 0,5 m y 2,5 m.

- Geotecnia

    - Permeabilidad: Baja, por infiltración.

    - Problemas geomorfológicos: Pendientes naturales de hasta 35º. Son frecuentes los suelos que presentan signos de reptación.

    - Taludes artificiales observados:

        - Pendientes: 50º-60º en taludes bajos.

        - Problemas: Suelen ser bastante inestables y sufren una degradación apreciable.

    - Taludes recomendados: No deberán superar pendientes de 40º en el caso de que sólo se afecte a los propios materiales del coluvión; si estos quedasen colgados en el talud, la pendiente de los mismos no debería sobrepasar los 30º.

    - Capacidad portante: Se estima en principio baja a muy baja.

    - Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

    - Empleo: Varían de inadecuados a tolerables como material de préstamo.

TRAVERTINOS Y TOBAS, (Q)

- Litología

    Travertinos y tobas calcáreas de origen fluvial, y algunos niveles de limos blancos.

- Estructura

    Afloramientos muy localizados y de escasa representación real. Potencia de 3 a 4 m.

- Geotecnia

    - Permeabilidad: Alta.
    - Problemas geomorfológicos: No manifiestan signos de inestabilidad.

- Taludes artificiales observados: No se observan.
- Taludes recomendados: Pendientes de hasta 75º.
- Capacidad portante: Moderada.
- Ripabilidad/Excavabilidad: Ripable.
- Empleo: Util como material de relleno, en terraplenes.

GRAVAS SILÍCEAS Y ARENAS (Raña), (322)

Este grupo se describe en la Zona 3 (pág. 128).

CONGLOMERADOS POLIGÉNICOS, ARENISCAS Y LUTITAS ROJAS, (321a).

- Litología

  Son conglomerados y areniscas, con intercalaciones de lutitas más o menos arenosas. La litología de los cantos es esencialmente calcárea, con diámetros de 3 a 20 cm, matriz silícea y cemento calcáreo.



FOTO Nº 11. Aspecto que presentan los conglomerados que integran el grupo litológico 321a.

El grado de cementación es muy variable, y en un mismo nivel se puede pasar de un sector cementado a otro suelto, siendo en general débil.

Este grupo está relacionado estratigráficamente con el grupo 300a, del cual se han diferenciado los términos clásticos que alcanzan entidad cartográfica como grupo 321a.



FOTO Nº 12. P.K. 89+000 de la carretera N-611. En el talud afloran los conglomerados del grupo 321a sobre los fangos del grupo 300a. Existe un acuífero colgado cuyas aguas fluyen por el contacto entre ambas formaciones.

La edad de estos materiales es Aragoniense Superior (Astaraciense).

- Estructura

Se dispone en estratos horizontales con morfología de cuerpos canalizados intercalados en la formación detrítica de Facies Tierra de Campos y Grijalba-Villadiego (Grupo litológico 300a). Conforman replanos estructurales.

Corresponden a depósitos de ápice y orla proximal de abanico fluvial. Su potencia media es métrica (1 a 3 m) a decamétrica, con un máximo de 40 m.

Alcanzan un mayor desarrollo en el cuadrante nororiental de la Hoja de Herrera de Pisuerga.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Son materiales permeables, con buen drenaje superficial por percolación. El agua de escorrentía que se infiltra a través de estos depósitos, circula a través de ellos por la superficie de contacto con las lutitas de las facies Tierra de Campos y Grijalba-Villadiego que los engloba, generalmente impermeables. Este agua aflora a media ladera y sobre los taludes de los desmontes, favoreciendo los procesos de inestabilidad.

  - Problemas geomorfológicos: Dan lugar a replanos estructurales de donde pueden llegar a desprenderse algunos bloques por erosión diferencial.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Taludes bajos y medios (4 a 8 m) con pendientes de 45º a 50º.

    - Problemas: La erosión diferencial, que actúa sobre niveles de lutitas, más deleznables, puede dar lugar a desprendimientos de bloques, o deslizamientos en aquellos términos groseros menos cementados. En general, se producen desprendimientos y caídas de gravas por meteorización de la matriz que, en algún caso, ha llevado a la necesidad de colocar mallas de guiado.

  - Taludes recomendados: Se recomiendan inclinaciones de unos 50º en taludes medios, y diseño de cunetas para recoger materiales desprendidos al pie de los mismos.

  - Capacidad portante: Dependerá de la potencia de estos niveles y del grado de cementación de los mismos. En general se considera moderada.

  - Ripabilidad/Excavabilidad: La mayor parte del grupo se considera ripable, salvo niveles de mayor potencia que excepcionalmente se presenten muy cementados.

- Empleo: Los niveles de arenas y conglomerados poco o nada cementados son útiles como préstamos, existiendo aprovechamientos locales reducidos, generalmente intermitentes, como fuente de áridos.

CALICHES Y CALIZAS, (321d)

- Litología

  Caliches y calizas de color crema, dispuestas en bancos de 10 a 25 cm, separados entre sí por finas capas de margas blancas. Las calizas suelen ser micríticas, más o menos oquerosas.



FOTO Nº 13. Detalle de las calizas que conforman el grupo 321d

La edad de estos materiales es Aragoniense.

- Estructura

  Su disposición es horizontal y se intercalan a varios niveles dentro de los grupos 300a y 321h, donde dan lugar a resaltes estructurales. Son de potencia métrica.

Se localizan principalmente en la Hoja de Villadiego, próximos al límite septentrional de la Cuenca del Duero.



FOTO Nº 14. Aspecto que presentan los bancos calcáreos del grupo 321d, interestratificados en la formación de fangos del grupo 300a, en las cercanías de la localidad Sandoval de la Reina.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Los materiales que constituyen el grupo son de naturaleza impermeable; no obstante, los niveles calizos presentan permeabilidad por fisuración y karstificación. La escorrentía superficial es poco activa.

  - Problemas geomorfológicos: No se observa una problemática reseñable en este grupo.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Solamente se observan taludes muy bajos (< 2 m) con pendientes de 45º a 65º.

- Problemas: No están afectados por una problemática especial.

- Taludes recomendados: Taludes bajos de 65º.

- Capacidad portante: Posee una capacidad de soporte moderada y alta.

- Ripabilidad/Excavabilidad: El grupo es ripable por medios mecánicos normales.

- Empleo: Útil como material de relleno, en terraplenes.

MARGAS, (321h)

Este grupo se describe en la Zona 1 (pág. 56), ya que en ella adquiere un desarrollo más importante.

CONGLOMERADOS Y ARENISCAS CUARCÍTICOS, (311)

- Litología

  Conglomerados cuarcíticos con gravas de 2 a 3 cm, arcillas rojas y niveles arenosos cementados.

  La edad de estos materiales es Plioceno, y representan la transición al terciario de los depósitos finicretácicos.

- Estructura

  Afloramientos discontinuos en estrechas bandas. Su espesor es de 10 a 20 m.

  Unicamente se han reconocido en el cuadrante suroriental de la Hoja de Prádanos de Ojeda.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Son materiales permeables con un moderado drenaje superficial por percolación donde la cementación es débil.

  - Problemas geomorfológicos: No se observan signos importantes de inestabilidad.

- Taludes artificiales observados: Dado la reducida extensión de estos afloramientos, no se han observado desmontes sobre estos materiales.

- Taludes recomendados: En taludes medios se recomiendan inclinaciones de unos 45º para materiales débilmente cementados, y hasta 75º cuando la cementación es buena. Adicionalmente se recomienda el diseño de cunetas para recoger materiales desprendidos al pie de los taludes.

- Capacidad portante: En general se considera moderada.

- Ripabilidad/Excavabilidad: La mayor parte del grupo se considera ripable, salvo niveles que excepcionalmente se presentan muy cementados.

- Empleo: Útil como material de relleno, en terraplenes.

LUTITAS, ARENAS Y GRAVAS, (300a)

- Litología

Este grupo corresponde principalmente a las facies denominadas Tierra de Campos, Grijalba-Villadiego y Santa María del Campo; y está constituido por limos y arcillas rojos, pardos y verdosos, que imprimen una tonalidad rojiza característica al paisaje, niveles arenosos de grano medio-fino, e intercalan conglomerados poligénicos (paleocanales) aunque con una proporción bastante alta de cantos de cuarzo y cuarcita redondeados, irregularmente cementados. En la base de esta unidad pueden aparecer niveles de margas blanquecinas.

Las lutitas, de color rojo y aspecto masivo, pueden incluir ocasionalmente algunas capas de arenas finas de espesores centimétricos y aspecto tabular.

Es frecuente que los niveles arcillosos manifiesten un proceso de carbonatación importante, con estructuras típicas de arcillas almendradas. Existen, asimismo, algunas intercalaciones de horizontes calcáreos correspondientes a suelos calcimorfos.

Las arenas, más o menos cementadas, se organizan en cuerpos de escala métrica, y por lo general se encuentran con una base muy neta y tendida. Son de aspecto masivo y su color por lo general también es rojo, aunque a veces presentan tonalidades amarillentas.



FOTO Nº 15. Desmonte en los fangos de la Facies Grijalba-Villadiego (Grupo 300a) situado en el P.K. 69+800 de la carretera N-611. En los taludes se observan erosiones y deslizamientos superficiales por alteración de los fangos, debida a las aguas de escorrentía y a las que afloran por el talud a favor de los paleocanales arenosos.

Este amplio grupo experimenta cambios laterales de facies importantes, de modo que cada uno de los términos que integran el grupo pasan lateralmente de unos a otros, a la vez que todo el conjunto puede tender al predominio de algunos términos o a la desaparición de otros.

- Estructura

Los materiales de este grupo están dispuestos subhorizontalmente, y se estructuran sedimentariamente en lechos lenticulares. En ellos no se han observado estructuras tectónicas reseñables.

Los niveles conglomeráticos dan lugar a resaltes estructurales que destacan de la morfología alomada generada en las lutitas, y adquieren cierta entidad en los cuadrantes de la Hoja de Herrera de Pisuerga, especialmente en las cercanías del relieve mesozoico que conforma la Zona 2; en este caso han sido diferenciados en la cartografía como grupo 321a.

El espesor observado del grupo fluctúa entre unos pocos metros (8 m) y 25 a 45 m.

Estos materiales están muy extendidos en el área comprendida en la Zona 1 del Estudio; se localizan en la mitad sur-oriental de la Cuenca del Duero, al este del río Pisuerga, aflorando con mayor extensión en las Hojas de Villadiego y Herrera de Pisuerga.

- Geotecnia

  • Permeabilidad: En conjunto, este grupo litológico puede considerarse muy poco permeable; no obstante, se localizan acuíferos multicapa en lentejones de arenas y gravas distribuidos aleatoriamente en una matriz arcillo-limosa de carácter poco permeable. Consecuencia de ello son las frecuentes surgencias de agua que se observan.

    En cuanto a la escorrentía superficial, esta es moderada o poco activa en la mayor parte del territorio dominado por estos terrenos, debido a la suave morfología que sobre ellos se desarrolla. En ocasiones, en zonas muy tendidas, con cierto grado de endorreísmo, las condiciones de drenaje superficial se hacen muy deficientes; lo que, unido a la baja permeabilidad de estos materiales, origina problemas de asentamiento en las carreteras.

    En otros casos donde estos materiales ocupan zonas de ladera, la pendiente de las mismas facilita una escorrentía más activa.

  • Problemas geomorfológicos: Salvo los ya comentados con referencia a su carácter endorreíco, no se han observado problemas importantes en cuanto su estabilidad natural. Solamente se han localizado fenómenos de acarcavamiento y algunos problemas de estabilidad en estos materiales cuando se sitúan a media ladera en áreas de fuerte pendiente, en donde la incidencia de la erosión es mayor; o bien cuando se sitúan sobre materiales margosos y margoyesíferos, que se ven inestabilizados por la acción de las aguas que aportan los acuíferos colgados en este grupo litológico.

  • Taludes artificiales observados:

    • Pendientes: Las pendientes observadas en taludes de alturas bajas y medias no sobrepasan los 45º. En taludes medios se diseña una berma de 4 m a media altura.

    • Problemas: El carácter lábil de estos materiales, unido a la presencia de niveles freáticos colgados, hace que los taludes se vean fácilmente erosionados y con formación de deslizamientos superficiales.



FOTO Nº 16. Encharcamiento sobre los fangos del grupo 300a al quedar cegada una vaguada por el terraplén de la carretera autonómica P-232, en el P.K. 2+200, y carecer ésta de obra de drenaje transversal.

- Taludes recomendados: En taludes de alturas bajas y medias, en ausencia de estratos duros (areniscas y conglomerados cementados), se deberá adoptar la máxima pendiente que admita este tipo de materiales (unos 45º), para evitar en lo posible su degradación por erosión, con diseño de bermas intermedias a partir de los 8 m de altura. Si existe agua en el talud, las pendientes de excavación no deben superar normalmente los 35º. Podrán excavarse taludes con pendientes más fuertes, entre 45º y 60º, en aquellas áreas en las cuales dominen los elementos detríticos consolidados.

  Es importante prever la construcción de una amplia cuneta que pueda recoger derrubios y posibles masas deslizadas, así como cuidar el correcto drenaje de los taludes y de la plataforma, dado el carácter poco permeable del grupo, la deficiente escorrentía superficial y la posible presencia de acuíferos colgados que pudieran interferir en la estabilidad de la carretera. Adicionalmente es muy recomendable proteger de la erosión a los taludes, mediante la creación de un manto vegetal sobre los mismos.



FOTO Nº 17. P.K. 69+900 de la carretera N-611, donde afloran fangos y arenas del grupo 300a. Fuerte acarcavamiento del talud producido por el agua que aporta la cuneta de la antigua carretera, situada a un nivel superior, y cuyo drenaje se ha descuidado. Esta erosión origina el arrastre de tierras y el consiguiente anegamiento de cuneta actual.

- Capacidad portante: Se considera moderada, con posibilidad de que puedan presentarse asientos diferenciales. En áreas de media ladera y con fuertes pendientes, debe estudiarse muy detenidamente el estado de estabilidad natural de las mismas, dada la existencia, en ciertos sectores, de procesos de inestabilidad que rebajan de manera importante la calidad del terreno. Por otra parte, pueden presentarse problemas relacionados con la presencia de arcillas expansivas.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Este grupo será excavable con medios mecánicos normales en su práctica totalidad; tan sólo aquellos niveles conglomeráticos de cierta entidad que se presentan total o parcialmente cementados serán considerados como ripables.

- Empleo: Materiales útiles como préstamos. Los niveles de arenas y conglomerados son fuentes de áridos, y existen aprovechamientos locales reducidos, generalmente intermitentes.



FOTO Nº 18. Deslizamiento de tierras en un talud situado en el P.K. 63+600 de la carretera comarcal C-627, entre Sotovellanos y Herrera de Pisuerga. El deslizamiento afecta a los fangos de la formación 300a, cuyas condiciones de estabilidad se han visto degradas por la presencia de un horizonte freático en la base del desmonte, a favor de un paleocanal arenoso.

MARGAS, MARGOCALIZAS, CALIZAS, LUTITAS Y ARENISCAS, (300b)

- Litología

  Arcillas margosas de tonalidad anaranjada, margas blancas, margocalizas y calizas de aspecto noduloso, en paquetes de espesores comprendidos entre 50 cm y 6 m. Se intercalan lutitas rojas y niveles de areniscas y conglomerados arenosos.

  Este grupo está relacionado estratigráficamente con los grupos 300a y 321a, y corresponde a depósitos de facies charcustre-palustre.

  A los materiales de este grupo se les asigna una edad comprendida entre el Oligoceno y Mioceno.



FOTO Nº 19. Desmonte en los fangos de la Facies Grijalba-Villadiego (Grupo 300a) situado en el P.K. 72+000 de la carretera N-611. Los taludes alcanzan alturas de hasta 15 m y pendientes de 45º.



FOTO Nº 20. Aspecto que presentan las arcillas margosas del grupo 300b.

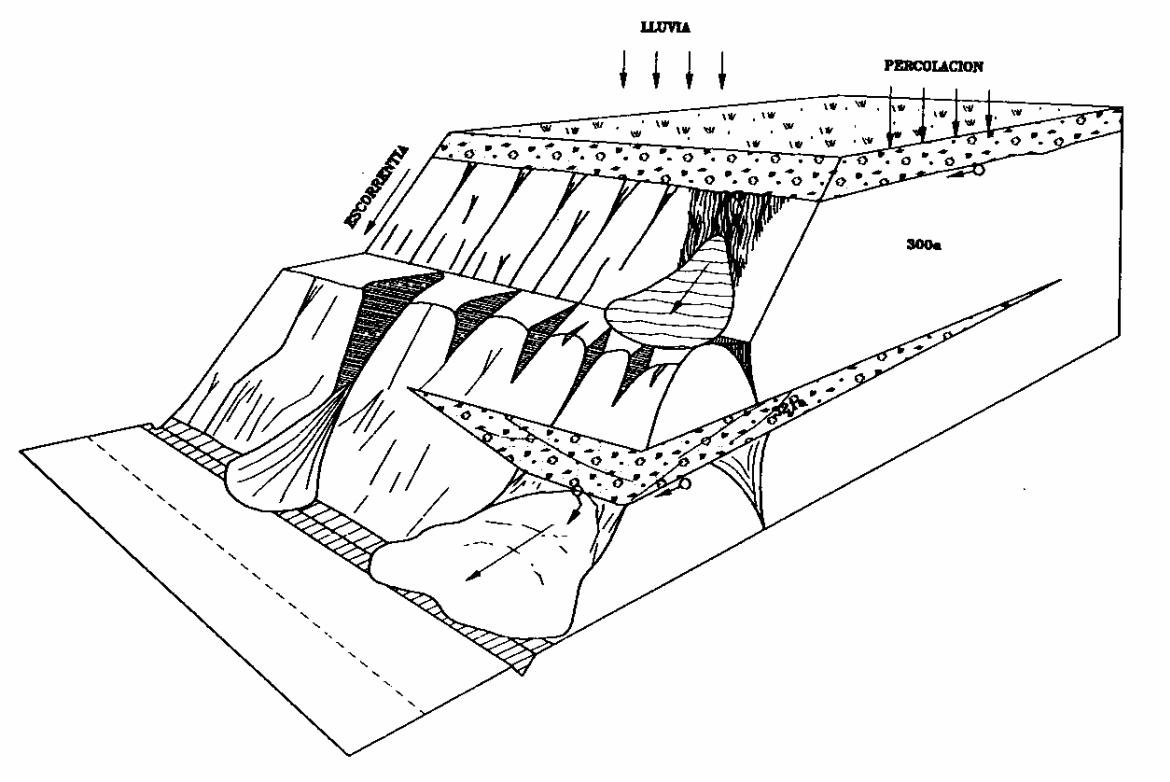


Fig. 18: Tanto el agua de escorrentía como la presencia de nivel freáticos colgados, bien en los recubrimientos cuaternarios (terrazas y glacis), o bien en los lechos lenticulares de arenas y conglomerados (Grupo litológico 321a), hacen que los taludes se vean fácilmente erosionados, con formación de fuertes acarcavamientos y deslizamientos superficiales que afectan a los limos y arcillas del grupo litológico 300a

- Estructura

Se disponen en estratos horizontales y afloran principalmente en el cuadrante nororiental de la Hoja de Herrera de Pisuerga.

La potencia de este grupo es muy variable, con máximos comprendidos entre 20 y 40 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Se trata de un grupo constituido por materiales impermeables, entre los cuales se intercalan algunos niveles calcáreos permeables por fisuración y karstificación, así como areniscas permeables por porosidad intergranular. A favor de estos niveles pueden formarse pequeños horizontes freáticos. La escorrentía superficial es muy activa.

  - Problemas geomorfológicos: Sobre estos materiales se observan algunos procesos de inestabilidad en laderas; generalmente se trata de deslizamientos superficiales de escasa entidad, que la mayor parte de las veces sólo afecta a los recubrimientos coluvio-eluviales.

    La escorrentía superficial origina, en algunos puntos de las laderas, importantes procesos de erosión y acarcavamientos.

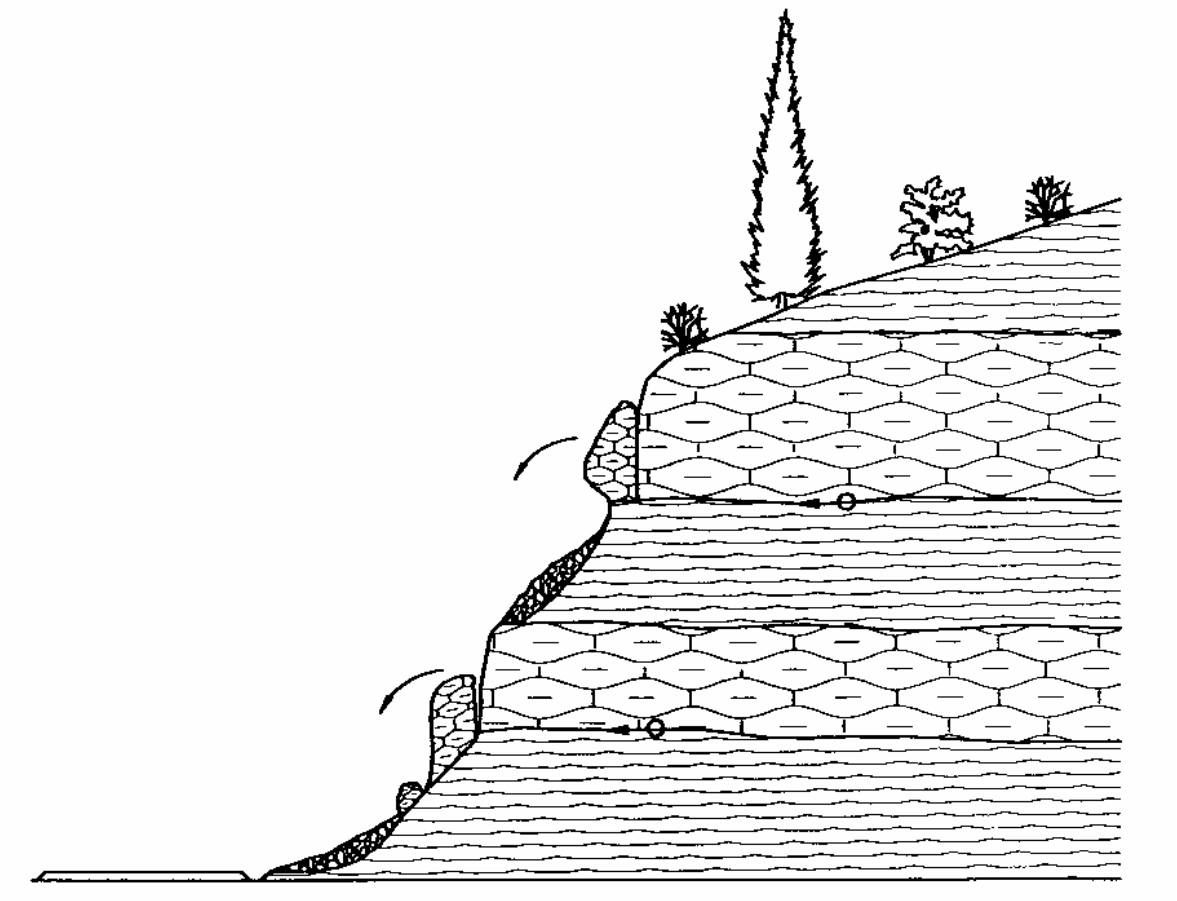


Fig. 19: Grupo litológico 300b. La erosión diferencial sobre los niveles de arcillas margosas, más débiles, provoca el descalce y posterior desprendimiento de bloques de los niveles margocalizos, más competentes

- Taludes artificiales observados:

  - Pendientes: En taludes medios (10-12 m) 65º y 4 m de ancho de cuneta.

  - Problemas: La intensa meteorización que padecen estos materiales una vez expuestos a la acción de la intemperie, hace que sobre los taludes se manifiesten erosiones y deslizamientos superficiales. La erosión diferencial sobre niveles más lábiles induce el desprendimiento de bloques de aquellos niveles más competentes.



FOTO Nº 21. Desmonte practicado en arcillas margosas y fangos con paleosuelos carbonatados perteneciente al grupo 300b. Sobre el talud se muestran fuertes erosiones, que originan arrastres de tierras caída de bloques por erosión diferencial. Estas inestabilidades han progresado por la ladera y en la actualidad se observan grietas y asentamientos por deslizamiento en puntos muy altos de la misma.

- Taludes recomendados: 45º para taludes medios. Es importante prever la construcción de una amplia cuneta que pueda recoger derrubios y posibles masas deslizadas, así como cuidar el correcto drenaje de los taludes y de la plataforma, dado el carácter poco permeable del grupo. Adicionalmente es muy recomendable proteger de la erosión a los taludes, mediante la creación de un manto vegetal sobre los mismos.

- Capacidad portante: Se considera moderada, con posibilidad de que puedan presentarse asientos diferenciales. En áreas de media ladera y con fuertes pendientes, debe estudiarse muy detenidamente el estado de estabilidad natural de las mismas, dada la existencia, en ciertos sectores, de procesos de inestabilidad que rebajan de manera importante la calidad del terreno.

- Ripabilidad/Excavabilidad: El grupo es excavable con medios mecánicos normales, a excepción de algunos niveles de calizas, conglomerados y areniscas, que pueden presentarse intercalados, y que, en general, serán ripables. Tan sólo algún nivel calizo de espesor métrico podrá ser no ripable.

- Empleo: Varían de inadecuados a tolerables, como material de relleno, en terraplenes.

BRECHAS Y CONGLOMERADOS CALCAREOS Y ARCILLAS ROJAS, (300c)

- Litología

  Corresponden a la Facies Alar del Rey. Se trata de un conjunto de conglomerados con cantos de caliza (70 %), cuarzo y cuarcita englobados en una matriz arenosa muy mal clasificada, organizados en bancos de 1 a 3 m. Hay capas de arenisca, arcillas y margas. En la serie predominan los conglomerados calcáreos subredondeados, de cantos decimétricos (10 a 20 cm de longitud máxima, habiendo algunos que superan los 50 cm). También hay tramos de arcillas con niveles de nódulos calcáreos de origen pedogenético. Constituyen afloramientos de característico color rojo intenso.



FOTO Nº 22. Aspecto de los conglomerados calcáreos que integran el grupo litológico 300c.

- Estructura

  Se organizan en secuencias granodecrecientes y estratocrecientes. Representan abanicos aluviales de desarrollo local hacia el sur y procedencia del Mesozoico. Generalmente están situados adosados a los materiales mesozoicos, discordantes sobre ellos. Se muestran moderadamente plegados (se han medido direcciones 120/35) y fracturados. La potencia de la serie no se puede conocer con precisión, dado el carácter de discordancia progresiva para su base, y que su techo puede estar erosionado. Cabe suponer, no obstante, que alcanzarán un gran espesor hacia el Sur, en el subsuelo, y que los niveles arcillosos se harán predominantes en esa dirección, conforme se produzca un alejamiento del área madre mesozoica. Se ha observado un espesor máximo de hasta 76 m.



FOTO Nº 23. Ladera en la que afloran los conglomerados calcáreos del grupo 300c, adosados al borde mesozoico y dispuestos con un suave buzamiento hacia el interior de la Cuenca del Duero.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Son materiales moderadamente permeables, con drenaje superficial por percolación donde la cementación es débil, y por karstificación en los tramos bien cementados.

  - Problemas geomorfológicos: Su erosión origina pequeñas cárcavas.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: En taludes medios (17 m) se han adoptado pendientes de 45º cuando la cementación es débil, y de 80º (10-12 m) cuando esta es buena.

- Problemas: Se producen desprendimientos y caídas de gravas por meteorización de la matriz que, en algún caso, ha llevado a la necesidad de colocar barreras de contención en taludes ferroviarios. La fracturación inducida por voladura en aquellos desmontes practicados en áreas bien cementadas, da lugar a caídas de bloques.

- Taludes recomendados: Se recomiendan inclinaciones de unos 45º en taludes medios con grados de cementación bajos, y diseño de cunetas, para recoger materiales desprendidos, al pie de los mismos. Cuando la cementación es buena, se pueden diseñar taludes medios con una pendiente de hasta 80º.



FOTO Nº 24. Desmonte del ferrocarril Palencia-Santander, en el P.K. 380+400, practicado en los conglomerados calcáreos del grupo 300c. La débil cementación que presentan estos materiales, en este punto, ha favorecido la acción de los procesos erosivos que provocan arrastres de tierras y caídas de bloques y gravas. Por ello ha sido necesario la construcción de un muro de contención de hormigón recrecido con una barrera metálica, para evitar que los arrastres inunden la plataforma.



FOTO Nº 25. P.K. 93+000 de la carretera N-611. Desmonte practicado mediante voladuras, en la formación de conglomerados calcáreos del grupo 300c, fuertemente cementados. En el talud se observan planos de fractura y conductos kársticos, que individualizan bloques que pueden verse inestabilizados.

- Capacidad portante: Dependerá del grado de cementación de los mismos. En general se considera moderada para aquellas zonas de cementación débil, y alta cuando el grado de cementación es bueno.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Dependiendo del grado de cementación, una parte del grupo se considera ripable, mientras que otra no lo será. El porcentaje de cada una es muy variable.

- Empleo: Los niveles de conglomerados poco o nada cementados son útiles como préstamos, e incluso como fuente de áridos.



FOTO Nº 26. Deslizamiento del talud situado en la carretera local de Villamartín de Villadiego a Amaya. En este punto afloran arcillas y conglomerados del grupo 300c.

3.3.5. Grupos geotécnicos

Las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior como grupos litológicos, se agrupan según ciertas características geotécnicas comunes. A estas agrupaciones se les denomina en este Estudio "grupos geotécnicos", y en la Zona 2 son las siguientes:

- Grupo geotécnico G1

  Aluviones actuales del cauce de los ríos y arroyos de la Zona 2. Son gravas y arenas de naturaleza poligénica, dominando el carácter silíceo, y limos abundantes. Problemas de dinámica fluvial. Capacidad portante baja. Depósitos adecuados o tolerables para préstamos.

  El grupo geotécnico G1 está constituido por el grupo litológico A.

- Grupo geotécnico G2

  Terraza baja aluvial o llanura de inundación. Son limos más o menos arenosos, con gravas y arenas silíceas que constituyen lechos importantes y discontinuos. Drenaje natural desfavorable y problemas locales de socavación. Capacidad portante de media a baja. Posibles asientos diferenciales. Materiales parcialmente adecuados o tolerables como préstamos.

  El grupo geotécnico G2 está constituido por el grupo litológico A1.

- Grupo geotécnico G3

  Terrazas, glacis y raña. Materiales detríticos constituidos mayoritariamente por gravas y arenas de naturaleza silícea y, en menor proporción, calcárea. Formaciones permeables, sin problemas importantes en taludes naturales o de excavación, dadas las potencias normales de estos depósitos. En el caso de taludes importantes en que estos materiales queden colgados en la coronación de los mismos, se pueden originar problemas de estabilidad relacionados con la posible presencia de niveles freáticos colgados en el contacto de estos con el substrato, generalmente impermeable. La capacidad portante debe considerarse moderada en principio, y prever la posibilidad de que el horizonte freático que pueda existir en el contacto de estos materiales con el substrato impermeable llegue a provocar asientos diferenciales. Materiales adecuados o tolerables como préstamos, y localmente pueden constituir yacimientos granulares.

  El grupo geotécnico G3 está constituido por los grupos litológicos T, G y 322.

- Grupo geotécnico G4

  Coluvio-aluviales de arroyos y vaguadas de la Zona 2. Son limos y arcillas generalmente arenosos, con gravas y gravillas dispersas de naturaleza silícea. Materiales con permeabilidad baja y drenaje natural desfavorable, capacidad de soporte baja a muy baja, y no utilizables como préstamos.

  Constituyen este grupo geotécnico el grupo litológico AC.

- Grupo geotécnico G5

  Coluviales y conos de deyección asociados a las laderas y vaguadas de la Zona 2. Son limos y arcillas arenosos con gravas poligénicas. Materiales con permeabilidad

y capacidad de carga bajas, e inmersos con bastante frecuencia en procesos de inestabilidad. Se consideran parcialmente útiles como préstamos.

Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos C y D.

- Grupo geotécnico G8

Alternancias de caliches, calizas y margas, limos y travertinos. Las margas son impermeables y los niveles calcáreos son permeables. A favor de estos últimos pueden constituirse pequeños horizontes freáticos que comportan efectos negativos en la estabilidad natural de las laderas. Los desmontes admiten pendientes de 35º a 40º en los tramos con predominio de margas, y hasta 75º en los materiales calizos. Poseen una capacidad de soporte moderada y alta. Son ripables y no se consideran útiles como préstamos.

Pertenecen a este grupo geotécnico los grupos litológicos 321d, 321h y Q.

- Grupo geotécnico G10

Constituido por limos y arcillas rojos y pardos con niveles arenosos, y paleocanales de arenisca y conglomerados. Muy poco permeable en conjunto, con acuíferos multicapa en los lentejones de arena y gravas, y escorrentía superficial poco activa. Taludes generalmente estables, con problemas localizados de rotura gravitacional y erosión lineal (cárcavas). Surgencias frecuentes de aguas freáticas. Los taludes de excavación en ausencia de estratos duros (areniscas y conglomerados cementados) no deben superar normalmente los 45º, o 35º si existe agua en el talud. Podrán excavarse taludes con pendientes más fuertes, entre 45º y 60º, en aquellas áreas en las cuales dominen los elementos detríticos consolidados. No obstante, los problemas de erosión diferencial y la interferencia de las aguas colgadas podrán provocar una degradación relativamente rápida. Un drenaje efectivo de las aguas de escorrentía y, muy especialmente, de las existentes en freáticos libres cercanos a la carretera, es condición esencial para obtener una capacidad soporte media aceptable. Pueden presentarse problemas relacionados con la presencia de arcillas expansivas. Materiales excavables a ripables. Los niveles de arenas y conglomerados son fuentes de áridos, y existen aprovechamientos locales reducidos, generalmente intermitentes.

Pertenecen a este grupo geotécnico los grupos litológicos 300a y 321a.

- Grupo geotécnico G11

  Son conglomerados con cantos principalmente de caliza, englobados en una matriz arenosa, y capas de arenisca, arcillas y margas. Son materiales moderadamente permeables, con drenaje por percolación donde la cementación es débil, y por karstificación en los tramos bien cementados. No se manifiestan importantes signos de inestabilidad en las laderas donde afloran. En desmontes se pueden adoptar pendientes de 45º cuando la cementación es débil, y de 80º cuando ésta es buena. La capacidad portante se considera moderada para aquellas zonas de cementación débil, y alta cuando el grado de cementación es bueno. Unicamente será ripable en aquellos términos débilmente cementados. Localmente puede ser útil como material de préstamo.

  Pertenecen a este grupo geotécnico los grupos litológicos 311 y 300c.

- Grupo geotécnico G12

  Arcillas margosas, margas, margocalizas y calizas con intercalaciones de lutitas rojas y niveles de areniscas y conglomerados arenosos. Se trata de un grupo constituido por materiales impermeables, entre los cuales se intercalan algunos niveles permeables a favor de los cuales pueden formarse pequeños horizontes freáticos. Sobre estos materiales se observan algunos procesos de inestabilidad en laderas e intensa meteorización en los taludes de excavación, con erosiones, deslizamientos superficiales y desprendimientos. Se recomiendan pendientes de 45º en los desmontes que se practiquen. La capacidad portante se considera moderada, con posibilidad de que puedan presentarse asientos diferenciales. El grupo es excavable a ripable. Estos materiales no se consideran útiles como material de préstamos.

  Pertenecen a este grupo geotécnico el grupo litológico 300b.

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 2

La Zona 2 está constituida en su mayor parte por materiales terciarios, y los problemas que presenta son de naturaleza hidrológica, geomorfológica y litológica.

El agua ejerce un efecto negativo como consecuencia de una mala escorrentía superficial, dada la morfología de este área, de escasa o nula pendiente, y la presencia de terrenos de baja permeabilidad; y también, al constituir niveles freáticos muy próximos a la superficie. En ocasiones, en zonas muy tendidas, con cierto grado de endorreísmo, las

condiciones de drenaje superficial se hacen muy deficientes, lo que, unido a la baja permeabilidad de estos materiales, origina problemas de asentamiento en las carreteras.

La existencia de niveles freáticos, tanto en acuíferos multicapa en lentejones de arenas y gravas de las facies Tierra de Campos y Grijalba-Villadiego (grupo litológico 300a), como en el contacto entre los recubrimientos cuaternarios y el substrato mioceno impermeable, puede dar lugar a problemas de inestabilidad en las laderas y en los taludes de excavación, cuando este grupo se quede colgado en la cabecera del desmonte. Pueden originarse erosiones, deslizamientos superficiales y flujos de tierras si las pendientes son fuertes.

Otra problemática que se ha detectado en la Zona 2, está relacionada con la capacidad de carga y asientos diferenciales que pueden surgir como consecuencia de la existencia de niveles freáticos en cotas muy próximas a la superficie, pudiendo llegar a interferir sobre la plataforma de la carretera.

Los materiales cuaternarios son en general muy flojos. Su reducida potencia hará que los problemas geotécnicos que puedan plantearse en estas áreas, en relación a solicitudes de carga, se resuelvan llevando la cimentación al substrato que recubren. No obstante, podrán surgir problemas de asientos si existe agua en el contacto entre ambas formaciones.

Las terrazas bajas aluviales son en general muy limosas, y en ellas podrán surgir problemas de capacidad de carga, asientos diferenciales y mala escorrentía superficial.

Por último, y desde el punto de vista geomorfológico, los procesos que pueden llevar implícito un mayor riesgo a medio o largo plazo son aquellos derivados de la dinámica fluvial, principalmente grandes crecidas que originen erosiones, arrastres y aterramientos.

Sobre los materiales de la Zona 2 se observan algunos procesos de inestabilidad en laderas. Generalmente se trata de deslizamientos superficiales de escasa entidad, que la mayor parte de las veces sólo afecta a los recubrimientos coluvio-eluviales. La escorrentía superficial origina en algunos puntos de las laderas importantes procesos de erosión y acarcavamientos. También se producen desprendimientos y caídas de bloques y gravas en aquellas formaciones conglomeráticas adosadas a la orla mesozoica, donde el perfil de las laderas es más escarpado.

Los principales problemas de índole litológica están ligados a la posible presencia de arcillas expansivas en el grupo litológico 300a.

3.4. ZONA 3: ÁREA MESOZOICA. CORDILLERA VASCO-CANTÁBRICA

3.4.1. Geomorfología

Esta zona se sitúa al norte y noroeste del Tramo estudiado, conformando el borde meridional de la Cordillera Cantábrica.

Morfológicamente contrasta el relieve abrupto de esta zona, con el suave y alomado de la anterior Zona 2. Presenta un relieve variado, donde destacan grandes formas estructurales (mesas, crestas, etc.), y los ríos se encajan violentamente, dando lugar a profundos valles y desfiladeros (La Horadada).

La morfología de la Zona 3 ha sido controlada fundamentalmente por la diferente competencia de los materiales del substrato mesozoico, y por la estructura geológica del mismo. Así, calizas y dolomías constituyen los elementos duros y más resistentes, y margas y arenas los más incompetentes. La morfología resultante se manifiesta en relieves invertidos, con amplias zonas deprimidas en el núcleo de los anticlinales (en los que aflora el Weald-Utrillas, arenoso) y las mesas o loras constituyendo los sinclinales (formados sobre todo por calizas del Cretácico Superior) como son Peña Ulaña, Peña Amaya, Peña Redondilla, El Bernorio, Las Tuerces, Peña Mesa, etc. Entre ambas hay formas de cuesta, replanos estructurales y crestas, asociadas con fallas o pliegues en calizas, y localizadas en estrechas zonas de corredores con mayor complicación tectónica.

En esta zona se conservan huellas de un arrasamiento generalizado que da lugar a la Superficie de Erosión Fundamental, sobre la que destacan algunos relieves, en forma de mesas, que coinciden con los anteriormente citados, correspondientes a relieves residuales.

Dentro de la Zona 3, existe una banda que podría considerarse como de transición con las Zonas 1 y 2, morfológicamente conocida como Subfrente Plegado de la Ojeda, y constituida por materiales paleógenos, plegados solidariamente con el mesozoico.

La cota media oscila entre los 1.000-1.100 m, situándose las máximas alturas en los parajes de Peña Amaya (1.362 m), Peña Ulaña (1.174 m), Albacastro (1.336), Peña Redondilla (1.149), Alto de la Pedrere (1.075), La Sierra (1.346 m), Peña Mesa (1.241 m), las Tuerces (1.081 m) y el Monte Bernorio (1.171 m); y las mínimas en el fondo de algunos valles, al sur de la zona, como el río Pisuerga (860 m).

Los principales cursos de agua son el río Pisuerga y el Camesa. El primero discurre con dirección NO-SE, hasta Aguilar de Campóo, donde sufre un brusco cambio en su curso,

pasando a adoptar una dirección submeridiana. En las proximidades de Aguilar de Campóo, el Pisuerga queda regulado por un embalse de 100 a 200 Hm³ de capacidad, situándose en 942 m la cota máxima de embalse.

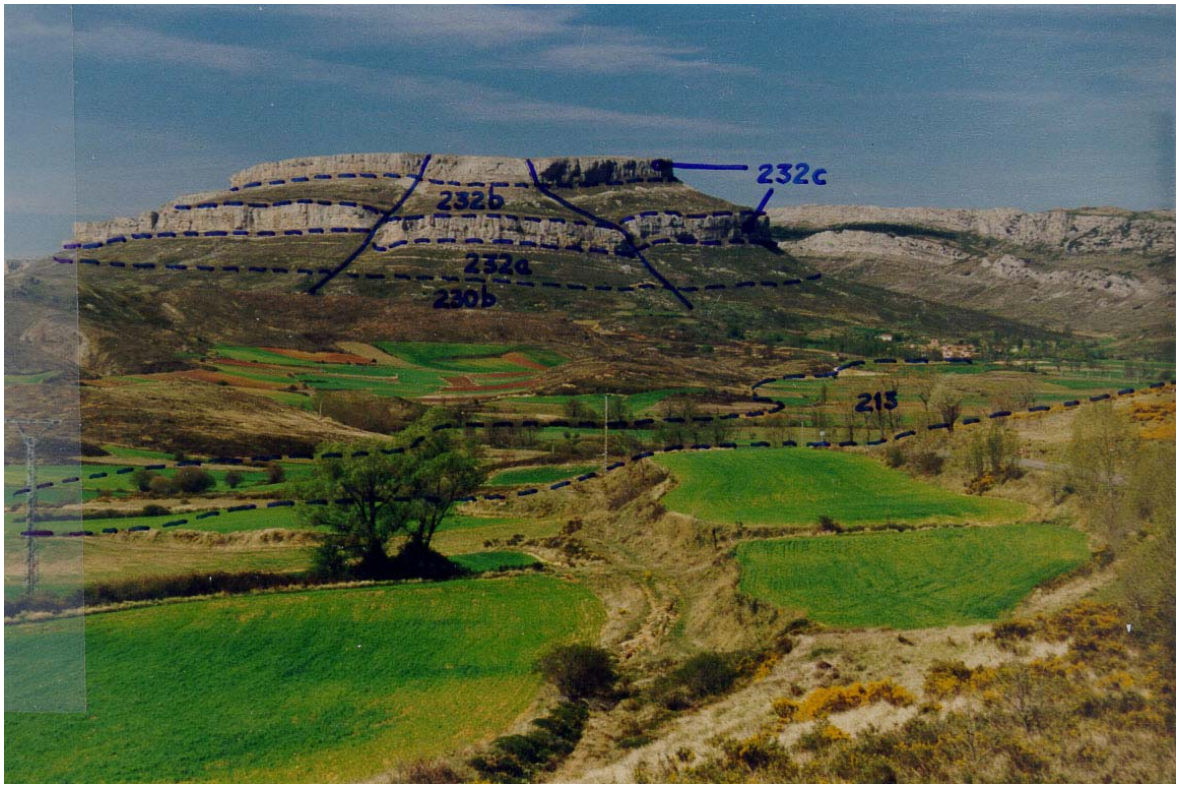


FOTO Nº 27. Valle diapírico de Villamartín de Villadiego y ladera oriental de Peña Amaya.

Aparecen además numerosos cursos de la red menor que, aunque de funcionamiento estacional, se caracterizan por su trazado largo y rectilíneo. Los cauces se encajan en las capas blandas, mientras que las duras dan fuertes resaltes. Es el tipo de red denominada "en reja", con un gran control estructural.

Pueden diferenciarse los siguientes tipos de modelado, tanto de erosión como de acumulación, derivados de la actuación de los agentes externos:

- Formas fluviales: Vegas, sistemas de terrazas y fondos de valle
- Formas poligénicas: Superficie de Erosión Fundamental y raña
- Formas de ladera: Coluviones, canchales y deslizamientos
- Formas kársticas
- Formas estructurales: Replanos estructurales, escarpes y resaltes de capas duras

FORMAS FLUVIALES: VEGAS, SISTEMAS DE TERRAZAS Y FONDOS DE VALLE

Los depósitos de llanura de inundación de los ríos Pisuerga y Camesa constituyen las vegas de la Zona 3. En los alrededores de Aguilar de Campóo, la llanura de inundación del río Pisuerga alcanza una gran extensión, que se verá limitada por el encajamiento que sufre el río en Villaescusa de las Torres, donde se interna en el desfiladero de La Horadada.



FOTO Nº 28. Amplia llanura aluvial en el tramo de valle del río Pisuerga comprendido entre Aguilar de Campóo y el embalse del mismo nombre.

Sobre la llanura de inundación y terrazas bajas se observan cauces abandonados.

Otro tipo de formas fluviales, las terrazas, han sido depositadas principalmente por el río Pisuerga, que, en su proceso de encajamiento, deja una serie de plataformas escalonadas, habiendo sido cartografiadas hasta un número de cinco en esta zona, entre los 65-70 m y 5-7 m respecto al cauce actual. Estos depósitos muestran un reducido desarrollo.

Como fondos de valle han sido considerados todos aquellos depósitos asociados a pequeños valles y barrancos, que tapizan el fondo de los mismos. Su génesis puede ser

simplemente fluvial o debida a la interacción de los procesos fluviales con los de gravedad generados en las vertientes. En el primer caso el fondo del valle es plano, mientras que en el segundo tiene forma de U, siendo este último el más frecuente.

Al norte de Aguilar de Campóo, muy próximo a la Fuente del Pozo, se localiza una zona aluvial que se encharca con facilidad en épocas de lluvia, dando incluso origen a una pequeña laguna. La formación de esta zona puede explicarse por la presencia de materiales impermeables del Keuper en el substrato.

Asentados sobre los fondos de valle, llanura aluvial o terrazas bajas, a la salida de varias torrenteras, se forman conos de deyección. Poseen la morfología de abanico y el perfil convexo típico de estas formas. Están compuestos por cantos y gravas calcáreos y subredondeados, en una matriz limo-arcillosa.

A las formas denudativas pertenece la incisión lineal, que actúa, principalmente, en barrancos y en las cabeceras de la red fluvial secundaria. Otras, como la erosión lateral del cauce, actúa en algunos puntos de las márgenes del río Pisuerga.

Las cárcavas son poco importantes, habiéndose formado en laderas de pendiente más acusada, no tapizadas por depósitos coluvio-eluviales.

FORMAS POLIGÉNICAS: SUPERFICIE DE EROSIÓN FUNDAMENTAL Y RAÑA

La forma más representativa es la Superficie de Erosión Fundamental, identificada entre las cotas de 980-1.160 m. Se desarrolla principalmente sobre las calizas mesozoicas y, a veces, está afectada por procesos de karstificación posteriores a su formación. También ha sido reconocida sobre los conglomerados paleógenos.

El Aluvial Finineógeno (Raña) se localiza entre los 960 y los 1.060 m. Se trata de unos materiales conglomeráticos formados por gravas cuarcíticas con matriz arenosa, cuya potencia oscila entre 10 y 20 m.

FORMAS DE LADERA: COLUVIONES, CANCHALES Y DESLIZAMIENTOS

Los coluviones, en general, son de pequeñas dimensiones y se encuentran diseminados por toda la Zona 3, siendo más frecuentes en los terrenos de materiales poco coherentes.

En cuanto a los canchales, estos se localizan al pie de los escarpes calcáreos, pero, igualmente, son de escasa entidad.

Los deslizamientos se localizan sobre laderas de gran pendiente, principalmente excavadas en arenas de la Formación Utrillas (valles del arroyo Gallinas, del arroyo de los Tovares, arroyo de Villova, etc.), socavadas en algunas ocasiones por la acción de los ríos y arroyos que discurren al pie.



FOTO Nº 29. Ladera afectada por importantes procesos de inestabilidad, relacionados con desprendimientos de bloques calizos del escarpe rocoso, integrado por el grupo 232c, y deslizamiento de los materiales arenosos del grupo 230b que conforman el tramo inferior de la ladera. Valle del arroyo de los Tovares, al N del pueblo abandonado de Puentes de Amaya.

FORMAS KÁRSTICAS

El modelado kárstico se debe fundamentalmente a la fracturación y diaclasado de los materiales carbonatados mesozoicos, dando formas como dolinas, lapiaces, etc. Las formas más espectaculares se localizan en la Mesa de Las Tuerces, donde se ha desarrollado, en toda la superficie, un karst ruiniforme de gran envergadura.



FOTO Nº 30. Gran deslizamiento fósil en una ladera del valle del arroyo de los Tovares, cercano a la localidad de Salazar de Amaya. El deslizamiento afecta a los materiales arenosos del grupo 230b.

FORMAS ESTRUCTURALES: REPLANOS ESTRUCTURALES, ESCARPES Y RESALTES DE CAPAS DURAS

Como ya ha sido indicado anteriormente, la morfología de la Zona 3 ha sido controlada fundamentalmente por la diferente competencia de los materiales del substrato mesozoico, y por la estructura geológica del mismo. Así, sobre las calizas mesozoicas, en general inclinadas, se desarrollan replanos estructurales, que suelen constituir el dorso de las cuestas.

Limitando estos replanos y superficies estructurales se forman fuertes escarpes, que pueden superar los 100 m de altura, formando frentes de cuestas y hog-back.



FOTO Nº 31. Desprendimiento de grandes bloques del escarpe calizo formado por el grupo 232c, en las cercanías de la localidad de Ordejón de Arriba.

3.4.2. Tectónica

La Zona 3 constituye la terminación estructural suroccidental de la Cordillera Vasco-Cantábrica, y se caracteriza por estar afectada por los acontecimientos geodinámicos que conforman el Ciclo Alpino. Durante la etapa distensiva sinsedimentaria se ve afectada, entre otras, por las fases kimméricas, neokimméricas y aústricas. Durante las fases compresivas pirenaicas actúa una tectónica de cobertera, de carácter tangencial, que se ve favorecida por la existencia de un importante nivel de despegue, a favor de los materiales plásticos del Triásico. Los movimientos de desgarre han sido muy importantes, tanto en las etapas sedimentarias como en las de actividad orogénica. Las etapas alpinas tardías desencadenan la configuración de la Cuenca del Duero a través de una distensión relativa inducida por desgarres.

La última fase tectónica de cierta importancia tiene lugar en el Plioceno. Su actividad se ve limitada a suaves basculamientos con los que posiblemente estén relacionados los episodios sedimentarios detríticos correspondientes al Aluvial Finineógeno. Estos se sitúan en la región, con un carácter muy extensivo, a techo de los materiales neógenos de

la Cuenca del Duero, y sobre términos preneógenos deformados, en las áreas de la Banda Plegada.

Toda esta superposición de fases deformativas conforman el aspecto tectónico observable en la Zona 3, con una estructura compleja, que muestra una coexistencia de distintas direcciones de ejes de plegamiento y una superposición de la Fase Pirenaica y la Neokimérica; aunque los efectos más patentes son responsabilidad de la Fase Pirenaica.

Los materiales mesozoicos de la Región Vasco-Cantábrica se han dividido en varias unidades, según su grado de deformación y posición geográfica. La Zona 3 engloba una gran parte de la denominada Franja o Banda Plegada de Montorio (Dominio Periasturiano), y el límite occidental de la Plataforma Burgalesa o Plataforma Estructural de los Páramos de la Lora (Dominio Cántabro-Navarro) (Fig. 7).

FRANJA O BANDA PLEGADA DE MONTORIO (DOMINIO PERIASTURIANO)

Dentro de esta unidad estructural se sitúa la mayor parte de la Zona 3. A nivel regional, la Banda Plegada es una franja alargada según una dirección ONO-ESE, al norte de Burgos, y NO-SE, en el norte de Palencia, que tiene unas dimensiones próximas al centenar de km de longitud, y constituye el límite de la Región Vasco-Cantábrica con la Cuenca del Duero, y con el Macizo Paleozoico Asturiano. Adosado al NE de esta Banda, y separado por el Accidente de Ubierna, se encuentra la Plataforma Estructural de los Páramos de la Lora o Plataforma Burgalesa (Dominio Cántabro-Navarro).

La Banda Plegada de Montorio, a su vez, se subdivide en cuatro áreas separadas por accidentes tectónicos. Así, el Accidente de Becerril del Carpio, separa la zona de La Ojeda, al Suroeste, de la zona de Amaya-Pisuerga, al Noreste. Y el Accidente de Villamartín de Villadiego, separa a esta última de la zona de Ulaña-Coculina, situada al Este. La Sierra de Ubierna constituiría la cuarta zona, situada en la terminación ESE de la Banda Plegada.

- Zona de Ulaña-Coculina

  Esta zona muestra, como rasgos más característicos, una coexistencia de las direcciones de plegamiento NO-SE y E-O, y una fracturación NO-SE a NNO-SSE aparentemente dextral, que tiende a disponerse según un corredor tectónico de unos 3 km de anchura, que separa esta zona de la de Amaya-Pisuerga. Los pliegues presentan longitudes de 5 a 10 km y anchuras de 1-2 km, formando un característico relieve invertido (con núcleos anticlinales de Weald-Utrillas arenoso, topográficamente bajo, y sinclinales de calizas del Cretácico Superior); presentan

siempre vergencia al SSO, siendo deducibles buzamientos máximos de 45-35 N o NE para sus planos axiales. En cuanto al corredor tectónico, con fracturación NO-SE, va desde la población de Castrecias, pasa por Villamartín de Villadiego y Ordejón de Arriba, y se pierde bajo la cobertera de la Cuenca del Duero. Las fracturas muestran desplazamiento dextral.

- Zona de Amaya-Pisuerga

Esta zona se encuentra limitada al Noreste por la Plataforma Burgalesa y al Oeste por el Accidente de Becerril del Carpio, que hace cabalgar la zona de Amaya-Pisuerga sobre la zona de la Ojeda.

La sucesión estratigráfica se caracteriza por un espesor sedimentario bastante menor que en la Plataforma Burgalesa, con una potencia total del Mesozoico en torno a 1.500 m, a pesar de que las unidades del Cretácico Superior (Grupo litológico 232c) están más desarrolladas que en las zonas limítrofes.

Las principales estructuras que conforman esta zona en la región, son pliegues de dimensiones kilométricas con dos direcciones de sus trazas axiales muy diferentes: NE-SO y ONO-ESE. Los primeros se han formado durante las deformaciones kiméricas y aústricas, y los segundos durante las fases alpinas compresivas del Terciario.

De los primeros, de direcciones NE-SO, los principales son el Sinclinal de Peña Amaya (de 1 x 3 km, respectivamente, según las direcciones NO-SE x NE-SO), el cabalgamiento del Portín de Llan, en el que el Jurásico "basal" de Peña Amaya monta sobre el Cretácico Superior muy cerca del borde terciario, el Sinclinal de Villela, el Anticlinal de Pozancos y el Anticlinal de Aguilar.

En cuanto a las estructuras plegadas de dirección ONO-ESE, destaca el Sinclinal de la Mesa de Albacastro, Sinclinal de Peña Mesa y Sinclinal de la Mesa de Las Tuerces. Es también patente la fracturación ONO-ESE.

El Anticlinal de Aguilar de Campóo tiene una compleja estructura. Muestra una orientación NNE-SSO, y la migración diapírica de los plásticos materiales triásicos, en Facies Keuper (Grupo litológico 213), hacia el núcleo de la estructura.

La interferencia de pliegues produce complicadas figuras cartográficas, con estructuras internas en forma de seta, e inversiones de capas en todo el contorno del pliegue; conformando domos que suelen estar alargados según direcciones

NE-SO (Anticlinal de Aguilar, Anticlinal de Pozancos) y cubetas, de contornos más regulares (Sinclinal de Corvio, Sinclinal de Quintanilla de la Berzosa, etc.).

- Zona del Accidente de Becerril del Carpio

  Este importante sistema de fracturación tiene una orientación NO-SE, y divide la Banda Plegada en dos zonas estructurales; al noreste se dispone la zona de Amaya-Pisuerga y al suroeste la zona de la Ojeda, sobre la que cabalgan las fracturas del sistema vergente hacia el Oeste.

  Es de gran complejidad, y en torno a su traza afloran los materiales triásicos del nivel de despegue regional.

  El Accidente de Becerril discurre desde Quintanilla de la Berzosa, pasa por las inmediaciones de Becerril del Carpio, el Este de Rebolledillo de la Orden y Sureste de Puentes de Amaya.

- Zona de la Ojeda

  Esta subunidad estructural se sitúa al Suroeste del Accidente de Becerril del Carpio, y, a partir de este punto, constituye el límite de la Banda Plegada con la Cuenca del Duero.

  Las fases tectónicas que deformaron este dominio tienen una edad Mioceno Inferior, y la complejidad estructural es menor que la de la zona de Amaya-Pisuerga.

  La sucesión estratigráfica de esta zona se caracteriza por estar reducida a materiales mesozoicos de la parte superior del Cretácico Inferior, y del Cretácico Superior. La potencia total del Mesozoico es de unos 400 m.

  Las direcciones de los pliegues y cabalgamientos de esta zona tienen una orientación NO-SE y ONO-SSE. Las estructuras más importantes son el Anticlinal y Sinclinal de Rebolledillo de la Orden y el Sinclinal y Anticlinal diapírico de Cuevas de Amaya, que presentan una clara vergencia hacia el Sur y Suroeste, y el área plegada de Prádanos de Ojeda.

- Zona de la Sierra de Ubierna

  La Sierra de Ubierna presenta una anchura de unos 4 km y una estructura geológica complicada, derivada de la coexistencia de, al menos, dos tipos de ejes de plegamiento, y fracturas longitudinales ONO-ESE paralelas a su elongación general.

Esta zona aflora de manera muy reducida en la esquina NE del cuadrante noroccidental de la Hoja de Burgos, y aquí, se presenta como una estructura anticlinal, ligeramente vergente hacia el Sur.

PLATAFORMA BURGALESA (DOMINIO CÁNTABRO-NAVARRO)

Esta unidad del Dominio Cántabro-Navarro está estructurada como un amplio sinclinal, casi subhorizontal, y constituida en superficie fundamentalmente por materiales carbonatados del Cretácico Superior. A nivel regional, se extiende por un área de unos 50 km de largo y 25 de ancho, según una orientación ONO-ESE, entre las provincias de Burgos y Cantabria.

Está limitada al Oeste por el Anticlinal diapírico de Aguilar, y Sur por el Accidente de Ubierna, que en esta zona también se conoce como del río Lucio.

El área que ocupa esta unidad estructural dentro de la Zona 3, se sitúa en el extremo NNE, en el entorno del Monte Bernorio. En este punto se observa una potente sucesión sedimentaria jurásica y cretácica de 2.500-3.000 m de potencia.

Los materiales del Cretácico Superior del Bernorio están estructurados como un suave sinclinal E-O, coherente con las características de la Plataforma Burgalesa. En cambio, al Norte, en torno a Quintanilla de las Torres, al Sur en el área del río Lucio, y al Oeste en Camesa, las unidades inferiores del Cretácico Inferior y Jurásico, se encuentran deformadas, con altos grados de buzamiento, fracturadas e implicadas en cabalgamientos, debido todo ello a que estas zonas constituyen el límite con la Banda Plegada.

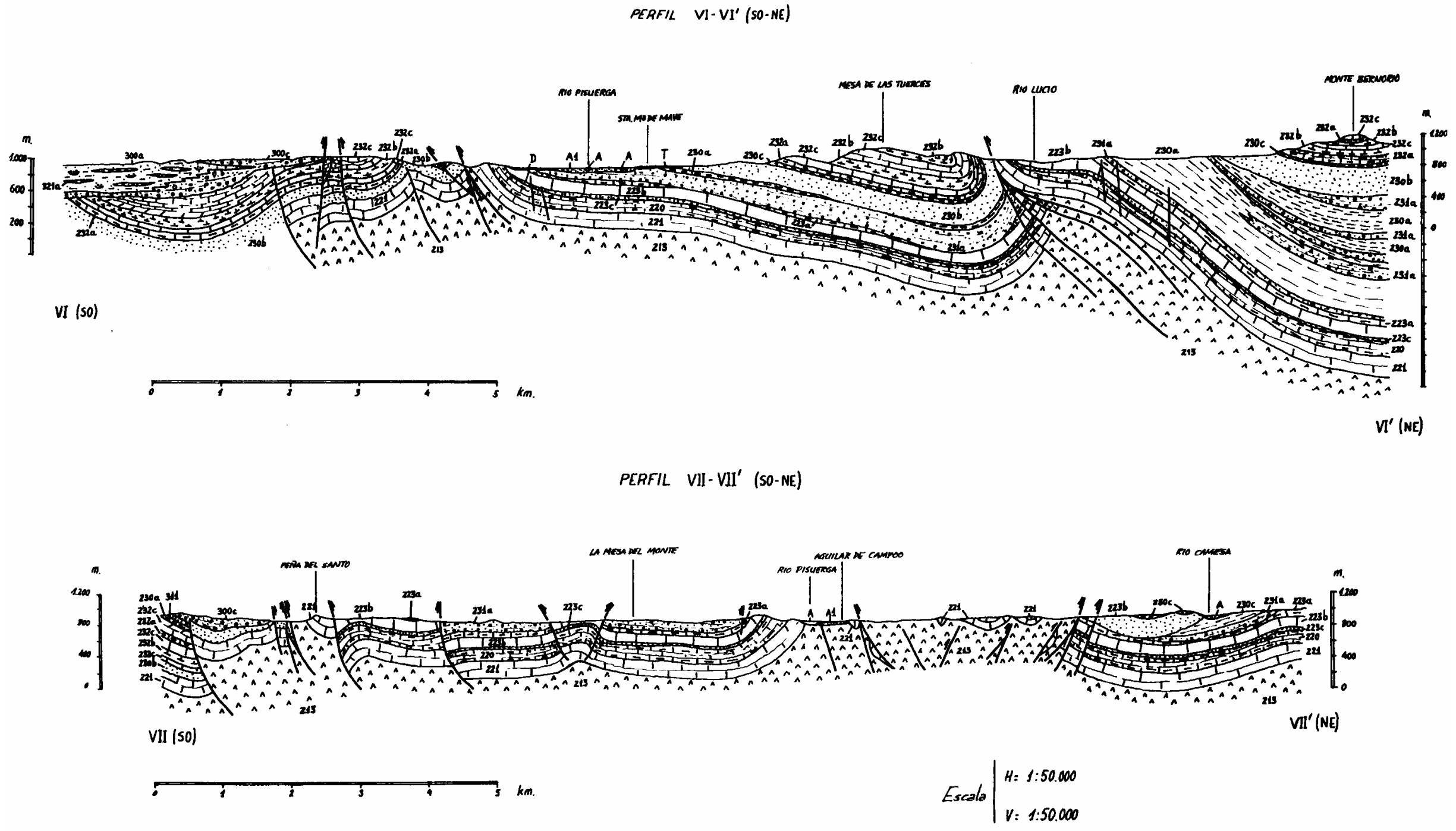
ACCIDENTE DEL UBIERNA

Es un importante sistema de fracturación ONO-ESE y NO-SE que se extiende hacia el Este y Sureste de la zona de estudio, con una longitud superior a 80 km. Constituye el límite entre la Plataforma Burgalesa, con gran potencia sedimentaria, y la Banda Plegada, con espesores más reducidos.

El sistema de fracturación de Ubierna se manifiesta al sur del río Lucio con un complejo cabalgamiento de vergencia S a SSO sobre el gran sinclinal de la Mesa de Las Tuerces.

Al Oeste del río Pisuerga este sistema de fracturas se sigue con dificultad, y transcurre a través de la Banda Plegada. Probablemente su traza se vea modificada por el Anticlinorio de Aguilar, por lo que se incurva hacia el Norte, continuando de nuevo por el valle del Pisuerga al oeste de Aguilar de Campóo. En este punto, el Accidente discurre por debajo del cuaternario del fondo del valle, y después está oculto por el embalse de Aguilar. Al Oeste del embalse de Aguilar, el Accidente de Ubierna se disgrega en varias fracturas que convergen sin mucha continuidad con el Accidente de Becerril del Carpio.

FIG.- 20 CORTES GEOLOGICOS CORRESPONDIENTES A LA ZONA 3



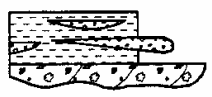
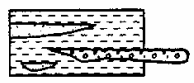
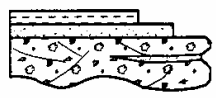
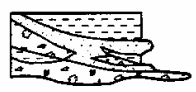
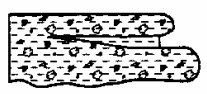
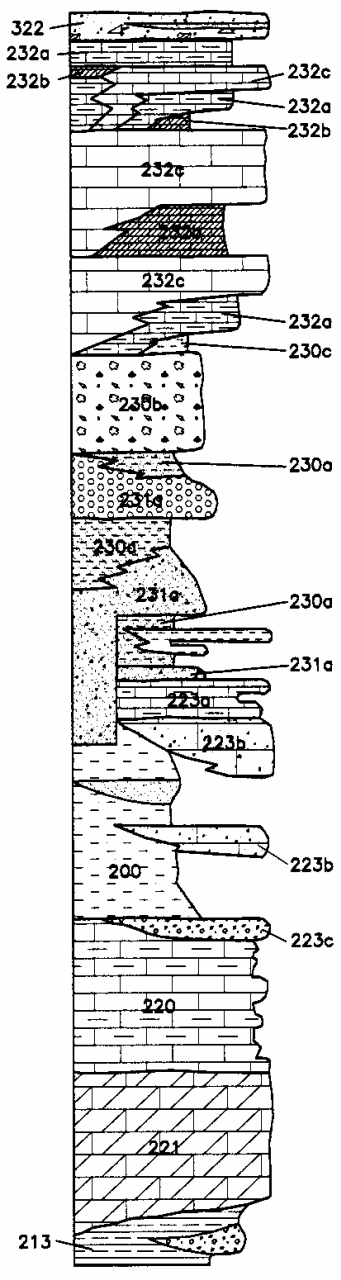
COLUMNA LITOLOGICA	GRUPO LITOLOG.	GRUPO GEOTEC.	LITOLOGIA	POTENCIA EN m.	EDAD
	A	G–1	Gravas poligénicas, arenas y limos.	1–5	HOLOCENO
	A1	G–2	Limos arenosos con gravas dispersas, lechos de arenas y gravas silíceas principalmente.	1–6	HOLOCENO
	AC	G–4	Limos y arcillas arenosas, con gravas y gravillas dispersas en lechos discontinuos.	1–3	HOLOCENO
	T	G–3	Gravas poligénicas, principalmente silíceas, arenas, limos y arcillas.	1–6	HOLOC./PLEISTOC.
	D	G–5	Arcillas y limos con arenas y gravas poligénicas.	1–6	HOLOC./PLEISTOC.
	C	G–5	Arcillas con bastantes fragmentos de rocas calizas, limos arenosos y arcillas con bastantes gravas silíceas.	1–5	HOLOC./PLEISTOC.
	322	G–3	Gravas silíceas y arenas y ocasionalmente, arcillas (Raña).	20–40	PLIOCENO
	232 b	G–14	Margas con intercalaciones de arenas, calizas margosas y calcarenitas.	20–120	CRETACICO SUP.
	232 c	G–15	Calizas total o parcialmente dolomitizadas, en bancos masivos, dolomías y calizas arenosas.	50–150	CRETACICO SUP.
	232 a	G–13	Alternancia de margas, margas limosas, calizas, calizas margosas y dolomías.	20–100	CRETACICO SUP.
	230 b	G–17	Arenas y conglomerados silíceos de color blanquecino, limolitas y lutitas.	100–300	CRETACICO INF./SUP. (F. UTRILLAS)
	231 a	G–16	Areniscas y conglomerados cuarcíticos con niveles dm. a m. de limos arcillosos y lutitas.	5–300	CRETACICO INF. (F. WEALD)
	230 a	G–18	Alternancias de lutitas rojas y verdes, y areniscas.	50–800	CRETACICO INF. (F. WEALD)
	230 c	G–19	Lutitas y arcillas rojas y verdes, areniscas, margas, calizas arenosas y calcarenitas.	10–400	CRETACICO INF. (F. PURBECK)
	223 a	G–19	Margas margocalizas y calizas, lutitas y niveles areniscosos.	100–200	MALM (F. PURBECK)
	223 b	G–15	Caliza gris en capas decimétricas a métricas con términos margo–arcillosos.	60–150	MALM/CRETACICO INFERIOR (F. PURBECK)
	200	G–18	Arcillas rojas y verdicolores, arenas rojas y niveles conglomeráticos poligénicos.	400	MALM/CRETACICO INFERIOR (F. PURBECK)
	223 c	G–16	Conglomerados poligénicos con niveles arenosos.	0–50	MALM (F. PURBECK)
	220	G–13	Alternancias rítmicas de calizas, margas y margocalizas en bancos de potencia dm. con niveles métricos de calizas bioclásticas y lutitas y margolutitas en niveles dm.	160–240	LIAS
	221	G–15	Calizas y dolomías de color gris, con niveles de calizas nodulosas, brechoides y carniolas.	150–250	LIAS
	213	G–20	Lutitas y arcillas con niveles cm. y dm. de yeso. color rojo y verdoso.	50–100	TRIASICO (F. KEUPER)

FIGURA.–21 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 3: AREA MESOZONICA. CORDILLERA VASCO–CANTABRICA

3.4.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica de esta Zona 3 aparece en la Figura 21.

3.4.4. Grupos litológicos

En este apartado se describen la litología, estructura y características geotécnicas de los grupos litológicos que se han individualizado dentro de la Zona 3, en el presente Tramo del Estudio.

ALUVIONES ACTUALES, (A)

- Litología

  Aluviones constituidos por gravas y bolos redondeados, de naturaleza poligénica, principalmente silícea metamórfica, y arenas, arenas limosas y limos.

- Estructura

  Este grupo está situado en el área ocupada por el cauce mayor los ríos más importantes; es decir, el que se supone puede ser ocupado por las aguas en avenidas de normal recurrencia.

  Posee una estructura canalizada y netamente discordante con los grupos litológicos infrayacentes. Los materiales se disponen en forma de barras de canal, surcadas por numerosos canales de estiaje.

  Los cauces más importantes donde ha sido diferenciado este grupo son: Pisuerga y Camesa.

  Su potencia está comprendida entre los 0,5 m y 2 m (aluvial "a"), y los 2 m y 5 m (aluvial "A").

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Media-alta, por infiltración, con niveles freáticos próximos a la superficie.

  - Problemas geomorfológicos: Los procedentes de la dinámica fluvial.

- Capacidad portante: Se estima en general baja, aunque dada la escasa potencia que en algunos casos tienen estos sedimentos, cualquier requerimiento algo importante de esfuerzo de una estructura habrá de ser remitido siempre al substrato.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

- Empleo: Pueden ser considerados como adecuados o tolerables como material de préstamo. Sólo parcialmente constituyen yacimientos granulares.

TERRAZA BAJA ALUVIAL, (A1)

- Litología

  Aluviones constituidos por limos más o menos arenosos, bastante materia orgánica, con grava silícea dispersa y lechos de gravas y arenas.

- Estructura

  Constituye este grupo la terraza baja aluvial o llanura de inundación de los ríos más importantes de la región. Los lechos de gravas y arenas presentan una distribución irregular, como corresponde a materiales depositados en un antiguo cauce meandriforme, y su proporción es, en general, inferior a la de los limos que suelen constituir el horizonte superior con bastante continuidad.

  Este grupo alcanza mayor entidad en los valles de los ríos Pisuerga y Camesa.

  La potencia de estos depósitos puede oscilar entre 1 y 5 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Permeabilidad baja. El drenaje, efectuado por percolación natural, se considera desfavorable por el hecho de que la rápida evacuación de los aportes hídricos superficiales se ve muchas veces dificultada por la existencia en profundidad de niveles freáticos o lechos impermeables, factores que evitan o interfieren en su normal saneamiento. Escorrentía poco activa.

  - Problemas geomorfológicos: Los derivados de la dinámica fluvial. Existen puntos donde pueden producirse socavaciones.

- Capacidad portante: Oscila de media a baja, siendo previsible que puedan producirse asientos diferenciales cuando la potencia de los depósitos sea pequeña y el bulbo de presiones afecte al substrato arcilloso mioceno, interfiriendo de forma negativa el previsible horizonte freático creado entre la terraza y el substrato.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

- Empleo: El conjunto de los materiales de este grupo puede considerarse como adecuado o tolerable para préstamos, y sólo parcialmente dichos materiales constituyen yacimientos granulares. Los aluviales del río Pisuerga son en los que aparecen, con mayor frecuencia e importancia, lechos detríticos gruesos.

ALUVIAL-COLUVIAL, (AC)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por materiales limo-arenosos y arcillosos, junto con gravas y gravillas poligénicas bastante redondeadas, dispersas o dispuestas en lechos discontinuos. Posee una compacidad y dureza muy bajas.

- Estructura

  Estos materiales suelen estar ubicados en los cursos de arroyos y riveras, y vaguadas de fondo muy amplio y llano, donde los aportes de tipo coluvial se ven tímidamente retrabajados por una incipiente acción aluvial. La potencia de este grupo litológico está comprendida entre 0,5 y 3 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Permeabilidad baja. El drenaje, efectuado por percolación natural, se considera desfavorable por el hecho de que la rápida evacuación de los aportes hídricos superficiales se ve muchas veces dificultada por la existencia en profundidad de niveles freáticos o lechos impermeables, factores que evitan o interfieren en su normal saneamiento. Escorrentía poco activa.

  - Problemas geomorfológicos: Este grupo delimita áreas potenciales de actividad hidrodinámica.

- Capacidad portante: Se estima en principio baja a muy baja.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

- Empleo: En general, no son utilizables como préstamos.

TERRAZAS FLUVIALES, (T)

- Litología

  Son depósitos aluviales formados por gravas redondeadas poligénicas, principalmente silíceas, y arenas, con una matriz limosa o limo-arcillosa. En menor proporción existen lechos de arenas y limos más o menos arenosos.

- Estructura

  Depósitos lenticulares con potencias variables, de 1 a 6 m, y disposición subhorizontal. Poseen estructuras típicas de canales rellenos por gravas y arenas, y, aquellas mejor conservadas, están recubiertas por limos y arenas de llanura de inundación. El tamaño medio de los clastos es de grava media, con predominio de tamaños comprendidos entre 2 y 4 cm, y es muy frecuente el menor de 2 cm.

  Las terrazas que alcanzan un mayor desarrollo son las del valle del río Pisuerga.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Alta. Escorrentía superficial poco activa.

  - Problemas geomorfológicos: Pendientes naturales subhorizontales y estables, salvo en aquellas zonas próximas a los bordes que forman escarpes.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Taludes bajos (< 2 m) de 60º.
    - Problemas: Erosiones superficiales y caídas de gravas.

  - Taludes recomendados: Se podrán adoptar pendientes en torno a los 45º. La existencia de niveles freáticos en el contacto con el substrato impermeable puede dar lugar a problemas de inestabilidad en los taludes de excavación

cuando este grupo se quede colgado en la cabecera del desmonte. En tales circunstancias deben cuidarse las medidas de drenaje, tender los taludes a pendientes iguales o inferiores a 30º, o diseñar posibles medidas de contención.

- Capacidad portante: Moderada, con posibilidad de que puedan darse asientos diferenciales cuando la potencia de la terraza es tal que el bulbo de presiones no llega al substrato arcilloso mioceno; o cuando llegando a él, la existencia de un posible nivel freático en el contacto terraza-substrato interfiera negativamente en la capacidad soporte del terreno.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Son excavables con medios mecánicos normales.

- Empleo: Suelen constituir yacimientos granulares de reducidas dimensiones, algunos de ellos aprovechados en obras locales. En el caso de las terrazas del río Pisuerga, la importancia de los yacimientos es ya considerable.

CONOS DE DEYECCIÓN, (D)

- Litología

  Arcillas y limos con arenas y gravas de naturaleza poligénica, abundando las angulosas y poco rodadas, de origen calcáreo.

- Estructura

  Son depósitos lenticulares de tipo abanico aluvial, que se encuentran sobre la terraza baja aluvial y fondos de valle, en la desembocadura de pequeños arroyos. Su potencia puede oscilar entre 1 y 6 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Moderada o baja permeabilidad. Escorrentía superficial poco activa.

  - Problemas geomorfológicos: Forman pendientes muy tendidas y, en general, estables o con ligeros signos de reptación.

  - Taludes artificiales observados: No se han observado.

  - Taludes recomendados: No deben superar pendientes mayores de 45º.

- Capacidad portante: Moderada a baja.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Son materiales excavables.

- Empleo: Se estiman inadecuados a tolerables para su utilización como préstamos.

COLUVIAL, (C)

- Litología

  La composición de este grupo litológico varía en función de la composición de su área fuente. En general son arcillas y limos arenosos con gravas y bloques, generalmente abundantes, de naturaleza variable. Destacan los canchales, de gravas angulosas calcáreas, adosados al pie de escarpes calizos.

- Estructura

  Son depósitos de gravedad, y por tanto se disponen al pie de las laderas, constituyendo bandas alargadas paralelas a las mismas.

  Interiormente poseen una estructura masiva y son poco cohesivos. Su potencia es muy irregular, pero oscila entre 0,5 m y 2,5 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Baja, por infiltración.

  - Problemas geomorfológicos: Pendientes naturales de hasta 35º. Son frecuentes los suelos que presentan signos de reptación.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: 50º-60º en taludes bajos.

    - Problemas: Suelen ser bastante inestables y sufren una degradación apreciable.

  - Taludes recomendados: No deberán superar pendientes de 40º en el caso de que sólo se afecte a los propios materiales del coluvión; si estos quedasen

colgados en el talud, la pendiente de los mismos no debería sobrepasar los 30º.

- Capacidad portante: Se estima en principio baja a muy baja.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

- Empleo: Varían de inadecuados a tolerables como material de préstamo.

GRAVAS SILÍCEAS Y ARENAS (Raña), (322)

- Litología

Está constituido por gravas silíceas y arenas, con diferente tamaño de grano, y un contenido variable de arcillas, ya que a veces se encuentran bastante lavados. Corresponde al aluvial finineógeno, equivalente a las Rañas, y con una edad de Plioceno Superior.

- Estructura

Son depósitos masivos con estructura lenticular. Afloran de forma irregular y sobre diferentes yacentes, distribuyéndose en pequeñas manchas dispuestas en superficies llanas, culminando cerros, en el cuadrante nororiental de la Hoja de Herrera y en la de Prádanos de Ojeda.

La potencia máxima está comprendida entre 20 y 40 m.

- Geotecnia

- Permeabilidad: Alta. Buen drenaje profundo y deficiente escorrentía superficial.

- Problemas geomorfológicos: Conforman superficies llanas, de muy baja pendiente. Se observan signos de inestabilidad en las laderas situadas al pie de los escarpes que delimitan el borde de estos afloramientos, debidos a la existencia de niveles freáticos colgados en el contacto con el substrato (mioceno o mesozoico) impermeable, y da lugar a problemas de inestabilidad en los recubrimientos coluvio-eluviales de la ladera o el substrato alterado. Los más importantes se localizan en la ladera situada al S y SE de Cabria.

- Taludes artificiales observados:

  - Pendientes: Taludes bajos (5 m) de 45º y muy bajos (2-3 m) de 70º-80º.

  - Problemas: Se producen desprendimientos y caídas de gravas por meteorización de la matriz.

- Taludes recomendados: Deben realizarse con pendientes que no superen los 45º. La existencia de niveles freáticos en el contacto con el substrato mioceno impermeable puede dar lugar a problemas de inestabilidad en los taludes de excavación, cuando este grupo se quede colgado en la cabecera del desmonte. En tales circunstancias deben cuidarse las medidas de drenaje, tender los taludes a pendientes iguales o inferiores a 30º, o diseñar posibles medidas de contención.



FOTO Nº 32. Aspecto que presentan los depósitos de gravas y arenas del aluvial finineógeno o "raña", en las proximidades del P.K. 112+300 de la CN-611.

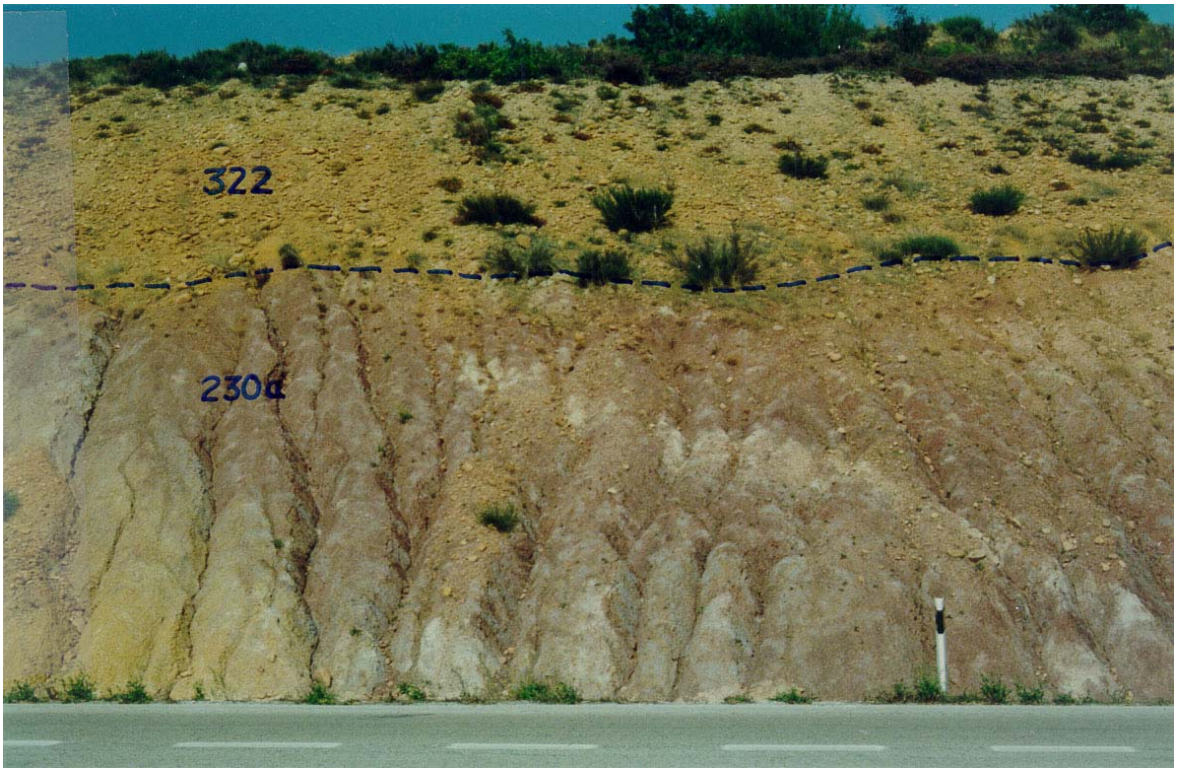


FOTO Nº 33. Desmonte situado en el P.K. 112+500 de la N-611. En la parte inferior del talud afloran lutitas de la F. Weald (grupo 230a), afectadas por importantes erosiones; mientras que la coronación corresponde a un depósito de gravas del aluvial fini-neógeno "raña" (grupo 322).

- Capacidad portante: Moderada. En los lugares en que presente potencias reducidas, la probable existencia de un horizonte freático en el contacto entre la raña y el substrato (generalmente impermeable), al que puedan llegar las solicitaciones de la estructura vial, hará posible la aparición de asientos diferenciales.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Excavable con medios mecánicos normales.

- Empleo: Tolerable como préstamo. Localmente pueden constituir yacimientos granulares.



FOTO Nº 34. Valle del río Camesa al S de Cabria. En primer término, ladera afectada por importantes deslizamientos superficiales y reptaciones de suelos. Inestabilidades creadas por la presencia de un acuífero colgado, en el contacto entre la "raña" que corona la ladera y el substrato lutítico-arenoso, impermeable, de F. Purbeck (grupo 230a).

ALTERNANCIA DE MARGAS Y CALIZAS CON DOLOMÍAS, CALIZAS MARGOSAS Y BIOCALCARENITAS, (232a)

- Litología

  Alternancia de calizas y margas grises y ocres, incrementándose en general el porcentaje de capas calcáreas gradualmente hacia el techo del grupo. En la base predominan limos, lutitas y margas laminadas, en niveles decimétricos a métricos.

  Entre las litologías calcáreas se distinguen bancos de 0,5 a 2,5 m de calizas arenosas, calizas nodulosas y calcarenitas. Con frecuencia los niveles calcáreos se encuentran total o parcialmente dolomitizados.

También está compuesto por capas decimétricas de dolomías margosas muy porosas e incluso oquerosas, de color ocre claro, alteradas, muy pulverulentas y blancas en corte fresco. Estos niveles alternan con niveles decimétricos a métricos de margas ocres, grises y verdes.

Otra litofacies de este grupo está formada por una alternancia centimétrica entre margas y calizas margosas.

Calizas y dolomías son duras y compactas, y las margas son cohesivas y plásticas.

La edad de estos materiales es Cretácico Superior.

De forma discontinua aparecen recubiertos por un suelo coluvial de limos arenosos con gravas dispersas.

- Estructura

Estos materiales afloran principalmente en las laderas, en la base de las mesas, entre los niveles detríticos del fondo de los valles (grupo 230b), y las crestas calcáreas del Cretácico Superior (grupo 232c); por lo que este grupo está frecuentemente cubierto por derrubios. Morfológicamente dan laderas de pendientes acusadas.

El tipo de estructura más frecuente es el de capas prácticamente horizontales y fracturación apreciable. En otras ocasiones se encuentran plegados y con buzamientos muy variables.

Este grupo aflora en todas la áreas ocupadas por los materiales mesozoicos.

El grupo tiene una potencia comprendida entre los 20 y los 100 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: En general, media-alta, habiendo niveles impermeables. El drenaje es bueno en superficie, y algo peor en profundidad.

  - Problemas geomorfológicos: Las laderas tienen un perfil de equilibrio con pendientes de 40º.



FOTO Nº 35. Deslizamiento de la ladera situada en el P.K. 82+000 de la carretera local entre Brullés y Coculina. El deslizamiento afecta a las margas del grupo 232a y su recubrimiento coluvio-eluvial, y ha motivado la necesidad de colocar una escollera al pie de la ladera en este punto.

- Taludes artificiales observados:

  - Pendientes: Taludes bajos con pendientes de hasta 70º.
  - Problemas: Se degradan muy lentamente.

- Taludes recomendados: Las pendientes variarán en función de la estructura; principalmente de la orientación y buzamiento de la estratificación. En condiciones favorables pueden adoptarse pendientes de hasta 70º en taludes medios.

- Capacidad portante: Alta.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Los grandes bancos calcáreos no son ripables, y las margas y capas calcáreas incluidas en ellas sólo se consideran ripables en el nivel superficial alterado (2-3 m).

- Empleo: No son materiales canterables en general, pero los productos de desmonte pueden utilizarse como préstamo en terraplenes.

MARGAS Y MARGOCALIZAS CON BIOCALCARENITAS, (232b)

- Litología

  La litología predominante son margas, a veces limolíticas, de colores gris, verde y ocre, en niveles decimétricos a métricos, con intercalaciones de arenas silíceas poco cementadas hacia el techo del tramo. Se observan también niveles decimétricos de calizas margosas y calcarenitas alternando entre las margas. A veces los niveles carbonatados están algo dolomitizados.

  Las margas son cohesivas y plásticas.

  La edad de este grupo es Cretácico Superior.

  La alterabilidad de estos materiales hace que frecuentemente se hallen recubiertos por un potente suelo arcilloso de origen coluvio-eluvial.

- Estructura

  Este grupo tiene un claro reflejo morfológico en la región, al situarse en las mesas o loras como una franja vegetada de menor pendiente intercalada entre farallones calcáreos del grupo 232c, formando una depresión, dado su carácter blando y fácilmente erosionable.

  Lateralmente puede llegar a acuñarse y pasar al grupo anterior 232a.

  El tipo de estructura más frecuente es el que se observa en las áreas de mesas, con capas prácticamente horizontales y fracturación inapreciable. En otras ocasiones se encuentran plegados y con buzamientos muy variables.

  Este grupo aflora en todas las áreas ocupadas por los materiales mesozoicos.

  El espesor está comprendido entre los 20 y los 120 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Son materiales impermeables, por lo que el drenaje profundo es nulo. La escorrentía es buena a tolerable.



FOTO Nº 36. Acarcavamiento desarrollado sobre las margas del grupo 232b y cono de deyección situado sobre un fondo de valle, al pie de la cárcava. Cercanías de Castrecias.

- Problemas geomorfológicos: Laderas con pendientes de 30º-35º y signos de inestabilidad.
- Taludes artificiales observados:
  - Pendientes: Taludes bajos con pendientes de hasta 50º-55º.
  - Problemas: Se producen deslizamientos y reptaciones por solifluxión al mojarse la capa alterada superficial, con aterramiento de cunetas.
- Taludes recomendados: Taludes bajos de 50º.
- Capacidad portante: Media.
- Ripabilidad/Excavabilidad: Son materiales ripables, incluso las capas calcáreas intercaladas que son poco potentes y se encuentran muy fracturadas.

- Empleo: No son materiales canterables, pero los productos de desmonte pueden utilizarse como préstamo en terraplenes.

CALIZAS, DOLOMÍAS Y BIOCALCARENITAS, (232c)

- Litología

Está constituido por un potente conjunto de calizas microcristalinas grises y ocres, calcarenitas bioclásticas, calcirruditas y calizas dolomíticas estratificadas en bancos de potencia métrica. De modo frecuente predominan las calizas microcristalinas en la base del grupo, y las calizas dolomíticas y dolomías en el techo, aunque la dolomitización puede llegar a ser muy intensa en todo el conjunto. Se intercalan calizas nodulosas en capas decimétricas y capas centimétricas a decimétricas de calizas arenosas.

En ocasiones, en el tramo superior de este grupo aparecen niveles decamétricos de dolomías oquerosas o laminadas, calizas arenosas y calcodoloarenitas de color pardo rojizo, con frecuentes superficies ferruginosas.

Son rocas duras y compactas.

La edad de estos materiales es Cretácico Superior.

- Estructura

Este grupo destaca claramente en el relieve, al constituir la coronación y los resaltes topográficos de las características mesas o loras que forman el paisaje de la región. El encajamiento de los barrancos produce laderas escarpadas y con fuertes pendientes.

Aparece este grupo con dos tipos de estructuras. El más frecuente es el que se observa en las áreas de mesas, con capas cuyos buzamientos no sobrepasan los 15º-20º. En otras ocasiones se encuentran plegados y con buzamientos muy variables. En los flancos de los grandes pliegues se presentan verticalizados. La fracturación es muy acusada.

La potencia de este grupo es muy variable, estando comprendidos los valores normales entre los 50 y los 200 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: La permeabilidad es alta y el drenaje es bueno, tanto en superficie como en profundidad.

  - Problemas geomorfológicos: Laderas que presentan escarpes de hasta 15-20 m de altura con inclinaciones próximas a 90º. Los problemas más acusados son los desprendimientos de grandes bloques y masas de roca caliza, que se han desplomado y deslizado sobre los materiales margosos subyacentes, principalmente por la alteración, deformación y erosión diferencial de estos últimos, y a favor del diaclasado de los niveles calizos. El más notable se localiza en la ladera situada al Sur de Humada.

    También se observan procesos de karstificación que pueden dar lugar a inestabilidades por hundimientos.



FOTO Nº 37. Ladera cubierta por bloques desprendidos de un crestón calcáreo (grupo 232c), donde se observan grandes bloques individualizados por planos de diaclasado y en situación inestable. Al Este de Castrecias.



FOTO Nº 38. Gran desprendimiento de bloques del escarpe calizo constituido por el grupo 232c en la Peña Ulaña, muy cercano a la localidad de Humada.

- Taludes artificiales observados:
  - Pendientes: Taludes bajos con pendientes de 75º.
  - Problemas: Desprendimiento de bloques en zonas de mayor fracturación.
- Taludes recomendados: Pueden ser subverticales, pero con riesgo de socavaciones y desprendimientos locales.
- Capacidad portante: Alta.
- Ripabilidad/Excavabilidad: No ripable.
- Empleo: Se considera útil como material canterable.



FOTO Nº 39. Escarpe en el que afloran los potentes bancos calcáreos del Cretácico Superior (grupo 232c). Los planos de estratificación y fractura individualizan grandes bloques que por efecto de la erosión diferencial pueden verse inestabilizados.

ARENISCAS Y CONGLOMERADOS CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS, LUTITAS Y MARGAS, (231a)

- Litología

  La mayor parte del grupo está constituida por una potente sucesión formada principalmente por areniscas y conglomerados cuarcíticos de color pardo rojizo y blanquecino, con grados de cementación en general bajos, a veces con alteración caolinífera, organizados en niveles métricos a decamétricos. En otras ocasiones se muestran bien cementados.

  Las areniscas son de tamaño de grano medio y los conglomerados son de cantos bien rodados y diámetros comprendidos entre 1 y 10 cm.

  Se intercalan niveles decimétricos a métricos de limos arcillosos ocres, lutitas rojas y verdes con niveles carbonosos, y margas arenosas.



FOTO Nº 40. Desmonte situado en el P.K. 113+100 de la N-611, donde afloran niveles, de espesor métrico, de areniscas y conglomerados de la F. Purbeck, fuertemente cementados; pertenecientes al grupo 231a.

Los conglomerados y areniscas son poco compactos y ligeramente disgregables, y los limos y lutitas son cohesivos y de compacidad media.

La edad de estos materiales es Cretácico Inferior.

- Estructura

El grupo se presenta generalmente en las zonas bajas de las laderas y fondos de los valles, dando notables resaltes topográficos.

Morfológicamente adopta laderas con perfil suave y convexo, y cumbres alomadas. Suelen excavarse en él barrancos muy encajados y acarcavamientos.

La estructura es de plegamientos suaves y fracturación inapreciable.

La potencia varía entre un máximo de 250 m y un mínimo de 5 m.



FOTO Nº 41. Cantera donde se explota arenisca del grupo 231a como roca ornamental, en Quintanilla de las Torres.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Permeabilidad baja, con mal drenaje profundo y aceptable en superficie.

  - Problemas geomorfológicos: Las laderas muestran pendientes de entre 20º y 35º, sin que se observen problemas de estabilidad. Las erosiones son importantes, formándose fuertes barrancos y acarcavamientos. Existe la presencia de niveles freáticos colgados.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Taludes medios (10 m) con pendientes de 50º.

    - Problemas: Los bancos limolíticos se alteran fácilmente por lo que, en las áreas donde predominan, se producen frecuentes inestabilidades

más acusadas cuando se trata de niveles carbonosos que, al estar empapados en agua, fluyen con facilidad.

- Taludes recomendados: Taludes medios de 45º-55º.

- Capacidad portante: Media-alta.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Ripable en general, salvo niveles bien cementados de arenisca y conglomerados.

- Empleo: Localmente pueden ser aprovechados como material granular en ciertas áreas donde aparecen alterados superficialmente, siendo, en conjunto, un buen material de préstamo.



FOTO Nº 42. Desmonte situado en el P.K. 104+400 de la N-611, donde afloran arenas, lutitas, margas y areniscas, pertenecientes en conjunto al grupo 231a (F. Purbeck). Sobre los taludes se observan erosiones, acarcavamientos y deslizamientos superficiales de los términos más alterados.



FOTO Nº 43. Desmonte situado en el P.K. 104+400 de la N-611, donde afloran arenas, lutitas, margas y areniscas, pertenecientes en conjunto al grupo 231a (F. Purbeck). Sobre los taludes se observan erosiones, acarcavamientos y deslizamientos superficiales de los términos más alterados.

LUTITAS VERSICOLORES CON ARENISCAS Y NIVELES CARBONOSOS, (230a)

- Litología

  Predominan los términos lutítico-arcillosos, de gran homogeneidad y color rojo o verde, junto con areniscas silíceas pardorrojizas de grano medio a fino, y con niveles centimétricos de microconglomerados. Es frecuente la presencia de niveles carbonosos de espesor centimétrico a métrico.

  Las lutitas se presentan en niveles métricos a decamétricos y se organizan en ciclos de oxidación-reducción.

  Los términos areniscosos tienen potencias decimétricas y niveles más importantes métricos a decamétricos que se han diferenciado cartográficamente (231a).



FOTO Nº 44. Desmonte situado en el P.K. 113+000 de la N-611. Afloran lutitas de la F. Purbeck (grupo 230a), en ciclos de oxidación/reducción, y se observan fuertes acarcavamientos y un deslizamiento de tierras, donde se ha colocado una escollera al pie.

Las lutitas arcillosas son cohesivas y bastante plásticas. Las areniscas, bien cementadas en unos casos, y poco compactas y sin cementación apreciable en otros, donde se muestran fácilmente disgregables.

La edad de estos materiales es Cretácico Inferior. Constituyen los términos más finos de la Facies Weald.

Soportan un suelo coluvio-eluvial arcilloso de poca potencia pero de plasticidad alta y con abundante materia orgánica que se acumula en las vaguadas.

- Estructura

Estos materiales afloran principalmente en zonas deprimidas, donde los términos areniscosos presentan un resalte topográfico.

La estructura es de plegamientos suaves y fracturación escasa.

Este grupo se encuentra distribuido en todo el área donde afloran los materiales mesozoicos.

Potencias muy variables entre 50 y 800 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Permeabilidad muy baja, con drenaje profundo nulo y mala escorrentía superficial. Encharcamientos en zonas deprimidas.

  - Problemas geomorfológicos: Este grupo presenta una cierta inestabilidad en las laderas donde aflora, dando lugar a frecuentes deslizamientos. Presencia de niveles freáticos colgados que favorecen los procesos de inestabilidad.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Taludes medios (8-10 m) con pendientes de 30º. Los taludes superiores a 30º muestran signos de inestabilidad.

    - Problemas: Acarcavamientos y arrastres, y pequeños deslizamientos superficiales. La falta de drenaje profundo permite la saturación del nivel de alteración superficial y de los estratos arcillosos y carbonosos impermeables, que fluyen con facilidad.

  - Taludes recomendados: Taludes medios no superiores a 30º. Debe cuidarse en extremo el drenaje superficial y proteger a los taludes de la erosión.

  - Capacidad portante: Media o baja, con posibles asientos diferenciales.

  - Ripabilidad/Excavabilidad: Excavable con medios mecánicos normales, y ripables los niveles areniscosos bien cementados.

  - Empleo: Se consideran inadecuados como préstamo.

ARENAS Y CONGLOMERADOS CON LUTITAS VERSICOLORES Y ALTERACIONES CAOLINÍFERAS, (230b)

- Litología

  La litología de este grupo está compuesta por conglomerados, areniscas, limolitas y lutitas.

  Los conglomerados y microconglomerados son de naturaleza silícea, bien rodados y con diámetros comprendidos entre 1 y 10 cm. Su matriz es arenosa y está afectada por una intensa alteración caolinífera que da a estos materiales tonos blanquecinos y un bajo grado de cementación. Poseen potencias métricas a decamétricas.

  Las areniscas son de grano grueso y medio, también de bajo grado de cementación y color blanco, a veces presentan coloraciones amarillentas, rojizas, violetas y negruzcas.

  Los términos limosos y lutíticos no son muy importantes dentro del grupo y presentan alguna intercalación carbonosa.

  Los materiales de este grupo se presentan, por regla general, poco o nada cementados y con escasa cohesión; no obstante también se pueden observar con ligera cementación y dureza media.

  Es la característica unidad detrítica en Facies Utrillas. Su edad es Albiense-Cenomaniense.

  La erosionabilidad de estos materiales hace que generalmente se encuentren recubiertos por un potente suelo arenoso de origen coluvio-eluvial, con abundante materia orgánica.

- Estructura

  La alteración caolinífera hace que el grado de cementación sea bajo y, en consecuencia, no suelen dar resalte topográfico, ocupando zonas deprimidas, fondos de valle y vaguadas, entre las formaciones del Weald y las calizas y margas del Cretácico Superior.

La estructura que presentan es de plegamiento suave, con buzamientos prácticamente horizontales y fracturación inapreciable.

Este grupo se encuentra distribuido en todo el área donde afloran los materiales mesozoicos.

La potencia del grupo varía entre 100 y 300 m.

- Geotecnia

  • Permeabilidad: Permeabilidad media, con drenaje profundo aceptable y escorrentía superficial buena, salvo en algunas zonas deprimidas, donde puede ser deficiente y llegar a producirse encharcamientos.



FOTO Nº 45. Acarcavamientos desarrollados sobre la formación arenosa que constituye el grupo 230b, en la base de la Peña Amaya.

- Problemas geomorfológicos: Laderas con inclinaciones de 30º-35º. Se observan numerosos problemas de estabilidad, con frecuentes deslizamientos fósiles de gran envergadura. Los deslizamientos se localizan sobre laderas de gran pendiente, socavadas algunas veces por la acción de los ríos y arroyos que discurren al pie (valles del arroyo Gallinas, del arroyo de los Tovares, arroyo de Villova, etc), y donde es frecuente la presencia de niveles freáticos colgados. También se ven afectadas por fuertes erosiones.

- Taludes artificiales observados:

  - Pendientes: Taludes bajos (5 m) con pendientes de 60º a 80º.
  - Problemas: Erosiones superficiales.

- Taludes recomendados: Pueden adoptarse pendientes casi verticales en taludes bajos, sin riesgo de deslizamiento, aunque la erosión y degradación es muy intensa. En taludes medios se recomienda una inclinación de 35º.



FOTO Nº 46. Deslizamiento circular al pie de una ladera desarrollada sobre materiales arenosos de la Facies Utrillas (Grupo 230b), en las inmediaciones de la localidad de Castrecias.



FOTO Nº 47. Ladera afectada por importantes procesos de inestabilidad, relacionados con desprendimientos de bloques calizos del escarpe rocoso, integrado por el grupo 232c, y un gran deslizamiento fósil que afecta a los materiales arenosos del grupo 230b. Valle del arroyo de los Tovares, muy cerca del pueblo abandonado de Puentes de Amaya.

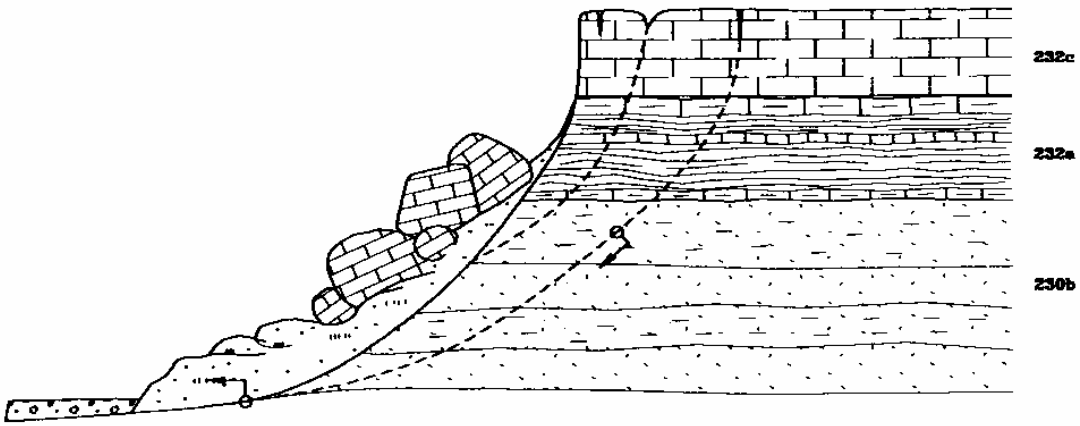


Fig. 22: Deslizamiento fósil en una ladera desarrollada sobre materiales detríticos del grupo litológico 230b, que provoca el descalce y posterior caída de grandes bloques de roca caliza del grupo 232c, que suele coronar las mesas o muelas de la zona.

- Capacidad portante: Media.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Excavable con medios mecánicos normales, y ripables aquellos niveles mejor cementados.

- Empleo: Localmente pueden ser aprovechados como material granular. En conjunto, constituyen un buen material de préstamo.

TRAMO DETRÍTICO/CARBONATADO. ARCILLAS Y LUTITAS ROJAS Y VERDES CON NIVELES CARBONOSOS, ARENISCAS, CALIZAS Y MARGAS, (230c)

- Litología

  Se trata de un grupo complejo por su gran variedad litológica, compuesto por tramos métricos a decamétricos de lutitas y arcillas rojas y verdes de gran homogeneidad, con niveles areniscosos de color pardo rojizo y potencias métricas a decamétricas, donde los más importantes han sido diferenciados cartográficamente (231a). Las areniscas son de dureza media y ligeramente disgregables en superficie.

  Otra litología característica son los niveles carbonosos, que van desde margas y lutitas verdes y grises, a lutitas carbonosas con intercalaciones lignitíferas centimétricas (máximo 30-40 cm).

  La litología más notable del grupo son los niveles calizos grises que se intercalan entre los tramos lutíticos. Son duras y tienen potencias decimétricas a métricas. También hay calizas margosas nodulosas, calizas arenosas y calcarenitas, en niveles de potencia decimétrica, y margas grises, normalmente arenosas y, en ocasiones, carbonosas, siempre cohesivas y de plasticidad media.

  Sobre los materiales más lábiles se desarrollan suelos coluvio-eluviales, de poco espesor, de arcillas más o menos arenosas.

  La edad de este grupo es Cretácico.

- Estructura

  La estructura con la que aparecen es de dos tipos. La más común es en capas prácticamente horizontales, en las laderas de las mesas. También lo hacen plegados, con buzamientos suaves, de forma excepcional. La fracturación es moderada.

Este grupo está presente en los cuadrantes correspondientes a la Hoja de Prádanos de Ojeda y en el cuadrante nororiental de la Hoja de Herrera. En todos ellos los afloramientos son reducidos y de escasa entidad.

La potencia de este grupo es muy variable, de 10 a 400 m, siendo el espesor medio observado entre 10 y 75 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: En general, media-baja, con grandes variaciones en función de la litología de que se trate. El drenaje superficial es bueno, y el profundo aceptable.

  - Problemas geomorfológicos: Las laderas presentan inclinaciones desde 20º en lutitas, hasta 70º en calizas. Los problemas están relacionados con la presencia de freáticos colgados, que pueden alterar y provocar inestabilidades en los niveles más lábiles.



FOTO Nº 48. Trinchera del ferrocarril Palencia-Santander, P.K. 400+000. Caída de bloques por descalce y vuelco de estratos en un paquete de areniscas del grupo 231a incluido en una serie lutítica perteneciente al grupo 230c. F. Purbeck.

- Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Taludes bajos y medios (5 a 7 m) con pendientes de 30º a 40º en lutitas.

    - Problemas: Acarcavamientos y pequeños deslizamientos superficiales.



FOTO Nº 49. Desmonte situado en el P.K. 114+500 de la N-611. En el talud afloran alternancias decimétricas a métricas de arcillas, lutitas, areniscas y niveles de calizas, pertenecientes al tramo detrítico/carbonatado de la F. Purbeck (grupo 230c).

- Taludes recomendados: Muy variable en función de la litología dominante y su disposición estructural.

- Capacidad portante: Muy variable. De media a buena en los tramos con predominio de materiales areniscosos y carbonatados. Baja en aquellos otros lutíticos, margosos, arcillosos y carbonosos.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Lutitas y margas son ripables, así como los 2-3 m superficiales de areniscas. Las calizas no son ripables.

- Empleo: No se consideran canterables, pero los productos de excavación pueden ser empleados como rellenos, a excepción de arcillas, margas y niveles carbonosos.

TRAMO DETRÍTICO/CARBONATADO. MARGAS, CALIZAS, LUTITAS ROJAS Y VERDES Y ARENISCAS, (223a)

- Litología

Grupo con una notable variedad litológica en el que se dan alternancias de materiales carbonatados y terrígenos. Entre los términos carbonatados del grupo destacan los niveles margosos, de potencias centimétricas a decimétricas, y color gris claro. Se observan todos los pasos posibles entre marga y caliza. Los niveles calizos relacionados con estas margas y margocalizas tienen potencias decimétricas a métricas (1 a 2 m).

Hay calizas oncolíticas, intraclásticas y arenosas que se organizan en paquetes métricos y decamétricos.



FOTO Nº 50. Desmonte situado en el P.K. 3+000 de la carretera Aguilar-Burgos, próximo a la estación de Aguilar. Afloran alternancias de calizas y lutitas del grupo 223a, perteneciente al tramo detrítico/carbonatado de la F. Purbeck.

Otro componente litológico es el formado por lutitas versicolores con colores grises, blancos, verdosos y rojizos, formando niveles de espesores métricos a decamétricos. Representan ciclos de oxidación-reducción.

Por último se observa la asociación de lutitas rojas y niveles arenosos de grano medio a grueso, bien cementados y color pardo.

Estos materiales se sitúan en la transición del Jurásico al Cretácico.

Sobre los materiales más lábiles se desarrollan suelos coluvio-eluviales, de poco espesor, de limos arcillosos más o menos arenosos.

- Estructura

La estructura que muestran es la de un conjunto plegado con buzamientos muy variables e intensa fracturación.

Estos materiales afloran en los respectivos cuadrantes de la Hoja de Prádanos de Ojeda, siendo en las proximidades de Aguilar de Campóo donde alcanzan un mayor desarrollo.

La potencia máxima es de 200 m, con una media en torno a los 100 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: En general, media-baja, con grandes variaciones en función de la litología de que se trate. El drenaje superficial es bueno, y el profundo deficiente.

  - Problemas geomorfológicos: Las laderas presentan inclinaciones de hasta 70º, y no manifiestan una problemática especial.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Taludes bajos de 45º a 70º.

    - Problemas: Individualización y caída de bloques de los niveles calizos, por diaclasado y erosión diferencial de las lutitas.

  - Taludes recomendados: Muy variable en función de la litología dominante y su disposición estructural.

- Capacidad portante: De media a buena en los tramos con predominio de materiales carbonatados. De media a baja en aquellos otros margosos y lutíticos.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Lutitas y margas son ripables, así como los tramos con alternancia de margas y calizas, salvo aquellos estratos calizos de mayor espesor, que no son ripables.

- Empleo: No se consideran canterables, pero los productos de excavación de los tramos predominantemente carbonatados pueden ser empleados como rellenos.

CALIZAS, MARGAS, LUTITAS Y NIVELES CARBONOSOS, (223b)

- Litología

  Caliza de color predominantemente gris, en capas decimétricas a métricas, con valores medios de 30 a 150 cm y máximos de hasta 2-3 m. Es dura y compacta. En algunos casos tiene un elevado contenido en materia orgánica (calizas fétidas).



FOTO Nº 51. Cantera inactiva al N de la estación de Aguilar de Campóo, de donde se extraía balasto calizo de la formación calcárea de la F. Purbeck (grupo litológico 223b).

Los términos margo-arcillosos son poco importantes en el conjunto del grupo y se sitúan en intercalaciones centimétricas entre las capas calcáreas. A techo del grupo se observan niveles margoarcillosos de mayor potencia (30-50 cm) y alguno de ellos puede considerarse como una lutita carbonosa, con mineralizaciones de sulfuros.

La edad de este grupo es Malm.

- Estructura

Dan lugar a cerros, con laderas de pendientes moderadas, que destacan del entorno.

La estructura es de capas decimétricas a métricas (2 a 3 m máximo) con una estratificación neta, y fuerte plegamiento, con buzamientos variables, e intensa fracturación. Existe una karstificación, no muy bien desarrollada, a través de los planos de discontinuidad.

Aflora con un mayor desarrollo en los cuadrantes correspondientes a la Hoja de Prádanos de Ojeda, y como barras aisladas, que resaltan topográficamente, en la de Villadiego.

La potencia de este grupo varía entre los 60 y los 150 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Media-alta, con drenaje profundo aceptable por diaclasado y karstificación, y buena escorrentía superficial.

  - Problemas geomorfológicos: Laderas con pendientes de hasta 40º, donde no se observan problemas de estabilidad.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Taludes medios y altos (30 m) con una pendiente de hasta 80º.

    - Problemas: Desprendimiento ocasional de bloques.

  - Taludes recomendados: Taludes medios y altos con pendientes subverticales. Posible riesgo de desprendimientos en zonas muy fracturadas.

- Capacidad portante: Alta.
- Ripabilidad/Excavabilidad: No ripable.
- Empleo: Util como material canterable (Cantera de Villallano, YR-8).

LUTITAS, CONGLOMERADOS POLIGÉNICOS, ARENISCAS Y NIVELES CALCAREOS, (223c)

- Litología

Grupo compuesto por materiales detríticos, entre los que destacan conglomerados poligénicos de color ocre rojizo o anaranjado, de clastos bien rodados, y diámetros comprendidos entre 1 y 15 cm.

Los niveles arenosos asociados a los términos anteriores son de grano grueso y medio, composición cuarcítica y buena cementación. Esta asociación arenoso-conglomerática se organiza en paquetes de potencias decimétricas a métricas.



FOTO Nº 52. Aspecto que presenta un paquete de conglomerados poligénicos del grupo 223c, en el cerro Linares, al S de la estación de Aguilar.

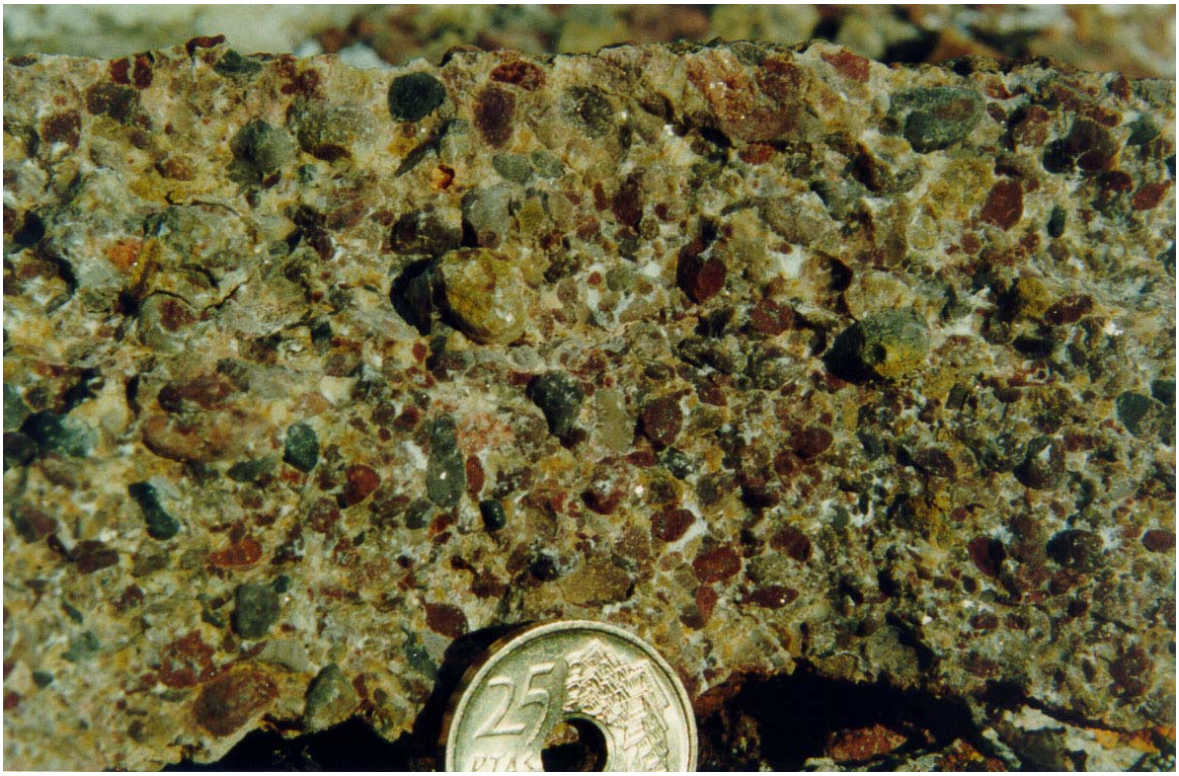


FOTO Nº 53. Detalle de un nivel de microconglomerados, de naturaleza poligénica, del grupo 223c.

Los términos lutíticos asociados a estas litologías detríticas groseras son de color ocre rojizo a anaranjado y alcanzan potencias métricas a decamétricas.

Otra asociación de facies del grupo es la compuesta por niveles calcáreos y lutitas versicolores. Son porcentualmente minoritarias, siendo las capas calcáreas poco potentes en general (25 a 50 cm de media, y hasta 3-5 m máximo).

La edad de estos materiales es Malm.

- Estructura

La estratificación se organiza en canales de potencias decimétricas a métricas (0,5 a 6 m).

La estructura es de fuerte plegamiento, con buzamientos variables, e intensa fracturación.

Este grupo aflora en los cuadrantes correspondientes a la Hoja de Prádanos de Ojeda.

La potencia del grupo es variable, siendo la media de 8-15 m, y con valores máximos de unos 50 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Media-baja. Drenaje profundo moderado y escorrentía activa.
  - Problemas geomorfológicos: Laderas estables.
  - Taludes artificiales observados: No se han observado.
  - Taludes recomendados: Taludes bajos con pendientes subverticales. Posible riesgo de desprendimientos en zonas muy fracturadas.
  - Capacidad portante: Media-alta.
  - Ripabilidad/Excavabilidad: No ripable.
  - Empleo: No se considera útil como material canterable.

CALIZAS Y DOLOMÍAS GRISES TABLEADAS, CARNIOLAS, CALIZAS BIOCLÁSTICAS Y OOLÍTICAS, (221)

- Litología

  El grupo está constituido por un tramo inferior de calizas y dolomías de color gris, en capas centimétricas a métricas, que intercalan algunos niveles de calizas nodulosas. La dolomitización es de tipo secundario y afecta de una manera variable en intensidad a diferentes niveles del tramo.

  Un tramo intermedio está representado por un potente conjunto de dolomías cristalinas oquerosas, brechas dolomíticas en bancos métricos y calizas dolomíticas laminadas en bancos de 0,5 a 2 m.

  El grupo culmina con un tramo superior, de aspecto tableado, de calizas y dolomías de espesores centimétricos a métricos, que intercalan calizas dolomíticas, carniolas y dolomías brechoides.



FOTO Nº 54. Dolomías brechificadas pertenecientes al Lías (Grupo 221).

Son materiales de dureza media-alta.

La edad de este grupo es Lías y representa el tránsito del Triásico al Jurásico.

- Estructura

Este grupo constituye el conjunto carbonatado que se dispone estratigráficamente sobre los materiales arcillosos en Facies Keuper (213), ligado al principal nivel de despegue regional. Por tanto está implicado en los más importantes accidentes tectónicos de la región y se muestra con un alto grado de deformación, plegamiento y fracturación. La estratificación es neta, con un característico aspecto tableado.

Morfológicamente dan origen a cerros de pendientes acusadas, que destacan topográficamente del entorno.

Los afloramientos de este grupo se distribuyen por todo el área representada por materiales mesozoicos.

La potencia varía entre 110 y 250 m.

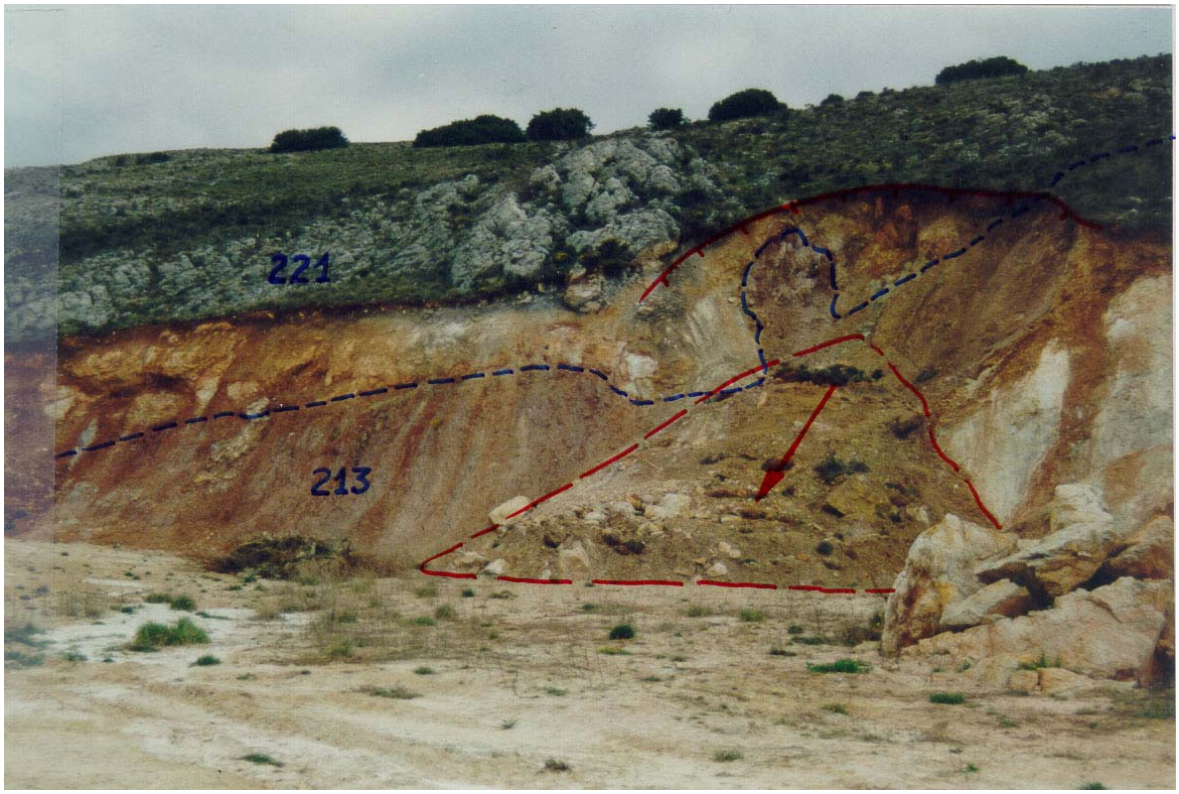


FOTO Nº 55. Contacto de los limos y arcillas del Triásico Superior (Grupo 213) con las calizas y dolomías del Jurásico Inferior (Grupo 221), en una zona donde han sido extraídos áridos del coluvial que recorre el pie de la ladera, para la construcción de caminos rurales. Próximo a la localidad de Pozancos.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Alta. El drenaje es bueno en superficie y profundidad.

  - Problemas geomorfológicos: Laderas con pendientes de hasta 40º, sin signos evidentes de inestabilidad.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Taludes bajos de 80º.
    - Problemas: No se observan.

  - Taludes recomendados: Taludes medios y altos con pendientes subverticales. Posible riesgo de desprendimientos en zonas muy fracturadas.

  - Capacidad portante: Alta.

- Ripabilidad/Excavabilidad: No es ripable, salvo áreas muy tectonizadas y la montera más descomprimida.

- Empleo: Útil como material canterable. Especial interés representan las dolomías de este grupo.

ALTERNANCIA DE CALIZAS, MARGAS Y MARGOCALIZAS CON LUTITAS Y CALIZAS BIOCLÁSTICAS, (220)

- Litología

  Grupo formado por un conjunto característico de alternancias rítmicas calizo-margosas, con niveles calcáreos intermedios, y margolutíticos.

  Las margas tienen coloraciones verdes y grises, con una alteración que origina un característico color blanquecino. El espaciado de la alternancia más frecuente es decimétrico, con capas centimétricas y métricas tanto de margas como de calizas y margocalizas, que presentan colores blancos, grises y ocres. Las margas son algo arcillosas y cohesivas.



FOTO Nº 56. Alternancia rítmica de calizas, margas y margocalizas en el cerro Solera, al N de la estación de Aguilar (grupo 220).

Los términos calcáreos intermedios tienen un color gris claro y se presentan generalmente en niveles de potencia métrica (entre 3 y 10 m, y hasta 20 m), separados por intervalos margosos de espesor variable (5 m máximo). Las calizas son duras y compactas, y de dureza media las calizas margosas.

Las margolutitas se sitúan por encima de los niveles calcáreos, alcanzando un espesor de entre 7 y 10 m. Pueden aparecer lutitas negras ricas en bitumen y con mineralizaciones de sulfuros.

La edad de este grupo es Jurásico.

- Estructura

Estratificación en características alternancias rítmicas, y niveles calcáreos que resaltan claramente en los afloramientos con un perfil lenticular.

Estructura que presenta un plegamiento muy marcado con buzamientos variables e intensa fracturación.

Los afloramientos de este grupo se distribuyen por todo el área representada por materiales mesozoicos.

La potencia de este grupo es muy variable, comprendida entre 160 y 240 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Media-baja. El drenaje superficial es bueno, y deficiente el profundo.

  - Problemas geomorfológicos: En laderas transversales a los planos de estratificación, las pendientes son de 30º-40º y se muestran estables.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Taludes bajos de 60º a 70º.
    - Problemas: No se observan.

  - Taludes recomendados: Las pendientes variarán en función de la estructura, principalmente de la orientación y buzamiento de la estratificación. En condiciones favorables pueden adoptarse pendientes de hasta 70º en taludes medios.

- Capacidad portante: Media-alta.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Ripabilidad marginal, en función de la potencia de los niveles calizos, que pueden llegar a ser no ripables. Los bancos calizos de potencia métrica son no ripables.

- Empleo: Los bancos calizos pueden ser canterables, aunque con calidad muy variable.

LUTITAS ROJAS Y VERDES CON YESOS, (213)

- Litología

  Materiales lutítico-arcillosos organizados en secuencias de oxidación-reducción, de espesor métrico. El intervalo de reducción corresponde a arcillas margosas verdes y versicolores, en ocasiones yesíferas. El de oxidación corresponde a arcillas rojas.



FOTO Nº 57. Ladera fuertemente incidida por la erosión, donde afloran lutitas y arcillas pertenecientes al Triásico Superior en Facies Keuper (grupo 213). Norte de Aguilar de Campóo.

Se observa, en algunos puntos, la existencia de niveles de yeso centimétricos dispersos dentro del grupo. En Aguilar de Campóo el grupo culmina con un potente paquete decamétrico de margas yesíferas y yesos nodulosos y laminados.

La presencia de niveles limolíticos ocres centimétricos y de areniscas de grano fino cementadas, centimétricos a decimétricos, es minoritaria.

La alterabilidad de estos materiales hace que frecuentemente se hallen recubiertos de un potente suelo arcilloso (en torno a 1 m) de origen coluvio-eluvial.

La edad de este grupo es Triásico Superior, en Facies Keuper.

- Estructura

Son materiales muy plásticos, y esta propiedad facilita la implicación del grupo en la tectónica regional, favoreciendo la existencia de niveles de despegue a esta altura estratigráfica.

Estos materiales afloran en todo el área ocupada por los terrenos mesozoicos, pero sólo adquieren cierta representación en los cuadrantes correspondientes a la Hoja de Prádanos de Ojeda.

La potencia del grupo es difícil de estimar por las implicaciones tectónicas y la mala calidad de los afloramientos. Los espesores mínimos observados varían entre los 50 y 100 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Impermeable. Drenaje superficial y profundo deficiente, con posibilidad de encharcamientos temporales. Problemas de agresividad de las aguas debido a la fácil disolución de los yesos, las aguas se cargan de iones sulfato, con lo cual su poder corrosivo frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios se eleva considerablemente.

  - Problemas geomorfológicos: En las laderas suelen observarse fluencias lentas de estos materiales, y ocasionales deslizamientos superficiales. Las pendientes son muy tendidas, inferiores a 30º.



FOTO Nº 58. Área de mal drenaje, con materiales del Keuper en el substrato, situada al Norte de Aguilar de Campóo, muy próxima a la Fuente del Pozo. Corresponde a una zona aluvial que se encharca con facilidad en épocas de lluvia, dando incluso origen a una pequeña laguna con precipitación de sales.

- Taludes artificiales observados:
  - Pendientes: En taludes bajos las pendientes son de 45º.
  - Problemas: Deslizamientos superficiales por alteración, y de mayor envergadura cuando existe un drenaje deficiente del agua de escorrentía.
- Taludes recomendados: 30º en taludes bajos, incluso más verticalizados cuando la trabazón de yesos es suficiente.
- Se debe cuidar en extremo el drenaje superficial de los mismos, y evitar erosiones.

- Capacidad portante: Baja, en especial en zonas de drenaje deficiente. Posibilidad de asientos diferenciales bruscos y hundimientos debido a la existencia de yesos. Por último, las arcillas pueden presentar problemas de expansividad.

- Ripabilidad/Excavabilidad: Excavable con mayor o menor dificultad.

- Empleo: Se consideran inadecuados como préstamo.

ARCILLAS Y ARENAS ROJAS CON NIVELES CONGLOMERÁTICOS POLIGÉNICOS, (200)

- Litología

Arcillas y arenas con niveles conglomeráticos poligénicos, habiéndose diferenciado las intercalaciones calcáreas que contiene como grupo 223b.

Las arcillas son marcadamente limosas, de tonos rojos y versicolores, cohesivas y bastante plásticas.

Los conglomerados poligénicos son de colores variados y los clastos suelen ser centimétricos. Con frecuencia forman un único nivel de espesor métrico a decamétrico, que se sitúa muy próximo a la base del grupo. Son de dureza media.

Los niveles arenosos son de color rojizo, grano grueso a medio, y se organizan en paquetes de potencia decimétrica a métrica. Son poco compactas y sin cementación apreciable.

Los términos lutíticos asociados a estas litologías detríticas groseras suelen ser de color rojo anaranjado, con potencias métricas a decamétricas, y organizados en ciclos de oxidación-reducción.

Este grupo corresponde la Facies Purbeck, que caracteriza el límite Jurásico-Cretácico.

La alterabilidad de estos materiales hace que frecuentemente se hallen recubiertos de un suelo arcilloso-arenoso, poco potente, de origen coluvio-eluvial, de plasticidad alta y con abundante materia orgánica que se acumula en las vaguadas.

- Estructura

  Suele originar una depresión topográfica de frecuentes tonos rojizos.

  La estructura que ofrecen es la de plegamiento con buzamientos variables y fracturación escasa.

  Los materiales de este grupo afloran en la Hoja de Villadiego.

  El espesor de este grupo puede alcanzar los 400 m.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Permeabilidad muy baja, con drenaje profundo nulo y mala escorrentía superficial.

  - Problemas geomorfológicos: Este grupo presenta una cierta inestabilidad en las laderas donde aflora, dando lugar a frecuentes deslizamientos superficiales.

  - Taludes artificiales observados:

    - Pendientes: Los taludes superiores a 30º muestran signos de inestabilidad.

    - Problemas: La falta de drenaje profundo permite la saturación del nivel de alteración superficial y de los estratos arcillosos impermeables, que fluyen con facilidad.

  - Taludes recomendados: En taludes medios las pendientes habrán de ser inferiores a 30º. Debe cuidarse en extremo el drenaje superficial y proteger a los taludes de la erosión.

  - Capacidad portante: Media o baja, con posibles asientos diferenciales.

  - Ripabilidad/Excavabilidad: Excavable con medios mecánicos normales, y ripables los niveles areniscosos y conglomeráticos bien cementados.

  - Empleo: Se consideran inadecuados como préstamo.

3.4.5. Grupos geotécnicos

Las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior como grupos litológicos, se agrupan según ciertas características geotécnicas comunes. A estas agrupaciones se les denomina en este Estudio "grupos geotécnicos", y en la Zona 3 son las siguientes:

- Grupo geotécnico G1

  Aluviones actuales del cauce de los ríos y arroyos de la Zona 3. Son gravas y arenas de naturaleza poligénica, dominando el carácter silíceo, y limos abundantes. Problemas de dinámica fluvial. Capacidad portante baja. Depósitos adecuados o tolerables para préstamos.

  El grupo geotécnico G1 está constituido por el grupo litológico A.

- Grupo geotécnico G2

  Terraza baja aluvial o llanura de inundación. Son limos más o menos arenosos, con gravas y arenas silíceas que constituyen lechos importantes y discontinuos. Problemas locales de escorrentía superficial y socavación. Capacidad portante de media a baja. Posibles asientos diferenciales. Materiales parcialmente adecuados o tolerables como préstamos.

  El grupo geotécnico G2 está constituido por el grupo litológico A1.

- Grupo geotécnico G3

  Terrazas y raña. Materiales detríticos constituidos mayoritariamente por gravas y arenas de naturaleza silícea y, en menor proporción, calcárea. Formaciones permeables, sin problemas importantes en taludes naturales o de excavación, dadas las potencias normales de estos depósitos. En el caso de taludes importantes en que estos materiales queden colgados en la coronación de los mismos, se pueden originar problemas de estabilidad relacionados con la posible presencia de niveles freáticos colgados en el contacto de estos con el substrato, generalmente impermeable. La capacidad portante debe considerarse moderada en principio, y prever la posibilidad de que el horizonte freático que pueda existir en el contacto de estos materiales con el substrato impermeable llegue a provocar asientos diferenciales. Materiales adecuados o tolerables como préstamos, y localmente pueden constituir yacimientos granulares.

El grupo geotécnico G3 está constituido por los grupos litológicos T y 322.

- Grupo geotécnico G4

  Coluvio-aluviales de arroyos y vaguadas de la Zona 3. Son limos y arcillas generalmente arenosos, con gravas y gravillas dispersas de naturaleza silícea. Materiales con permeabilidad baja, capacidad de soporte baja a muy baja, y no utilizables como préstamos.

  Constituyen este grupo geotécnico el grupo litológico AC.

- Grupo geotécnico G5

  Coluviales y conos de deyección asociados a las laderas y vaguadas de la Zona 3. Son limos y arcillas arenosos con gravas poligénicas, generalmente calcáreas. Materiales con permeabilidad y capacidad de carga bajas e inmersos con bastante frecuencia en procesos de inestabilidad. Se consideran parcialmente útiles como préstamos.

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos C y D.

- Grupo geotécnico G13

  Alternancia de calizas y margas con limos y lutitas. Los niveles calcáreos se encuentran total o parcialmente dolomitizados. Calizas y dolomías son duras y compactas, y las margas son cohesivas y plásticas.

  Estos materiales afloran principalmente en las laderas, en la base de las mesas, por lo que este grupo está frecuentemente cubierto por derrubios. Las laderas no suelen manifestar problemas de estabilidad.

  La permeabilidad es, en general, media, habiendo niveles impermeables. Las pendientes de los taludes de excavación variarán en función de la estructura, principalmente de la orientación y buzamiento de la estratificación. En condiciones favorables pueden adoptarse pendientes de hasta 70º en taludes medios, que se degradan muy lentamente. La capacidad portante es media-alta. Los grandes bancos calcáreos no son ripables, y las margas y capas calcáreas incluidas en ellas se consideran ripables en la capa superficial alterada (2-3 m). No son materiales canterables en general, salvo bancos calizos muy potentes, pero los productos de desmonte pueden utilizarse como préstamo en terraplenes.

Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos 220 y 232a.

- Grupo geotécnico G14

Margas, a veces limolíticas, con intercalaciones de arenas, calizas margosas y calcarenitas, recubiertas por un potente suelo arcilloso de origen coluvio-eluvial. Las margas son cohesivas y plásticas.

Este grupo se sitúa intercalado entre los farallones calcáreos de las mesas o loras.

Son materiales impermeables y en las laderas donde afloran se observan ligeros signos de inestabilidad. En taludes bajos con pendientes mayores de 50º-55º, se pueden producir deslizamientos y reptaciones por solifluxión al mojarse la capa alterada superficial. La capacidad portante es media. Son materiales ripables, incluso las capas calcáreas intercaladas.

Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico 232b.

- Grupo geotécnico G15

Calizas, calcarenitas, calizas dolomíticas y dolomías. Son rocas duras y compactas. Este grupo destaca claramente en el relieve, al constituir cerros y la coronación y los resaltes topográficos de las características mesas o loras.

La permeabilidad es alta y el drenaje es bueno. Los problemas más acusados en las laderas donde afloran son los desprendimientos de grandes bloques y masas de roca. También se observan procesos de karstificación que pueden dar lugar a inestabilidades por hundimientos. Los taludes pueden ser subverticales, pero con riesgo de socavaciones y desprendimientos locales en zonas de mayor fracturación. La capacidad portante es alta. No son ripables y se consideran útiles como material canterable, especialmente las dolomías de este grupo.

Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos 221, 223b y 232c.

- Grupo geotécnico G16

Areniscas y conglomerados cuarcíticos, con grados de cementación en general bajos, y localmente buenos. Se intercalan niveles de limos arcillosos, lutitas y margas arenosas. Los conglomerados y areniscas son poco compactos y ligeramente disgregables, y los limos y lutitas son cohesivos y de compacidad media.

El grupo se presenta generalmente en las zonas bajas de las laderas y fondos de los valles, dando notables resaltes topográficos.

La permeabilidad es baja, con presencia de niveles freáticos colgados. Las laderas donde afloran con bajos grados de cementación muestran erosiones importantes, con fuertes barrancos y acarcavamientos. También los bancos limolíticos se alteran fácilmente por lo que, en las áreas donde predominan, se producen frecuentes inestabilidades, más acusadas cuando se trata de niveles carbonosos que, al estar empapados en agua, fluyen con facilidad. En desmontes, se recomiendan taludes medios de 45º-55º. La capacidad portante es media-alta. Ripable en general, salvo niveles bien cementados de arenisca y conglomerados. Localmente pueden ser aprovechados como material granular en ciertas áreas donde aparecen alterados superficialmente, siendo, en conjunto, un buen material de préstamo.

Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos 223c y 231a.

- Grupo geotécnico G17

Conglomerados, areniscas, limolitas y lutitas, que se presentan, por regla general, poco o nada cementados y con escasa cohesión. Generalmente se encuentren recubiertos por un potente suelo arenoso de origen coluvio-eluvial, con abundante materia orgánica.

Ocupan zonas deprimidas, fondos de valle y vaguadas.

Permeabilidad media. El drenaje puede ser deficiente en zonas deprimidas y llegar a producirse encharcamientos. Laderas con problemas de estabilidad, numerosos deslizamientos fósiles de gran envergadura, donde es frecuente la presencia de niveles freáticos colgados, y fuertes erosiones. Pueden adoptarse pendientes casi verticales en taludes bajos, sin riesgo de deslizamiento, aunque la erosión y degradación es muy intensa. En taludes medios se recomienda una inclinación de 35º. Capacidad portante media. Excavable con medios mecánicos normales, y ripables aquellos niveles mejor cementados. Localmente pueden ser aprovechados como material granular y, en conjunto, constituyen un buen material de préstamo.

Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico 230b.

- Grupo geotécnico G18

  Predominan los términos lutítico-arcillosos, cohesivos y bastante plásticos, junto con areniscas y niveles de microconglomerados, bien cementados en unos casos, y poco compactos y sin cementación apreciable en otros, donde se muestran fácilmente disgregables. Soportan un suelo coluvio-eluvial arcilloso de poca potencia pero de plasticidad alta y con abundante materia orgánica que se acumula en las vaguadas.

  Estos materiales afloran principalmente en zonas deprimidas.

  La permeabilidad es muy baja, con mal drenaje superficial y encharcamientos en zonas deprimidas. Presenta una cierta inestabilidad en las laderas donde aflora, dando lugar a frecuentes deslizamientos, y niveles freáticos colgados que favorecen los procesos de inestabilidad. Los desmontes con taludes medios superiores a 30º serán inestables; se observan acarcavamientos, arrastres y pequeños deslizamientos superficiales. La falta de drenaje profundo permite la saturación del nivel de alteración superficial y de los estratos arcillosos y carbonosos impermeables, que fluyen con facilidad. La capacidad portante es media a baja, con posibles asientos diferenciales. Excavable con medios mecánicos normales, y ripables los niveles areniscosos bien cementados. No se consideran adecuados como préstamo.

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos 200 y 230a.

- Grupo geotécnico G19

  Grupo de gran variedad litológica compuesto por calizas, calizas margosas, calcarenitas, margas, lutitas y arcillas, con niveles areniscosos y lutitas carbonosas con intercalaciones lignitíferas. Se desarrollan suelos coluvio-eluviales de poco espesor de arcillas más o menos arenosas.

  Permeabilidad, en general, media-baja, con grandes variaciones en función de la litología de que se trate. Las laderas presentan problemas relacionados con la presencia de freáticos colgados, que pueden alterar y provocar inestabilidades en los niveles más lábiles. La pendiente de los taludes de excavación será muy variable, en función de la litología dominante y su disposición estructural. En taludes bajos y medios, con pendientes de 30º a 40º en lutitas, se observan acarcavamientos y pequeños deslizamientos superficiales, así como caída de bloques de los niveles calizos, por diaclasado y erosión diferencial. La capacidad portante es muy variable, de

media a buena en los tramos con predominio de materiales lutíticos, areniscosos y carbonatados; es baja en aquellos otros margosos, arcillosos y carbonosos. Lutitas y margas son ripables, así como los 2-3 m superficiales de areniscas. Las calizas no son ripables. No se consideran canterables, pero los productos de excavación pueden ser empleados como rellenos, a excepción de arcillas, margas y niveles carbonosos.

Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos 223a y 230c.

- Grupo geotécnico G20

Materiales lutítico-arcillosos, con arcillas margosas, en ocasiones yesíferas, margas yesíferas y yesos. Frecuentemente se hallan recubiertos de un suelo arcilloso de origen coluvio-eluvial. Son materiales plásticos.

Impermeables, con drenaje superficial y profundo deficiente, y posibilidad de encharcamientos temporales. Problemas de agresividad de las aguas. En las laderas suelen observarse fluencias lentas, y ocasionales deslizamientos superficiales. Se adoptarán pendientes de 30º-45º en taludes medios, incluso más verticalizados cuando la trabazón de yesos sea suficiente, debiéndose cuidar en extremo el drenaje superficial, y evitar erosiones. La capacidad portante es baja, en especial en zonas de drenaje deficiente, con posibilidad de asientos diferenciales bruscos y hundimientos. Posible presencia de arcillas expansivas. Excavable con mayor o menor dificultad.

Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico 213.

3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 3

Los mayores problemas surgirán donde afloran los grupos 230a, 230b, 213 y 200, que constituyen áreas con unas desfavorables condiciones constructivas.

Los grupos 230a y 200 presentan algunos deslizamientos en las limolitas y areniscas que los constituyen, así como de los suelos que yacen sobre ellos. Estos deslizamientos son más frecuentes cuando la pendiente topográfica coincide con la pendiente estructural. Los problemas pueden ser considerables para trazados en túnel. Los taludes de excavación, debido a su alta labilidad e inestabilidad, no permiten inclinaciones superiores a 30º. En áreas deprimidas pueden presentarse problemas de drenaje, con lo que su capacidad portante queda notablemente reducida.

El grupo 230b presenta numerosos problemas, en gran parte derivados de la escasa cohesión que presentan estos materiales. Las laderas muestran numerosos deslizamientos fósiles de gran envergadura, donde es frecuente la presencia de niveles freáticos colgados, y fuertes erosiones. Es frecuente la degradación de taludes y aterramiento de las cunetas. Por otro lado pueden producirse encharcamientos en algunas zonas deprimidas.

La Facies Keuper, correspondiente al grupo 213, presenta problemas relacionados con el drenaje, la agresividad de las aguas, la estabilidad de laderas y taludes, y la capacidad de carga. El drenaje, tanto superficial como profundo, es muy deficiente, con posibilidad de encharcamientos temporales. Debido a la fácil disolución de los yesos, las aguas que discurren sobre ellos se cargan de iones sulfatos, con lo cual su poder corrosivo frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios se eleva considerablemente. En las laderas suelen observarse fluencias lentas y ocasionales deslizamientos superficiales. La capacidad portante es baja, en especial en zonas de drenaje deficiente, con posibilidad de asientos diferenciales bruscos y hundimientos, debido a la presencia de yesos, y problemas relacionados con la posible presencia de arcillas expansivas.

Los materiales de los grupos 232c, 223a, 223b y 221 pueden presentar problemas al desprenderse bloques calcáreos por socavación de los niveles de margas, o en áreas intensamente fracturadas.

En los grupos 230c y 232b, el problema se presenta al alterarse las margas en superficie, que al empaparse pueden producir deslizamientos en los taludes.

En cuanto a los aluviales y recubrimientos coluvio-eluviales, el mayor problema que presentan es el encharcamiento de algunos aluviales arcillosos, con capacidad portante baja. La mayor dificultad en los coluviales proviene de su falta de cementación, que no permite pendientes fuertes en los taludes de excavación, así como de ciertas áreas donde, al estar empapados, tienden a deslizar. Cuando se encuentran colgados en las laderas, son de capacidad portante baja a muy baja.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS

Los principales problemas topográficos existentes se localizan fundamentalmente en las Zonas 1 y 3, donde constituyen obstáculos para un fácil trazado de las vías de comunicación; así como en el acceso desde las Zonas 1 y 2, ocupadas por los materiales terciarios de la Cuenca del Duero, a la Zona 3, formada por los relieves mesozoicos de la Cordillera Vasco-Cantábrica. En este sector, que constituye una barrera topográfica, los trazados de las carreteras, en la mayoría de los casos, recorren los pasillos de intercomunicación trazados por los grandes valles.

En la Zona 1, los principales valles se presentan muy encajados y dispuestos según una orientación N-S. Así pues, las carreteras que se tracen con una orientación E-O tendrán la necesidad de ascender desde el fondo de los valles a las plataformas de los páramos y volver a descender sucesivamente. Las diferencias altimétricas no son importantes (unos 120 m), pero las pendientes de las cuestas sí lo son. El ascenso a los páramos es facilitado por los valles transversales creados por los arroyos afluentes de los cauces fluviales más importantes.

La Zona 3 del Tramo se caracteriza por presentar un relieve accidentado, con áreas de morfología montañosa, y una serie de elevaciones amesetadas o Loras que representan las mayores altitudes del Tramo; con pendientes topográficas superiores al 30 por ciento, que dificultan los trazados actuales y van a constituir una dificultad apreciable en los futuros trazados.

En la Zona 2 del Tramo, los relieves alomados, con desniveles poco importantes, van a generar escasos problemas en el trazado de una obra lineal.

4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS HIDROLÓGICOS

Los problemas que puede crear el agua en el terreno son importantes y varían en cada caso según la zona de que se trate.

En la Zona 1, los problemas de orden hidrológico podrán surgir como consecuencia de una mala escorrentía superficial, y, muy especialmente, a causa de las aguas surgentes a media ladera, que inciden en la alteración y deformación de los materiales arcillosos y yesíferos miocenos, circunstancias que van a influir muy negativamente en su estabilidad natural y capacidad de carga.

En el caso de taludes importantes en que niveles calizos permeables queden colgados en la coronación de los mismos sobre un substrato margoso impermeable, pueden originarse problemas de estabilidad relacionados con la posible presencia de niveles freáticos colgados en el contacto entre ambos.

En la Zona 2 el agua ejerce un efecto negativo como consecuencia de una mala escorrentía superficial, dada la morfología de este área, de escasa o nula pendiente, y la presencia de terrenos de baja permeabilidad, lo que origina problemas de asentamiento en las carreteras.

También se originan problemas por la existencia de niveles freáticos, presentes tanto en horizontes permeables intercalados en serie miocena, como situados sobre la misma en materiales de edad cuaternaria; unos, próximos a la superficie, y otros, cautivos y colgados en las laderas, aflorando en numerosas surgencias.

La existencia de niveles freáticos en cotas muy próximas a la superficie puede llegar a interferir sobre la plataforma de la carretera, afectando a la capacidad de carga y favoreciendo asientos diferenciales. La existencia de niveles freáticos colgados puede dar lugar a problemas de inestabilidad en las laderas y en los taludes de excavación.

Un drenaje efectivo de las aguas de escorrentía y, muy especialmente, de las existentes en freáticos libres cercanos a la carretera, es condición esencial para obtener una capacidad soporte media aceptable.

En la Zona 3 se pueden originar problemas de estabilidad relacionados con la posible presencia de niveles freáticos colgados en las laderas, así como la existencia de áreas con mala escorrentía superficial, con posibilidad de encharcamientos temporales.

Tanto en la Zona 1 como en la Zona 3, el agua que discurre sobre las formaciones yesíferas tiende a disolver los niveles de yeso, cargándose de iones sulfato, con lo cual su poder corrosivo frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios es muy elevado. Por otra parte, la fácil disolución de los yesos puede provocar la aparición de oquedades en profundidad, que al ser sometidas a cargas externas pueden colapsar de forma súbita.

En el caso de los depósitos aluviales, la existencia de un nivel freático a escasa profundidad, influye sobre cualquier tipo de realización a efectuar en la zona.

4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS LITOLÓGICOS

En lo concerniente a problemas debidos a la litología, en general, la gran preponderancia de margas y arcillas en toda la serie miocena y cuaternaria de las Zonas 1 y 2, debe considerarse como una característica negativa, debido a su fácil alteración, erosión y deformación, tanto por las aguas de escorrentía superficial como por las que constituyen los freáticos, condicionando la aparición de abundantes fenómenos de inestabilidad.

Hay que destacar la incidencia negativa que representa la existencia de materiales yesíferos, estratificados o dispersos en las margas miocenas que constituyen gran parte de la Zona 1, y en los materiales del Keuper aflorantes en la Zona 3. La fácil disolución de los yesos condiciona la aparición de inestabilidades y favorece la presencia de aguas selenitosas.

En la Zona 3, algunos grupos litológicos están constituidos por materiales susceptibles de crear problemas por sus bajas características geomecánicas. Este es el caso de los materiales margo-arcillosos, margo-yesíferos y yesíferos de las Facies Keuper (grupo 213), los niveles arcillosos de las Facies Purbek y Weald (grupos 230a y 200), y las arenas no cohesivas de la Facies Utrillas (grupo 230b), así como algunas arcillas del recubrimiento coluvial o coluvio-eluvial, inmersas en problemáticas de deslizamiento gravitacional.

La heterogeneidad litológica que puede aparecer en un depósito aluvial, junto con la presencia de niveles freáticos altos, puede ocasionar una serie de problemas mecánicos al ser sometido a cargas.

4.4. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS

Los problemas geomorfológicos más importantes que afectan al Tramo de estudio y que pueden incidir en los trazados actuales y futuros de vías de comunicación, se dividen en dos grandes grupos: Problemas de la dinámica de las vertientes y problemas hidrodinámicos.

Los problemas concernientes a la dinámica de las vertientes vendrán caracterizados por los procesos geomorfológicos (tales como deslizamientos, corrimientos, desprendimientos y erosiones) que tengan lugar, y están íntimamente relacionados con la litología, disposición estructural, hidrogeología y climatología de la zona estudiada.

Las áreas afectadas por deslizamientos de ladera son abundantes en las Zonas 1 y 3. En la Zona 1, la inestabilidad de las vertientes adquiere gran significación por el amplio desarrollo de este tipo de fenómenos a lo largo de todas las cuestas que enlazan los páramos con el fondo de los valles.

Los deslizamientos de mayores dimensiones son de tipo circular y relativamente profundos, y aunque la mayoría son actualmente fósiles, pueden ser reactivados fácilmente. Existe otro tipo de deslizamiento más superficial, el corrimiento, que afecta principalmente al recubrimiento coluvio-eluvial de las laderas y al substrato más alterado. Estos corrimientos son generalmente de menor envergadura y en numerosas ocasiones se muestran activos o latentes.

Por otro lado existe el problema de los desprendimientos de rocas, debidos a la combinación de los efectos de fracturación del macizo y de erosión diferencial, que son especialmente importantes en los escarpes más abruptos de la Zona 3.

Los problemas de erosión son importantes en todo el Tramo, existiendo amplias áreas de laderas con profundo desarrollo de cárcavas.

Los problemas hidrodinámicos están relacionados con el riesgo de grandes avenidas en los cursos fluviales del Tramo, principalmente aquellos no regulados por embalses en su cabecera, así como las erosiones por socavación de sus márgenes activas.

4.5. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

Los problemas de tipo geotécnico tendrán lugar en los taludes artificiales por inestabilidad gravitacional de los mismos, y en el substrato de apoyo por falta de capacidad de carga y por los asientos diferenciales del mismo.

Problemas relacionados con la inestabilidad de taludes

La inestabilidad de los taludes vendrá condicionada por la concurrencia de factores tales como:

- Áreas inestables en laderas

  Son áreas de inestabilidad activa, latente y fósil, que se originan en gran parte de los grupos litológicos de edad miocena, especialmente en los que conforman las cuestas que unen los fondos de valle con los páramos (grupos 321c, 321e y 321h), y formaciones mesozoicas en Facies Keuper, Utrillas, margas cretácicas y formaciones arcillosas del Purbek y Weald (grupos 213, 230b, 232b, 200 y 230a), donde se manifiestan problemas de fluencia y deslizamientos circulares profundos.

Se habrá de evitar estas zonas mediante soluciones alternativas y no agravar el problema.

- Desprendimientos y deslizamientos en taludes

  Las características estructurales y de alteración de las rocas del Tramo van a incidir de forma negativa en la excavación de taludes, túneles o apoyos en laderas con pendientes acusadas. En formaciones rocosas duras y compactas de considerable potencia (calizas, dolomías, areniscas y conglomerados) los problemas de inestabilidad en taludes estarán ligados al grado de fracturación y alteración.

  En formaciones donde alternen capas competentes (calizas o areniscas) e incompetentes (margas o arcillas), las inestabilidades estarán motivadas esencialmente por alteración y erosión diferencial.

  En todos estos casos se impondrá siempre la necesidad de estudios detallados de las estructuras locales para evitar desprendimientos y corrimientos.

- Erosiones y acarcavamientos

  Existen amplias áreas de laderas con profundo desarrollo de cárcavas así como socavaciones por erosión de las márgenes activas de los cursos fluviales.

- Presencia de aguas freáticas

  La existencia de horizontes freáticos colgados incide en la alteración y deformación de los materiales margosos, arcillosos y yesíferos, circunstancias que van a influir muy negativamente en su estabilidad natural.

- Drenaje

  La ausencia de captación y drenaje de las aguas que llegan al talud a través del terreno, o de las que pudieran afectarle por escorrentía superficial, pueden ser causa de inestabilidad en los taludes.

Todas estas circunstancias pueden concurrir reunidas o aisladas, en parte importante de los taludes artificiales que se excaven en el Tramo. El grado de incidencia o su importancia a nivel constructivo dependerá, sin duda, de las dimensiones del talud. No obstante, para taludes de alturas medias, los problemas serán en general de carácter moderado.

Problemas relacionados con la capacidad de carga

Los problemas de capacidad de carga y de asientos diferenciales podrán surgir por las siguientes circunstancias:

- Suelos flojos o poco consolidados

  Los materiales cuaternarios son en general muy flojos. Ocupan la mayor parte de los valles y el pie de las laderas. La capacidad portante es media a baja, e incluso muy baja en algunas zonas con mal drenaje. En general van a soportar terraplenes, y plantean problemas de rotura o asientos, generalmente diferidos.

  Su reducida potencia, en la mayor parte de los casos, hará que los problemas geotécnicos que puedan plantearse en estas áreas, en relación a solicitudes de carga, se resuelvan remitiendo la cimentación al substrato rocoso que recubren.

  Necesitan una prospección muy detallada para determinar su naturaleza, potencia y resistencia al corte.

- Áreas inestables en laderas

  Problemática ya descrita anteriormente.

- Cambios litológicos bruscos en el substrato de apoyo

  Este problema es general en las formaciones cuaternarias y terciarias del Tramo. Puede ocasionar una serie de problemas mecánicos al ser sometidas a cargas similares.

- Zonas kársticas

  En los terrenos calcáreos, y en la formación yesífera del Keuper y los terrenos relacionados en profundidad con ella, existe la posibilidad de colapsos gravitacionales en relación con cavidades de disolución kárstica, al incidir sobre ellas cargas externas. Se puede dar en los niveles de calizas de los páramos (grupo 320), aunque sus dimensiones siempre serán muy reducidas.

  En principio se deben evitar, principalmente aquellas activas, y más aún en los yesos.

  Necesitan una prospección específica mediante fotointerpretación, geofísica y sondeos regularmente espaciados.

- Presencia de aguas freáticas

  La existencia de niveles freáticos en cotas muy próximas a la superficie, sobre materiales margosos o arcillosos, pueden llegar a interferir sobre la plataforma de la carretera, afectando a la capacidad de carga y favoreciendo asientos diferenciales.

  Formaciones de Facies Utrillas, Weald y Purbek presentan una capacidad de carga deficiente relacionada con la variabilidad litológica y la presencia de niveles saturados.

- Drenaje

  El agua ejerce un efecto negativo como consecuencia de una mala escorrentía superficial en áreas de escasa o nula pendiente y terrenos de baja permeabilidad lo que origina problemas de asentamiento en las carreteras.

- Tectonicidad y alteración

  La capacidad de carga, que de forma generalizada se estima alta para terrenos mesozoicos, podrá sufrir disminuciones importantes como consecuencia de la alteración y tectonicidad de los materiales.

- Terrenos expansivos

  Principalmente arcillas expansivas, propias de los sedimentos terciarios que rellenan la Cuenca del Duero (grupo 300a) y de las facies Keuper (grupo 213).

  Los problemas surgirán por la redistribución de la humedad en la "zona activa" como consecuencia de la obra, la existencia de un gradiente de humedad en bordes de calzada, variaciones estacionales de la humedad, etc.

  Requerirá recomendaciones en cuanto al tratamiento y mejora de la explanada y firmes.

Todas estas circunstancias están presentes en las carreteras actuales y son causa del mal estado que se aprecia en algunas de ellas.

4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

En líneas generales, para las grandes obras viales, las líneas de penetración SE-NO podrán señalarse según corredores que vienen obligados por la morfología y características del terreno.

En los itinerarios SE-NO o próximos a esta dirección, las carreteras actuales aprovechan, con bastante frecuencia, los corredores naturales que representan los principales valles, cuya disposición es N-S en su conjunto. Así, el itinerario actual que une Burgos con Aguilar, utiliza en gran medida el valle del río Urbel. El valle del río Pisuerga es el otro corredor natural en itinerarios de dirección Burgos-Aguilar. En general, puede decirse que la gran mayoría de los ríos y grandes arroyos que surcan el Tramo constituyen buenos corredores en sus direcciones respectivas.

Del estudio de las características topográficas y geomorfológicas del Tramo se concluye que, en un itinerario SE-N0, el corredor que presenta mejores condiciones englobaría el trazado actual de la carretera N-120, hasta Villanueva de Argaño; a partir de aquí, y hasta Herrera de Pisuerga, la carretera C-627; y desde este punto hasta Aguilar de Campóo, la carretera N-611, que es el corredor natural del valle del río Pisuerga.

En las Zonas 1 y 3 del Tramo, los posibles corredores alternativos están muy mediatizados por la orografía, mientras que en la Zona 2 son posibles multitud de alternativas, dado que tanto la orografía como los condicionantes geológicos y geotécnicos nunca supondrán impedimentos de gran peso que hagan inviable o difícilmente viable cualquier opción que se estime interesante por la funcionalidad del trazado.

En el corredor SE-NO existe la necesidad de superar desde Burgos, al menos dos veces, las parameras que se hallan entre esta localidad y Villadiego. El trazado más suroccidental accede al Tramo por Pedrosa del Páramo, desde donde desciende hasta Villadiego.

Para lograr un itinerario algo más corto, cabrían otras alternativas al trazado actual por la carretera N-120, pero las dificultades topográficas son notables. Una posibilidad es situar la carretera algo más al Norte, partiendo de la actual carretera local BU-622, que enlaza Burgos y Aguilar siguiendo el valle del río Urbel. Cualquiera de los posibles trazados entre ésta y Villadiego, bien sea por Ros-Los Tremellos-Las Hormazas, o por La Nuez de Abajo-Tobar, supondría la necesidad de ascender desde el fondo de los valles a las plataformas de los páramos en dos o más ocasiones, además de implicar un recorrido más amplio por el páramo, en donde las condiciones meteorológicas siempre serán algo más duras y negativas para la carretera que las de los valles.

Los materiales sobre los que se asienta este corredor presentan como dificultades principales la afección a las margas miocenas de las Facies Cuestas (grupos 321c, 321e y 321h), que aparecen en las laderas de los páramos, y dan origen a deslizamientos frecuentes.

Un acceso alternativo entre Burgos y Villadiego correspondería al que, partiendo del actual trazado de la carretera N-627, entre Burgos y Aguilar, arranca en La Nuez de Arriba y, pasando por Coculina, conduce a Villadiego. El trazado ofrece menos dificultades orográficas, pero tiene un mayor desarrollo.

Desde la localidad de Villadiego, existen dos posibles corredores para un trazado SE-NO, que la comuniquen con Aguilar de Campóo. El primero es accediendo al valle del río Pisuerga, bordeando por el Sur el frente de la Cordillera, y a partir de aquí internándose en ella por el recorrido actual de la N-611. El otro es atravesando la Cordillera hasta el Valle de Valdelucio, y enlazando aquí con el trazado actual de la N-627.

La primera de estas implica adoptar el actual trazado de la carretera comarcal 627, hasta Herrera de Pisuerga, o también optar por otras dos posibilidades más al Norte, que acortarían el recorrido. Una de ellas sería la actual carretera que une Sotresgudo con Alar del Rey, que representa también una mayor complicación orográfica, y otra posibilidad intermedia, sin grandes dificultades, consistiría en enlazar esta carretera, a través del valle del arroyo del Cuérnago, con el valle del río Pisuerga, por San Quirce de Riopisuerga.

Como alternativa al actual corredor, cabe otra posibilidad, que sería comunicar Villadiego con Aguilar a través del Valle de Valdelucio, desde donde enlazaría con el itinerario actual representado por la carretera N-627. Comportaría un menor recorrido, pero a cambio habría de salvarse la dificultad orográfica situada entre Humada y Quintanas de Valdelucio. Este corredor abandonaría el Tramo en Humada.

Los corredores representados constituyen las áreas con menores problemas geotécnicos y de trazado. En resumen, se puede decir que tanto en la Zona 1 como en la Zona 3, son muy pocas las alternativas existentes para el emplazamiento de nuevos trazados fuera de los existentes, que a su vez no constituyen tampoco unos corredores idóneos, dada la difícil topografía a la que tienen que enfrentarse, la estrechez de algunos valles y las fuertes pendientes, que condicionan de forma notable los trazados. Tan sólo en la Zona 2 caben más posibilidades de modificación de los corredores actuales.

En la Figura 23 que se acompaña se han dibujado los corredores considerados en los párrafos anteriores.

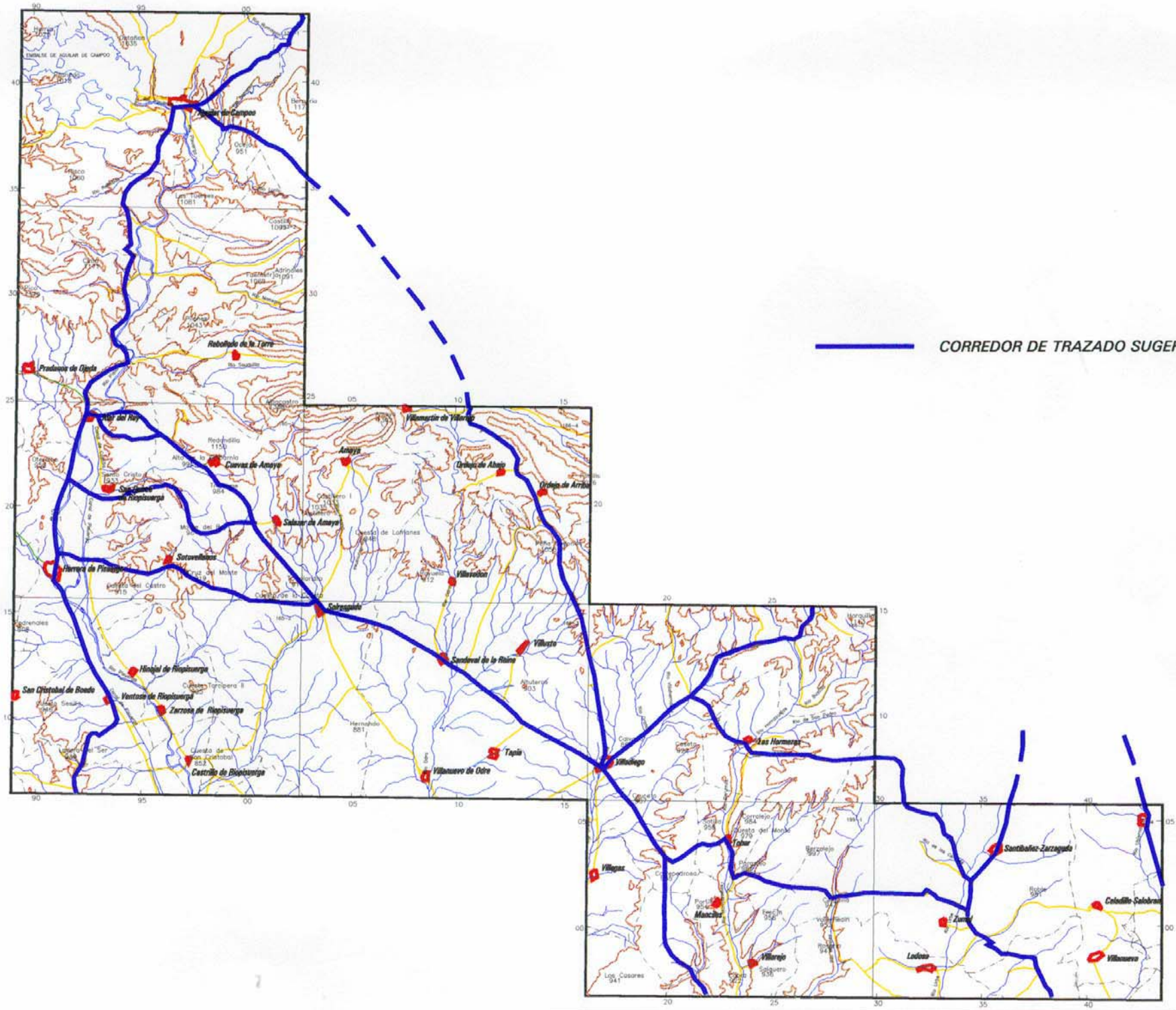


FIG. 23 ESQUEMA DE LOS CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS EN EL TRAMO

Escala 1:200.000

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente Estudio no incluye un análisis detallado de los yacimientos de materiales del Tramo, ya que dicho análisis desbordaría, por su metodología especial y amplitud, el alcance de los Estudios Previos de Terrenos.

No obstante, se presenta, de forma ordenada, la información recogida sobre yacimientos y se establece la localización de yacimientos y explotaciones de áridos. Estos datos no constituyen una recopilación sistemática y exhaustiva, aunque pueden ser útiles para futuros trabajos.

La información que se expone a continuación se refiere exclusivamente a yacimientos de materiales utilizables en obras de carreteras (canteras, graveras, y materiales de préstamo para terraplenes y pedraplenes).

La explotación de áridos es escasa en todo el Tramo, se hace más intensa en las inmediaciones de Aguilar de Campóo, y disminuye considerablemente en el área terciaria de la Cuenca del Duero.

Se han inventariado 63 yacimientos. De todos estos, tan sólo 8 se encuentran activos en la actualidad, estando el resto abandonados, o explotándose de una forma intermitente, para necesidades locales. El tipo medio de explotaciones es de dimensiones medias y reducidas.

5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

Los principales yacimientos rocosos en el ámbito de la zona de estudio corresponden a calizas y, ocasionalmente, dolomías, con carácter masivo o tableado. Dentro de la utilización general como áridos, se emplean las calizas para capas de rodadura, bases de carretera y áridos para hormigón y escollera.

Los yacimientos rocosos mesozoicos que pueden ser considerados explotables en el Tramo son los correspondientes a las calizas y dolomías del Lías (grupo 221), F. Purbeck (grupo 223b) y Cretácico Superior (grupo 232c). Esporádicamente se han explotado las intercalaciones calcáreas del Dogger (grupo 220). Las calizas cretácicas del grupo 232c son las más abundantes, con grandes reservas, y con buenas características para ser explotadas.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

Las canteras existentes tienen, en general dimensiones medias, buenos accesos, buenas características de explotabilidad, ya que suelen mostrar frentes naturales de explotación favorables, y su volumen de reservas es elevado, salvo las calizas triásicas.

La explotación en activo de mayor entidad se localiza en el término municipal de Villallano, y extrae las calizas de la Fase Purbeck para obtener áridos de machaqueo para diferentes usos y escollera. Las restantes canteras para aprovechamiento de calizas se encuentran inactivas, destacando por sus dimensiones la realizada para obtener piedra de escollera en el embalse de Aguilar.



FOTO Nº 59. Cantera de Villallano, donde se explotan las calizas del grupo 223b pertenecientes a la Facies Purbeck (Yacimiento YR-9).

Los análisis realizados por el entonces Instituto Geológico y Minero de España para el Mapa de Rocas Industriales (Hoja de Burgos) sobre materiales procedentes del yacimiento YR-2 (grupo 232c) han dado un peso específico aparente de 2,659 g/cm³, coeficiente de absorción 1,361, estabilidad media frente al SO4Mg 1,812, coeficiente de desgaste "Los Ángeles"(A) de 23,72 y adhesividad media al betún, en tanto por ciento de superficie cubierta, 99,40.

Por lo que respecta a los materiales terciarios, el único apto para su empleo en obras de carreteras es la Caliza de los Páramos (grupo 320). Sin embargo, la variabilidad en su composición, que pasa con facilidad de calizas más o menos puras, duras y compactas, a calizas margosas, y la reducida potencia y transformación lateral que sufren las capas calizas potentes, que pasan a alternancias con horizontes margosos, hacen poco viable una explotación a gran escala. En general, las canteras abandonadas existentes, de muy reducidas dimensiones, han aprovechado el nivel superior del páramo, más homogéneo, que representa los 2 a 4 m más superficiales, y donde suele existir un horizonte superior de naturaleza eluvial. Se trata de pequeñas explotaciones inactivas o intermitentes que obtienen bloques de caliza para su uso como material de construcción y áridos de machaqueo.

En la Figura 24 se encuentran situados los yacimientos rocosos del Tramo estudiado, y en el Cuadro nº 5 se especifican las características y la importancia de cada uno.

5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

Las arenas y gravas silíceas de la Fase Utrillas se explotan intensamente en la zona, donde se localizan numerosas explotaciones activas que disponen de una planta de tratamiento, donde se efectúa el lavado y clasificación de los materiales, con aprovechamiento para material de construcción y distribución local. La más grande es la cantera de Quintanilla de las Torres (YG-40). Los accesos no presentan ninguna dificultad, la explotabilidad es buena y las reservas medianas.

En el Tramo existen diversas explotaciones de materiales granulares, tanto activas como abandonadas, que han utilizado materiales integrantes de las formaciones miocena, plio-cuaternaria y cuaternaria. La formación detrítica constituyente del grupo 300a (Facies Tierra de Campos y Grijalba-Villadiego, principalmente), ha sido objeto de numerosas extracciones de arenas finas, así como de las arenas y gravas de los paleocauces intercalados en la serie (grupo 321a). Estos últimos materiales tienen utilidad como fuente de áridos, pero con una importancia muy limitada, dada su escasa potencia y reducida continuidad lateral, y el hecho de encontrarse en algunos puntos parcialmente cementados. Existen aprovechamientos locales reducidos, generalmente de actividad intermitente.

En general, son yacimientos que reúnen un volumen de reservas muy elevado, buena explotabilidad y dificultades en los accesos, especialmente en época de lluvias.

En cuanto a los depósitos plio-cuaternarios, su interés está limitado a puntos muy concretos, debido a que en numerosas ocasiones se encuentran en zonas de difícil acceso, o presentan potencias muy reducidas.



LEYENDA

YR	*YACIMIENTO DE ROCA*
YG	*YACIMIENTO GRANULAR*
	YACIMIENTO EN EXPLOTACION SIN ENSAYOS
	YACIMIENTO EN EXPLOTACION CON ENSAYOS
	YACIMIENTO ABIERTO E INACTIVO SIN ENSAYOS
	YACIMIENTO ABIERTO E INACTIVO CON ENSAYOS

FIG. 24 ESQUEMA DE SITUACION DE YACIMIENTOS ROCOSOS Y GRANULARES.

Escala 1:200.000

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO Nº 5. RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGI-CO	MATERIAL	ACCESOS
YR-1	Inactivo Sin interés	199-1	320	Caliza	Próximo a Pedrosa del Páramo, hay caminos de acceso
YR-2*	Inactivo Con interés	166-4	232c	Caliza	Próximo al P.K. 18 de la carretera local de Sotresgudo a Amaya
YR-3*	Inactivo Con interés	166-4	232c	Caliza	Próximo a la carretera local entre Ordejón de Arriba y Rioparaiso
YR-4	Inactivo Interés reducido	166-4	223b	Caliza	En la carretera de Barrios de Villadiego a Ordejón de Arriba
YR-5*	Inactivo Con interés	133-2	221	Caliza	En la carretera local de Villela a Rebolledo de la Torre
YR-6	Inactivo Sin interés	133-2	Q	Travertinos	Por un camino que parte del P.K. 91 de la carretera N-611
YR-7*	Inactivo Con interés	133-2	221	Caliza	En la carretera local de Puebla de San Vicente a Becerril de Carpio
YR-8*	Activo Gran interés	133-1	223b	Caliza	Por carretera desde Villallano, o desde el P.K. 3,4 de la carretera comarcal C-622
YR-9*	Inactivo Con interés	133-1	232c	Caliza	Por un camino que parte de la carretera local entre Valoria de Aguilar y Villaescusa de las Torres
YR-10*	Inactivo Con interés	133-1	223b	Caliza	En Valoria de Aguilar, por un camino próximo al P.K. 105 de la carre-tera N-611
YR-11	Inactivo Interés reducido	133-1	223b	Caliza	En el P.K. 2,9 de la carretera comarcal C-622. Próximo a la estación de Aguilar de Campóo

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO Nº 5. RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS (continuación)

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGI-CO	MATERIAL	ACCESOS
YR-12*	Inactivo Con interés	133-1	221	Caliza	En Camesa, P.K. 1,8 de la carretera comarcal C-622
YR-13*	Inactivo Con interés	133-1	223b	Caliza	Por un camino que parte del P.K. 110,25 de la carretera N-611
YR-14	Inactivo Sin interés	133-1	221	Caliza	Por un camino que parte del P.K. 110,25 de la carretera N-611
YR-15	Inactivo Interés reducido	133-1	221	Caliza	Próximo a Aguilar de Campóo, en el P.K. 108,75 de la carretera N-611
YR-16*	Inactivo Con interés	133-1	221	Caliza	Por un camino que parte del P.K. 0,6 de la carretera de Aguilar de Campóo a Néstar
YR-17	Inactivo Interés reducido	133-1	221	Caliza	Próximo a Aguilar de Campóo
YR-18*	Inactivo Con interés	133-1	223b	Caliza	Próximo a la presa del embalse de Aguilar
YR-19	Inactivo Interés reducido	133-1	220	Caliza	Próximo a Aguilar de Campóo, en la carretera de esta localidad a Foldada
YR-20	Inactivo Interés reducido	133-1	221	Caliza	Próximo a Aguilar de Campóo, al Sur de esta localidad
YR-21	Activo Sin interés	133-1	231a	Arenisca	Próximo a Quintanilla de las Torres
YR-22*	Inactivo Con interés	133-1	221	Caliza	Próximo a Foldada, en la carretera de esta localidad a Aguilar de Campóo

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



FOTO Nº 60. Explotación de áridos, actualmente inactiva, de los paleocanales conglomeráticos que constituyen el grupo 321a, en las cercanías de Cotovellanos (Yacimiento YG-18).

Los yacimientos más importantes de depósitos cuaternarios (aluviales, terrazas y glacis) se localizan en el valle del río Pisuerga y terrazas del río Odra, donde se obtienen áridos naturales provenientes de grava silícea englobada en una matriz limo-arenosa.

En el valle del río Pisuerga el mayor interés radica en las terrazas bajas y llanura aluvial, donde la potencia de estos materiales supera los 4-6 m, su extensión es grande, y muestran relativa homogeneidad. Actualmente existen una serie de explotaciones en actividad, de las cuales la más importante se localiza en las proximidades del P.K. 77,750 de la carretera N-611 (YG-17). Se trata de una actividad extractora y clasificadora establecida con carácter continuo y cuyo desarrollo está asociado principalmente a la mejora del trazado y firme de la carretera N-611.

Las terrazas del río Odra también constituyen importantes depósitos de áridos. En la actualidad se explotan estos materiales en las proximidades de Sandoval de la Reina (YG-8).

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



FOTO Nº 61. Explotación intermitente de áridos en las proximidades del P.K. 112+300 de la CN-611. Se extraen gravas silíceas de la "raña" (grupo 322).

También han sido aprovechados los aluviales y terrazas de los ríos Ubierna, Brullés y Ríofresno. Los aluviales del resto de los ríos del Tramo son eminentemente limo-arcillosos, y sus terrazas son de escasa potencia y reducida extensión.

Pequeños aluviales, coluviones y derrubios de ladera (arcillas, margas y cantos de calizas), de escaso desarrollo volumétrico, han constituido puntual y temporalmente buena materia prima para su utilización local como áridos, utilizando el todo-uno extraído como material de préstamo para la reparación de caminos vecinales y subbases de carreteras. Se trata de explotaciones pequeñas, todas ellas inactivas en la actualidad. La accesibilidad y explotabilidad son favorables en general.

Muy puntualmente se han extraído gravas de los glacis, con potencia métrica, composición cuarcítica, y matriz arenosa y arcillosa.

En la Figura 24 se encuentran situados los yacimientos granulares del Tramo estudiado, y en el Cuadro 6 se especifican las características y la importancia de cada uno.

CUADRO Nº 6. RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGI-CO	MATERIAL	ACCESOS
YG-1	Inactivo Sin interés	200-4	t	Gravas y arenas	Próximo al P.K. 11,7 de la CN-623
YG-2	Inactivo Sin interés	200-4	c	Gravas calcáreas	Próximo a la carretera local de Celadilla-Sotobrín a Las Rebolledas
YG-3	Inactivo Sin interés	200-4	c	Gravas calcáreas	Próximo a la localidad de Santibañez-Zarzaguda, por camino
YG-4	Inactivo Sin interés	200-4	c	Gravas calcáreas	Próximo a la localidad de Ros, por camino
YG-5	Inactivo Sin interés	200-4	c	Gravas calcáreas	Próximo al P.K. 17,1 de la CN-623
YG-6	Activo Con interés	166-2	231a	Arenas	Próximo a la localidad de Coculina, P.K. 82,7 de Coculina a La Nuez de Arriba
YG-7	Inactivo Sin interés	166-2	t	Gravas y arenas	En el P.K. 71 de la carretera local entre Villadiego y Arenillas de Villa-diego
YG-8*	Activo Con interés	166-3	T	Gravas y arenas	Próximo a la carretera local entre Sandoval de la Reina y Rioparaiso
YG-9	Intermitente Sin interés	166-3	t	Gravas y arenas	Próximo a la carretera local de Sotresgudo a Barrio de San Felices
YG-10	Intermitente Sin interés	166-3	t	Gravas y arenas	En el P.K. 46,5 de la carretera comarcal 627 entre Villadiego y San-doval de la Reina
YG-11	Intermitente Interés reducido	166-3	T	Gravas y arenas	En el P.K. 46,15 de la carretera comarcal 627 entre Villadiego y San-doval de la Reina

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO Nº 6. RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES (continuación)

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGI-CO	MATERIAL	ACCESOS
YG-12	Inactivo Sin interés	166-4	c	Gravas calcáreas	En el P.K. 18,1 de la carretera local de Sotresgudo a Amaya
YG-13	Inactivo Interés reducido	166-4	231a	Arenas	Por un camino que parte de la carretera local de Amaya a Villamartín de Villadiego
YG-14*	Inactivo Con interés	165-2	G	Gravas y arenas	En el P.K. 71,55 de la carretera N-611
YG-15*	Intermitente Con interés	165-2	D	Gravas y arenas	En el P.K. 13,6 de la carretera entre Olmos de Pisuerga y Ventosa de Pisuerga
YG-16*	Intermitente Con interés	165-2	A1	Gravas y arenas	Próximo a Hinojal de Riopisuerga, con camino de acceso
YG-17*	Intermitente Con interés	165-2	T	Gravas y arenas	Por un camino que parte del P.K. 77,75 de la carretera N-611
YG-18	Intermitente Interés reducido	165-2	321a	Gravas y arenas	Próximo a Cotovellanos, por un camino que parte del P.K. 62,8 de la carretera comarcal 627
YG-19	Inactivo Sin interés	165-1	c	Gravas calcáreas	Por un camino que parte de la pista entre Salazar de Amaya y Puen-tes de Amaya
YG-20	Inactivo Interés reducido	165-1	230b	Arenas	En el P.K. 7,2 entre Cuevas de Amaya y Sotresgudo
YG-21	Inactivo Interés reducido	165-1	230b	Arenas	En el P.K. 5,15 entre Alar del Rey y Cuevas de Amaya
YG-22	Intermitente Interés reducido	165-1	321a	Gravas y arenas	En la carretera local entre Alar del Rey y Barrio de San Vicente
YG-23	Inactivo Interés reducido	165-1	T	Gravas y arenas	En el P.K. 87,65 de la carretera N-611

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO Nº 6. RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES (continuación)

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGI-CO	MATERIAL	ACCESOS
YG-24	Inactivo Sin interés	133-2	c	Gravas calcáreas	Por un camino que parte de la localidad de Castrecias
YG-25*	Activo Con interés	133-2	230b	Arenas	Próximo a la localidad de Villacibio
YG-26*	Inactivo Con interés	133-2	T	Gravas y arenas	Próximo a la carretera entre Mave y Santa María de Mave
YG-27	Inactivo Interés reducido	133-2	231a	Gravas y arenas	Próximo a la carretera entre Puebla de San Vicente y Santa María de Mave
YG-28*	Activo Con interés	133-2	A	Gravas	Próximo al p.k.0,95 de la carretera entre Olleros de Pisuerga y Mave
YG-30*	Activo Con interés	133-2	230b	Arenas	Próximo a la localidad de Olleros de Pisuerga, en el P.K. 100,95 de la carretera N-611
YG-31	Intermitente Sin interés	133-2	c	Gravas calcáreas	Por un camino que parte de la carretera local entre Pozancos y Cas-trecias
YG-32*	Inactivo Con interés	133-1	230b	Arenas	En el P.K. 103 de la carretera N-611
YG-33*	Inactivo Con interés	133-1	c	Arenas y gravas	Por un camino que parte del P.K. 104,1 de la carretera N-611 y llega a Lomilla
YG-34*	Inactivo Con interés	133-1	231a	Arenas	Por un camino que parte del P.K. 104,1 de la carretera N-611 y llega a Lomilla
YG-35*	Inactivo Con interés	133-1	231a	Arenas	Próximo a Valoria de Aguilar, en el P.K. 104,7 de la carretera N-611
YG-36	Inactivo Interés reducido	133-1	c	Gravas calcáreas	Por un camino desde el P.K. 2,75 de la carretera comarcal C-622

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO Nº 6. RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES (continuación)

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGI-CO	MATERIAL	ACCESOS
YG-37*	Inactivo Con interés	133-1	230b	Arenas	Próximo al P.K. 5,75 de la carretera comarcal C-622. Villarén de Val-divia
YG-38*	Intermitente Con interés	133-1	230b	Arenas	Próximo a Villarén de Valdivia, por un camino desde esta localidad
YG-39*	Intermitente Con interés	133-1	230b	Arenas	Por un camino desde Porquera de los Infantes
YG-40*	Activo Gran interés	133-1	230b y c	Arenas	Entre el P.K. 14 y 15 de la carretera entre Quintanilla de las Torres y Cezura
YG-41*	Intermitente Gran interés	133-1	322	Gravas y arenas	Próximo al P.K. 112,6 de la carretera N-611
YG-42*	Intermitente Gran interés	133-1	322	Gravas y arenas	Por un camino desde el P.K. 112,6 de la carretera N-611

Los yacimientos reseñados con (*) se recomiendan estudiar con más detalle por su interés potencial.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



FOTO Nº 62. Planta de clasificación y machaqueo situada en el P.K. 77+750 de la carretera N-611, sobre una terraza fluvial del río Pisuerga explotada de forma intermitente (Yacimiento YG-17).

5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

Los mejores materiales para ser utilizados como préstamo existentes dentro del Tramo de estudio son los de edad cuaternaria y plio-cuaternaria (aluviales, terrazas, glacis y raña), principalmente de los valles del río Pisuerga y Odra. Los grupos litológicos A1, T, G y 322 constituyen las mejores áreas fuente, ya que presentan muy buenas características para estos fines. Los aluviales del resto de los ríos del Tramo son eminentemente limo-arcillosos, y sus terrazas son de escasa potencia y reducida extensión.

Las formaciones miocenas correspondiente a los grupos litológicos 300a y 321a, integradas por limos, arenas, arcillas, conglomerados y areniscas, se consideran adecuadas para su empleo en terraplenes, pues son ricas en carbonatos (10-20 % de calcita), que estabilizan a estos suelos. El resto de materiales mesozoicos y terciarios (arenas, margas, margocalizas y calizas) podrán ser empleados en terraplenes y pedraplenes con las limitaciones y medidas técnicas apropiadas.



FOTO Nº 63. Explotación de áridos en una terraza del río Odra próxima a la localidad de Sandoval de la Reina (Yacimiento YG-8). El nivel freático se localiza a 1,5 m de superficie.

Las formaciones arcillosas del Keuper, las Fases Purbeck y Weald, y las margas yesíferas terciarias no se consideran aptas para su empleo en terraplenes.

Los yacimientos rocosos mesozoicos correspondientes a las calizas y dolomías del Lías (grupo 221), Fase Purbeck (grupo 223b) y Cretácico Superior (grupo 232c), así como las intercalaciones calcáreas del Dogger (grupo 220) y las Calizas del Páramo (grupo 320) proporcionarán materiales aptos para su empleo en pedraplenes.

5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MÁS DETALLE

En los cuadros-resumen de yacimientos rocosos y granulares que se acompañan a continuación, se señalan con un asterisco los yacimientos que, por su importancia, pudieran ser objeto de un estudio más detallado.

Las superficies del páramo, en toda su extensión, se consideran yacimientos rocosos potenciales, que pudieran ser objeto de un estudio más detallado, así como las terrazas fluviales lo pueden ser de yacimientos granulares.

6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- AEROSERVICE LTD. (1967).- <<Mapa geológico de la Cuenca del Duero. Escala 1:250.000>>. Instituto Nacional de Colonización e Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

- I.G.M.E. (1970).- <<Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Hoja 20 (Burgos)>>.

- I.G.M.E. (1974).- <<Mapa Geotécnico General. Escala 1:200.000. Hoja 11 (Reinosa)>>.

- I.G.M.E. (1974).- <<Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja 4-11 (Santander-Reinosa)>>.

- I.G.M.E. (1975).- <<Mapa Geotécnico General. Escala 1:200.000. Hoja 20 (Burgos)>>.

- I.G.M.E. (1976).- <<Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja 20 (Burgos)>>.

- I.G.M.E. (1980).- <<Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Hoja 11 (Reinosa)>>.

- I.T.G.E. (En edición).- <<Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja y Memoria núm. 200 (Burgos)>>.

- I.T.G.E. (En edición).- <<Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja y Memoria núm. 199 (Sasamón)>>.

- I.T.G.E. (En edición).- <<Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja y Memoria núm. 166 (Villadiego)>>.

- I.T.G.E. (En edición).- <<Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja y Memoria núm. 165 (Herrera de Pisuerga)>>.

- I.T.G.E. (En edición).- <<Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja y Memoria núm. 133 (Prádanos de Ojeda)>>.

- I.T.G.E. (1988).- <<Atlas del Medio Físico de la Ciudad de Burgos y su Marco Provincial>>. Serie: Ingeniería Geoambiental.

- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (1987).- <<Notas para una Climatología de Burgos>>.

- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (1987).- <<Notas para una Climatología de Palencia>>.

- MABESOONE, J.M. (1961).- <<La sedimentación terciaria y cuaternaria de una parte de la Cuenca del Duero (Provincia de Palencia)>>. Estudios Geológicos, vol. 17, núm. 2, pp. 101-130, (Resumen tesis doctoral).

- M.O.P. (1973).- <<Estudio previo de terrenos. Enlace Burgos-Santander. Tramo: Montorio-Pedrosa>>.

- M.O.P.U. (1988).- <<Estudio previo de terrenos. Itinerario León-Burgos. Tramo: Osorno-Burgos>>.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO

(1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350

** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

* NEOGENO 2

2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense

1** MIOCENO
- Superior — Messinense; Tortoniense — Pontiense — Pantiense s.str.; Vallesense
- Medio — Serravallense; Langhiense — Helvetiense — Vindoboniense
- Inferior — Burdigaliense; Aquitaniense

* PALEOGENO 1

3** OLIGOCENO — Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense

2** EOCENO
- Superior — Priaboniense=Ludense=Bartonense
- Medio — Biarritzense; Luteciense
- Inferior — Cuisiense; Ilerdiense - Ypresiense, Sparnaciense

1** PALEOCENO — Thanetiense; Montiense; Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

* CRETÁCICO 3

2** SUPERIOR — Maestrinchtiense; Campaniense; Santoniense; Coniaciense (2); Turonense; Cenomanense — Senonense

1** INFERIOR — Albense; Aptense; Barremiense — Facies Urgoniense; Hauteriviense; Valagieniense; ? Berriasiense=Wealdense — Neocomiense (marino); Facies Wealdense (continental)

* JURÁSICO 2

3** MALM — Superior — Portlandiense=Tithonico; Kimmeridgiense; Oxfordiense

2** DOGGER — Medio — Calloviense; Bathoniense; Bajociense; Aaleniense

1** LIAS — Inferior — Toarciense; Pliensbachiense; Sinamuriense; Hettangiense

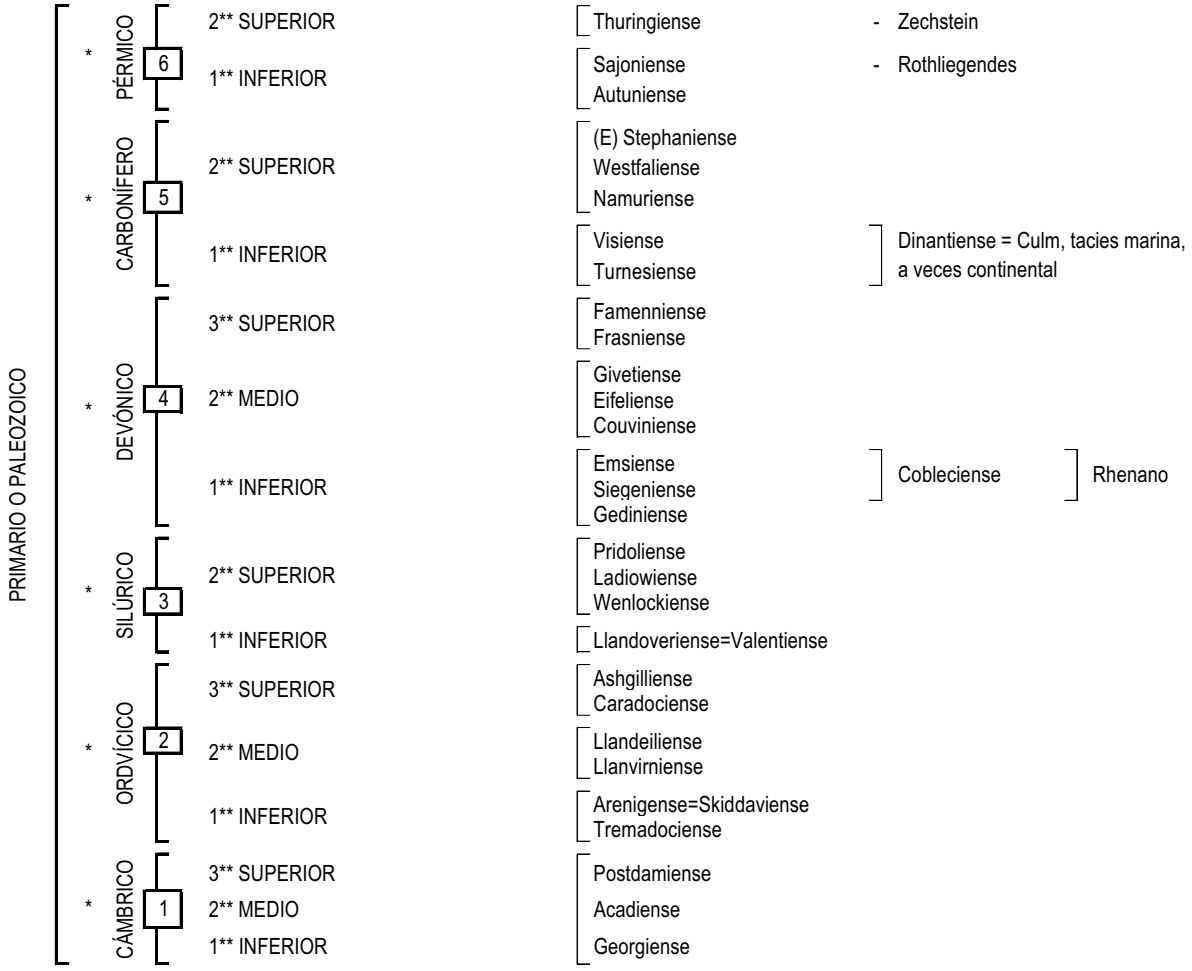
* TRIÁSICO 1

3** SUPERIOR — Retiense; Noriense; Carniense — Keuper

2** MEDIO — Ladiniense; Anisiense=Virglonense — Muschelkalk

1** INFERIOR — Werfeniense — Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, los conceptos más importantes utilizados en las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, a continuación se indican los criterios utilizados en la exposición de características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante, niveles freáticos, y otras.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los cuatro niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera excavable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con medios mecánicos normales.

b) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

c) Se consideran de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero sí lo serían utilizando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas, y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

d) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros medios violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2 a 3 kg/cm²) produce asientos tolerables de las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado exclusivamente en las observaciones y medidas de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos de estabilidad de los taludes, asignados a los distintos materiales del Tramo un carácter puramente estimativo, y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10).

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

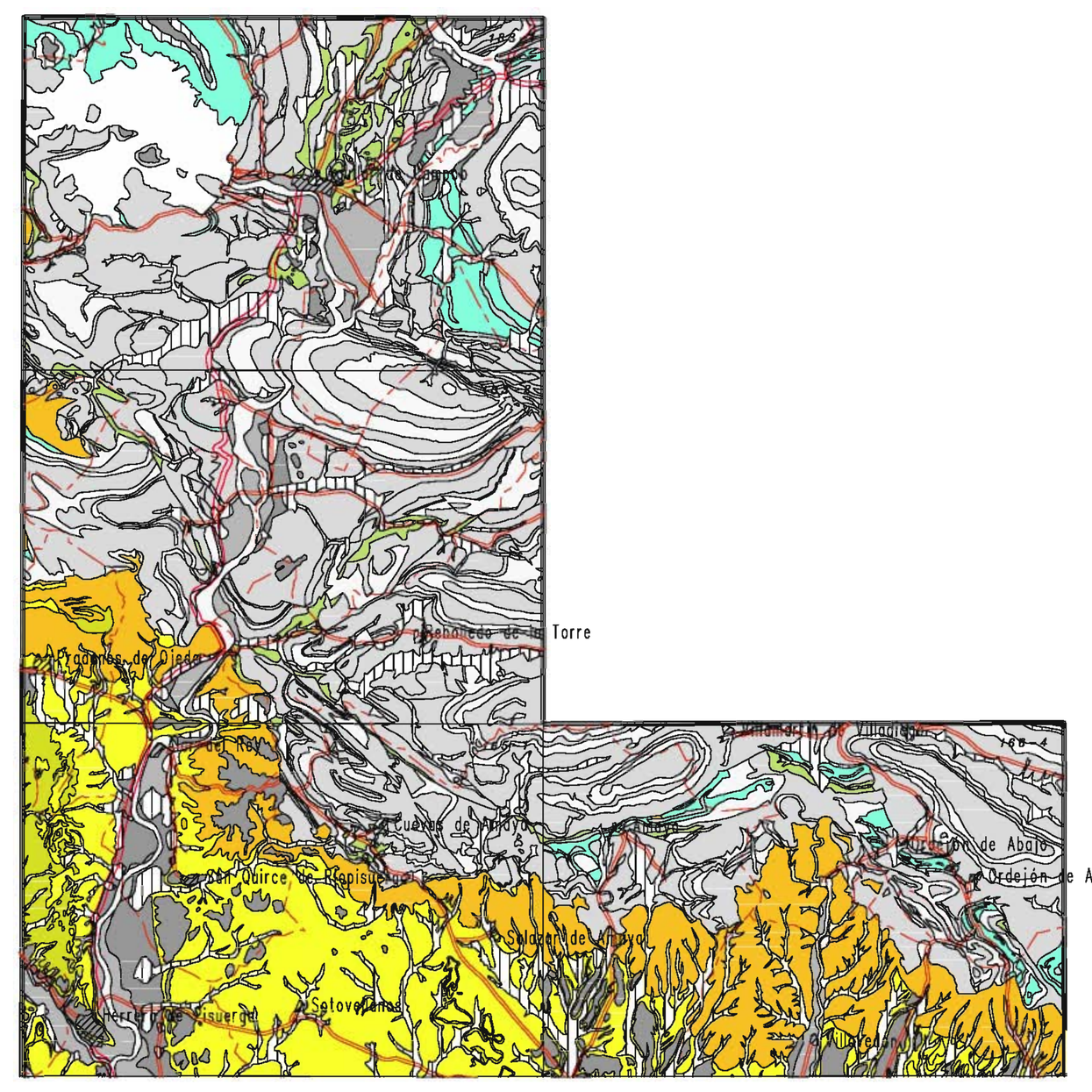
Drenaje

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

8. PLANOS

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)

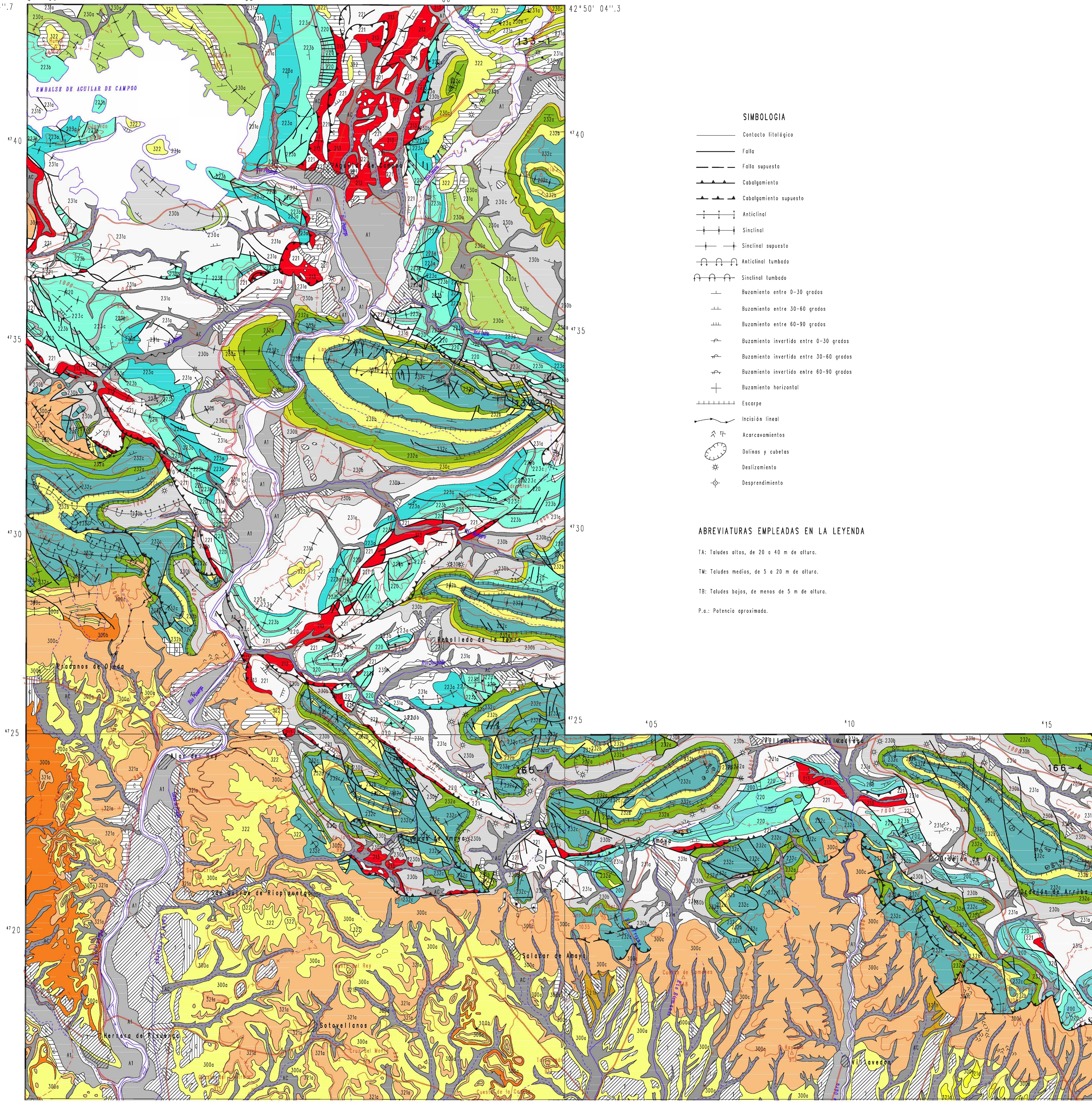


LEYENDA

- Grupo geotécnico G1. Aluviones actuales. Problemas de dinámica fluvial. Capacidad portante baja. Excavable.
- Grupo geotécnico G2. Terraza baja aluvial y llanura de inundación. Gravas, arenas y limos, flojos y cohesivos. Dreanaje natural desfavorable y problemas locales de socavación. Capacidad portante de media a baja. Posibles asientos diferenciales. Excavable.
- Grupo geotécnico G3. Terrazas, glacis y rañas. Materiales no cohesivos constituidos esencialmente por gravas y arenas. Formaciones permeables, sin problemas importantes en taludes naturales o de excavación. La capacidad portante es moderada y existe la posibilidad de asientos diferenciales. Excavable.
- Grupo geotécnico G4 y G5. Coluvio-aluviales, coluviales y conos de deyección. Suelos cohesivos flojos, de escasa potencia, constituidos por limos y arcillas generalmente arenosos, con gravas dispersas. Posible presencia de sulfatos. Permeabilidad baja y drenaje natural desfavorable. Capacidad de soporte baja a muy baja. Materiales inmersos, con alguna frecuencia, en procesos de inestabilidad. Excavable.
- Grupo geotécnico G7 y G8. Calizas margosas, margas y margas yesíferas. Areas con numerosos problemas, a veces acusados, de inestabilidad de laderas y de agresividad de las aguas de circulación superficial y freáticas. Materiales impermeables con niveles permeables, y surgencias frecuentes en las vertientes. Taludes de alturas medios con pendientes de 35 a 45 grados. Capacidad portante de moderada a baja. Ripable.
- Grupo geotécnico G10. Limos y arcillas, arenas y conglomerados. Muy poco permeable, con acuíferos multicapa, y drenaje superficial dificultoso. Surgencias frecuentes de aguas freáticas. Taludes de excavación de 45 grados. Problemas localizados de capacidad de carga y de asientos diferenciales por la interferencia de acuíferos cautivos o libres situados sobre horizontes de limos o arcillas. Excavable.
- Grupo geoténico G11. Conglomerados, arenas y arcillas. Permeabilidad moderada. Desmontes con pendientes de 45 a 80 grados. Capacidad portante de moderada a alta. No ripable a marginal.
- Grupo geoténico G12. Arcillas margosas y margocalizas, lutitas y areniscas. Materiales impermeables con horizontes freáticos en los niveles permeables. Inestabilidades en desmontes. TM: 45 grados. Capacidad portante moderada y posibles asientos diferenciales. Ripable.
- Grupo geotécnico G13 y G14. Calizas y margas. Formaciones margosas deleznables. Materiales poco permeables, y laderas con signos de inestabilidad. Taludes bajos de 50-55 grados. Variaciones importantes en la capacidad portante. Ripabilidad marginal.
- Grupo geotécnico G15. Calizas, calcarenitas y dolomías. Son rocas duras y compactas. Permeabilidad alta y drenaje bueno. Problemas locales relacionados con desprendimientos en los bordes escarpados de la formación, zonas muy karstificadas y áreas intensamente diaclasadas. Taludes subverticales. Capacidad portante alta o muy alta. No ripable.
- Grupo geotécnico G16 y G17. Areniscas, conglomerados y lutitas con débil cementación y recubrimientos coluviales inestables. Permeabilidad media-baja y drenaje deficiente. Numerosos problemas de inestabilidad en laderas. Taludes medios de 35-55 grados. Capacidad portante media. Ripable.
- Grupo geotécnico G18. Formaciones con predominio de términos lutítico-arcillosos, cohesivos y bastante plásticos. Permeabilidad muy baja, con mal drenaje superficial y encharcamientos en zonas deprimidas. Problemas de estabilidad en laderas. Taludes medios de 30 grados. Capacidad portante media-baja, con posibles asientos diferenciales. Excavable.
- Grupo geotécnico G19. Gran variabilidad litológica: calizas, margas, lutitas, areniscas y lutitas carbonosas. Permeabilidad muy variable, en general media-baja. Laderas estables. La pendiente de los taludes, la capacidad portante y la excavabilidad varían en función de la litología predominante.
- Grupo geotécnico G20. Lutitas, margas y yesos (Facies Keuper). Impermeable, drenaje deficiente y posibles encharcamientos temporales. Problemas de agresividad de las aguas. Signos de inestabilidad en laderas. Taludes medios de 30-45 grados. Capacidad portante baja, con posibilidad de asientos diferenciales bruscos y hundimientos. Excavable.

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)



SIMBOLOGIA

- Contacto litológico
- Falla
- Falla supuesta
- Cabalgamiento
- Cabalgamiento supuesto
- Anticlinal
- Sinclinal
- Sinclinal supuesto
- Anticlinal tumbado
- Sinclinal tumbado
- Buzamiento entre 0-30 grados
- Buzamiento entre 30-60 grados
- Buzamiento entre 60-90 grados
- Buzamiento invertido entre 0-30 grados
- Buzamiento invertido entre 30-60 grados
- Buzamiento invertido entre 60-90 grados
- Buzamiento horizontal
- Escarpe
- Incisión lineal
- Acarcavamientos
- Dolinas y cubetas
- Deslizamiento
- Desprendimiento

ABREVIATURAS EMPLEADAS EN LA LEYENDA

TA: Taludes altos, de 20 a 40 m de altura.

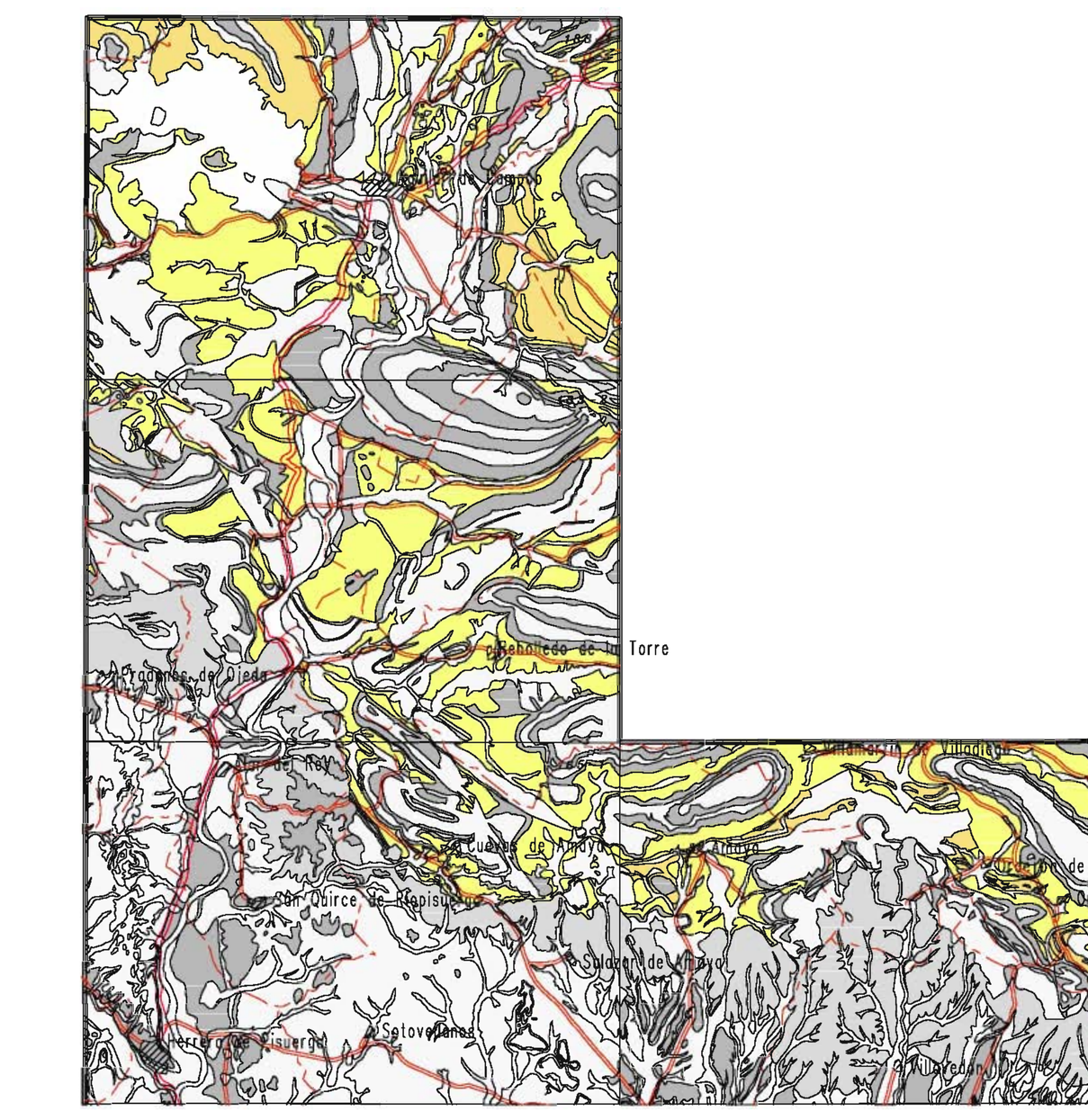
TM: Taludes medios, de 5 a 20 m de altura.

TB: Taludes bajos, de menos de 5 m de altura.

P.a.: Potencia aproximada.

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)

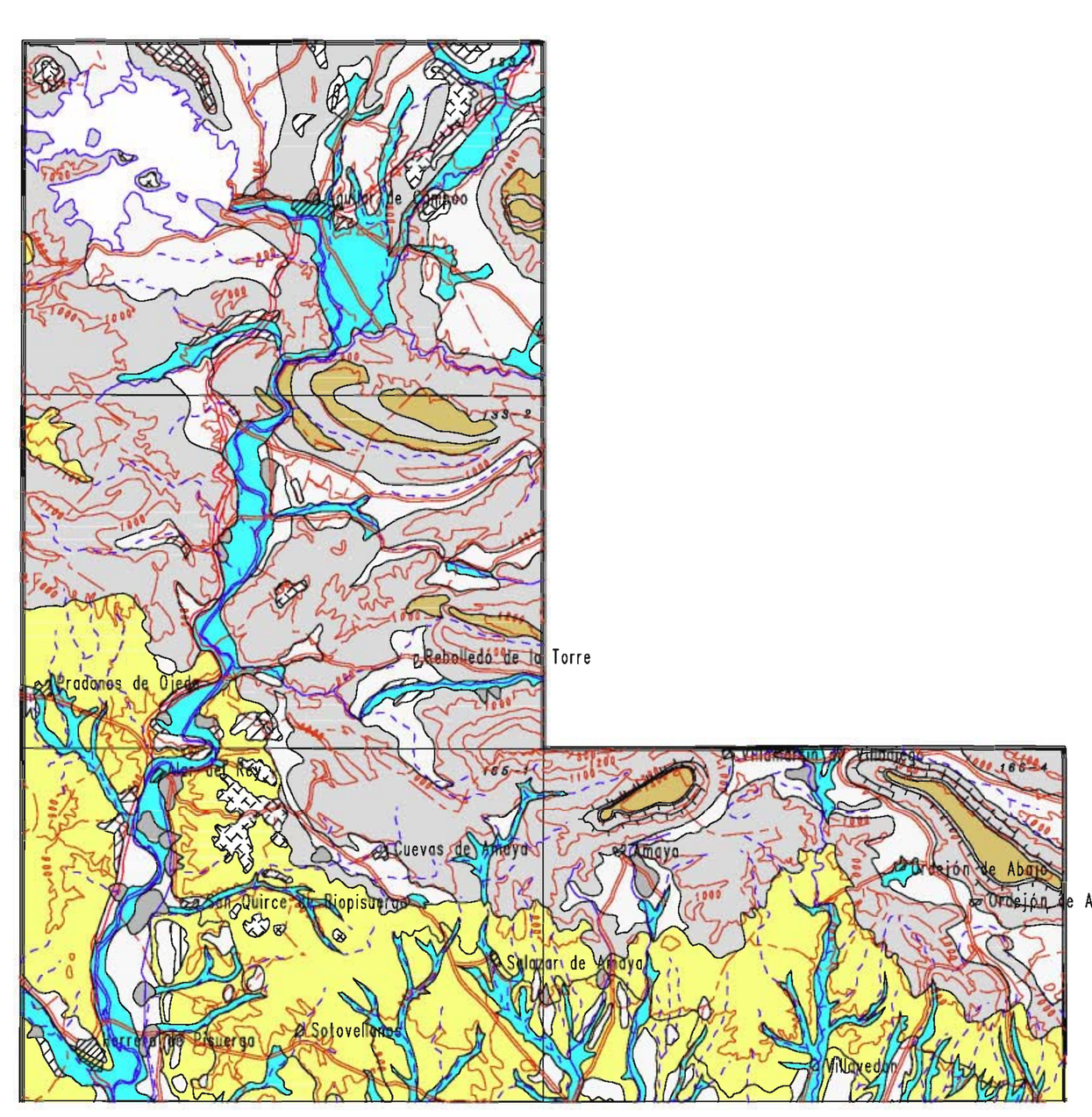


LEYENDA

- Suelos formados sobre la terraza baja aluvial y/o llanura de inundación. Limos y arcillas moderadamente firmes, sobre lechos dispersos de gravas y arenas. Bastante materia orgánica. Permeabilidad media-alta. Materiales poco cohesivos.
- Suelos formados sobre terrazas, glacis y rañas. Gravas poligénicas con matriz arenosa y limo-arenosa. En menor proporción, lechos de arenas y limos. Permeabilidad alta. Materiales poco cohesivos.
- Suelos formados sobre fondos de valle. Limos y arcillas arenosos, moderadamente firmes a blandos, con gravas y gravillas dispersas y alto contenido en materia orgánica. Permeabilidad baja. Materiales cohesivos.
- Suelos generados sobre materiales margosos, arcillosos y, ocasionalmente, yesíferos. Depósitos de ladera de naturaleza arcillosa, con posible presencia de yeso diseminado, alto contenido en carbonatos y abundantes fragmentos y bloques de roca caliza. Permeabilidad muy baja. Materiales cohesivos.
- Suelos formados por limos y arcillas arenosas, arenas y gravas. Materiales eluviales que recubren de forma parcial y somera el sustrato, procedentes de la alteración de estas formas detríticas. Alto contenido en carbonatos. Permeabilidad baja. Materiales cohesivos.
- Recubrimientos parciales y someros de suelos arcillosos, areno-limosos y gravas, formados por la alteración de litosuelos conglomeráticos. Permeabilidad baja. Materiales poco cohesivos.
- Suelos desarrollados en laderas, sobre materiales margosos, margocalizos y calizos. Arcillas limosas, normalmente consolidadas, y fragmentos de roca caliza dispersos. Permeabilidad muy baja. Materiales cohesivos, de consistencia blanda y de baja plasticidad.
- Suelos formados sobre areniscas y conglomerados. Son arenas algo limosas y gravillas dispersas. Densidad floja. Permeabilidad media. Materiales no cohesivos.
- Suelos formados por materiales lutíticos. Arcillas areno-limosas, normalmente consolidadas y de consistencia blanda. Permeabilidad muy baja. Materiales cohesivos.
- Arcillas limosas , normalmente consolidadas, de plasticidad baja y consistencia blanda, procedentes de la alteración superficial de los materiales del Keuper. Permeabilidad muy baja o nula. Materiales cohesivos.
- Litosuelos.

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

UNIDAD MORFOESTRUCTURAL DE LA ORLA MESOZOICA VASCO-CANTABRICA

- MESAS O LORAS. Superficies culminantes de las mesas o loras y replanos estructurales intermedios
- AREAS DE MORFOLOGIA ESCARPADA. Pendientes fuertes (35-75 grados)
- AREAS DE MORFOLOGIA SUAVE Y ALOMADA. Pendientes débiles (< 35 grados)

UNIDAD MORFOESTRUCTURAL DE LA CUENCA DEL DUERO

- CUESTAS. Pendientes medias (15-35 grados)
- CAMPIÑA. Formas alomadas con vertientes regularizadas y desnudas, y con formación de cárcavas

PRINCIPALES FORMAS CUATERNARIAS

Formas fluviales

- LLANURA ALUVIAL. Cauces actuales, llanura de inundación y/o terraza baja
- TERRAZAS FLUVIALES
- CONOS DE DEYECCION
- RIOS. Cursos fluviales continuos
- ARROYOS. Cursos fluviales estacionales o esporádicos

Formas poligénicas

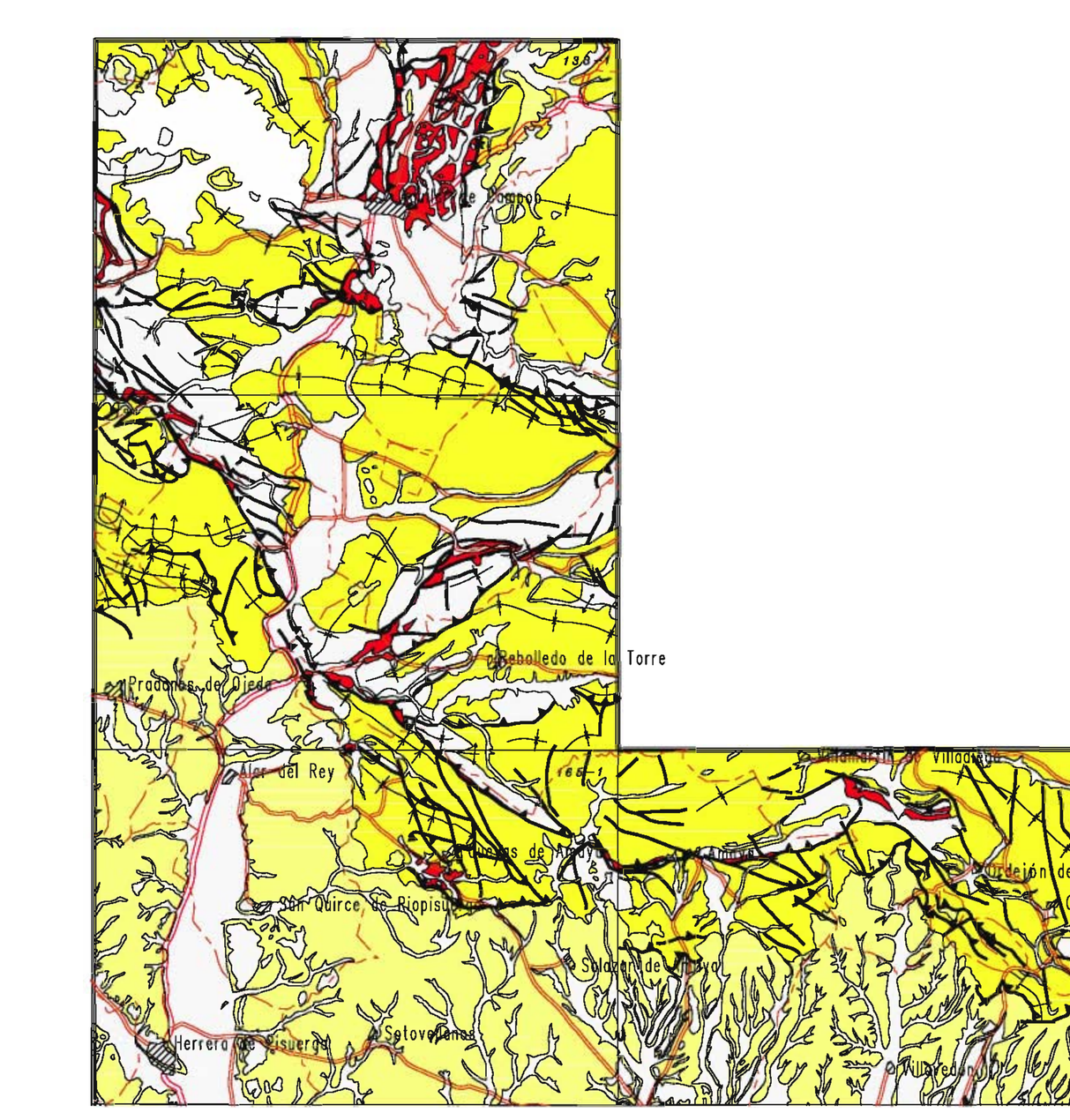
- ALUVIAL FININEOGENO. RAÑA
- GLACIS
- ESCARPES

Formas de ladera

- COLUVIONES

ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

- CUATERNARIO
- TERCIARIO
- CRETACICO
- JURASICO
- TRIASICO

SIMBOLOS

- Contacto litológico
- Falla
- Cabalgamiento
- Anticlinal
- Sinclinal
- Anticlinal tumbado
- Sinclinal tumbado

L E Y E N D A

FORMACIONES SUPERFICIALES

- **A** — ALUVIONES ACTUALES. Constituidos por gravas de naturaleza poligénica, dominando los materiales silíceos sobre los calcáreos, y por arenas, arenas limosas y limos. Permeabilidad media-alta, con niveles freáticos próximos a la superficie. Areas sujetas a los efectos de la dinámica fluvial. Capacidad de carga baja. Excavable. Parcialmente constituyen yacimientos granulares. (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 5 m).
- **A1** — TERRAZA BAJA ALUVIAL (Llanura de inundación). Constituida por limos más o menos arenosos, con gravas silíceas dispersas y lechos de gravas y arenas, esencialmente silíceas. Permeabilidad media-baja y mala escorrentía superficial, lo que puede plantear problemas de drenaje. La capacidad de carga puede oscilar de media a baja. Son previsibles asientos diferenciales. Excavable. Parcialmente constituyen yacimientos granulares. (Cuaternario. P.a.: 1 a 5 m).
- **AC** — ALUVIAL-COLUVIAL (Fondos de valle). Aluviales en fondos de arroyos y vaguadas constituidos por limos y arcillas arenosas, con gravas y gravillas dispersas en lechos discontinuos, de naturaleza silícea principalmente. Depósitos someros que recubren los fondos de arroyos y las vaguadas, dando lugar a recubrimientos aluviales y coluvio-aluviales. Baja permeabilidad y mala escorrentía superficial. Capacidad de carga baja. Excavable. Materiales, en general, no adecuados para su utilización como préstamos. (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 3 m).
- **T** — TERRAZAS FLUVIALES. Constituidos por gravas redondeadas poligénicas, principalmente de naturaleza silícea, y arenas, con una matriz limosa o limo-arcillosa. En menor proporción existen lechos de arena y limos más o menos arenosos. Permeabilidad alta. Pendientes naturales muy tendidas y estables. TB: 30-45 grados. Capacidad portante moderada, con posibilidad de que puedan darse asientos diferenciales. Excavable. Constituyen yacimientos granulares de interés. (Cuaternario. P.a.: 1 a 6 m).
- **D** — CONOS DE DEYECCION. Integrados por arcillas y limos, con arenas y gravas de naturaleza poligénica. Forman depósitos lenticulares de tipo abanico aluvial a la salida de pequeños arroyos o torrenteras. Permeabilidad media a baja. Taludes naturales muy tendidos y estables. TB: <45 grados. Capacidad portante moderada a baja. Excavable. (Cuaternario. P.a.: 1 a 6 m).
- **G** — GLACIS. Depósito tipo glacis-terraza y coluvio-glacis formados por gravas y gravillas principalmente silíceas, arenas, y una matriz de limos y arcillas, en proporción muy variable. Permeabilidad media a alta. Pendientes naturales muy tendidas y estables. TB: 30-45 grados. Capacidad portante moderada a baja y posibles asientos diferenciales. Excavable. Constituyen yacimientos granulares de interés. (Cuaternario. P.a.: 1 a 4 m).
- **C** — COLUVIAL. Constituidos por arcillas y abundantes fragmentos de rocas calizas; y en otros casos, por limos arenosos y arcillas con bastantes gravas silíceas. Instalados al pie de laderas, forman bandas alargadas paralelas a las mismas. Permeabilidad generalmente baja. Taludes naturales con frecuentes problemas de estabilidad. TB: 30-40 grados. Capacidad de carga baja. Excavable. (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 5 m).
- **Q** — TRAVERTINOS Y TOBAS de origen fluvial, y algunos niveles de limos blancos. Afloramientos muy localizados y de escasa representación areal. Permeabilidad alta. Laderas estables. TB: 75 grados. Capacidad portante moderada. Ripable. (Cuaternario. P.a.: 3-4 m).

FORMACIONES DETRITICAS

- **322** — Gravas silíceas y arenas y, ocasionalmente, arcillas. Afloran de forma irregular en pequeñas manchas dispuestas en superficies culminantes sobre diferentes yacentes (Rañas). Permeabilidad alta. Pendientes naturales muy tendidas y estables. TM: 30-45 grados. Capacidad portante moderada, con posibilidad de que puedan darse asientos diferenciales. Excavable. Constituyen yacimientos granulares de interés. (Plioceno. P.a.: 20-40 m).
- **321a** — Conglomerados y areniscas parcialmente cementados, de naturaleza poligénica, con dominio de materiales calcáreos, y algunos lechos de lutitas más o menos arenosas. Estratos horizontales. Permeabilidad alta. Taludes naturales estables. TM: 50 grados. Capacidad de carga moderada. Ripable en general. (Mioceno. P.a.: 40 m máximo).
- **311** — Conglomerados cuarcíticos, arcillas rojas y niveles arenosos cementados. Afloramientos discontinuos en estrechas bandas. Permeabilidad alta. TM: 45-75 grados, en función del grado de cementación. Capacidad de carga moderada. Ripable a no ripable. (Paleoceno. P.a.: 10-20 m).
- **300c** — Conglomerados calcáreos con escasa matriz y arcillas rojas, más frecuentes cuanto más al S, que pueden intercalar horizontes de nódulos carbonatados. Configuran abanicos aluviales adosados al borde mesozoico, de característico color rojo-anaranjado, con morfologías tabulares. Permeabilidad moderada. Acarcavamientos en laderas. TM: 45-80 grados, en función del grado de cementación. Capacidad portante moderada a alta. Ripable a no ripable. Localmente útil como fuente de áridos. (Oligoceno-Mioceno. P.a.: 50 a 76 m).
- **231a** — Areniscas con un grado de cementación variable y conglomerados cuarcíticos, de color pardo rojizo; poco compacto y ligeramente disgregable. Se intercalan niveles decimétricos a métricos de limos arcillosos y lutitas, cohesivos y de compacidad media, y niveles carbonosos. Plegamientos suaves y fracturación inapreciable. Permeabilidad baja. Laderas con problemas de estabilidad. TM: 45-55 grados. Capacidad de carga media-alta. Ripables en general, salvo niveles completamente cementados. Localmente útil como fuente de áridos y material de préstamo. (Cretácico inferior, Facies Weald. P.a.: Muy variable, comprendida entre los 5 y los 250 m).
- **230b** — Arenas y conglomerados silíceos con una intensa alteración caolinífera que les da una tonalidad blanquecina y hace que el grado de cementación sea bajo, y por tanto disgregables; limolitas y lutitas rojos y verdes cohesivas. Ocupan zonas deprimidas, fondos de valle y vaguadas, al ser fácilmente erosionables. Esta erosionabilidad hace que generalmente se encuentren recubiertos por un potente suelo arenoso de origen coluvio-eluvial. Plegamientos suaves y fracturación inapreciable. Permeabilidad media y escorrentía buena a deficiente. Laderas inestables. TM: 35 grados. Capacidad portante media. Excavable, salvo bancos de arenisca más cementados, ripables. Localmente útil como fuente de áridos y material de préstamo. (Albiense-Cenomaniense, Facies Utrillas. P.a.: 100-300 m).
- **223c** — Conglomerados poligénicos de color ocre rojizo o anaranjado con niveles arenosos, en bancos de 0,5 a 2 m, junto con lutitas, en potencias métricas a decamétricas, y niveles calcáreos. Fuerte plegamiento con buzamientos variables y intensa fracturación. Permeabilidad media-alta. Laderas estables. TB: 80 grados. Capacidad de carga media-alta. No ripable. (Malm. P.a.: 8-15 m, máximo 50 m).

FORMACIONES DETRITICO-ARCILLOSAS

- **300a** — Limos y arcillas arenosos de tonos rojizos y ocres, con arenas y areniscas silíceas, y algunos horizontes de conglomerados silíceos. La alterabilidad de estos materiales hace que frecuentemente se hallen recubiertos por un potente suelo limo-arenoso de origen coluvio-eluvial. Estratos horizontales y cambios laterales de facies rápidos. Materiales poco permeables o impermeables que intercalan niveles permeables. Presencia constante de freáticos colgados y escorrentía superficial deficiente, con tendencia al endorreismo. TM: 45 grados. Problemas muy localizados de estabilidad de laderas. Capacidad portante media, con posibilidad de asientos diferenciales. Excavable en general. Materiales útiles como préstamo. (Mioceno. P.a.: 8 a 45 m).
- **230a** — Alternancias, en niveles métricos a decamétricos, de lutitas rojas y verdes, plásticas, y areniscas con diversos grados de cementación, disgregables, a las que se asocian intercalaciones carbonosas. Plegamientos suaves y fracturación escasa. Permeabilidad baja y mala escorrentía superficial. Laderas con problemas de estabilidad y erosionabilidad. TM: <30 grados. Capacidad de carga media y posibles asientos diferenciales. Excavable con niveles ripables. (Cretácico inferior, Facies Weald. P.a.: 50 a 800 m).
- **200** — Arcillas rojas y versicolores, arenas rojas y niveles conglomeráticos poligénicos. Suele originar una depresión topográfica de frecuentes tonos rojizos. Plegamiento con buzamientos variables y fracturación escasa. Permeabilidad muy baja. Laderas con problemas de estabilidad. TM: 30 grados. Capacidad de carga media-baja y posibles asientos diferenciales. Excavable o ripable. (Malm-Cretácico inferior, Facies Purbeck. P.a.: hasta 400 m).

FORMACIONES CALIZO-DETRITICAS

- **230c** — Lutitas y arcillas rojas y verdes, en bancos métricos a decamétricos, niveles de areniscas de dureza media y algo disgregables, margas, margas y lutitas carbonosas con intercalaciones lignitíferas y bancos decimétricos a métricos de calizas arenosas y nodulosas, y calcarenitas. Plegamientos suaves y fracturación moderada. Permeabilidad media-baja. Laderas estables. Capacidad portante media. Ripable, salvo bancos calcáreos y areniscas bien cementadas. (Cretácico. P.a.: 10-75 m).
- **223a** — Margas, margocalizas y calizas en niveles centimétricos a decimétricos, lutitas versicolores y niveles arenosos bien cementados. Conjunto plegado con buzamientos muy variables y marcada fracturación. Permeabilidad media-baja. Laderas estables. Capacidad portante media. Ripable, salvo calizas y areniscas. (Malm. P.a.: máximo 200 m y 100 m de media).

FORMACIONES ARCILLOSAS, MARGOSAS Y ARCILLO-DETRITICAS

- **321h** — Margas de tonos grisáceos. Estratos horizontales, y cambios laterales de facies rápidos. Corresponde a un cambio lateral de facies respecto al grupo 321e. Materiales, en general, impermeables. Escorrentía superficial muy activa. Laderas que manifiestan algunos fenómenos de inestabilidad y acarcavamientos. TM: 35-40 grados. Capacidad de carga de moderada a baja. Excavable en general, a ripable. (Mioceno. P.a.: 25-40 m).
- **300b** — Margas, margocalizas, calizas, fangos y areniscas. Las litologías dominantes son arcillas margosas de tonalidad anaranjada, margas blancas y calizas, que alternan en paquetes de potencia métrica. Estratos horizontales. Materiales poco permeables o impermeables que intercalan niveles permeables. Laderas estables. TM: 45 grados. Capacidad de carga media, con posibilidad de asientos diferenciales. Ripable. (Mioceno. P.a.: 20 a 40 m).
- **232b** — Margas verdes, gris y ocre, plásticas, con intercalaciones de arenas, niveles decimétricos de calizas margosas y calcarenitas. Plegamientos con inclinación variable y fracturación inapreciable. Tiene un claro reflejo morfológico al situarse en las mesas o "loras" como una franja vegetada de menor pendiente, intercalada entre farallones calcáreos. La alterabilidad de estos materiales hace que frecuentemente se hallen recubiertos por un potente suelo arcilloso de origen coluvio-eluvial. Permeabilidad nula. Laderas con signos de inestabilidad. TB: 50 grados. Capacidad de carga media. Ripable. (Santoniense-Campaniense. P.a.: 20 a 120 m).
- **213** — Lutitas y arcillas de color rojo, a veces verdoso, plásticas, con algunos niveles centimétricos de yeso, dispersos. En ocasiones los paquetes de yeso se hacen decamétricos y se presentan limolitas y areniscas cementadas en niveles centimétricos a decimétricos. La alterabilidad de estos materiales hace que frecuentemente se hallen recubiertos de un potente suelo arcilloso de origen coluvio-eluvial. La plasticidad de estos materiales facilita su implicación en la tectónica regional, favoreciendo la existencia de niveles de despegue. Impermeable. Laderas inestables. TB: 30 grados. Capacidad de carga baja, posibilidad de asientos diferenciales. Excavable. (Triásico superior en Facies Keuper. P.a.: 50-100 m mínimos).

FORMACIONES CALIZO-MARGOSAS

- **321d** — Bancos calcáreos de 10-25 cm separados por finas capas de margas blancas, y caliches. Las calizas son oquerosas, de color crema. Se intercalan a varios niveles dentro de los grupos 300a y 321h. Materiales impermeables que alternan con niveles permeables por fisuración y karstificación. Escorrentía superficial deficiente. TB: 65 grados. Capacidad de carga moderada a alta. Ripable. (P.a.: métrica).
- **232a** — Alternancia centimétrica a decimétrica de margas grises y ocres, algo limosas, calizas, calizas margosas y dolomías, con esporádicos paquetes métricos de biocalcarenitas. Se intercalan términos terrígenos como limos y lutitas. Calizas y dolomías duras y compactas, y margas cohesivas y plásticas. Pliegues de inclinación muy variable y fracturación apreciable. Permeabilidad media-alta. Laderas estables. TB: 70 grados, dependiendo de la disposición estructural. Capacidad de carga alta. No ripable a marginal. (Cretácico superior. P.a.: 20 a 100 m).
- **220** — Alternancias rítmicas de calizas, margas y margocalizas en bancos de potencia decimétrica, color gris amarillento, niveles de calizas bioclásticas de potencias métricas, y niveles de lutitas y margolutitas. Se manifiesta como una depresión topográfica. Plegamiento muy marcado con buzamientos variables y fracturación acusada. Permeabilidad media-baja. Laderas estables. TM: 70 grados, dependiendo de la disposición estructural. Capacidad de carga media-alta. Ripabilidad marginal. (Jurásico. P.a.: 160-240 m).

FORMACIONES CALIZAS Y DOLOMITICAS

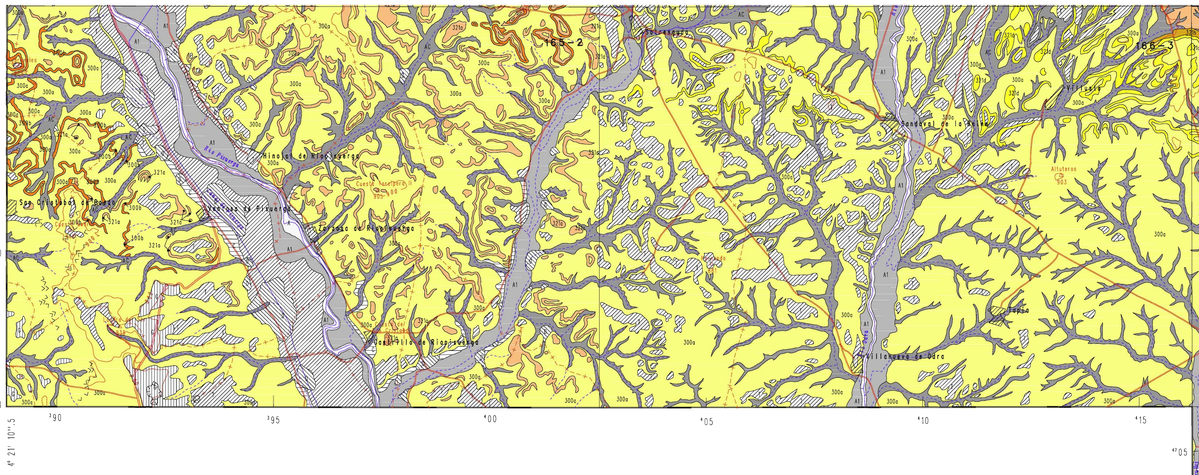
- **232c** — Calizas grises y ocres, total o parcialmente dolomitizadas, organizadas en bancos masivos de potencia decimétrica a métrica; junto con dolomías, calizas arenosas y biocalcarenitas de color pardo rojizo. Rocas duras y compactas. Este grupo destaca en el relieve, al constituir los resaltes topográficos de las mesas o "loras" de la región. Plegamientos de inclinación variable y fracturación acusada. Permeabilidad alta. Laderas con inestabilidades por caída de bloques debido a erosión diferencial. TM: 80 grados. Capacidad de carga alta. No ripable. Util como material canterable. (Cretácico superior. P.a.: 50 a 200 m).
- **223b** — Caliza gris, dura y compacta, en capas decimétricas a métricas, con términos margo-arcillosos en intercalaciones centimétricas y lutitas carbonosas hacia el techo. Fuerte plegamiento con buzamientos variables e intensa fracturación. Permeabilidad media-alta. Laderas estables. TM: 80 grados. Capacidad portante elevada. No ripable. Util como material canterable. (Malm. P.a.: 60-150 m).
- **221** — Calizas y dolomías de color gris, de dureza media-alta; intercalan niveles de calizas nodulosas, brechoides y carniolas. Característico aspecto tableado en capas centimétricas a métricas. Por su posición estratigráfica, ligada al Keuper, está implicada en los más importantes accidentes tectónicos de la región, con un intenso grado de deformación, plegamiento y fracturación. Permeabilidad alta. Laderas estables. TM: 80 grados. Capacidad de carga elevada. No ripable. Util como material canterable. (Lías. P.a.: 110-250 m).

MINISTERIO DE FOMENTO	DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS SERVICIO DE GEOTECNIA	ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS ITINERARIO: BURGOS - AGUILAR DE CAMPOO TRAMO: QUINTANADUEÑAS - AGUILAR DE CAMPOO	CONSULTOR: U.T.E. INECO - INGEMISA	CUADRANTES HOJA: 133-1, HOJA: 133-2 HOJA: 165-1, HOJA: 166-4	MAPA LITOLOGICO - ESTRUCTURAL Y ESQUEMAS COMPLEMENTARIOS	ESCALAS ORIGINAL 1: 50.000, 1: 200.000; GRAFICA 1 0 1 2 3 Km; 5 0 5 10 Km

FECHA: FEBRERO 1998	J. MARTIN CONTRERAS	REVISADO: J. SANTAMARIA ARIAS

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


42°30' 04".8
42°25' 04".9
4° 21' 10".5
3° 47' 10".5
Villasur de Herreros
Villasandino
Villasur de Cerezos
Villasur Río Ubierna
Villaescusa
Villaseco
Villaseca
Villaseca de Odra
Villaseca de Arlanza
Villaseca de Ubierna
Villaseca Río Ubierna
Villaseco de los Reyes
Villaseco de los Gamitos
Villaseco de los Reyes
Villaseco de los Reyes
Villaseco de los Reyes



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Jerez de la Frontera-Los Barrios

Tramo: Jerez de la Frontera-Los Barrios



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

97-01

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Jerez de la Frontera-Los Barrios

Tramo: Jerez de la Frontera-Los Barrios

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCION 4

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGIA 7
2.2. TOPOGRAFIA 9
2.3. GEOMORFOLOGIA 13
2.4. ESTRATIGRAFIA 15
2.5. TECTONICA 17
2.6. SISMICIDAD 19

3. ESTUDIO DE ZONAS 23

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 23
3.2. ZONA 1: RELIEVE LLANO Y ALOMADO 23

3.2.1. Geomorfología 26
3.2.2. Tectónica 32
3.2.3. Columna estratigráfica 35
3.2.4. Grupos litológicos 36
3.2.5. Grupos geotécnicos 91
3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona. 95

3.3. ZONA 2. RELIEVE DE SERRANIA 96

3.3.1. Geomorfología 96
3.3.2. Tectónica 99
3.3.3. Columna estratigráfica 102
3.3.4. Grupos litológicos 102
3.3.5. Grupos geotécnicos 146
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona. 149

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 151

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRAFICOS 151
4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS 151
4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS 153
4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 154

ÍNDICE (cont.)

Pág.

5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS 157

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 157
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS 157
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES 162
5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES 164
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE 169

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 180

7. ANEJOS 182

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 183

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 186

1. INTRODUCCION

El objeto del Estudio Previo de Terrenos es exponer las características más sobresalientes desde los puntos de vista litológico, estructural y geotécnico, de un área determinada, que pueden incidir sobre una obra de carácter lineal, como es el caso de una carretera.

El tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios ocupa una extensión aproximada de 1237 km^2 y se ubica íntegramente en la provincia de Cádiz. La Figura 1.1 corresponde al esquema de situación del tramo.

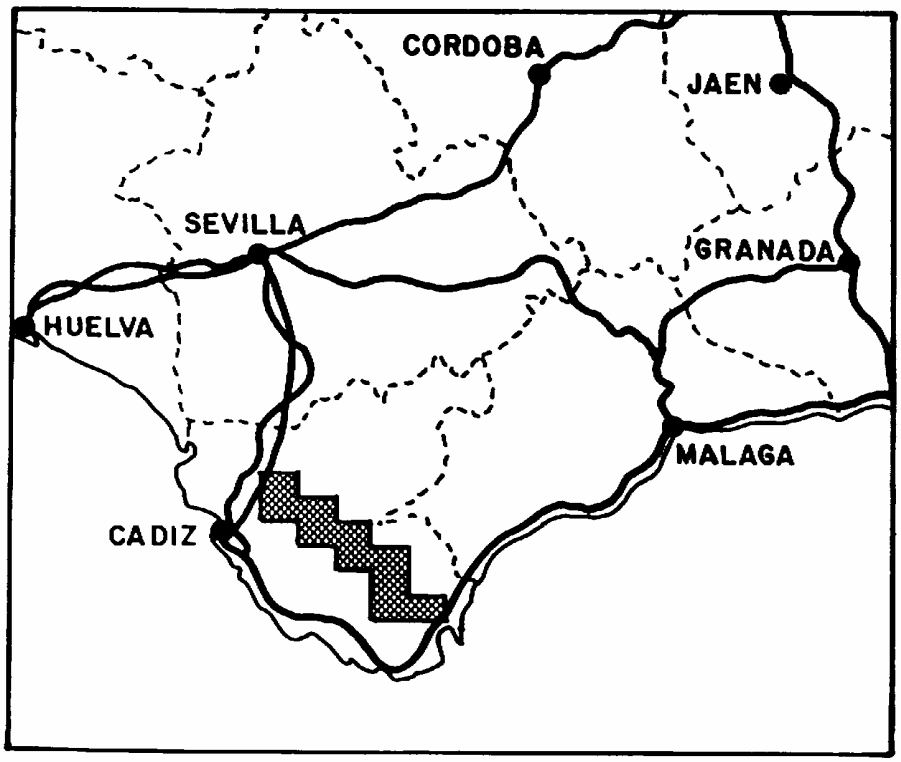


Fig. 1.1. Esquema de situación del tramo

El área estudiada comprende las siguientes Hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional, a escala 1:50.000.

Nº	Hoja	Cuadrantes
1062	Paterna de Rivera	2, 3 y 4
1069	Medina-Sidonia	3
1070	Alcalá de los Gazules	2, 3 y 4
1074	Tahivilla	1 y 2
662	San Roque	3

La ejecución del estudio ha precisado del desarrollo de las siguientes fases:

- Recopilación y análisis de la bibliografía existente, tanto geológica como geotécnica, del tramo de estudio o de áreas próximas.

- Estudio fotogeológico sobre fotogramas aéreos a escala aproximada 1:40.000 (vuelo nacional, 1991), del área de estudio.

- Comprobación del estudio fotogeológico, corrección del mismo y toma de datos en el campo.

Lógicamente estas fases se han desarrollado paralelamente en el tiempo, solapándose entre sí.

Dadas las características del estudio, se ha procurado tratar más intensamente aquellos aspectos que pueden incidir sobre la problemática propia de las obras públicas de carácter lineal. Igualmente han sido abordados de forma sucinta otros temas que no afectan de forma global a la problemática tratada, dadas las limitaciones de tiempo y el objeto propio del estudio.

Los resultados finales, obtenidos de la ejecución del estudio, han quedado plasmados en la presente Memoria y en los Planos.

Esta Memoria aparece dividida en una serie de capítulos que se describen a continuación:

- Capítulo 1: Introducción.

- Capítulo 2: Recoge las características generales del tramo estudiado.

- Capítulo 3: Se realiza una división del tramo en Zonas de estudio y un análisis pormenorizado, desde los puntos de vista geológico-geotécnico, de las mismas.

- Capítulo 4: En base a los problemas topográficos, geomorfológicos y geotécnicos reconocidos en el tramo, se sugieren aquellos corredores que parecen reunir mejores condiciones para la construcción de vías de comunicación.

- Capítulo 5: Se indican los yacimientos de roca, granulares y de materiales de préstamos, que han sido recopilados durante la ejecución del estudio.

- Capítulo 6: Recoge la bibliografía consultada.

- Capítulo 7: Recoge, mediante dos Anejos, la simbología utilizada en las columnas estratigráficas, y los criterios utilizados en las descripciones geotécnicas.

Cada uno de los Planos que acompañan a esta Memoria consta de un mapa litológico-estructural a escala 1:50.000, y cuatro esquemas complementarios a escala 1:200.000, denominados: Geológico, Geomorfológico, Geotécnico, y de Suelos y Formaciones de Pequeño Espesor.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Francisco Carmona Guillén
Licenciado en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. José Luís Antón Vicente
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Antonio Moral Vacas
Geólogo

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGIA

Con el fin de estudiar las características climáticas generales del tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios se han consultado una serie de estaciones meteorológicas que pertenecen a la red del Instituto Nacional de Meteorología. Se trata de las estaciones meteorológicas de Jerez de la Frontera-Aeropuerto (5960, Fuera de Tramo), (Medina-Sidonia (5983U y 5984, Hoja 1069-1) y Alcalá de los Gazules (5980, Hoja 1070-4). Estas estaciones han sido elegidas porque son las únicas que cuentan con un registro lo suficientemente continuo para establecer medidas estadísticas representativas. Con las observaciones de estas estaciones, que abarcan un período de 1954 a 1995, se ha elaborado un Cuadro-Resumen que recoge, en conjunto, las características termo-pluviométricas del Tramo (Figura 2.1).

Según los datos aportados por dichas estaciones meteorológicas, el tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios tiene una pluviometría media anual de 843,7 mm, cantidad superior a la media nacional. Estas precipitaciones se producen en un promedio de 62,7 días lluviosos anuales. Durante el año hay un período de precipitaciones relativamente abundantes entre Septiembre y Junio, con un máximo entre Noviembre y Febrero, y otro de precipitaciones escasas correspondiente a los meses de Julio y Agosto.

Las precipitaciones en forma de nieve, y su representación cubriendo el suelo, o son inexistentes en el Tramo o no han sido registradas en ninguna de las estaciones, por ser inapreciables.

Las tormentas se producen en un promedio de 5 días al año, de los cuales no aparece registrado ninguno en el que se haya producido granizo. Estas tormentas se producen durante todo el año, excepto en los meses de Junio, Julio y Agosto. El valor más alto aparece en el mes de Septiembre.

CUADRO-RESUMEN DE PRECIPITACION Y TEMPERATURA

MES	PRECIPITACION (mm)				NUMERO DE DIAS DE								TEMPERATURA (° C)						
	MEDIA	MAXIMA	MAXIMA 24 Horas	MINIMA	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCIO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
													MAXIMA	MINIMA	EXTREMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	MEDIA
ENERO	120.9	409.4	105,7	3	8,8	0	0	0,7	0	0	0.4	0	24.4	-4	28 4	8 3	15,4	7.1	11 3
FEBRERO	105.3	289.1	169	2	8,5	0	0	0,4	0	0	0	0	30	-5	35	9 4	17.2	7,8	12 5
MARZO	87.7	292	86,2	2	7,7	0	0	0,3	0	0	0	0	30.4	-1	31 4	10	19.3	9,3	14 4
ABRIL	74.4	447.9	62	1	6,5	0	0	0,6	0	0	0	0	33	2	31	10,8	21.3	10,5	15 9
MAYO	54	245.8	75	2,8	4,9	0	0	0,6	0	0	0	0	35 4	5	30 4	11,5	24.7	13,2	19
JUNIO	16 9	92	43 4	1,2	2	0	0	0	0	0	0	0	41	7	34	12,1	28.5	16.4	22 5
JULIO	0.3	9	9	0.1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	44	9.8	34 2	13,9	32.8	18,9	25 9
AGOSTO	4,7	71.3	39	0,2	0,5	0	0	0	0	0 9	0	0	43	10 5	32 5	13,8	33.1	19,3	26 2
SEPTIEMBRE	23 5	101 2	67	0,2	2,1	0	0	1,2	0	0	0	0	41	7	34	12,2	30.4	18,2	24 3
OCTUBRE	87.8	342	152	0,3	5.6	0	0	0,3	0	1,7	0	0	38	3	35	10,6	24.9	14,3	19 6
NOVIEMBRE	136,9	459.9	140	6	7.6	0	0	0,3	0 4	2.5	0,9	0	33	-0,4	33 4	9 7	20.1	10.4	15 3
DICIEMBRE	131,3	518	151	4.5	8.4	0	0	0 6	0 3	1,7	0.4	0	29	-4	33	9	16.4	7.4	11 9
ANUAL	843.7	518	169	0.1	62,7	0	0	5	0.7	6.8	1.7	0	44	-5	35	8 3	33.1	7.1	18 2

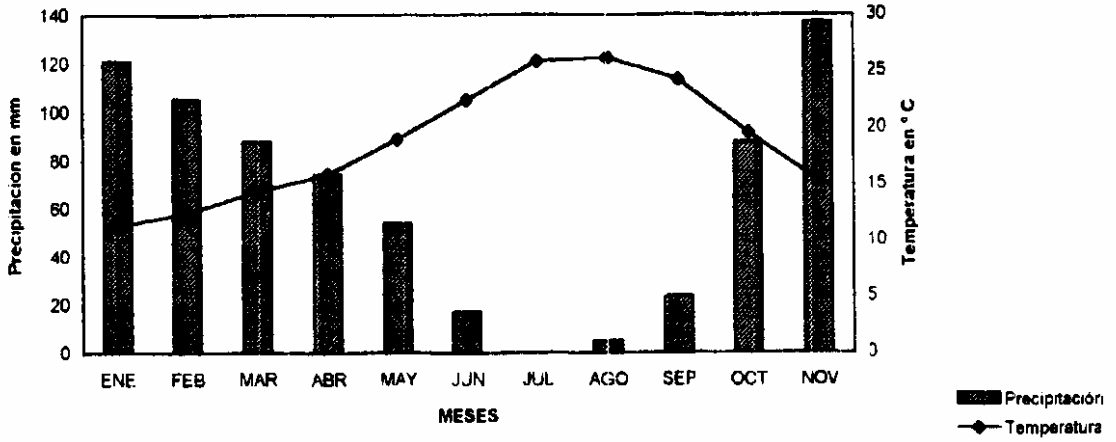


Fig. 2.1. Cuadro resumen de precipitación y de temperatura del Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios y gráfico esquemático de dichos parámetros

Las nieblas, escasas, aparecen en un promedio anual de 0,7 días y se forman especialmente durante los meses de Noviembre y Diciembre.

El rocío y la escarcha se dan durante 6,8 y 1,7 días, respectivamente, repartidos de una forma más abundante entre los meses Octubre a Enero.

Las temperaturas tienen un mínimo invernal en Febrero, con un valor de –5 º C, y un máximo estival, en Julio, de 44 º C. El mes más frío corresponde a Enero, que tiene un promedio de temperaturas mínimas de 7,1 º C y una media de máximas de 15,4 º C. El mes más caluroso es Agosto. Tiene una temperatura mínima media de 19,3 º C y una máxima promedio de 33,1 º C.

La pluviometría y las temperaturas del Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios obtenidas de las estaciones meteorológicas elegidas reflejan que el clima del mismo es mediterráneo con influencia atlántica, presentando veranos muy secos y cálidos, e inviernos benignos.

2.2. TOPOGRAFIA

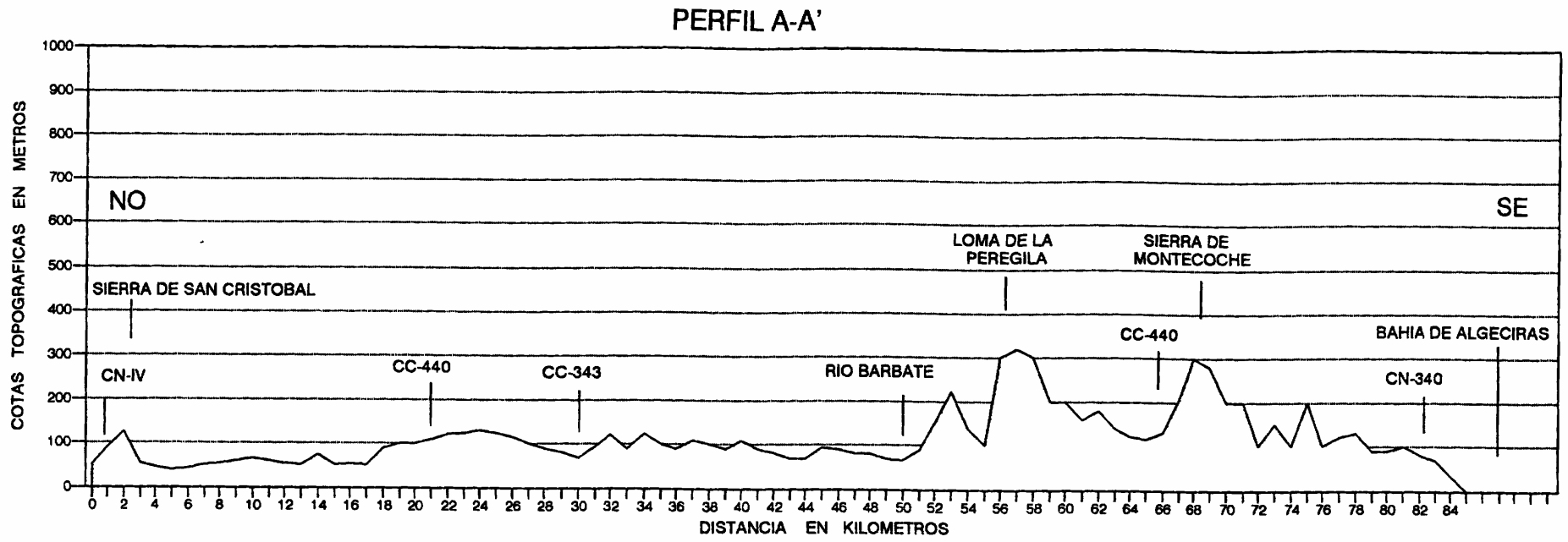
El Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios está situado en el extremo occidental de la Cordillera Bética, y se extiende, de Noroeste a Sureste por los relieves meridionales del Sistema Penibético. Debido a esta ubicación limítrofe, el Tramo se caracteriza por poseer una topografía muy variada, y se dan en él fuertes contrastes de relieve, como los que existen entre las llanuras marismeñas del Noroeste y las sierras cuarcíticas del Sureste.

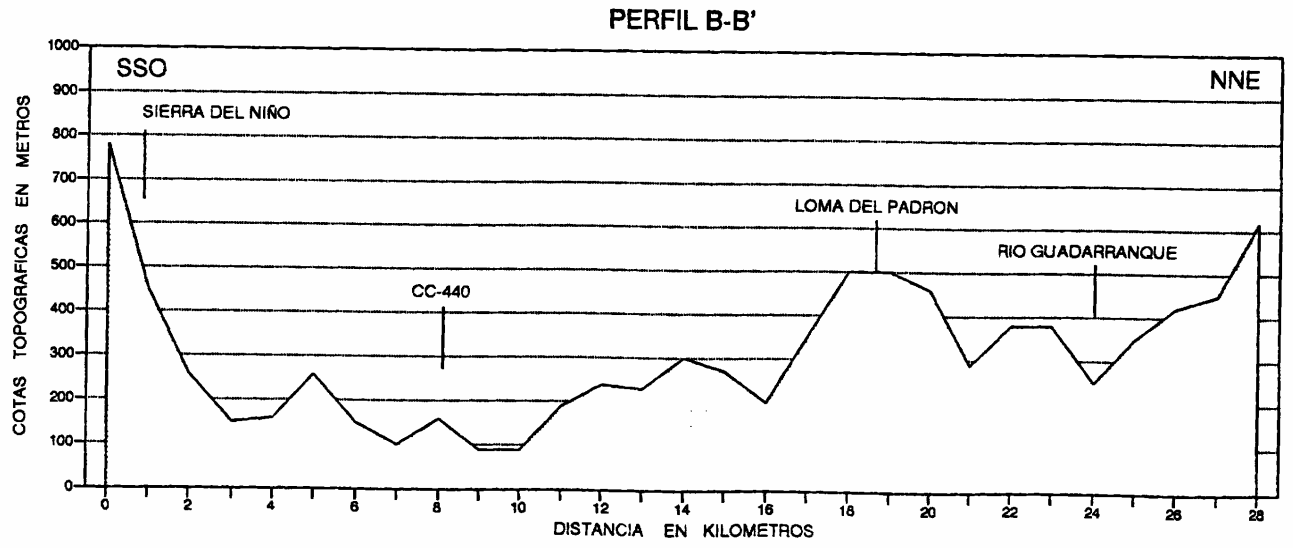
El relieve del Tramo se desarrolla entre el nivel del mar (cota mínima) y la cota de 780 m, de altitud máxima. A pesar de este fuerte contraste, que está localizado en áreas concretas del Tramo, la mayor parte del mismo se desarrolla entre una cota media de 100 m de altitud, y con un gradiente topográfico, entre cimas y valles, de 50 m a 75 m de desnivel. Esta suavidad topográfica es el factor que caracteriza los dos tercios occidentales del Tramo. En este sector las principales elevaciones tienen unas altitudes comprendidas entre los 100 m y los 200 m, siendo la cota de 150 m la más usual. La Sierra de San Cristóbal (124 m), y las lomas de los Isletes (153 m) y del Donadio (145 m), son algunos ejemplos de los relieves frecuentes en este área.

El relieve montañoso existente es muy accidentado y caracteriza el sector suroriental del Tramo, en donde la Sierra del Niño, con una cota máxima de 781 m de altitud, genera la parte más abrupta del mismo. Las sierras Blanquilla (660 m), Sequilla (614 m), del Padrón (601 m) y de Montecoche (563 m) constituyen los principales sistemas montañosos de este sector de serranía.

Las áreas deprimidas del Tramo, y de topografía más suave, corresponden a las zonas de marisma del extremo occidental, a la pequeña zona litoral, que aparece en el borde meridional, y a los valles fluviales formados por los ríos Guadalete, Barbate, Palmones y Guadarranque. Todos ellos discurren groseramente de Norte a Sur entre una cota máxima de 700 m (Guadarranque) y el nivel del mar, respectivamente, en donde desembocan. Una excepción lo constituye el río Guadalete que, en el ámbito del Tramo estudiado, tiene un recorrido de dirección aproximada Este-Oeste, y se desarrolla entre las cotas de 50 m y el nivel del mar, respectivamente. Las cuencas formadas por estos ríos tienen unas dimensiones muy variables. Existen zonas muy abruptas en donde el valle tiene anchuras de 150 a 250 m, y desniveles de 100 a 200 m, y otras en donde la topografía se abre, y se alcanzan anchuras aproximadas de 1.500 m y diferencias de cotas comprendidas entre 80 y 100 m. Un caso especial de estos valles es el formado por el río Guadalete. Posee un llanura de inundación con una anchura comprendida entre 1.500 y 4.000 m, y una diferencia de cotas, con respecto a las elevaciones adyacentes, de 50 a 70 m. La parte final de este amplio valle se abre a la marisma que constituye la Bahía de Cádiz, cuyas cotas son inferiores a los 10 m de altitud.

Las Figuras 2.2, y 2.3 muestran, respectivamente, tres perfiles topográficos y la planta de situación de los mismos.





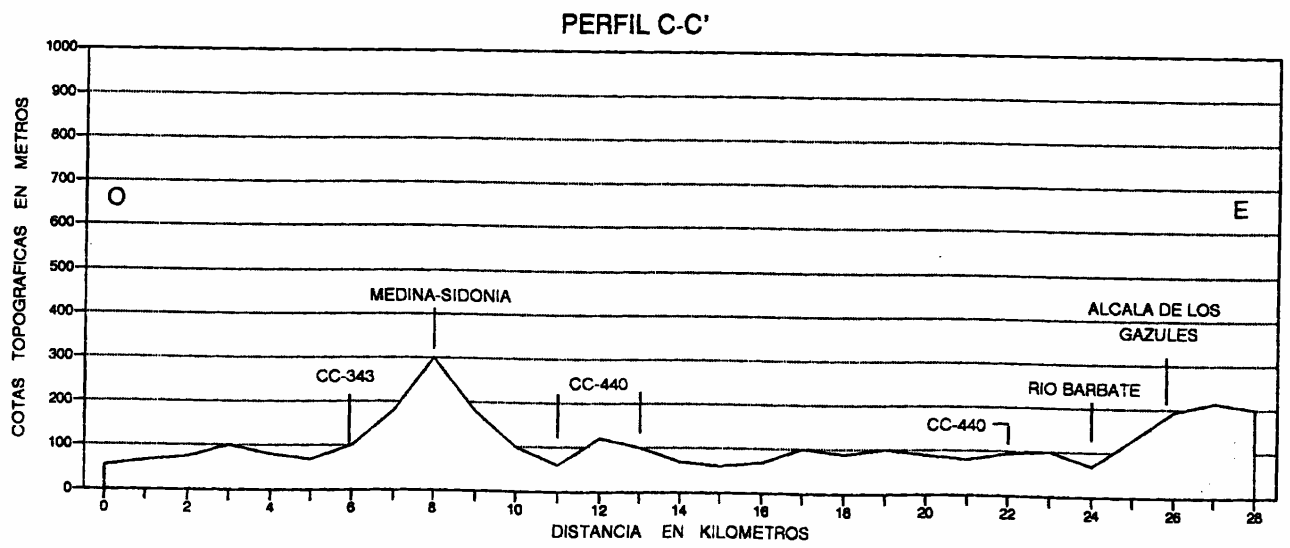


FIG. 2.2. PERFILES TOPOGRÁFICOS REPRESENTATIVOS DEL TRAMO.

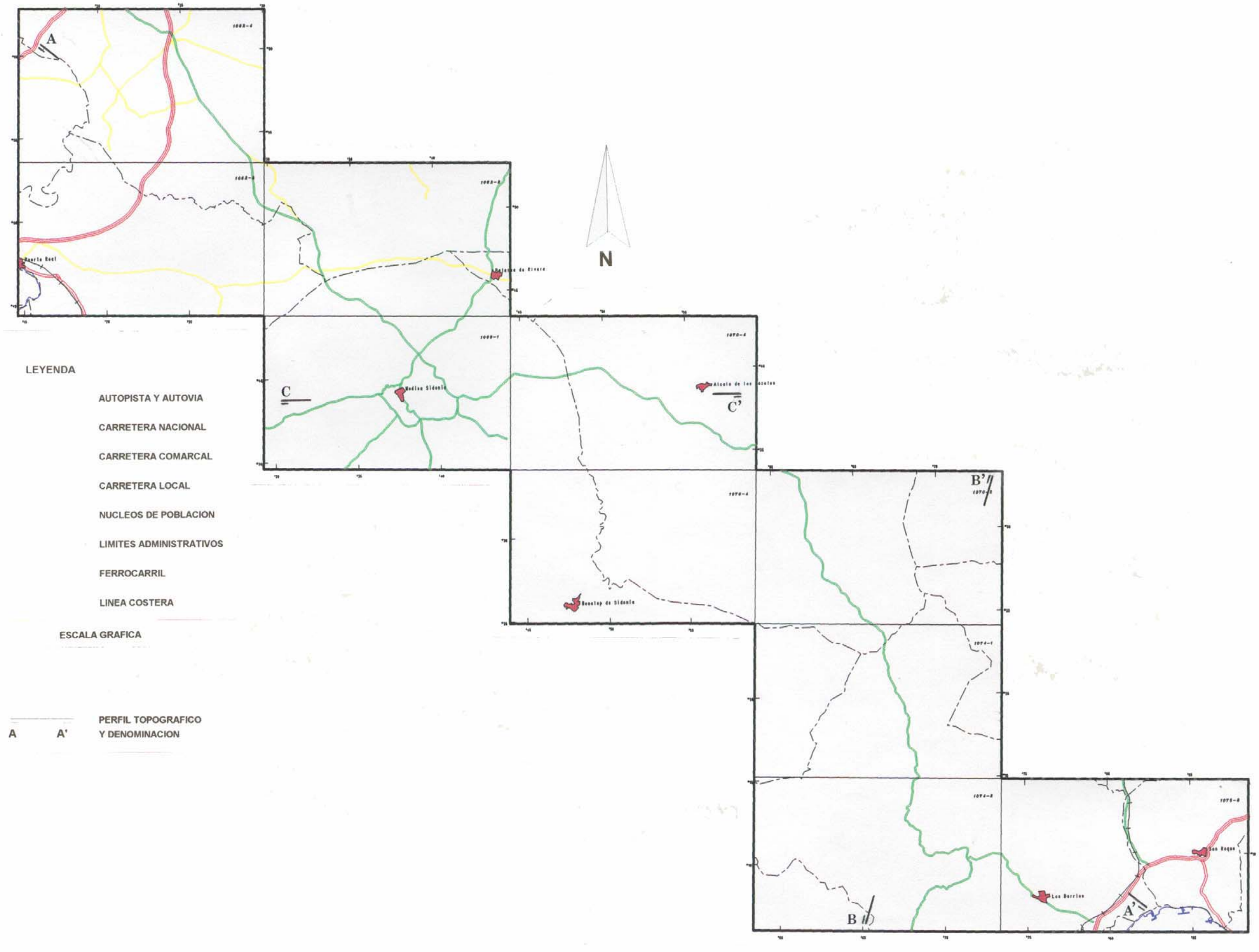


FIG. 2.3. PLANTA DE SITUACIÓN DE LOS PERFILES TOPOGRÁFICOS REALIZADOS EN EL TRAMO

2.3. GEOMORFOLOGIA

El Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios está formado, en su mayor parte, por rocas triásicas, cretácicas, paleógenas y neógenas, que han sido deformadas durante la Orogenia Alpina, al crearse la Cordillera Bética. Las rocas jurásicas quedan limitadas a dos únicos afloramientos, aislados entre sí y de escasa extensión. Existen además materiales post-tectónicos, que están representados por algunas formaciones fini-neógenas, por sedimentos plio-cuaternarios y por los depósitos cuaternarios.

El relieve del Tramo es el resultado de la combinación de las características litológicas y tectónicas del mismo. El aspecto general es el de un relieve mixto, en el que la mayor parte es suave y alomado, con ríos sinuosos poco o nada encajados, y el resto montañoso y escarpado, en donde los valles fluviales son angostos y de trazados rectilíneos. A este aspecto general se le añaden otros elementos particulares, que dependen de la naturaleza litológica de cada una de las formaciones geológicas que componen la región.

La cobertera mesozoica está representada, a grandes rasgos, por los materiales arcillo-salinos del Trías, entre los que se intercalan esporádicos miembros dolomíticos y episodios volcánicos de rocas ofíticas, las rocas calcáreas del Jurásico (muy poco representativas en el Tramo) y calco-margosas del Cretácico, además de los sedimentos detríticos de este último período. Esta diversidad litológica hace que los relieves mesozoicos aparezcan con formas variables.

Las dolomías del Trías, al encontrarse normalmente muy replegadas y verticalizadas, forman "crestones" característicos, que destacan del relieve formado por las litologías adyacentes, más blandas. Asimismo, las ofitas producen resaltes morfológicos en forma de cerros no alineados y más o menos circulares, ya que corresponden a antiguas chimeneas volcánicas.

Los materiales arcillo-salinos del Keuper, se encuentran normalmente formando cerros de pendientes variables, cortados por una red de vaguadas estrechas y de cortos recorridos, con aspecto de acarcavamientos. En general es un paisaje áspero y de aspecto rugoso, debido a un buen número de afloramientos de yesos masivos que modifican el perfil de las laderas.

Las calizas y dolomías jurásicas, que han sido prácticamente desmanteladas en el ámbito del Tramo, aparecen en dos cerros rocosos aislados entre sí, que destacan del relieve suave producido por los materiales arcillo-salinos del Trías que les rodea.

Las litologías calco-margosas del Cretácico forman un relieve montuoso y alomado, formado por una sucesión de colinas sin orientaciones predominantes, por donde discurren

unos valles fluviales de fondo plano y de laderas con pendientes suaves. A pesar de que existen niveles litológicos más resistentes a la erosión no se producen resaltes rocosos en los relieves. Las formaciones detríticas cretácicas, al estar compuestas por materiales blandos, se encuentran también formando algunos valles y zonas deprimidas del Tramo.

Las rocas paleógenas y algunas neógenas, que están estructuradas por los últimos movimientos alpinos, aparecen formando alineaciones montañosas con laderas de fuertes pendientes, escarpes rocosos de grandes alturas, y cerros en forma de "cuesta", todos ellos seccionados por una red de drenaje encajada y de trazado lineal, debido al fuerte control estructural.

Los materiales fini-neógenos y cuaternarios se encuentran en general rellenando depresiones, y forman un relieve muy suave, ya que tienden a enmascarar las irregularidades que proporcionan los afloramientos rocosos, más antiguos y tectonizados. En las zonas formadas por estos materiales la red de drenaje tiene valles y vaguadas amplias, y vertientes muy suaves.

La evolución de los relieves en el Tramo se desarrolla mediante los procesos de meteorización física, alteración química, movimientos de ladera y erosión fluvial.

La meteorización física ataca sobre todo a los fuertes relieves desarrollados en las areniscas cuarcíticas, disgregando el macizo rocoso en cantos y bloques ciclópeos. Estos se acumulan por gravedad al pie de los macizos, con lo que se suaviza la pendiente original.

La alteración química ataca sobre todo a los materiales margosos, arcillosos, y principalmente a los salinos, que los disuelve y reblandece. El resultado es el desarrollo de un horizonte de alteración, más o menos superficial, que recubre y suaviza la superficie del relieve.

Los movimientos de ladera, muy importantes en el Tramo, se desarrollan sobre todo en los valles formados por los materiales arcillosos de las formaciones terciarias y del Trías. Estos movimientos de ladera alcanzan su mayor extensión en los sectores de mayor relieve, en donde las pendientes son más fuertes. El resultado es la suavización progresiva de la inclinación de las laderas.

La erosión fluvial, y por aguas de arroyada, se encarga de ir retirando los depósitos originados mediante los procesos anteriores. Estos son depositados por los ríos, posteriormente, en las áreas mas llanas y de menor gradiente topográfico, en donde se forman aterrazamientos, abanicos aluviales o conos de deyección, y depósitos de glacis. El resultado de estas acumulaciones es la creación de áreas llanas o suavemente inclinadas que modifican la pendiente original del terreno.

La Figura 2.4 corresponde al bloque-diagrama esquemático del relieve característico del Tramo.

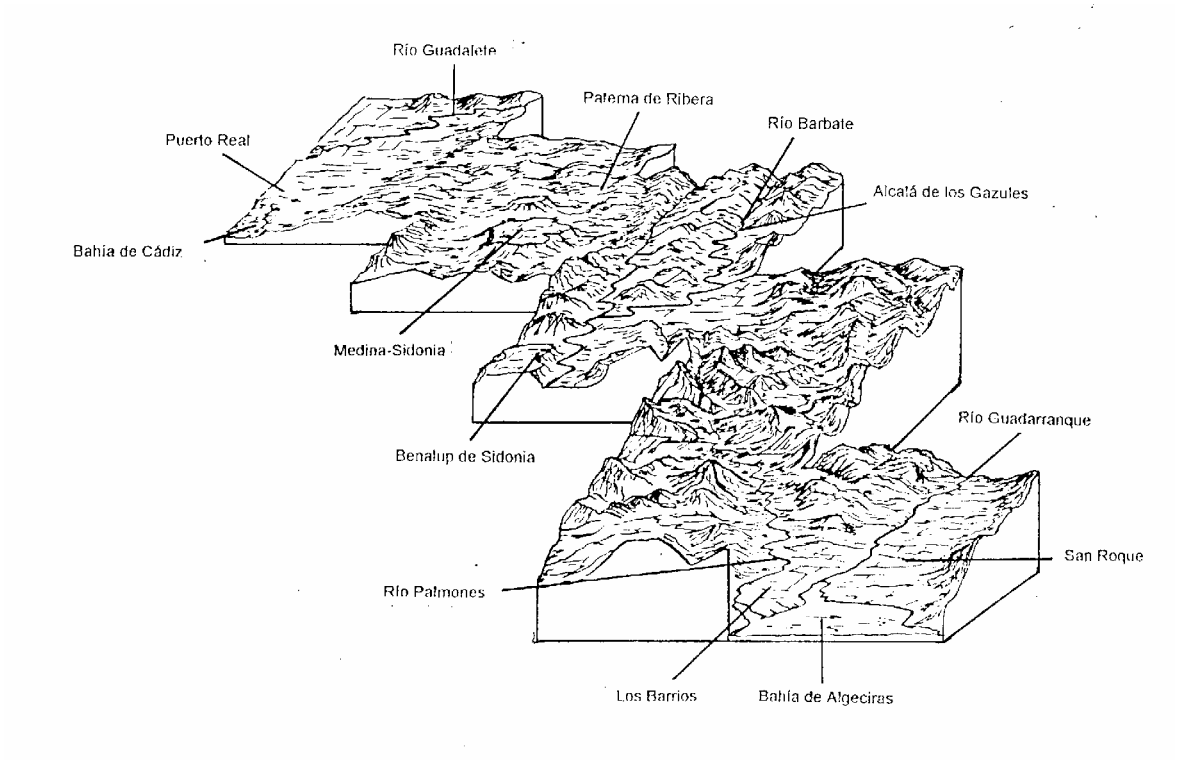


Figura 2.4 Bloque-diagrama del Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios.

2.4. ESTRATIGRAFIA

En el presente apartado se señalan de un modo resumido las diversas litologías localizadas, así como su inserción dentro de la columna estratigráfica general del Tramo de estudio. Para ello se seguirá una ordenación cronológica desde los materiales más antiguos hasta los más modernos.

Las rocas más antiguas que aparecen en el Tramo son las pertenecientes al Triásico. Durante este período la sedimentación es continental con alguna influencia marina somera, es decir un ambiente salobre. Así se acumulan materiales detríticos fluviales y evaporitas (areniscas, arcillas y yesos), así como carbonatos marinos (dolomías). Además se produce la actividad magmática que produce la efusión de rocas volcánicas básicas (ofitas), tan características de este período.

El Jurásico, aunque escaso, es totalmente marino y se caracteriza por tener una sedimentación de dolomías, calizas micríticas brechoides y calizas olíticas.

Durante el Cretácico se realiza una deposición de naturaleza pelágica. Está constituido por una serie homogénea de margas y calizas, denominadas *capas rojas*, que se depositan en un ambiente generalmente tranquilo hasta el Cretácico superior. Sin embargo, localmente se producen hundimientos en la cuenca de sedimentación y se acumulan materiales detríticos heterogéneos, procedentes de las corrientes de turbidez originadas en los taludes submarinos de esas subcuencas. Al mismo tiempo que estos depósitos se van acumulando en la Plataforma Subbética, se produce una sedimentación de formaciones flyschoides en el Surco Turbidítico, adyacente a la plataforma y en el interior de la cuenca. Dichas formaciones abarcan desde el Cretácico inferior hasta el Mioceno inferior. Los primeros depósitos cretácicos son areniscas de grano fino a medio y, por encima, arcillas, margas y areniscas, en el tránsito al Cretácico superior. Este comienza con una sedimentación predominantemente arcillo-margosa, con depósitos de niveles silíceos y bituminosos. Los niveles más altos del Cretácico superior están formados por calizas, margas y arcillas, en facies turbidíticas, entre las que aparecen niveles de brechas y conglomerados, indicativos de una cierta inestabilidad tectónica.

Los depósitos terciarios, lo mismo que en el caso del Cretácico, evolucionan de forma distinta en la Plataforma Subbética y en el Surco Turbidítico. En el primer caso continúa la sedimentación calco-margosa, en régimen tranquilo, de las *capas rojas*, que se extiende hasta el Eoceno superior. Durante el Oligoceno se depositan margas y arcillas verdes con intercalaciones de niveles turbidíticos, que se prolongan hasta el Mioceno inferior, época en que se produce la sedimentación de arcillas versicolores con finos niveles areniscosos.

En el Surco Turbidítico, el Paleoceno está representado por calizas arenosas con "Microcodium", a los que se asocian niveles de brechas y conglomerados calcáreos, producidos por pequeñas pulsaciones tectónicas, que se hacen mayores durante el Eoceno. En este período, y después de una etapa erosiva, se depositan gruesos bancos de conglomerados calcáreos y silíceos, y, posteriormente calcarenitas bioclásticas y arcillas rojas. Durante el Oligoceno se acentúa la subsidencia del Surco turbidítico y se depositan series, más o menos rítmicas, formadas por combinaciones de arcillas, margas, calizas arenosas y bioclásticas, areniscas y areniscas micáceas. En el tránsito Oligoceno-Mioceno inferior la cuenca sufre grandes remodelaciones tectónicas que reestructuran totalmente el sistema sedimentario actuante hasta entonces. Se originan por ello los depósitos de areniscas con pasadas arcillosas, que caracterizan el final de la sedimentación del Surco Turbidítico.

A partir del Mioceno inferior, y como consecuencia de la fase principal de deformación, se produce el cabalgamiento de las series flyschoides del Surco Turbidítico, sobre algunas partes de la Plataforma Subbética, por lo que se interrumpe en ellas la sedimentación. Por el contrario, las áreas no afectadas por el emplazamiento de los mantos alpinos, continúan

funcionando como cuencas de sedimentación, recibiendo los aportes que les llegan de los sectores emergidos. De esta manera se generan los materiales mas característicos, del Mioceno inferior a medio, de la región andaluza: las moronitas y albarizas. Son sedimentos margo-detríticos, cuyos granos, silíceos, están formados por esqueletos de Radiolarios y Diatomeas. Durante el Mioceno superior aumenta la sedimentación detrítica, por un aumento de energía en el borde continental, y se forman margas arenosas, limos y arenas. Culmina la serie miocena con la deposición de areniscas calcáreas y biocalcarenitas, muy características en la región estudiada.

En el Plioceno inferior se produce una transgresión y, en el ámbito del Tramo estudiado, se depositan materiales detríticos en un ambiente de litoral. Son arenas y limos arenosos con numerosos restos de conchas de Pectínidos y Ostreidos. Con posterioridad, en el Plioceno superior, comienza a retroceder el mar y se forman extensos lagos que quedan totalmente desconectados de la costa, en los que se forman niveles de calizas lacustres y pulverulentas. Al mismo tiempo, en la zona costera, se depositan conglomerados de cantos de cuarcita y abundantes restos de conchas, que constituyen la *facies ostionera*.

El Plio-Cuaternario está representado por unos depósitos de lagoon constituidos por alternancias de arenas, gravas, arcillas, margas y calcarenitas, y por unos sedimentos areniscosos, ricos en cuarzo, probablemente de origen dunar.

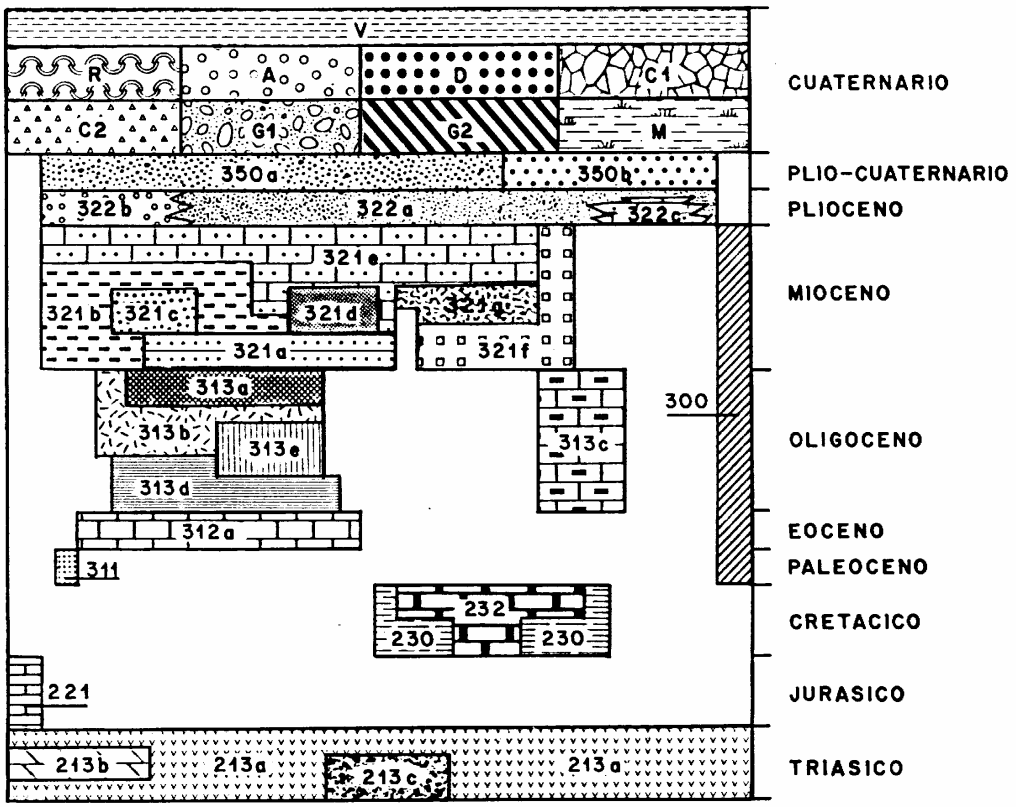
Los depósitos cuaternarios están representados por las formaciones aluviales, de terraza, de conos de deyección y abanicos aluviales (gravas y arenas), coluviales y de glacis (cantos y matriz arenosa y limo-arcillosa), de deslizamientos de ladera y desprendimientos (bloques, bolos y cantos, con matriz areno-arcillosa), eluviales (arenas, arcillas y arcillas salinas), de marisma (limos fangosos y arcillas) y de playa (arenas).

La Figura 2.5 muestra esquemáticamente la columna estratigráfica general del Tramo. Puede observarse la falta de relación existente entre algunas formaciones y otras, por medio de la abundancia de zonas en blanco que hay entre ellas. Este hecho esquemático indica la falta de contacto entre distintas unidades, al tener algunas de ellas un marcado carácter alóctono.

2.5. TECTONICA

El Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios está situado, desde el punto de vista geotectónico, en el extremo sur-occidental de la Cordillera Bética, y, dentro de ésta Unidad Geotectónica, se extiende por territorios pertenecientes a la Zona Subbética (mitad noroeste) y al Complejo del Campo de Gibraltar (mitad sureste).

COLUMNA ESTRATIGRAFICA



LEYENDA

V.- Depósitos eluviales. Arenas, arcillas y arcillas yesíferas.
R.- Depósitos de playa. Arenas.
A.- Depósitos aluviales. Gravas, arenas, limos y arcillas.
D.- Depósitos de abanicos aluviales y de conos de deyección. Gravas con matriz areno-arcillosa.
C1.- Depósitos de deslizamientos de ladera y de desprendimientos. Bloques ciclópeos, bolos y cantos, con matriz areno-arcillosa.
C2.- Depósitos coluviales. Cantos, bolos y bloques, con matriz areno-arcillosa.
G1.- Depósitos de glacis. Arenas y arcillas, con cantos dispersos.
G2.- Depósitos de glacis antiguos. Gravas de cuarcita y cuarzo con matriz areno-arcillosa.
M.- Depósitos de marisma. Arcillas y limos fangosos.
350b.- Arenas con cantos dispersos.
350a.- Conglomerados, areniscas, arenas, arcillas, margas y calcarenitas.
322c.- Calizas lacustres.
322b.-Conglomerados con matriz arenosa y abundantes restos de conchas.
322a.- Arenas y limos.
321g.- Margas, areniscas y arenas.
321f.- Margas silíceas con esqueletos de radiolarios. Moronitas-Albarizas.
321e.- Calcarenitas y biocalcarenitas.
321d.- Margas arenosas, areniscas margosas y calcarenitas bioclásticas.
321c.- Arcillas con intercalaciones de areniscas.
321b.- Arcillas versicolores con intercalaciones de limolitas, argilitas y areniscas.
321a.- Areniscas silíceas con intercalaciones de arcillas y limolitas.
313e.- Margas y arcillas rojas.
313d.- Margas y areniscas micáceas.
313c.- Arcillas, margas, calcarenitas y biomicritas.
313b.- Arcillas y areniscas micáceas.
313a.- Calcarenitas, calizas bioclásticas y arcillas.
312a.- Margas, arcillas, margocalizas, calizas bioclásticas y calizas arenosas.
311.- Calizas, margas y arcillas.
300.- Margas, calizas, arcillas y calcarenitas.
232.- Margas y margocalizas.
230.- Arcillas versicolores, areniscas, limolitas, bloques de arenisca y de calcarenita.
221.- Calizas y dolomías.
213c.- Ofitas.
213b.- Dolomías y calizas dolomíticas.
213a.- Yesos, margas yesíferas, arcillas, con intercalaciones de areniscas.

Figura 2.5. Columna estratigráfica general del Tramo

La Zona Subbética constituye el basamento de todo el Tramo estudiado, aunque sólo aflora de una forma continua en la mitad noroccidental. En el resto del Tramo la Zona Subbética se encuentra recubierta por los cabalgamientos y escamas del Complejo del Campo de Gibraltar.

La diferenciación de estas unidades ha sido producida durante la Orogenia Alpina, la cual se manifiesta en cuatro fases sucesivas de deformación.

La primera fase produce el acortamiento tangencial de la Plataforma Subbética. Se producen cabalgamientos de placas de corteza, a favor de dos niveles de despegue: uno en los materiales arcillo-salinos del Trías y otro en terrenos margosos del Cretácico medio. Estos cabalgamientos tienen dirección Este-Oeste y vergencia Norte. El apilamiento de estos mantos produce sobrecargas en el Trías basal y origina movimientos halocinéticos, que deforman nuevamente las estructuras anteriores.

La segunda fase es la principal y también produce el acortamiento lateral de la corteza. En esta etapa se origina el cabalgamiento del Complejo del Campo de Gibraltar sobre la Plataforma Subbética. Se trata de un emplazamiento complejo formado por la superposición de tres unidades principales: *Lámina del Aljibe, Complejo Tectosedimentario y Lámina de Algeciras*, que procedentes del Este se van apilando sucesivamente y forman una característica tectónica de escamas. Estas escamas tienen unas directrices generales N-S y vergencia Oeste. De la misma forma que ocurría durante la primera fase de deformación, el apilamiento de las distintas láminas o mantos provoca en el substrato arcillo-salino triásico movimientos halocinéticos. Estos movimientos diapíricos son especialmente eficaces en las zonas de borde de los mantos, a los que rompe por medio de grandes deslizamientos gravitacionales y transporta las unidades desgajadas hacia el exterior de la cadena. Por medio de este mecanismo se genera el Complejo Olistostrómico, que recubre algunas zonas de la Cuenca del Guadalquivir.

La tercera fase, de menor importancia que la anterior, produce también un acortamiento tangencial, pero de sentido contrario. Se producen cabalgamientos de vergencia Este y se invierten accidentes tectónicos anteriores. Por este motivo recibe el nombre de *Fase de retrocabalgamientos*.

La cuarta fase produce, en un primer estadio, una tectónica de acortamiento que reactiva antiguos accidentes.

2.6. SISMICIDAD

La Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-94 (B.O.E. de 8 de Febrero de 1995, núm. 33), sustituye a la anterior Norma Sismorresistente P.D.S.-1 de 1974. Establece la siguiente clasificación de las construcciones (Aptdo. 1.2.2):

1) De moderada importancia
2) De normal importancia
3) De especial importancia

La nueva Norma incorpora el concepto de *aceleración sísmica básica*, a_b, como un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un período de retorno de quinientos años. La distribución de los distintos valores de este parámetro por el territorio nacional establece el Mapa de Peligrosidad Sísmica de la Figura 2.6. Este Mapa suministra, para cada punto del territorio, y expresada en relación al valor de la gravedad, la aceleración sísmica básica, así como los valores del coeficiente de contribución, K (definido en la Norma NCSE-94, apartado 2.3).

El segundo concepto a tener en cuenta para la aplicación de esta Norma Sismorresistente es la *aceleración sísmica de cálculo*, a_c, que se define como el producto:

$$a_c = \Gamma \cdot a_b$$

donde:

a_b: es la aceleración sísmica básica
Γ: es un coeficiente adimensional de riesgo, cuyo valor, en función del período de vida en años, t, para el que se proyecta la construcción, puede ser de 1 (para $t \geq 50$ años, en construcciones de normal importancia) o de 1,30 (para $t \geq 100$ años, en construcciones de especial importancia).

APARTADO DEROGADO

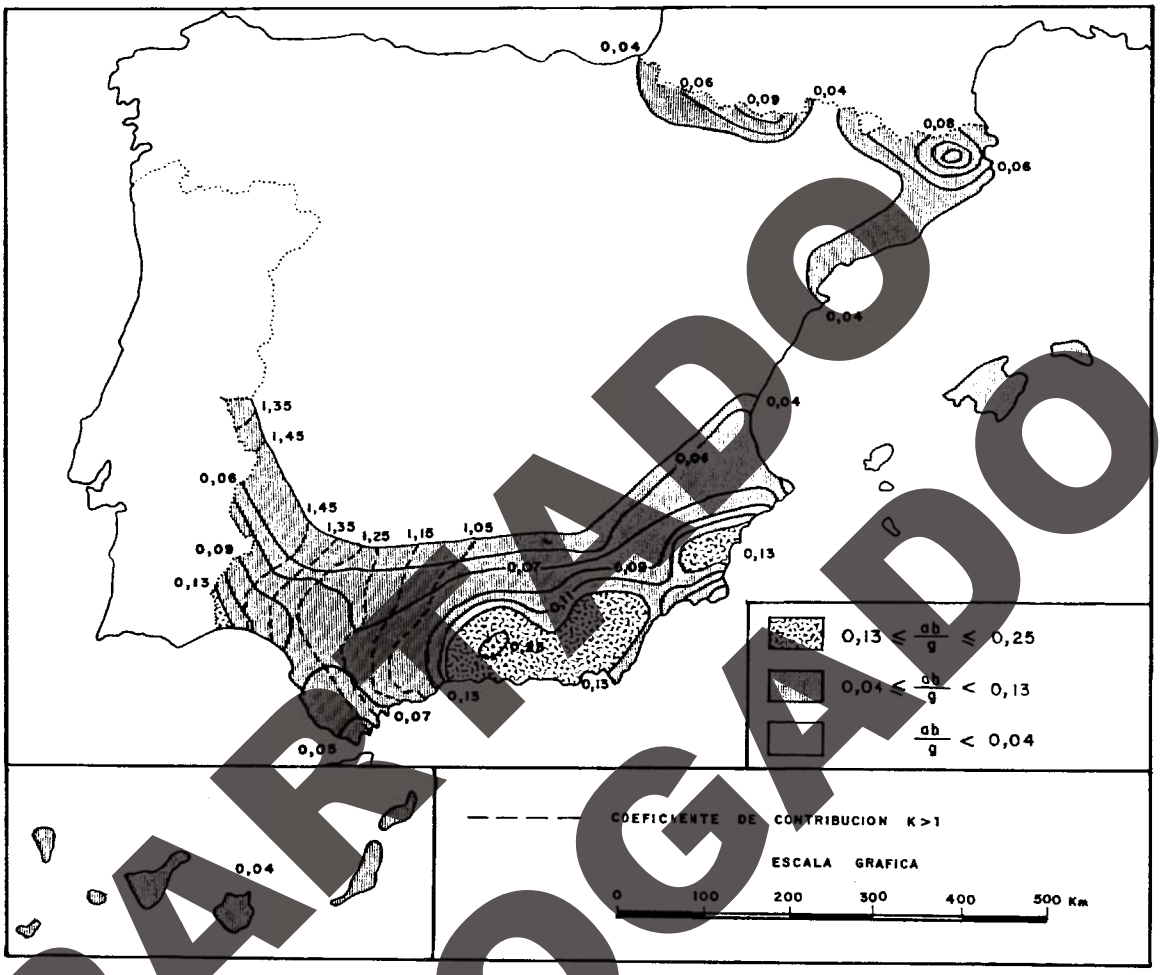


Figura 2.6. Mapa de Peligrosidad Sísmica de la Península Ibérica.

De acuerdo con esta Norma, y según su epígrafe 1.2.3 no es obligatoria la aplicación de la misma:

- En las construcciones de moderada importancia.
- En las demás construcciones cuando la aceleración sísmica de cálculo a_c sea inferior a 0,06g, siendo g la aceleración de la gravedad.

Si la aceleración sísmica de cálculo es superior a 0,08 g no se utilizarán estructuras de mampostería en seco en las edificaciones de normal o de especial importancia.

Si la aceleración sísmica de cálculo es igual o mayor a 0,08 g e inferior a 0,12 g, las edificaciones de fábricas de ladrillo, bloques de mortero o similares poseerán un máximo de cuatro alturas, y si dicha aceleración sísmica de cálculo es igual o superior a 0,12 g un máximo de dos.

APARTADO DEROGADO

La aplicación de esta Norma debe hacerse calculando la estructura para la acción sísmica definida en los capítulos 2 y 3 y respetando las prescripciones constructivas indicadas en el capítulo 4.

La Tabla 1 ofrece la relación de los valores de la aceleración sísmica básica, a_b, y del coeficiente de contribución, k, de los distintos municipios presentes o cercanos al Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios.

TABLA 1

Municipio	ab	K
Alcalá de los Gazules	0,05	1,4
Los Barrios	0,04	1,3
Benalup de Sidonia	0,05	1,4
La línea de la Concepción	0,04	1,3
Medina Sidonia	0,05	1,4
Paterna de Rivera	0,05	1,4
Puerto Real	0,06	1,4
Puerto de Santa María	0,07	1,4
San Roque	0,04	1,3

APARTADO DEROGADO

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

Como método para acometer la tarea de la descripción de las formaciones geológicas existentes en el Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios, se realiza una división de éste en Zonas, que se definen en función de la geomorfología. Se obtiene así una caracterización del Tramo en función del relieve, la cual significa normalmente la separación de formaciones geológicas de distinta edad. Con este método se pretende simplificar geológicamente el Tramo lo mejor posible.

En la Figura 3.1 se encuentra representada la distribución de las distintas Zonas en que ha sido dividido el Tramo de estudio. Son las siguientes:

Zona 1: de relieve llano y alomado.

Zona 2: de serranía.

3.2. ZONA 1: RELIEVE LLANO Y ALOMADO

La Zona 1 caracteriza el sector occidental del Tramo y algún área central y oriental del mismo. Aparece en la totalidad de los cuadrantes 2, 3 y 4 de la Hoja 1062; en la mayor parte del cuadrante 1 de la Hoja 1069; en las esquinas noroccidental y suroriental del cuadrante 4 de la Hoja 1070; en el tercio central del cuadrante 3, así como en el extremo noroeste del cuadrante 2, de la Hoja 1070. También aparecen superficies pertenecientes a esta Zona en la esquina suroccidental y en la suroriental del cuadrante 3 de la Hoja 1074. Está última tiene su continuación en el sector central del cuadrante 2 de la Hoja 1075. La distribución de la Zona 1 queda de manifiesto en el esquema correspondiente a la Figura 3.2.

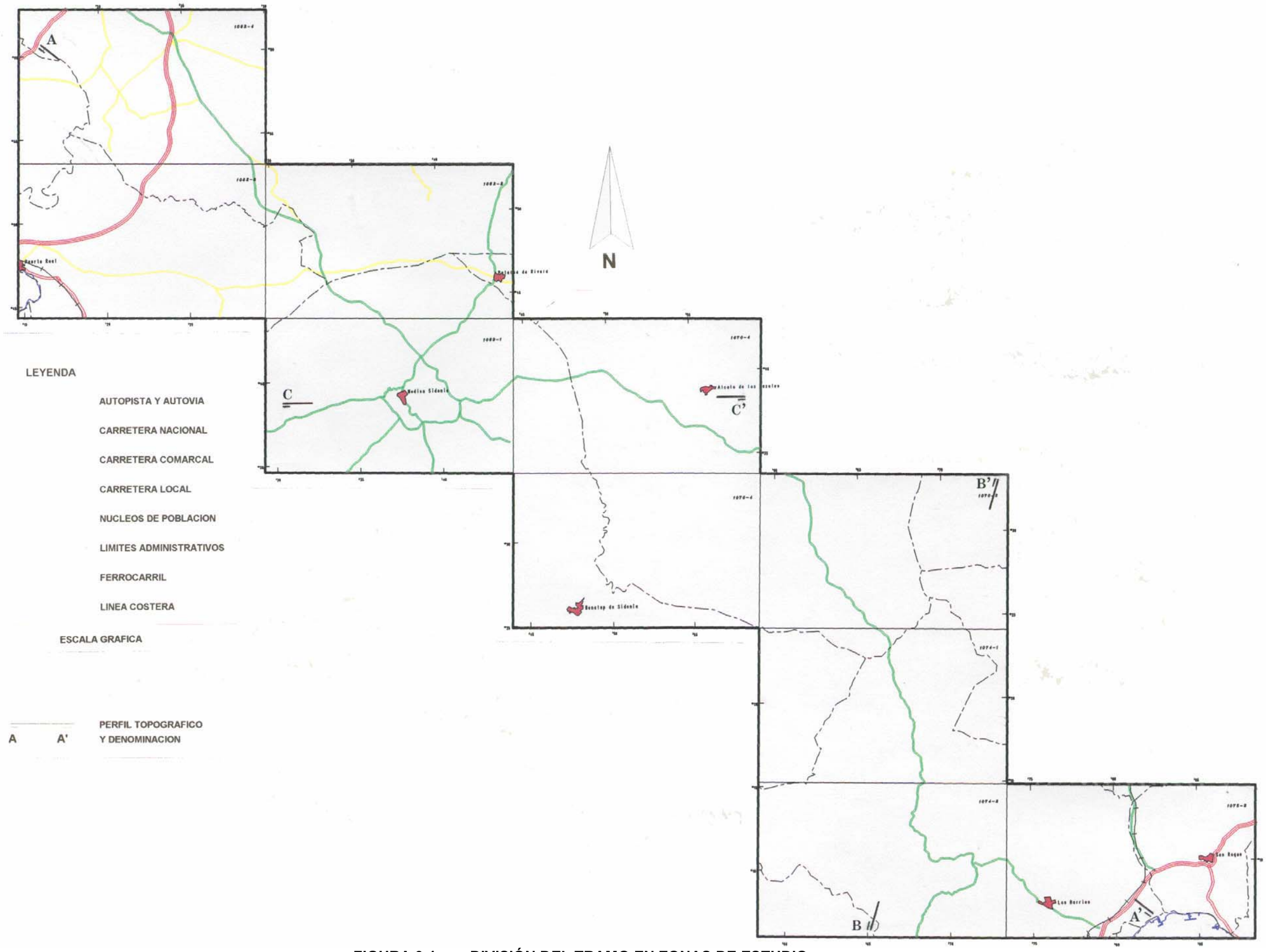


FIGURA 3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO.

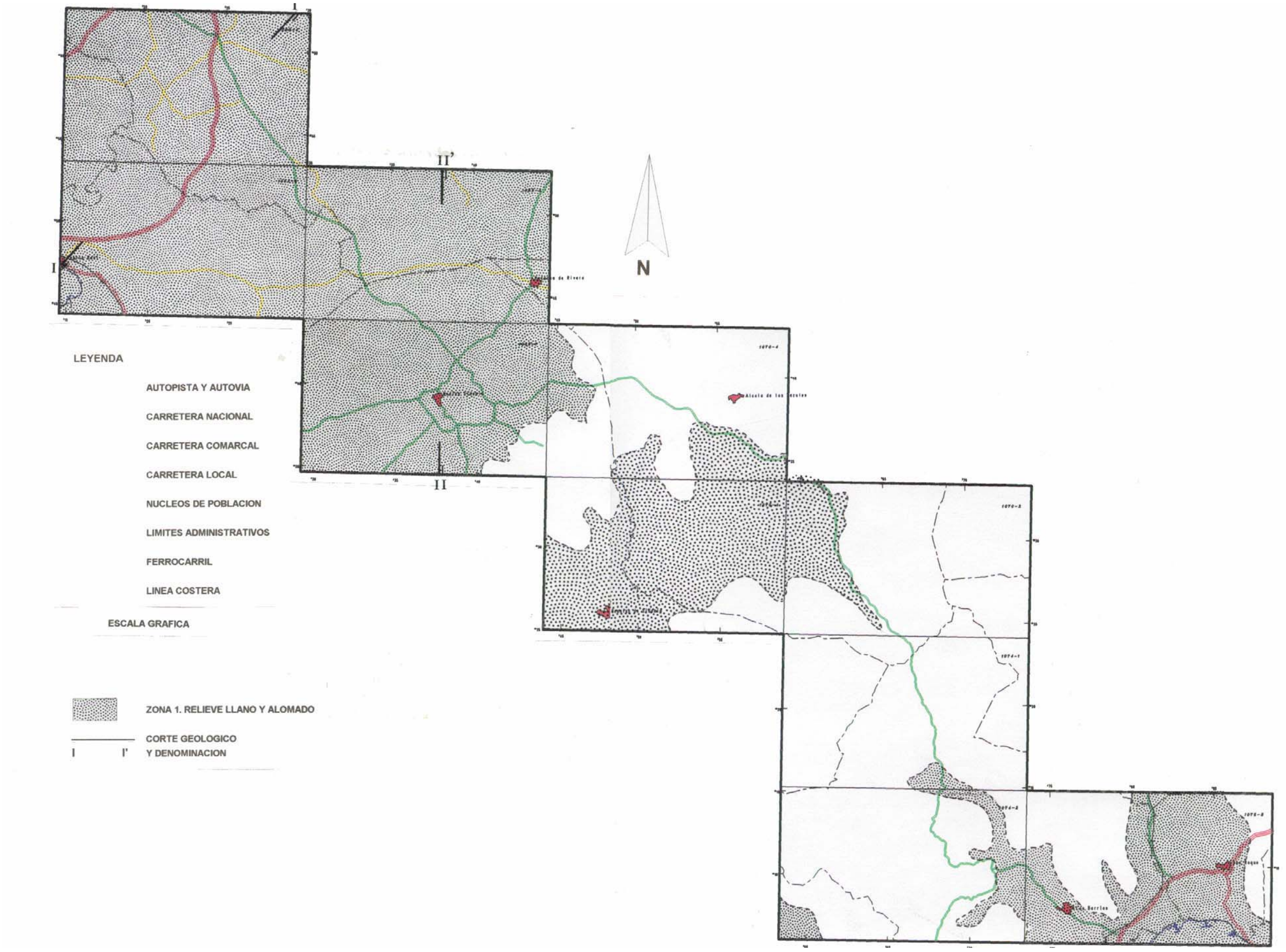


FIGURA 3.2. ESQUEMA DE SITUACIÓN DE LA ZONA 1 Y DE DOS CORTES GEOLÓGICOS REALIZADOS EN ELLA

FIG

3.2.1. Geomorfología

Los rasgos morfológicos de la Zona 1 son el resultado de la acción de sistemas morfogenéticos variados (fluvial, marino, marisma, gravedad, etc.) sobre unas formaciones geológicas de naturaleza generalmente blanda, y afectadas, en la mayoría de los casos, por una tectónica compleja.

La Zona 1 se caracteriza, en general, por estar constituida, en su mayor parte, por un relieve suave, compuesto por elevaciones, de cimas redondeadas, de escasa diferencia de cota y de pendientes muy moderadas, separadas por extensos valles de fondo plano y por amplias vaguadas. Por el contrario, las zonas costeras, o próximas al litoral, se caracterizan por presentar un relieve totalmente llano, apenas seccionado por los cursos principales de agua.

Las elevaciones de la Zona 1 responden a tres tipos básicos, que se producen en función del tipo de roca o de material sobre el que están talladas.

En primer lugar, destacan por su extensión en esta Zona, los relieves desarrollados sobre los materiales arcillo-salinos del Trías. La orografía en este caso, aunque de escasa entidad, es agreste; está formada por un buen número de cerros y cerrillos, separados por vaguadas angostas y de escaso recorrido que, en muchas ocasiones, toman el aspecto de cárcavas. Las laderas de estos relieves pueden ser homogéneas, cuando se hallan regularizadas; lobuladas, como consecuencia de antiguos deslizamientos; y con un aspecto rugoso y ruiniforme, cuando afloran en ellas niveles replegados de yesos masivos. Además, la presencia esporádica de crestones dolomíticos, que destacan del relieve circundante, por erosión, dando formas amuralladas, y de cerros empinados ofíticos, aumentan el aspecto de aspereza de este territorio triásico. Otro factor que no propicia la suavidad de estos terrenos es la ausencia casi total de labores agrícolas, debido a la alta salinidad de sus suelos, que, normalmente están colonizados por lentiscos (*Pistacia lentiscus*) creciendo entre escasas encinas (*Quercus ilex*).

La Figura 3.3 muestra, parcialmente, un aspecto del relieve desarrollado en los materiales triásicos.



Figura 3.3. *Aspecto de un relieve irregular triásico (213), surcado de frecuentes vaguadas, con afloramientos de yesos masivos (Qy), y un crestón de dolomías (213b) coronando uno de los cerros (Hoja 1070-4).*

En segundo lugar, destacan, también por su gran abundancia en esta Zona 1, las elevaciones de morfología alomada, producidas sobre materiales arcillo-margosos con intercalaciones calcáreas, tan característicos de esta Zona. Se trata de montes y colinas, de laderas generalmente regularizadas, con pendientes muy suaves y surcadas, casi regularmente, por pequeñas vaguadas. Las cimas de estos cerros carecen de agudez y, al unirse entre sí, se generan asociaciones morfológicas, alineadas según las directrices estructurales, que funcionan como interfluvios de vertientes redondeadas, separados por extensos valles de fondo plano y amplias vaguadas. En muchas ocasiones estos interfluvios se encuentran formando cubetas de carácter endorreico. Hay que señalar también que sobre este relieve se ha venido desarrollando, históricamente, la mayor parte de las labores agrícolas de la región, que han ido ejerciendo una abrasión mecánica en los niveles rocosos más resistentes y, por lo tanto, una homogeneización y suavización de la morfología.

La Figura 3.4 muestra un aspecto general de un relieve alomado característico en la Zona 1.

En tercer lugar, existe otro tipo de elevaciones que, aunque no muy abundantes, son muy características dentro de esta Zona 1. Se trata de los relieves desarrollados sobre la formación de calcarenitas (grupo 321e). Son unos cerros formados a expensas de materiales con estructura horizontal. Tienen grandes dimensiones y cima plana, más o menos degradada por la erosión, y sus bordes se presentan en forma de escarpes verticalizados, debido a la presencia de los gruesos paquetes rocosos. Por debajo de estos escarpes la pendiente se suaviza, como consecuencia de la menor competencia de las formaciones margosas subyacentes. Estos bordes acantilados son muy susceptibles de degradación, y es muy frecuente encontrar bloques rocosos, de dimensiones ciclópeas, caídos y acumulados al pie del relieve. Estas elevaciones características, que han sido labradas por la erosión del relieve adyacente, forman los típicos "cerros testigo", en los que pueden observarse los restos de algunas formaciones que recubrían el resto del territorio. Las localidades de Medina-Sidonia y Benalup de Sidonia se encuentran en la culminación de unos de estos relieves.

La red de drenaje característica de la Zona 1 tiene dos aspectos básicos. En primer lugar, los ríos principales, que se hallan ya en su curso bajo, tienen un marcado carácter meandriforme y han generado, en su divagar progresivo, extensas llanuras de inundación, que constituyen el fondo plano de los valles.



Figura 3.4. Asociaciones de relieves alomados de un sector de la Zona 1, limitando un amplio valle de fondo plano (Hoja 1062-2).

Un buen ejemplo de esta característica es el formado por el río Guadalete, a su paso por el sector noroccidental del Tramo, como puede apreciarse en la Figura 3.5.



Figura 3.5. Llanura de inundación del río Guadalete a su paso por la cortijada de Lomopardo (Hoja 1062-4). Puede observarse la gran amplitud del valle formado por el río. Al fondo los relieves triásicos y cretácicos que limitan dicho valle.

El segundo aspecto de la red de drenaje es el formado por la red secundaria. Esta se desarrolla en general de forma dendrítica, formando una estructura arborescente, en la que los cursos de agua tributarios se unen a la corriente principal con ángulos agudos. Este tipo de red, que no manifiesta un control estructural, puede estar localmente modificada por elementos tectónicos y pasar a ser una red de tipo angulado. La densidad de la red o textura (proximidad entre sí de las líneas de drenaje), que depende de la permeabilidad de los materiales por la que discurre, es fina en los materiales arcillo-salinos del Trías, media en las litologías margo-calcáreas y gruesa en las formaciones de naturaleza detrítica. La Figura 3.6 muestra un esquema de los tres tipos de textura en la red de drenaje.

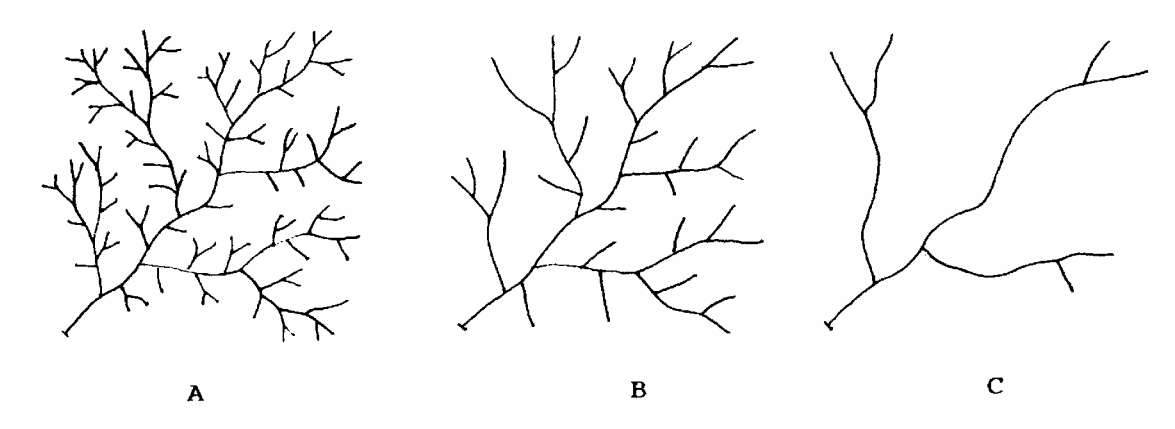


Figura 3.6. Tipos básicos de red de drenaje, en función de su textura. A: Cuenca de textura fina; B: Cuencas de textura media y C: Cuencas de textura gruesa.

Los ríos que constituyen la red de drenaje principal del sector estudiado desembocan en el Océano Atlántico (Guadalete y Barbate) y en el Mar Mediterráneo (Palmones y Guadarranque). Dentro del Tramo estudiado se hallan las desembocaduras de los ríos Guadalete, Palmones y Guadarranque, siendo la del primero morfológicamente diferente a la de los segundos.

El río Guadalete, que presenta un valle muy amplio, cuyo fondo plano está constituido por una extensa llanura de inundación, llega a una costa atlántica, escasamente accidentada y baja, influenciada por las mareas, en la que se desarrollan extensas zonas de marisma, recorridas por canales artificiales, que han sido construidos históricamente para el aprovechamiento de la sal marina, por evaporación. La Figura 3.7 muestra un aspecto parcial de una de estas zonas de marisma, que caracterizan un sector del ángulo suroccidental del Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios.



Figura 3.7. Vista parcial de la marisma que forma parte del Parque Natural de la Bahía de Cádiz, en las proximidades de la localidad de Puerto Real (Hoja 1062-3).

Los ríos Palmones y Guadarranque desembocan en una costa mediterránea (Bahía de Algeciras) que, aunque relativamente accidentada por una cierta proximidad de las Sierras que conforman el Complejo del Campo de Gibraltar (Zona 2), ha sido suavizada mediante la erosión ejercida por dichos ríos, así como por la deposición de los sedimentos transportados por ellos desde las Sierras Béticas.

Por último señalar que todos los relieves descritos, que caracterizan la Zona 1 del Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios, están afectados, además de la erosión ejercida por los ríos, por una remodelación química (formación de suelos residuales por la alteración del substrato rocoso) y física. Esta última puede realizarse mediante deslizamientos de materiales alterados previamente o reblandecidos por la humedad, causando el deslizamiento de las laderas en donde se encuentran, o mediante el desprendimiento y la caída de bloques y otros elementos de la formación afectada. En ambos casos, las pendientes morfológicas originales se van degradando, con lo que el relieve evoluciona hacia una suavización progresiva.

3.2.2. Tectónica

La Zona 1, de relieve llano y alomado, corresponde básicamente con el sector subbético, por lo que sus características estructurales están determinadas por las de ésta unidad geotectónica.

Las características tectónicas generales del Subbético, en el área que nos ocupa, han estado producidas por dos hechos principales: En primer lugar, un acortamiento general de la corteza en sentido N-S, y, en segundo lugar, la alta plasticidad y el gran espesor de los materiales del Trías, que forman la base de la Plataforma Subbética.

Durante el Mioceno inferior (final del Aquitaniense) se produce una importante fase de tectónica tangencial, con empujes hacia el Norte. Esta deformación origina un plegamiento, así como la acumulación de tensiones, en los materiales de la serie Subbética, y especialmente en los triásicos. Estos, debido a su gran plasticidad y escasa resistencia, se independizan de su basamento y generan el denominado "*primer nivel de despegue*". A favor de esta superficie se produce el desplazamiento de la cobertera Subbética hacia el Norte o Noroeste. Sincrónicos a este desplazamiento hacia el Norte, y generados para estabilizar las tensiones ejercidas en los materiales más competentes, aparecen otras superficies que independizan bloques dentro de la serie Subbética. Estas superficies constituyen lo que se ha denominado como "*segundo nivel de despegue*" y se originan a favor de los materiales incompetentes, margo-arcillosos, del tránsito Cretácico inferior-Cretácico superior, concretamente entre el Aptiense y el Cenomanense. El resultado estructural de este proceso de deformación es la presencia de una sucesión, en primer lugar de pliegues, y, posteriormente, de cabalgamientos, de dirección general Este-Oeste, y vergentes al Norte. Los cabalgamientos están formados por retazos, más o menos individualizados, de la cobertera Subbética plegada que, con geometría de "*placas*", flotan, unas veces, sobre los materiales triásicos (*primer nivel de despegue*), y otras, sobre las margas arcillosas cretácicas (*segundo nivel de despegue*).

El apilamiento de las series subbéticas suprayacentes, por medio de los cabalgamientos descritos, y otros que se producen sincrónicamente a ellos en territorios más orientales (cabalgamientos del Complejo del Campo de Gibraltar), induce una sobrecarga en los materiales plásticos básales, originándose el comportamiento diapírico de los mismos. Mediante este efecto de sobrecarga, se producen importantes movimientos halocinéticos de masas triásicas, así como extrusiones laterales de las mismas. El resultado estructural de esta migración salina, es la presencia en la zona de cabalgamientos y recubrimientos de los materiales del Trías sobre otras formaciones estratigráficamente más altas. Además, fragmentos de la cobertera desmembrada, consecuencia de esta halocinesis, junto con los materiales triásicos infrayacentes, deslizaron de forma caótica hacia el Valle del Guadalquivir, durante el Mioceno superior (Tortoniense), formando parte del Complejo Olistostrómico que invadió buena parte de esta depresión.

La Figura 3.8 corresponde a dos cortes geológicos esquemáticos realizados en esta Zona 1, que muestran unos aspectos de las características tectónicas y morfológicas de la misma.

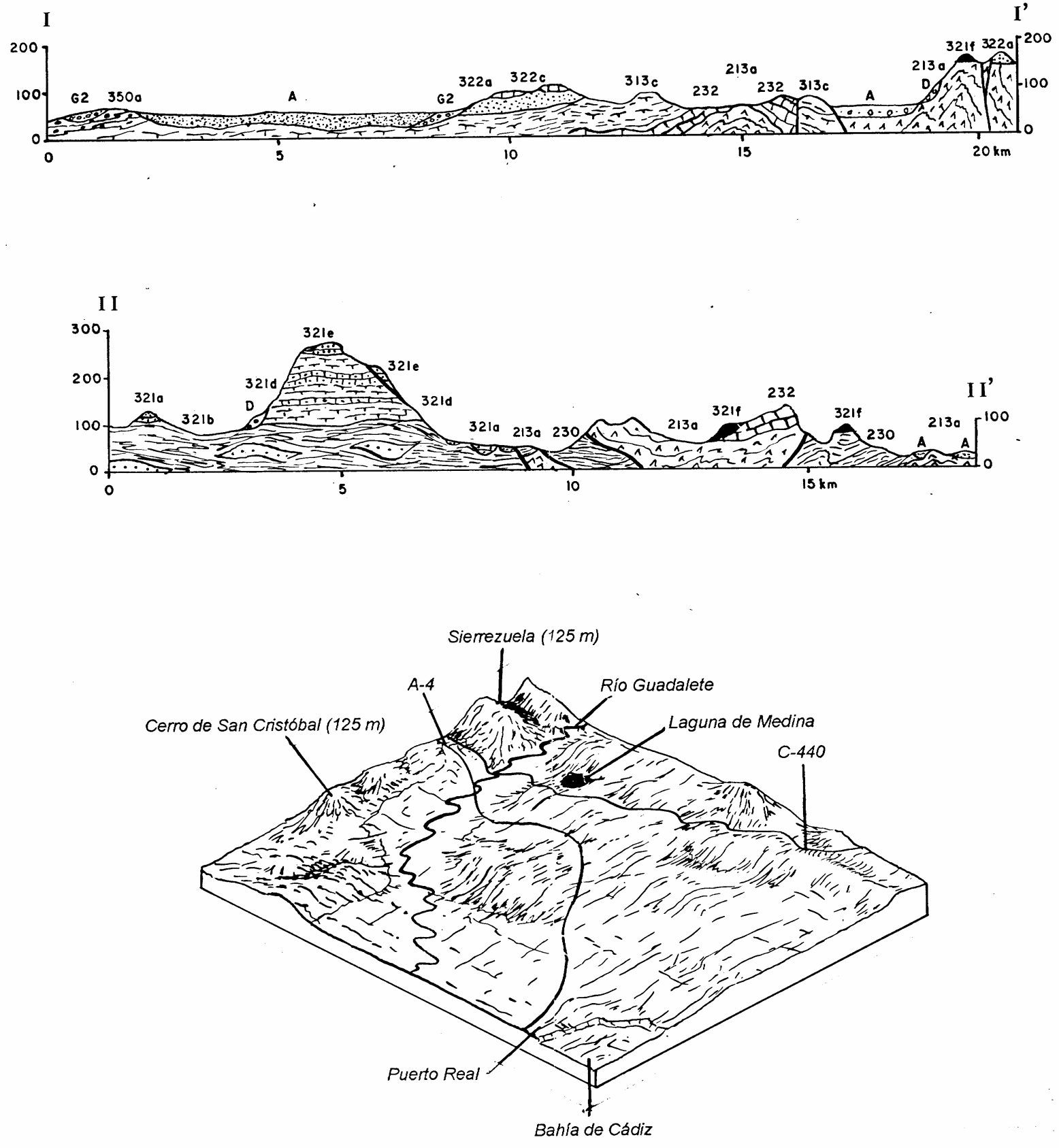


FIGURA 3.8 CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS Y BLOQUE DIAGRAMA, REALIZADOS EN LA ZONA 1.

3.2.3. Columna estratigráfica

Los diferentes grupos litológicos que se han diferenciado en la Zona 1 se reseñan en la columna estratigráfica que se muestra en la Figura 3.9

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	ALUVIAL GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS		A	
	ELUVIAL ARENAS, ARCILLAS Y ARCILLAS YESIFERAS		V	
	CONOS DE DEYECCION Y ABANICOS ALUVIALES GRAVAS CON MATRIZ ARENO-ARCILLOSA		D	GT-11
	GLACIS ARENAS Y ARCILLAS CON CANTOS		G1	
	GLACIS GRAVAS CUARCITICAS Y ARENAS ARCILLOSAS		G2	
	MARISMA ARCILLAS Y LIMOS FANGOSOS		M	GT-10
	PLAYA ARENAS		R	GT-11
	DESLIZAMIENTOS DE LADERA Y DESPRENDIMIENTOS BLOQUES, BOLOS, CANTOS Y ARENAS ARCILLOSAS		C1	GT-12
	COLUVIAL CANTOS, BOLOS Y BLOQUES CON MATRIZ ARENO-ARCILLOSA		C2	
	ARENAS CON CANTOS DISPERSOS		350b	GT-7
	ARENAS, ARCILLAS, MARGAS Y CALCARENITAS	PLIO-CUATERNARIO	350a	GT-4
	CALIZAS LACUSTRES		322c	GT-8
	CONGLOMERADOS CON MATRIZ ARENOSA Y ABUNDANTES RESTOS DE CONCHAS	PLIOCENO	322b	GT-6
	ARENAS Y LIMOS		322a	GT-7
	MARGAS, ARENISCAS Y ARENAS		321g	
	MARGAS SILICEAS CON RADIOLARIOS. MORONITAS		321f	GT-4
	CALCARENITAS Y BIOCALCARENITAS		321e	GT-5
	MARGAS ARENOSAS, ARENISCAS MARGOSAS Y CALCARENITAS	MIOCENO	321d	GT-4
	ARCILLAS VERSICOLORES CON INTERCALACIONES DE LIMOLITAS, ARGILITAS Y ARENISCAS		321b	GT-2
	ARENISCAS SILICEAS CON INTERCALACIONES DE ARCILLAS Y LIMOLITAS		321a	GT-3
	ARCILLAS, MARGAS Y CALCARENITAS		313c	GT-4
	ARCILLAS Y ARENISCAS MICACEAS	OLIGOCENO	313b	GT-2
	CALCARENITAS, CALIZAS BIOCLASTICAS Y ARCILLAS		313a	
	MARGAS, ARCILLAS, MARGOCALIZAS, CALIZAS BIOCLASTICAS Y CALIZAS ARENOSAS	EOCENO	312a	
	CALIZAS, MARGAS Y ARCILLAS	PALEOCENO	311	GT-4
	MARGAS, CALIZAS, ARCILLAS Y CALCARENITAS	TERCIARIO INDIFERENCIADO	300	
	MARGAS Y MARGOCALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	232	
	ARCILLAS VERSICOLORES, ARENISCAS, LIMOLITAS, BLOQUES DE ARENISCA Y DE CALCARENITA	CRETACICO INDIFERENCIADO	230	GT-2
	CALIZAS Y DOLOMIAS	JURASICO. LIAS	221	GT-8
	YESOS, MARGAS YESIFERAS Y ARCILLAS		213a	GT-1
	DOLOMIAS Y CALIZAS DOLOMITICAS	TRIASICO	213b	GT-8
	OFITAS		213c	GT-9

Figura 3.9. Columna estratigráfica de la Zona 1

3.2.4. Grupos litológicos

Las formaciones geológicas o "grupos litológicos" que se han diferenciado en esta Zona 1 son los siguientes:

ALUVIAL. GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, (A).

- Litología

  A esta formación pertenecen los depósitos de las terrazas, llanuras de inundación y de los cauces actuales de los ríos. Dichos depósitos están compuestos por una gran variedad de elementos detríticos, y se dan desde limos arcillosos hasta elementos de tamaño bolo.

  Los cauces de los ríos principales están formados por barras de gravas, redondeadas a subredondeadas, heterométricas y heteromorfas, de cuarcita, caliza, arenisca y ofita, con matriz arenosa, de grano medio a grueso (Figura 3.10).



Figura 3.10. Aspecto de detalle de las gravas del cauce del río Barbate, a su paso por las proximidades de la localidad de Alcalá de los Gazules (Hoja 1070-4).

Los cauces de la red secundaria se encuentran rellenos por depósitos de fondo de vaguada, que están constituidos por limos arenosos con cantos dispersos de arenisca, caliza, cuarcita y ofita, siendo frecuentes los lentejones de arcillas (Figura 3.11).



Figura 3.11. Aspecto de detalle de los depósitos de fondo de vaguada, que caracterizan los aluviales de la red secundaria. Proximidades de la localidad de Medina-Sidonia (Hoja 1069-1).

Los depósitos de la llanura de inundación, que corresponde a la terraza más baja, son de naturaleza limo-arenosa con cantos dispersos de arenisca y, en menor medida, de caliza, cuarcita y ofita. La superficie de estas llanuras de inundación están recubiertas por un nivel limo-arcilloso, que corresponde a la deposición de los episodios sedimentarios más recientes.

Las terrazas están compuestas por arenas, gravas y bolos, con escaso contenido en finos. Puede existir cementación y pasar a ser conglomerados heterométricos, de matriz arenosa y cemento carbonatado (Figura 3.12).



Figura 3.12. Detalle de un nivel conglomerático perteneciente a la terraza del río del Alamo, a su paso por las proximidades de la localidad de Benalup de Sidonia (Hoja 1070-3).

- Estructura

  Los depósitos aluviales tienen una estructura subhorizontal, con una cierta inclinación hacia el cauce y hacia aguas abajo, y una disposición lenticular, como consecuencia de su sedimentación en barras. La potencia es superior a 2 m.

- Geotecnia

  Son materiales erosionables, fácilmente excavables y con capacidad portante media o baja. Se caracterizan por tener una permeabilidad alta, que puede dar lugar a la aparición de niveles freáticos elevados y que están relacionados con el nivel estacional de los ríos. El terreno formado por estos depósitos aluviales es local y temporalmente inundable y, especialmente la superficie de las llanuras de inundación, encharcable.

  Es una formación útil como yacimiento granular y de materiales de préstamos, aunque son escasas las explotaciones de gravas en el ámbito del Tramo.

  No han sido observados taludes de interés, pero dado su carácter desagregado, las excavaciones que se realicen en estos materiales no admitirán taludes muy inclinados.

ELUVIAL. ARENAS, ARCILLAS Y ARCILLAS YESIFERAS, (V).

- Litología

Se trata de un grupo litológico de composición variable, dependiendo del tipo de substrato sobre el que se desarrollan.

Existen suelos residuales formados a expensas de los materiales arenosos del Plioceno (grupo 322a). Se trata de arenas de grano fino a medio, con una matriz limo-arcillosa que les confiere una tonalidad rojiza, que es consecuencia de la alteración de los minerales micáceos a arcillas y a la oxidación de estas. La Figura 3.13 muestra el aspecto de estas arenas.



Figura 3.13. Suelo residual arenoso desarrollado sobre formaciones de arenas del grupo (322a). Proximidades de la localidad de San Roque (Hoja 1075-3).

Sobre las formaciones de composición margosa y carbonatada se desarrollan suelos arcillosos, que son debidos a la descalcificación de las calizas y margas. Están formados por arcillas rojizas y grisáceas, carbonatadas, plásticas y con algunas proporciones de restos de rocas sin alterar. La Figura 3.14 corresponde a un detalle de este tipo de suelo.



Figura 3.14. Arcillas de descalcificación formando un suelo residual sobre formaciones carbonatadas. Proximidades del p.k. 24 de la carretera C-440 (Hoja 1062-2).

La alteración de los materiales arcillo-salinos del Trías produce el tercer tipo de suelo residual considerado. Se trata de arcillas rojas, plásticas y con un alto contenido en sulfatos, procedentes del cemento yesífero y de la disolución de los paquetes de yesos masivos (Figura 3.15).

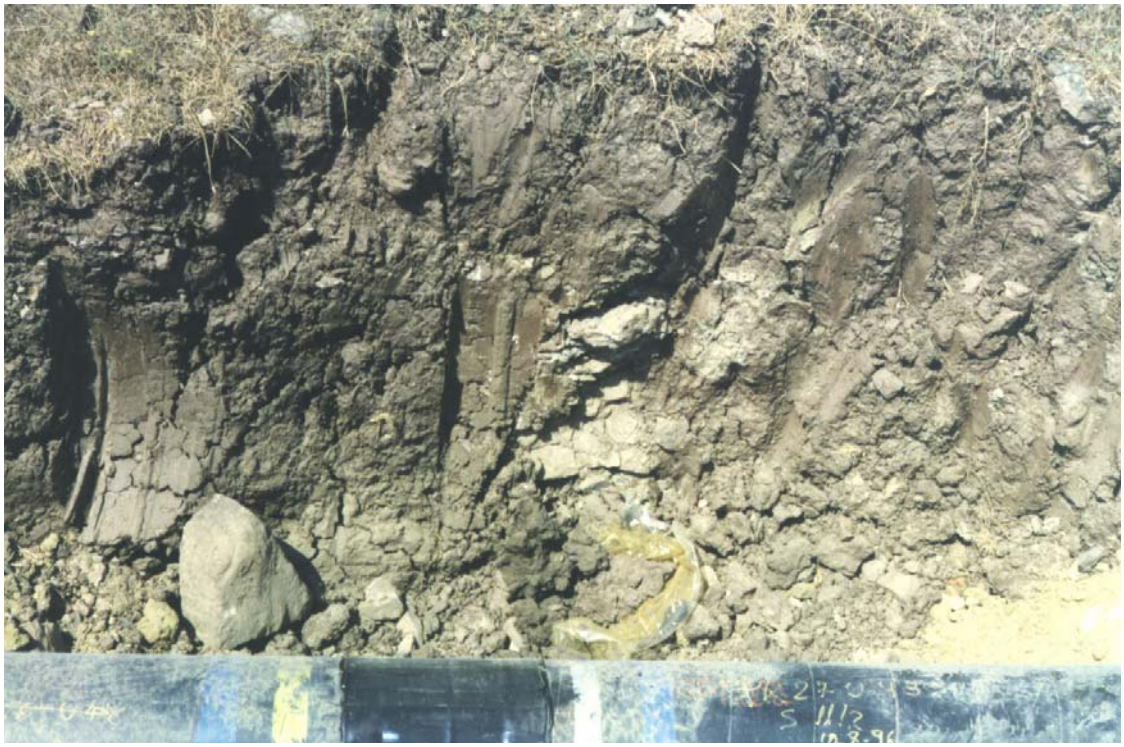


Figura 3.15. Aspecto de detalle de las arcillas eluviales desarrolladas sobre el grupo (213a). Proximidades del p.k. 1,5 de la carretera local C-440-Paterna de Ribera (Hoja 1062-2).

- Estructura

  Como consecuencia de su génesis, este grupo se presenta con estructura masiva y se dispone, irregularmente, en horizontes sobre las formaciones sobre las que se desarrolla. Los mayores espesores de estos suelos se dan en las zonas de menor gradiente topográfico que se hallan frecuentemente saturadas de agua. La potencia es muy variable y oscila entre 1 y 4 m.

- Geotecnia

  Se trata de materiales fácilmente excavables que tienen una capacidad portante baja y pueden dar lugar a la aparición de asientos de magnitudes altas. Los suelos arenosos son muy erosionables y los arcillosos alterables, tanto por hidratación como por disolución, especialmente los que tienen cemento yesífero. Además éstos últimos son agresivos a los hormigones normales.

  La permeabilidad de los suelos arenosos es alta y no se producen encharcamientos en sus superficies, ya que el material tiene la suficiente capacidad de infiltración para que el drenaje profundo funcione adecuadamente. Por el contrario, los suelos arcillosos tienen permeabilidades bajas, por lo que el drenaje profundo es deficiente. En este ca-

so son frecuentes los encharcamientos, que actúan negativamente sobre los materiales, reblandeciéndolos.

No existen taludes artificiales en esta formación superficial.

CONOS DE DEYECCION Y ABANICOS ALUVIALES. GRAVAS CON MATRIZ ARENO-ARCILLOSA, (D).

Este grupo se encuentra descrito en la Zona 2 (pag. 108), al ser más característico de la misma.

GLACIS. ARENAS Y ARCILLAS CON CANTOS, (G1).

- Litología

  Esta formación aparece adosada al pie de algunos relieves de la Zona, desarrollados sobre formaciones de naturaleza arcillosa o margosa. Se trata de un glacis de acumulación constituido por limos y arcillas, con una cierta proporción de arenas medias y gruesas, así como una escasa proporción de cantos de arenisca y de limolitas, procedentes de las intercalaciones de estas rocas entre las arcillas.

- Estructura

  Son acumulaciones masivas y sin ordenamiento interno, que forman amplias superficies llanas, o ligeramente convexas, inclinadas del orden de 10° desde las laderas de los relieves hacia el valle o vaguada. La potencia de esta formación está comprendida entre 6 m y 10 m. La Figura 3.16 muestra el aspecto de la disposición de esta formación superficial.

- Geotecnia

  Es una formación ripable, erosionable, y con capacidad portante media-baja.

  La permeabilidad es media y el drenaje profundo moderado. La escorrentía discurre con normalidad, ya que las superficies formadas por este glacis tienen las pendientes suficientes para ello.

  Existen taludes artificiales de alturas bajas que con inclinaciones subverticales son estables. Para alturas medias, y dada la naturaleza arcillosa de la formación se recomiendan diseños de 2H:1V.



Figura 3.16. Aspecto panorámico de un glacis de acumulación (G1), en las proximidades del p.k. 6,5 de la carretera local Alcalá de los Gazules-Paterna de Ribera (Hoja 1070-4).

GLACIS ANTIGUOS. CANTOS DE CUARCITA Y CUARZO, Y ARENAS, (G2).

- Litología

  Estos depósitos corresponden a antiguas formaciones superficiales de glacis de acumulación. Se encuentran en el borde occidental del Tramo, en donde se extienden bordeando la bahía de Cádiz. Están constituidos por gravas cuarcíticas empastadas por una matriz arenosa de color rojizo.

  Los cantos de las gravas, fundamentalmente de cuarcita, son heteromorfos y muy heterométricos, dándose desde el tamaño grava hasta el de bloque. Tienen un grado de redondez variable y se encuentran bolos esféricos y otros subredondeados.

  La matriz es arenosa, de grano grueso y microconglomerática, y tiene una cierta proporción de fracción limosa que confiere al conjunto la tonalidad rojiza característica de la formación.

  La Figura 3.17 corresponde a un aspecto de estos depósitos de glacis.



Figura 3.17. Aspecto de detalle de los depósitos de glacis antiguos del grupo G2, en las proximidades de la localidad de Puerto Real (Hoja 1062-3).

- Estructura

  Se trata de acumulaciones caóticas de materiales que se encuentran bordeando la bahía de Cádiz y erosionando materiales más antiguos, por lo que se adaptan a los mismos y forman superficies ligeramente inclinadas hacia el litoral.

  Carecen de ordenamiento interno y no se observa ningún tipo de estratificación, por lo que tienen un aspecto masivo. La potencia de esta formación es del orden de 2-3 m.

- Geotecnia

  Los materiales que componen esta formación se caracterizan por ser erosionables y fácilmente excavables. La capacidad portante es de tipo medio y los asientos a que pueden dar lugar son de la misma magnitud.

  La permeabilidad es generalmente alta y se desarrolla por porosidad intergranular. El drenaje profundo generado es fácil. La escorrentía superficial tiene escaso desarrollo, debido a la alta capacidad de infiltración de los materiales.

  Los taludes artificiales realizados en estos materiales son de alturas bajas, tienen inclinaciones de 45° y muestran caídas permanentes de cantos, así como fenómenos de aterramiento. Lo más adecuado es ir a taludes de 35°, revegetados.

Debido a la naturaleza de esta formación, sus materiales pueden ser empleados para préstamos y en la construcción de terraplenes eliminando los elementos más grandes.

MARISMA. ARCILLAS Y LIMOS FANGOSOS, (M).

- Litología

Este grupo aparece únicamente representado en los extremos del Tramo. Está constituido por arcillas y limos fangosos, de colores verdosos y marrones. En las zonas más próximas al continente los limos son ligeramente arenosos. Estos aportes detríticos más gruesos proceden de la denudación de los relieves limítrofes.

- Estructura

Se trata de depósitos que han rellenado una zona de ensenada bajo unas condiciones tectónicas tranquilas, por lo que tienen una estructura horizontal. El espesor es indeterminado.

- Geotecnia

Son materiales flojos y poco consolidados, caracterizados por tener una escasa resistencia. Esto origina que su capacidad portante sea baja y que se produzcan asientos de magnitudes altas. Además, la zona de marisma en donde aparecen estos suelos se caracteriza por la proximidad del nivel freático a la superficie, así como zonas próximas a la costa inundadas por la marea. Estas características (suelos blandos y nivel freático alto) condicionan la cimentación de estructuras y terraplenes. Aunque no es previsible que ambos elementos sean de grandes dimensiones, dado lo llano del relieve.

En relación a los desmontes hay que señalar que en el área de este Tramo ocupada por estos materiales no ha sido realizado ninguno, y no es previsible la necesidad de ellos, debido a la ausencia total de elevaciones. No obstante, en caso de efectuarse excavaciones, éstas podrán llevarse a cabo con medios mecánicos, pero teniendo en cuenta que el nivel freático es muy superficial y pueden originarse desplomes en las zanjas.

La permeabilidad de estos suelos es baja, dado el carácter limo-arcilloso de los mismos. El drenaje profundo se realiza lentamente, con un gradiente hidráulico muy bajo, que produce un pequeño flujo del agua subterránea hacia el mar. El drenaje superficial es muy deficiente, por lo que la superficie de la marisma se encharca fácilmente ante grandes aportaciones hídricas.

DEPOSITOS DE PLAYA. ARENAS, (R).

- Litología

  Este grupo está representado únicamente por una pequeña zona que ha sido representada en la esquina suroriental del Tramo. Está compuesto por arenas de grano medio y fino de colores claros y amarillentos, ausentes totalmente de fracción arcillosa y con frecuentes acumulaciones de restos rudáceos de conchas.

- Estructura

  Estos materiales se presentan con estratificación horizontal y su disposición interna varía según se trate de la zona intermareal (foreshore) o aquella que está por encima del nivel habitual de las mareas (backshore). En el primer caso las capas de arenas presentan laminación cruzada planar de pequeño ángulo, con un buzamiento constante hacia el mar. Por el contrario, en el segundo caso en el que los materiales están retrabajados además por el viento, aparecen laminaciones paralelas y laminaciones cruzadas de bajo ángulo, orientadas en distintas direcciones. Ocasionalmente también pueden aparecer *ripples* de corriente. La potencia de estos depósitos es indeterminada.

- Geotecnia

  Se trata de materiales totalmente desagregados que tienen una capacidad portante baja, son muy erosionables y fácilmente excavables.

  La permeabilidad, desarrollada por la gran porosidad intergranular, es muy alta, por lo que se origina un drenaje profundo fácil, pero con un bajo gradiente hidráulico, dada la cercanía al mar. La escorrentía superficial no tiene apenas desarrollo, debido a la gran capacidad de infiltración de estos materiales. Los niveles freáticos son altos y variables, en función de las mareas.

  No existen taludes en esta formación. Las zanjas que hubieran de ser excavadas en estos materiales, tendrán que ser entibadas, para evitar la aparición de desplomes.

DESLIZAMIENTOS DE LADERA Y DESPRENDIMIENTOS. BLOQUES, BOLOS Y CANTOS Y ARENAS ARCILLOSAS, (C1).

COLUVIAL. CANTOS, BOLOS Y BLOQUES CON MATRIZ ARENO-ARCILLOSA, (C2).

Estos dos grupos han sido descritos en la Zona 2 (páginas 110 y 114, respectivamente), al aparecer en ella con mayor extensión.

ARENAS CON CANTOS DISPERSOS, (350b).

- Litología

  Grupo de escasa representación dentro del Tramo, aparece únicamente en dos pequeños afloramientos próximos a la localidad de Puerto Real (Hoja 1062-3), los cuales son de difícil observación, por encontrarse muy recubiertos de vegetación y por suelo agrícola. Se trata de sedimentos arenosos, ricos en cuarzo, de grano medio y fino, y con algunos cantos dispersos. La Figura 3.18 corresponde a una pequeña trinchera abierta en estos materiales.



Figura 3.18. Detalle de las arenas silíceas del grupo (350b), en las proximidades de la localidad de Puerto Real (Hoja 1062-3).

- Estructura

  Este grupo se presenta con estructura horizontal y los materiales carecen de ordenamiento interno, por lo que aparecen con aspecto masivo. La potencia de este grupo es de 3 m.

- Geotecnia

  Se trata de unos materiales fácilmente excavables, muy erosionables y con capacidad portante media.

  La permeabilidad es alta, se desarrolla por porosidad intergranular y genera un drenaje profundo fácil. El drenaje superficial está poco desarrollado, debido a la gran capacidad de infiltración que tienen las arenas.

  No se han observado taludes de interés, y no es previsible que este grupo intervenga en desmontes altos, debido a su escasa potencia.

ARENAS, MARGAS, ARCILLAS Y CALCARENITAS, (350a).

- Litología

  Se trata de un grupo complejo formado por distintas oscilaciones del nivel del mar, en un ambiente de transición marino-continental (Lagoon), y compuesto por una alternancia irregular de arenas, margas, arcillas y calcarenitas.

  Las arenas son de grano fino, medio y grueso, tienen colores amarillos y rojizos, y es muy frecuente la presencia en ellas de nódulos de carbonato, así como cantos de cuarcita y de cuarzo. La matriz es limo-arcillosa, de color rojiza.

  Las margas son arenosas, de colores verdosos y están casi siempre acompañadas de arcillas del mismo color. Normalmente presentan nódulos de carbonato y conchas de bivalvos.

  Las calcarenitas presentan abundantes restos orgánicos, son amarillas y aparecen con cantos de cuarcita y cantos blandos.

  La Figura 3.19 corresponde a un aspecto de detalle de un miembro arenoso con nódulos de carbonato de esta formación.



Figura 3.19. Detalle de las arenas con carbonatos del grupo (350a), en las proximidades de la localidad de Puerto Real (Hoja 1062-3).

- Estructura

  Se trata de un grupo litológico con estructura horizontal, depositado sobre una superficie de erosión, como muestra la Figura 3.20, en la que puede observarse cómo una excavación ha puesto de manifiesto la discordancia existente entre esta formación y otra subyacente. La potencia total del conjunto es de 16-18 m.

- Geotecnia

  Los materiales que componen este grupo son fácilmente ripables con medios mecánicos; tienen una alta capacidad portante, ya que se encuentran lo suficientemente preconsolidados; y son escasamente erosionables.

  La permeabilidad es media, debido a la presencia de capas margosas y a la presencia de finos en la matriz de las arenas. El drenaje profundo es moderado, y el superficial está facilitado por la suficiencia de las pendientes topográficas.

  Los taludes que puedan ser realizados en esta formación serán estables con diseños 3H:2V.

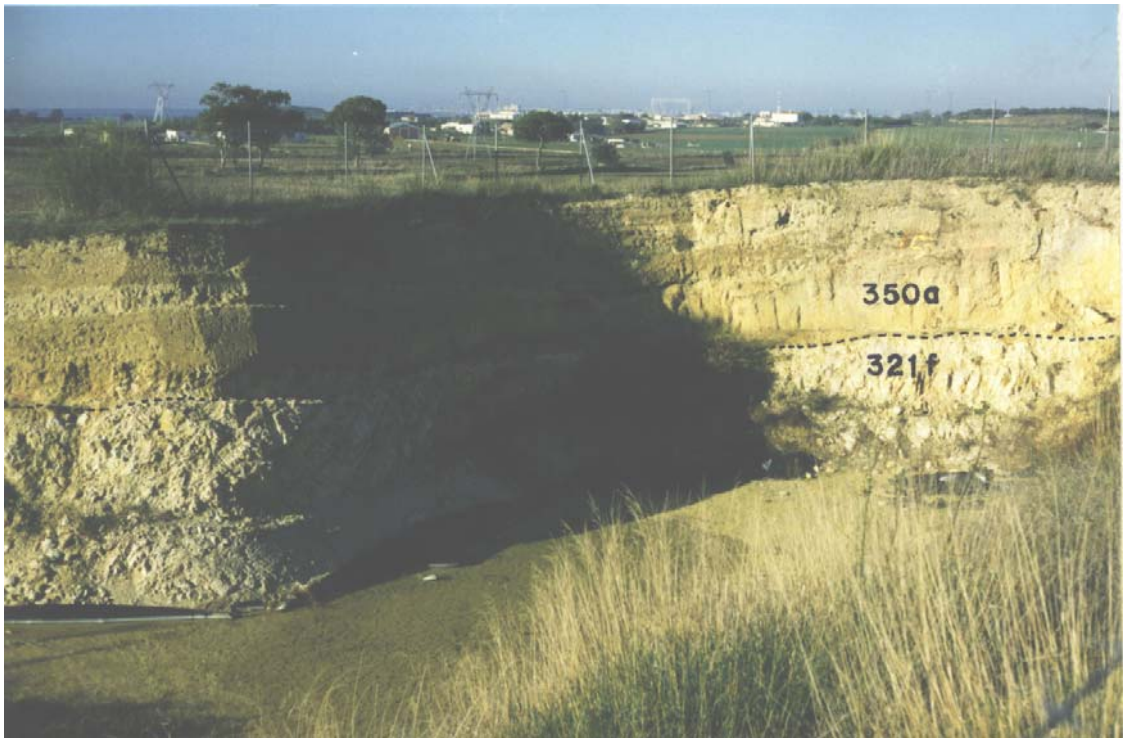


Figura 3.20. Vista de la disposición de los materiales del grupo (350a) (nivel superior) sobre la formación plegada de moronitas (321f) (nivel inferior) que, en este caso, constituye el substrato. Proximidades de la localidad de Puerto Real (Hoja 1062-3).

CALIZAS LACUSTRES, (322c).

- Litología

  Situada en el sector occidental del Tramo se encuentra esta formación, que constituye la culminación de la sedimentación pliocena, y está representada por depósitos químicos, de origen lacustre.

  Los materiales más abundantes en este grupo son unas calizas muy margosas, pulverulentas y de color blanquecino. Sin embargo estas calizas pasan, localmente, a ser microcristalinas y micríticas, de colores marrones claros, con abundantes oquedades debidas a la presencia de restos de fauna y algas de origen continental. La Figura 3.21 presenta un detalle de un bloque de calizas micríticas perteneciente a esta formación.



Figura 3.21. Aspecto de detalle de las calizas microcristalinas del grupo (322c). Proximidades del p.k. 9,5 de la carretera C-440 (Hoja 1062-4).

- Estructura

  Se trata de materiales post-tectónicos por lo que la estructura del grupo es horizontal, aunque pueden existir inclinaciones locales, que son debidas a la adaptación de los materiales a la cuenca lacustre en la que se depositan. Los materiales aparecen estratificados en capas de 0,2 m a 0,5 m, y a veces con aspecto masivo. La potencia total del conjunto es de 50 m, aproximadamente.

- Geotecnia

  Se trata de una formación que presenta frecuentes cambios laterales de facies, desde términos calizos puros hasta otros margosos. Estos cambios en la naturaleza de los terrenos hace que las características geotécnicas de la formación sean variables. Las zonas de caliza no son ripables ni erosionables, y cuentan con una capacidad portante alta. Por el contrario, las zonas de margas son fácilmente ripables, erosionables y alterables; con una capacidad portante media, que puede dar lugar a asientos de iguales magnitudes.

La permeabilidad del conjunto es baja y el drenaje profundo difícil. Sin embargo, a través de las fracturas de los horizontes calizos se desarrolla una cierta circulación de las aguas de precipitación. Esta desemboca normalmente en las zonas de ladera, en forma de pequeños rezumes que no llegan a tener, en la mayoría de los casos, la categoría de fuentes o manantiales. Estas aguas, aunque escasas, pueden originar el reblandecimiento y la pérdida de cohesión de los niveles margosos en el entorno de estos pequeños acuíferos. El drenaje superficial es fácil en las zonas de ladera, pero difícil en las plataformas llanas formadas por estos materiales. En estas áreas es previsible la aparición de encharcamientos, que producirán el aumento de plasticidad y pérdida de resistencia de los terrenos.

Estos materiales están siendo explotados en el cerro *Viento* (108 m) por la fabrica de cemento "ALBA" (Figura 3.22).



Figura 3.22. Fábrica de Cemento ALBA, situada en el p.k. 9 de la carretera C-440 (Hoja 1062-4).

CONGLOMERADOS CON MATRIZ ARENOSA Y ABUNDANTES RESTOS DE CONCHAS, (322b).

- Litología

Se trata de una formación muy característica en las proximidades de la Bahía de Cádiz, por su empleo en la construcción de bloques para pilares y sillares (Figura 3.23), constituyendo las denominadas "Facies Ostionera", por ser muy abundantes los restos fósiles del genero *Ostrea*.



Figura 3.23. Aspecto de detalle de la facies "ostionera", en un bloque dedicado a la construcción, en el que puede observarse a gran abundancia de restos de conchas que le dan el aspecto característico.

El conjunto litológico de este grupo está formado, de base a techo, por un tramo de lumaquelas con restos de lamelibranquios, y arenas con granoselección positiva. También aparecen gravas de cuarcita de tamaños comprendidos entre 3 y 5 cm. En el techo de este tramo existe un nivel de arcillas verdes, que sirven de transición al siguiente tramo, constituido por conglomerados en facies "ostionera", que alternan con niveles o secuencias arenosas con tamaños de grano variables. La Figura 3.24 ofrece un aspecto de detalle de los conglomerados de este grupo.

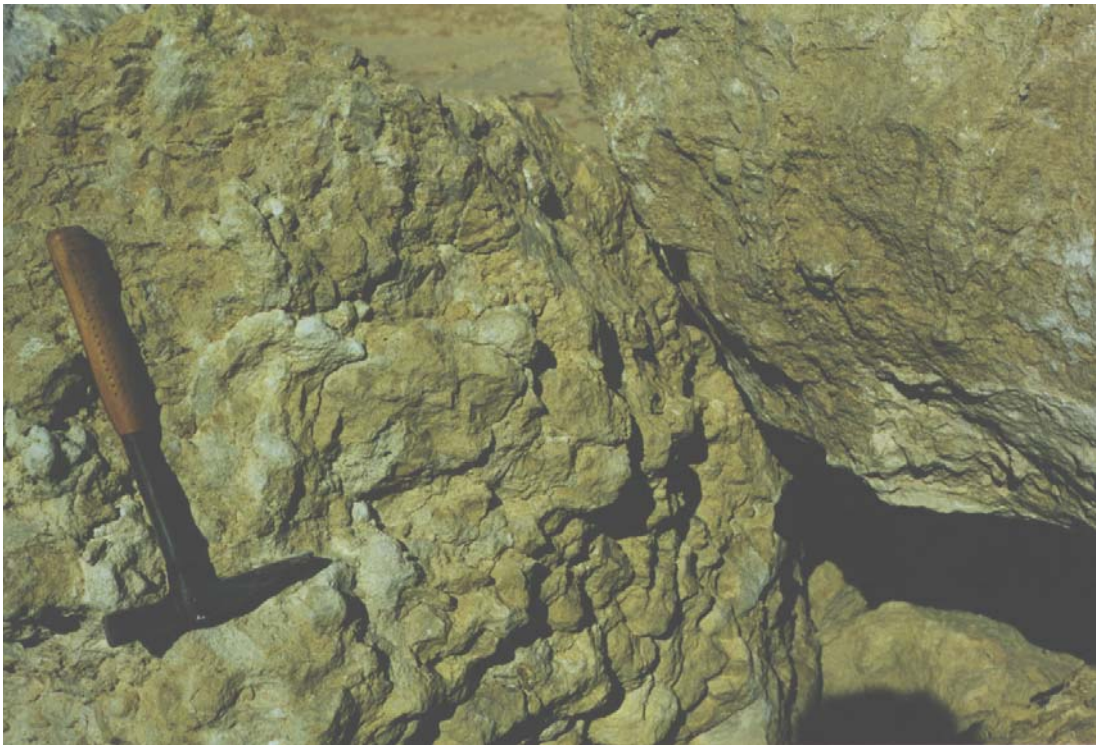


Figura 3.24. Aspecto de detalle de un bloque de conglomerado del grupo (322b). Proximidades de la localidad de Puerto Real (Hoja 1062-3).

- Estructura

  La estructura de esta formación es horizontal, y los materiales aparecen con una estratificación difusa, en capas o secuencias granulométricas de 0,1 a 1 m de espesor. La potencia total del conjunto es del orden de 40 a 50 m.

  La Figura 3.25 muestra un aspecto parcial de la disposición que en ocasiones presentan estos materiales.

- Geotecnia

  Se trata de materiales cuyas características de excavación van a estar en función de la presencia de intercalaciones arenosas, más blandas; pero en general, forman un terreno no ripable o con ripabilidad marginal. La capacidad portante del conjunto es alta y no es de prever la aparición de asientos. Sin embargo, pueden darse fenómenos de erosiones diferenciales entre los paquetes de conglomerados y los niveles de arenas y de arcillas.



Figura 3.25. Aspecto de los afloramientos de los conglomerados en facies "ostionera" del grupo (322b), al pie de la Sierra de San Cristóbal (Hoja 1062-4). Puede observarse cómo la topografía se adapta a los niveles rocosos y no se producen resaltes.

La permeabilidad es alta, debido a la alta porosidad de los materiales, por lo que el drenaje profundo es muy fácil. Asimismo, el drenaje superficial discurre adecuadamente, dada la morfología, ligeramente inclinada, del terreno formado por estos materiales.

Los taludes observados en esta formación corresponden a excavaciones realizadas para la construcción. Son de alturas bajas y se mantienen estables con inclinaciones subverticales. Sin embargo, pueden aparecer, a largo plazo, desprendimientos de bloques rocosos, descalzados por la erosión diferencia. Por este motivo, es aconsejable diseñar taludes próximos a 2H:3V y añadir cunetones de recogida de piedras.

ARENAS Y LIMOS, (322a).

- Litología

Se trata de uno de los grupos más característicos del Tramo, especialmente en los sectores suroriental y noroccidental del mismo, que es donde en mayor extensión aparece.

Esta constituido por arenas limpias amarillas, de grano fino, medio y grueso, con abundantes restos de conchas. También aparecen niveles de limos arenosos amari-

llos, que pueden estar formando parte de la matriz o componiendo finos niveles independientes. La Figura 3.26 presenta el aspecto de detalle de estas arenas.



Figura 3.26. Detalle de las arenas del grupo (322a), en las proximidades de la localidad de Los Barrios (Hoja 1075-3).

En algunas ocasiones existe una cierta cementación de algunos niveles arenosos y los materiales pasan a tener un aspecto areniscoso, como muestra la Figura 3.27. Esporádicamente aparecen finos niveles lenticulares de cantos de cuarcita, de pequeño tamaño.



Figura 3.27. Aspecto de unos estratos de arenas amarillas que presentan una cierta cementación. Obsérvese la existencia de niveles descalzados por la erosión diferencial. Proximidades de la Estación de San Roque (Hoja 1075-3).

- Estructura

Se trata de un grupo post-tectónico plioceno, que recubrió determinadas zonas formadas por un substrato mesozoico y terciario, constituyendo unos relieves de relleno generalmente llanos, cuyos bordes se han ido degradando paulatinamente. La estructura de la formación es horizontal y los materiales se disponen generalmente con aspecto masivo o con una estratificación difusa, debida a secuencias sedimentarias de distinta granulometría. Otras veces, cuando existe alguna cementación, se observan estratos bien definidos de 0,3 a 0,5 m de espesor. La potencia total de la formación es muy variable, ya que se encuentra rellenando un paleorrelieve, pero puede ser del orden de 100 m. La Figura 3.28 muestra un aspecto de la disposición de los materiales de este grupo.



Figura 3.28. Ejemplo de la disposición de las arenas del grupo (322a), en un arenero próximo al barrio de la Estación de San Roque (1975-3). Se observa una estratificación difusa aparente sólo por la distinta humedad de las capas de arena.

- Geotecnia

Los materiales que componen este grupo son fácilmente excavables, son muy erosionables, y la capacidad portante es en general de tipo medio, así como la magnitud de los asientos que se puedan producir.

Ensayos realizados en las arenas de este grupo, en estudios anteriores, arrojan los siguientes resultados:

LÍMITES DE ATTERBERG			**PROCTOR NORMAL**	
L. Líquido	**L. Plástico**	**I. Plasticidad**	**Dens. max.**	**Hum. opt.**
N.P.	N.P.	N.P.	1,88 t/m3	14,9%
CLASIFICACIÓN U.S.C.S./ASTM		**CLASIFICACIÓN H.R.B./AASHTO**		
		A-2-A		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: ARENA CON ARCILLA LIMOSA Y GRAVILLA				

La permeabilidad del conjunto es muy alta y el drenaje profundo de la formación se realiza de una forma eficaz. La escorrentía superficial no plantea problemas de encharcamientos en las zonas llanas de culminación de los relieves, debido a la gran capacidad de infiltración de las arenas. La formación funciona como un acuífero colgado.

Recibe las aguas de precipitación y las canaliza hasta su límite inferior, normalmente impermeabilizado por una formación de naturaleza arcillosa. A través de ese contacto, y especialmente en las zonas de media ladera, esos materiales arcillosos se reblandecen, disminuyen su resistencia y presentan solifluxiones que van inestabilizando dichas laderas.

Los taludes observados corresponden a los frentes de las explotaciones de las arenas. Son de baja altura y presentan múltiples huellas de erosión (acarcavamientos) y acumulaciones del pie de los mismos. Los taludes recomendados para esta formación son 3H:2V o 2H:1V, según se trate de arenas más o menos densas, respectivamente.

MARGAS, ARENISCAS Y ARENAS, (321g).

- Litología

Grupo de reducida extensión, aparece en la esquina septentrional del borde occidental del Tramo y al Norte de la localidad de Paterna de Ribera (Hoja 1062-2), formando unos relieves alomados de pendientes muy suaves.

Está formado por una alternancia irregular de margas grises o azuladas, que pueden pasar lateralmente a margas arenosas de colores amarillentos; arenas amarillas, de grano medio a fino y con matriz limosa de color ocre; y areniscas de grano fino, con matriz limosa y cemento carbonatado.

- Estructura

Esta formación está afectada por las últimas deformaciones alpinas, por lo que la estructura de los materiales que la componen está formada por una sucesión de pliegues sinclinales y anticlinales, de buzamientos suaves. Los materiales se disponen de forma variable. Las areniscas se encuentran formando lechos bien estratificados, de espesores centimétricos y decimétricos. Las arenas aparecen con una estratificación difusa, formada por secuencias sedimentarias de distintas granulometrías y, a veces, con aspecto masivo. Las margas se encuentran bien estratificadas en niveles de espesor decimétrico, aunque muy alterados superficialmente. La potencia total de la formación es de 100 m a 150 m.

- Geotecnia

Los materiales de esta formación son fácilmente ripables, medianamente erosionables y tienen una capacidad portante alta.

La permeabilidad varía de muy baja, en los estratos margosos, a media-alta, en los niveles arenosos. El drenaje profundo es moderado, y discurre sobre todo por las capas de arena, provocando pequeños rezumes locales. La escorrentía superficial es buena, dada la morfología del terreno.

Se han observado taludes de alturas medias, que, con diseños de 2H:3V, se mantienen totalmente estables. No obstante, es aconsejable la revegetación de los mismos para paliar las erosiones que puedan darse en los niveles arenosos.

La Figura 3.29 corresponde a un aspecto de conjunto de los materiales que componen este grupo.



Figura 3.29. Aspecto de los materiales del grupo (321g), en un talud, totalmente estable, de la carretera N-IV, próximo al p.k. 647 (Hoja 1062-4). Pueden observarse los tres tipos de litologías descritas, así como la estructura de las mismas, por medio de los lechos de arenisca.

MARGAS SILICEAS CON RADIOLARIOS. MORONITAS, (321f).

- Litología

Aunque en el Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios están escasamente representadas, se trata de una de las formaciones más características del Cuenca del Guadalquivir, ya que fueron descritas por primera vez en 1886, por S. CALDERON y M. PAUL, en la localidad de Morón de la Frontera (Sevilla).

Las *"moronitas"* están constituidas por margas blancas silíceas, de tamaño de grano arenoso y limoso, compuestas por esqueletos de Radiolarios y Diatomeas. Localmente pueden aparecer niveles en donde las margas han perdido su cementación y aparecen como limos blancos, sueltos y pulverulentos. También existen niveles de margas arenosas blanquecinas y de aspecto tableado. En la región son también denominadas "albarizas", por su color blanco característico. Normalmente, la formación se halla recubierta por un suelo de alteración arcilloso carbonatado de colores blanquecinos y pardos. La Figura 3.30 presenta un aspecto parcial de las margas blancas del grupo (321f).



Figura 3.30. Aspecto de detalle de las margas blancas o "moronitas" *del grupo (321f), en una excavación realizada en el cerro de* Lomopardo*, en las proximidades de la cortijada del mismo nombre (Hoja 1062-4).*

- Estructura

Se trata de una formación compleja, desde el punto de vista tectónico. Existen evidencias de que las moronitas más antiguas son solidarias con unidades subbéticas que cabalgaron sobre otras, durante la fase de retrocabalgamientos. Por el contrario, las moronitas más modernas son claramente autóctonas y pueden encontrarse cabalgadas por las más antiguas (para-autóctonas). Los afloramientos de esta formación forman una morfología alomada, con pendientes generalmente regularizadas y suavizadas por los suelos residuales y por la acción agraria desarrollada sobre ellas. Los materiales se presentan plegados y bien estratificados en lechos de espesores centimétricos, que le dan un aspecto tableado (Figura 3.31), y en capas decimétricas y métricas. Además existe un diaclasado, de grandes espaciados que es subperpendicular a la estratificación.

La potencia total del grupo, en el ámbito del Tramo estudiado, es de aproximadamente 100 m.



Figura 3.31. Aspecto de la estructura tableada de unas margas arenosas del grupo (321f), en el cerro de Lomopardo *(Hoja 1062-4). Pueden observarse también algunas diaclasas que cortan el macizo rocoso ortogonalmente a la estratificación.*

- Geotecnia

  Los materiales que componen este grupo son en general ripables, aunque pueden existir niveles en los que sea necesario el empleo de un preparado previo, para su remoción. La capacidad portante de la formación es alta; sin embargo en los suelos residuales arcillosos, desarrollados sobre ella, es baja. Son terrenos poco erosionables, pero alterables por hidratación.

  La permeabilidad es baja, aunque existe un cierto drenaje profundo que se desarrolla a través de la red de fisuración del macizo. La escorrentía se desarrolla con normalidad debido a que el relieve favorece su evacuación.

  Los taludes observados en esta formación son escasos y corresponden a pequeñas excavaciones realizadas en la misma. Son de pequeñas alturas y se mantienen estables con inclinaciones subverticales, aunque presentan caídas de cantos. Para realizar taludes de grandes alturas habrá que tener en cuenta la estructura local de la formación, mediante el estudio de la misma en estaciones geomecánicas, y darles la inclinación más adecuada, para evitar o paliar la posible caída de bloques y cuñas. No obstante, diseños cercanos a 2H:3V pueden ser considerados "a priori" los más adecuados.

CALCARENITAS Y BIOCALCARENITAS, (321e).

- Litología

  Se trata de una formación muy característica en la región, aunque no presenta una gran extensión en el Tramo. Esto es debido a que es explotada y utilizada como material de préstamo en casi todos los lugares en donde aparece.

  Son unas calcarenitas de colores blanquecinos y amarillos, cuyos granos de tamaño medio, grueso y muy grueso (microconglomeráticas), están formados, en su mayor parte, por restos de conchas, aunque también existen granos de cuarzo que pueden alcanzar proporciones del 40 al 60%, y en menor medida cantos blandos de glauconita. El cemento que sirve de trabazón a estos elementos aloquímicos es carbonatado micrítico. Existen niveles poco cementados y más arenosos que tienen el aspecto típico del *"albero"*, utilizado en casi toda Andalucía occidental para la mejora y adorno de caminos.

La superficie de estas rocas puede presentar recubrimientos totales o parciales de arcillas rojizas carbonatadas, procedentes de la descalcificación de los carbonatos (*"terra rossa"*). Son suelos residuales generalmente de escasa potencia.

Las Figuras 3.32 y 3.33 son dos aspectos de detalle de las calcarenitas bioclásticas.



Figura 3.32. Detalle de las calcarenitas blancas, con una granulometría de tamaño medio, en una cantera abierta en la localidad de Benalup de Sidonia (Hoja 1070-3).

- Estructura

Se trata de una formación postectónica, por lo que aparece con estructura horizontal, aunque localmente pueden existir afloramientos basculados, como muestra la Figura 3.34.



Figura 3.33. Detalle de las calcarenitas amarillas, de grano grueso, en una cantera abierta en las proximidades de la localidad de Los Barrios (Hoja 1075-3).



Figura 3.34. Panorámica en donde se aprecia el buzamiento que toma la formación de calcarenitas (321e) en el paraje de Cerro Redondo *(Hoja 1070-4).*

La horizontalidad de la estructura hace que las morfologías constituidas por estas rocas sean de cimas llanas y tabulares, dando a los cerros, en general, formas de mesetas. En estos relieves los materiales se disponen en secuencias de espesor centimétrico a decimétrico, entrelazadas por estratificaciones cruzadas planares de gran y de media escala. La potencia total del conjunto está comprendida entre 50 m y 75 m.

La Figura 3.35 muestra un aspecto de la disposición de las calcarenitas en uno de los afloramientos observados.

- Geotecnia

Se trata de materiales generalmente ripables, aunque pueden existir niveles, con una cementación muy fuerte, que requieran el empleo de martillo para su remoción. La capacidad portante es alta y la erosionabilidad baja.



Figura 3.35. Estructura horizontal y disposición laminar entrecruzada de las secuencias de calcarenitas del grupo (321e), en una pequeñas cantera abierta en las proximidades de la localidad de Los Barrios (hoja 1075-3).

La permeabilidad, desarrollada por la gran porosidad eficaz de la roca, es alta, por lo que el drenaje profundo es fácil. La escorrentía superficial no se acumula produciendo encharcamientos, debido a la gran capacidad de infiltración de las calcarenitas.

Los taludes observados en esta formación corresponden a los frentes de cantera abiertos en ella. Son subverticales tanto los de alturas bajas como los de gran altura. Sin embargo, aunque a corto plazo las calcarenitas se mantienen estables, con el tiempo, y la meteorización, se van abriendo grietas de tracción en los bordes de los escarpes y se producen caídas de bloques de dimensiones ciclópeas. Se recomienda, por tanto, ir a taludes de 1H:1,5V o 1H:2V para aumentar las estabilidad de los mismos, así como construir en su pie cunetones de recogida de piedras.

MARGAS ARENOSAS, ARENISCAS MARGOSAS Y CALCARENITAS, (321d).

- Litología

Grupo de reducida extensión dentro del Tramo, constituye una serie subyacente de transición a la formación de calcarenitas anteriormente descritas (321e), y aparecen únicamente en las proximidades de las localidades de Medina-Sidonia y Benalup de Sidonia (Hojas 1069-1 y 1070-3, respectivamente).

Esta formado por una alternancia de margas arenosas de colores grises y azulados, con intercalaciones de biocalcarenitas de espesores decimétricos a métricos, los cuales van aumentando su presencia hacia el techo de la serie, hasta el contacto con el grupo (321e). Los afloramientos de estas rocas son de mala calidad debido a la presencia de un continuo recubrimiento eluvial, de naturaleza limo-arcillosa, y a las actividades agrícolas desarrolladas sobre él. La Figura 3.36 corresponde al aspecto de las mismas en una pequeña excavación realizada para la construcción de un camino vecinal, en las afueras de la localidad de Benalup de Sidonia (Hoja 1070-3).

- Estructura

Lo mismo que las calcarenitas del grupo anterior se trata de una formación postectónica, que mantiene una estructura horizontal, siendo concordante con la serie suprayacente (321e) y discordante con la subyacente, que corresponde con el grupo (321b), de arcillas versicolores con intercalaciones de limolitas y areniscas, denominado *"Arcillas con Tubotomaculum"*. El aspecto de los materiales es masivo, excepto los niveles calcareníticos que aparecen bien estratificados. La potencia total de este grupo es del orden de 120 m a 140 m.



Figura 3.36. Aspecto parcial de las margas grises de la formación (321d), en las proximidades de la localidad de Benalup de Sidonia (Hoja 1070-3).

- Geotecnia

  Son materiales ripables y con capacidad portante alta. Son alterables, pero escasamente erosionables.

  La permeabilidad es baja y el drenaje profundo difícil, por lo que el aumento de presiones intersticiales sobre los suelos de alteración y sobre las margas más alteradas, puede provocar fenómenos de inestabilidad. Este proceso se ve favorecido, al aparecer siempre la formación en zonas de ladera. Por el contrario, el drenaje superficial es fácil, dadas las pendientes topográficas.

  No se han observado taludes de interés abiertos en este grupo. Se recomiendan diseños de 2H:2,5V.

ARCILLAS VERSICOLORES CON INTERCALACIONES DE LIMOLITAS, ARGILITAS Y ARENISCAS, (321b).

ARENISCAS SILICEAS CON INTERCALACIONES DE ARCILLAS Y LIMOLITAS, (321a).

Estos grupos litológicos se encuentran descritos en la Zona 2 (páginas 118 y 125, respectivamente), al ser más característicos de la misma.

ARCILLAS, MARGAS, CALIZAS Y CALCARENITAS, (313c).

- Litología

  Grupo formado por una serie arcillo-margosa, con intercalaciones de calizas y calcarenitas.

  Las arcillas y margas son verdosas y muy ricas en montmorillonitas y en yesos secundarios, así como en óxidos de hierro. Aparecen normalmente muy alteradas a un suelo residual, de colores oscuros, en el que aflora esporádicamente algún nivel rocoso. La Figura 3.37 muestra un relieve característico de esta formación recubierto por el horizonte de alteración, en el que se desarrollan las actividades agrícolas.

  Las calizas son más abundantes en la base del conjunto y están constituidas por micritas compactas, de color crema y asalmonado, cuyo aspecto de detalle se muestra en la Figura 3.38.



Figura 3.37. Relieve alomado típico de la formación (313c), recubierto por un suelo residual arcilloso. Proximidades del p.k.21 de la carretera C-343 (Hoja 1062-2).



Figura 3.38. Detalle de las calizas micríticas del grupo (313c), en las proximidades del p.k. 21 de la carretera C-343 (Hoja 1062-2).

Las calcarenitas son de grano medio y grueso, con abundantes restos de conchas de tamaño rudáceo, y tienen colores amarillos y ocres. La Figura 3.39 presenta el aspecto de estas calcarenitas.



Figura 3.39. Detalle de las calcarenitas del grupo (313c), en las proximidades del p.k. 21 de la carretera C-343 (Hoja 1062-2).

- Estructura

  Se trata de una formación cuyas capas arcillosas han actuado como nivel de despegue durante los movimientos tectónicos alpinos principales, por lo que su estructura regional es de cabalgamiento. Sin embargo, estas estructuras no son observables, ya que no existen buenos afloramientos de este grupo. Las distintas litologías quedan de manifiesto en el terreno porque aparecen pequeños bancos resistentes entre los suelos arcillosos y por la presencia de piedras arrancadas por el arado y amontonadas en los distintos *"majanos"* que, esporádicamente, jalonan los campos.

  La potencia total del conjunto puede ser del orden de 60 m a 80 m.

- Geotecnia

  Es una formación fácilmente ripable, exceptuando los niveles de calcarenitas y especialmente los de calizas, que tendrán que recibir un tratamiento previo para su excavación. La capacidad portante es baja, dado el carácter generalmente arcilloso

de la formación. Además, la presencia de montmorillonita en su composición hace que estos materiales sean expansivos.

La permeabilidad es muy baja y el drenaje profundo deficiente, lo que produce en los materiales aumentos de las presiones intersticiales que inestabilizan las laderas, aún con pequeñas pendientes. El drenaje superficial es fácil, ya que el gradiente topográfico es adecuado.

En esta formación no se han observado taludes de interés. Las laderas naturales tienen inclinaciones del orden de 15° a 20° y manifiestan inestabilidades superficiales en forma de solifluxiones. Para la construcción de taludes en este grupo se recomiendan diseños próximos a 2H:1V.

ARCILLAS Y ARENISCAS MICACEAS, (313b).

CALCARENITAS, CALIZAS BIOCLASTICAS Y ARCILLAS, (313a).

MARGAS, ARCILLAS, MARGOCALIZAS, CALIZAS BIOCLASTICAS Y CALIZAS ARENOSAS, (312a).

Estos tres grupos se encuentran descritos en la Zona 2 (páginas 136, 138 y 140, respectivamente), por encontrarse en ella con mayor extensión y ser más característicos de la misma.

CALIZAS, MARGAS Y ARCILLAS, (311).

- Litología

  Grupo de reducida extensión dentro del Tramo, está representado, únicamente, por un afloramiento situado en la esquina occidental del borde meridional del Tramo (Hoja 1070-2).

  Se trata de una alternancia irregular de arcillas y margas de colores verdosos y amarillentos, con niveles de calizas margosas y margocalizas, de fractura concoidea, y a veces calizas microcristalinas bioclásticas, con laminación paralela, y de espesor centimétrico.

  La observación de estos materiales es difícil, ya que los afloramientos de esta formación son de mala calidad, debido al recubrimiento de suelo residual arcilloso que es aprovechado para las labores agrícolas.

- Estructura

  Regionalmente, esta formación interviene en la tectónica de laminas o mantos que, procedentes del Surco Turbidítico, cabalgan sobre la Plataforma Subbética. Corresponde a la Lámina del Almarchal. La estructura general presenta una orientación NO-SE y los buzamientos de los flancos están invertidos, son vergentes al NE y SE, y tienen inclinaciones de 25º a 30º, en sentido SO y NO. El relieve formado por este grupo litológico es suavemente alomado, con pendientes no superiores a 20º. Aunque la potencia total del conjunto, en lugares situados fuera del Tramo, puede ser del orden de 300 m, en el área que nos ocupa se estima próxima a los 30 m a 40 m.

- Geotecnia

  Se trata de materiales ripables en su conjunto, aunque pueden existir niveles calcáreos, con ripabilidad marginal, que necesiten un preparado previo para ser excavados. La capacidad portante es baja en los niveles arcillosos y margosos, aumentando en presencia de niveles de calizas y margocalizas. Se trata de un grupo poco erosionable, pero alterable, especialmente los materiales margo-arcillosos, que desarrollan un suelo residual de la misma naturaleza.

  La permeabilidad es baja y el drenaje profundo deficiente, por lo que pueden originarse fenómenos de solifluxión en las laderas y el deslizamiento de las mismas, cuando las pendientes sean suficientes. El drenaje superficial es adecuado.

  En el único afloramiento de esta serie que ha sido cartografiado en el Tramo no se han observado taludes artificiales. Se recomiendan taludes 2H:1V.

MARGAS, ARCILLAS, CALIZAS Y CALCARENITAS, (300).

- Litología

  Se trata de una formación de escasa extensión y está representada por varios pequeños afloramientos, localizados en las proximidades del borde septentrional del Tramo.

  Esta formado, litológicamente, por una serie de carácter químico con gran cantidad de aportes detríticos, procedentes de las corrientes de turbidez del borde continental. Son alternancias de margas verdosas y rojas oscuras, a veces arcillosas, con calcarenitas bioclásticas y calizas arenosas.

- Estructura

Esta formación aparece formando unos relieve alomados, de los que, el más meridional, está cortado por el río Guadalete y limitado por su llanura de inundación. La estructura regional de esta serie es la formada por los cabalgamientos de la Unidad Subbética, es decir una serie de "placas" de cobertera "flotando" sobre los materiales arcillo-salinos del Trías, que constituyen el substrato.

En los escasos afloramientos de este grupo los materiales se disponen con una estratificación definida por los niveles de calcarenitas y de calizas, que tienen espesores comprendidos entre 0,3 m y 0,5 m. Las margas y arcillas, que son más potentes, aparecen con aspecto masivo, algo laminadas, y en paquetes de espesores próximos a 1 m. La potencia total del conjunto es de aproximadamente 50 m.

- Geotecnia

Son materiales ripables o, localmente, con ripabilidad marginal, en el caso de la existencia de algún nivel calcáreo más compacto y de mayor espesor. La capacidad portante es media en los horizontes margosos y baja en los arcillosos; por el contrario, se mantiene alta cuando las intercalaciones calcáreas arman los horizontes margosos. La erosionabilidad es baja, pero la alterabilidad es alta, por lo que se producen suelos residuales de naturaleza arcillosa.

La permeabilidad es baja y el drenaje profundo deficiente. En los suelos arcillosos y capas margosas se producen presiones intersticiales que desestabilizan los horizonte de suelos más superficiales y alterados. En presencia de intercalaciones de calcarenitas las presiones intersticiales disminuyen, ya que esos niveles rocosos, por su porosidad, actúan como drenes naturales, canalizándose por ellos el escaso drenaje profundo. La escorrentía superficial discurre con normalidad, ya que el gradiente topográfico es adecuado.

No existen taludes artificiales en esta formación. Las laderas naturales tienen inclinaciones máximas de 25° y no muestran inestabilidades reseñables. Se recomiendan taludes con diseños 2H:1V a 3H:2V.

MARGAS Y MARGOCALIZAS, (232).

- Litología

Se trata de uno de los grupos más característicos del Tramo, y especialmente de la Zona 1. Constituyen las denominadas *"capas rojas"*.

Litológicamente es una alternancia irregular de capas de margas y margocalizas, de colores asalmonados y, en menor medida, blancos, con calizas compactas, de fractura irregular, micríticas y microcristalinas, y de colores generalmente blanquecinos, aunque pueden tener contaminaciones rosadas. La Figura 3.40 corresponde al aspecto de detalle de estas litologías.

- Estructura

La estructura regional de esta formación es compleja, ya que interviene de forma muy activa en la tectónica de cabalgamientos del dominio Subbético. Por este motivo se encuentra siempre en contacto con el Trías, en clara discordancia, ya que entre ellos faltan las rocas jurásicas.



Figura 3.40. Detalle de las margas y margocalizas rosadas y de las calizas blancas del grupo (232), en las proximidades de la localidad de Paterna de Ribera (Hoja 1062-2).

Las rocas de este grupo litológico forman unos relieves alomados, con pendientes suaves, que pueden estar, total o parcialmente, recubiertos por un suelo residual limo-arcilloso y carbonatado, procedentes de la descalcificación de las calizas y margas. En la Figura 3.41 puede observarse uno de estos relieves descritos.

En los afloramientos de estos materiales puede observarse cómo la disposición de los mismos corresponde a una estratificación bien definida en lechos centimétricos y en capas decimétricas. La estructura local es muy variable, aunque normalmente es

complicada y con buzamientos fuertes. Además existe un diaclasado, de pequeño espaciado y de alta frecuencia, que es ortogonal a la estratificación y disgrega el macizo

rocoso en elementos de tamaño grava y gravilla. La Figura 3.42 muestra el aspecto de un afloramiento de esta formación. La potencia total del grupo es de aproximadamente 100 m.



Figura 3.41. Relieve característico formado por el grupo (232). Pueden observarse áreas recubiertas y zonas de afloramiento. Proximidades del p.k. 26 de la carretera C-343 (Hoja 1062-2).

- Geotecnia

Son materiales con ripabilidad marginal, en los que será necesario, ocasionalmente, el empleo de voladuras, para desmontar los niveles más resistentes de calizas. La capacidad portante es alta y no es previsible la aparición de asientos de interés. Son materiales escasamente erosionables y con una alterabilidad media, presente, únicamente, en los niveles margosos, más blandos.

La permeabilidad general es baja, aunque se origina un cierto drenaje profundo, a través de las discontinuidades y fisuras de los niveles calizos y margocalcáreos, que produce pequeños rezumes en las laderas y taludes. Este efecto ayuda a liberar las presiones intersticiales de las margas, disminuyendo sus efectos en el macizo. El drenaje superficial se desarrolla con normalidad, debido al adecuado relieve.

Los taludes observados son de pequeña altura, o próximos a ella, tienen inclinaciones de 45° y no presentan signos de inestabilidad, excepto caídas locales de cantos y de tierras erosionadas de sus superficies. Para los taludes que puedan ser construidos en esta formación hay que realizar un estudio de la estructura local en cada uno de ellos,

mediante estaciones geomecánicas, para establecer la inclinación más favorable que evite desprendimientos de rocas. Diseños de 1H:1V o 1H:1,5V pueden ser tomados como recomendaciones generales de partida.



Figura 3.42. Disposición de las margas y calizas del grupo 232, en las proximidades del p.k. 26 de la carretera C-343 (Hoja 1062-2).

ARCILLAS VERSICOLORES, ARENISCAS, LIMOLITAS, BLOQUES DE ARENISCA Y DE CALCARENITA, (230).

- Litología

  Se trata de una formación con una marcado origen tectosedimentario y con una génesis muy discutida, históricamente, ya que son similares a las *Arcillas con Tubotomaculum* que forman el grupo (321b), aunque ocupan posiciones tectónicas distintas.

  Está compuesto por una arcillas de colores grises, verdosos, negros, y rojizos con tonos vinosos. Entre este conjunto eminentemente arcilloso se encuentran interestratificados lechos y capas de areniscas rojas, blancas y grises, así como limolitas, de colores generalmente verdosos. Otras veces aparecen bloques de areniscas y de calcarenitas, procedentes de otras formaciones y emplazados durante procesos tectónicos y no sedimentarios.

  La Figura 3.43 presenta un aspecto parcial de los materiales de este grupo.

- Estructura

  Debido a su naturaleza fundamentalmente arcillosa, este grupo aparece normalmente formando las zonas más bajas del relieve (valles y vaguadas), aunque dentro de ellas pueden existir pequeñas elevaciones que se han diferenciado durante la erosión.

  La estructura de los materiales que forman este grupo es muy variada, pero generalmente muy complicada, dada la alta plasticidad de todo el conjunto. Se dan buzamientos de gran ángulo y verticalizados.

  Las arcillas aparecen normalmente con aspecto masivo, por lo que la estructura de los afloramientos la marcan los niveles interestratificados de areniscas y de limolitas. Estos lechos se presentan con estratificaciones bien definidas, formando contactos netos con las arcillas y con espesores centimétricos. Por el contrario los paquetes arcillosos tienen espesores métricos.

  Los niveles de areniscas y de limolitas se aparecen completamente rotos por un diaclasado perpendicular a la estratificación, que, en las arcillas, ha quedado cicatrizado.



Figura 3.43. Arcillas, con interestratificados de areniscas y de limolitas, del grupo (230), en las proximidades del p.k. 19,5 de la carretera C-440 (Hoja 1062-2).

- Geotecnia

  Se trata de materiales poco resistentes que son fácilmente excavables con medios mecánicos. Son muy erosionables, por lo que pueden producir el aterramiento de las cunetas y otros elementos del drenaje de la carretera (Figura 3.44). Son además muy alterables. La capacidad portante es baja y se pueden producir asientos de magnitudes altas.



Figura 3.44. Proceso de erosión en un talud del grupo (230), en donde puede verse la acumulación al pie del mismo, en forma de abanico, del material erosionado. Proximidades del p.k. 19,5 (variante en construcción abandonada) (Hoja 1062-2).

La permeabilidad es baja y el drenaje profundo es difícil, por lo que las presiones intersticiales ejercidas en las arcillas son muy altas e inestabilizan las laderas y taludes. Un ejemplo de este fenómeno puede observarse en la Figura 3.45. Corresponde a un deslizamiento producido en las arcillas del grupo (230) que afecta al firme de la variante en construcción de la carretera C-440, entre los kilómetros 14 y 20 de la misma (actualmente abandonada). En cuanto al drenaje superficial, hay que señalar que se pueden originar zonas encharcadas, debido a la presencia de zonas llanas, en las que la escorrentía es difícil.

Los taludes observados en esta formación son de alturas bajas y presentan problemas de estabilidad con inclinaciones próximas a los 40° y en épocas lluviosas. La Figura 3.46 corresponde a uno de estos taludes con deslizamientos sucesivos. Se recomiendan diseños de 2H:1V.



Figura 3.45. Deslizamiento producido en una ladera formada por los materiales arcillosos del grupo (230), en la que se apoya el firme de una variante a la carretera C-440 (abandonada), que también ha sido afectado (Hoja 1062-2).



Figura 3.46. Deslizamientos sucesivos en un talud de pequeña altura realizado en las arcillas del grupo (230). Proximidades del p.k. 19,5 de la carretera C-440 (Hoja 1062-2).

CALIZAS Y DOLOMIAS, (221).

Este grupo litológico se encuentra descrito en la Zona 2 (pag. 146), por ser más característico de la misma.

YESOS, MARGAS YESIFERAS Y ARCILLAS, (213a) CON DOLOMIAS Y CALIZAS DOLOMITICAS (213b) Y OFITAS (213c).

- Litología

  Esta formación es uno de los más representativos del Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios, tanto por su gran extensión como por sus características. Se trata de los materiales arcillo salinos Triásicos, que tan activamente han actuado en la tectónica regional del Sector Subbético.

  Litológicamente está formado por una serie irregular y complicada por la tectónica, en facies *germano-andaluza*, de arcillas multicolores, yesos y margas yesíferas, areniscas, así como dolomías, calizas dolomíticas, carniolas y ofitas.

  Las arcillas son de colores abigarrados, rojos vinosos, verdes, grises y hasta negruzcos, cuando están próximas al contacto de los enclaves de rocas volcánicas (ofitas). Cuando el cemento de sulfato es muy importante en ellas pasan a ser margas yesíferas (Figura 3.47).

  Los yesos, muy abundantes dentro de la formación, son grises, blancos y rosados (Figura 3.48). Unas veces son primarios, por lo que son sacaroideos y masivos. Otras veces son secundarios y aparecen recristalizados en formas traslúcidas y englobando otras litologías. Es muy frecuente encontrar en ellos huecos con formas cuadrangulares, que son debidos a antiguos cristales de halita, disueltos en la actualidad.

  Las dolomías (213b) son grises, microcristalinas y micríticas, muy puras, de fracturas irregulares y de múltiples facetas. También existen, entre ellas, calizas dolomíticas de las mismas características (Figura 3.49).



Figura 3.47. Detalle de las arcillas rojas del grupo (213a). Proximidades de la localidad de Paterna de Ribera (Hoja 1062-2).



Figura 3.48. Detalle de los yesos del grupo (213a), en las proximidades de la localidad de Alcalá de los Gazules (Hoja 1070-4).



Figura 3.49. Detalle de las dolomías grises del grupo (213b), en la Cantera de las Pilas, próxima a la localidad de Medina-Sidonia (Hoja 1069-1).

Las areniscas se presentan esporádicamente entre las arcillas yesíferas. Unas veces son algo arcillosas y presentan colores amarillos ocres y limoníticos, y aspecto muy irregular y rugoso, con múltiples huecos cuadrangulares, dejados por la disolución de la halita. Otras veces son cuarzosas y micáceas, tienen colores rojizos y una exfoliación planar que las disgrega en formas lajosas. La extensión lateral de estas areniscas, así como su proporción dentro del grupo, es muy limitada.

Las ofitas (213c), instaladas en los niveles más superiores de la formación triásica, son rocas volcánicas doleríticas, de colores negros, cuando están sanas, y verdosos, cuando se encuentran alteradas. El tamaño de grano varía de fino a medio, tienen textura subofítica y, frecuentemente, porfídica hipidiomorfa y microcristalina. Mineralógicamente están formadas por plagioclasas cálcicas, en maclas de albita y albita-periclina, pequeñas placas de cuarzo automorfo, piroxenos rosados (augita) y biotita. Los accesorios más frecuentes son ilmenita, pirita y esfena. La Figura 3.50 muestra el aspecto de detalle de estas rocas, en uno de los afloramientos del grupo.



Figura 3.50. Detalle de las ofitas, que forman el grupo (213c), en el que puede observarse su aspecto característico. Localidad de Alcalá de los Gazules (Hoja 1070-4).

- Estructura

Estructuralmente se trata de una formación muy compleja, ya que ha funcionado como nivel de despegue en los cabalgamientos del Sector Subbético y ha presentado fenómenos halocinéticos (diapirismo) en todas las etapas de deformación que han funcionado durante la Orogenia Alpina. Por este motivo, el rasgos tectónico más característico es su complejidad y la gran variación de sus estructuras, de unos puntos a otros. Esto, unido a la alta plasticidad de sus materiales hace que las estructuras sean poco visibles, excepto cuando la existencia de algún nivel de areniscas o de dolomías marca las directrices estructurales locales, como es el caso de la Figura 3.51. A rasgos generales se dan plegamientos apretados, con orientaciones muy cambiantes, de charnelas angulosas, y de flancos con buzamientos verticalizados e invertidos, que, además, pueden estar rotos por fallas inversas (pliegues-falla).



Figura 3.51. Crestón de dolomías del grupo (213b), con buzamientos subverticales, que marca la estructura de los materiales triásicos adyacentes. Canteras el Alamo, S.L. (Hoja 1070-4).

La disposición de los materiales también es muy variable. Las arcillas y margas yesíferas aparecen con aspecto masivo, en gruesos paquetes de geometría irregular, de espesores métricos. A nivel de detalle esos materiales pueden observarse con estructuras laminares y bandeadas. Los yesos aparecen dispuestos en gruesos bancos, formados por capas y lechos, de espesores decimétricos y centimétricos, respectivamente. Estos bancos, al encontrarse muy replegados y fracturados, llegan a tener aspecto masivo y brechoide. Las dolomías (213b) y areniscas aparecen en capas con una estratificación bien definida, de espesor variable entre 0,2 m y 0,5 m, y afectadas por una red de diaclasas, perpendicular a la estratificación, que libera la roca en cantos y bloques; aunque las areniscas rojizas tienen disyunción lajosa. Las ofitas (213c) son masivas, únicamente estructuradas por la red de fracturación y diaclasado, que libera bloques de roca de tamaños muy diversos, pero generalmente de grandes dimensiones.

- Geotecnia

Las arcillas y margas yesíferas de la formación, son fácilmente ripables, aunque presenten finas intercalaciones de areniscas o de yesos. Sin embargo, los yesos masivos tendrán ripabilidad marginal o nula, dependiendo de su espesor y fracturación. Por este motivo habrán de tener un tratamiento previo a su remoción, aunque son materiales que se comportan mal ante las voladuras, debido a que su gran plasticidad absorbe la energía de la explosión. Las dolomías (213b) y las ofitas (213c) no son ripables y tendrán que ser desmontadas mediante el empleo de explosivos.

La capacidad portante es variable, en función del tipo de litología. Los materiales arcillosos y margosos son plásticos y tienen capacidad portante baja, con producción de asientos de magnitudes altas. Los tramos de carretera que han aprovechado estos materiales como explanada, sin mejorar, presentan cuarteamientos, deformaciones y blandones en las calzadas. Por el contrario, los niveles rocosos tiene capacidad portante alta.

La erosionabilidad es alta en los horizontes margo-arcillosos, con producción de múltiples acarcavamientos, y son muy alterables, por hidratación, dando suelos residuales de naturaleza arcillosa y de alta plasticidad. Los yesos no son erosionables, pero se alteran fácilmente, por disolución, generando un subproducto de arenas yesíferas. Las rocas calcáreas, areniscosas y ofíticas, no son ni erosionables, ni alterables, a corto plazo.

La permeabilidad del conjunto es muy baja. Unicamente se genera un cierto drenaje profundo a través de la fisuración de los niveles rocosos. El resto de los materiales, de naturaleza arcillosa, no tienen drenaje subterráneo, por lo que se presentan problemas de alteración, disolución y reblandecimientos afectados por presiones intersticiales. El resultado es la frecuente aparición de fenómenos de inestabilidad en las laderas, incluso con pendientes suaves. En la Figura 3.52 puede observarse un ejemplo de deslizamiento de ladera.



Figura 3.52. Deslizamiento de ladera afectando a los materiales arcillo-salinos del grupo (213a). Los niveles rocosos corresponden a los yesos del mismo grupo. Proximidades de la localidad de Alcalá de los Gazules (Hoja 1070-4).

El drenaje superficial es fácil generalmente, aunque pueden existir áreas bajas y llanas en las que la escorrentía sea difícil. Este fenómeno, unido a la escasa capacidad de infiltración de los materiales triásicos, hace que se produzcan encharcamientos. Es importante señalar que las aguas procedentes del lavado de esta formación son ricas en sulfatos disueltos (aguas selenitosas), que las hacen muy agresivas a los hormigones.

Los taludes observados en esta formación son muy variados, dadas las características litológicas del mismo, así como su gran extensión. En arcillas y margas son de pequeña altura, tienen inclinaciones del orden de 55º a 60º, y la mayor parte presentan fenómenos de solifluxión que tienen como resultado la aparición de pequeñas conchas de deslizamiento. En estos materiales se recomiendan taludes más tendidos, con diseños 2H:1V. Los yesos, por el contrario, admiten taludes más inclinados en alturas medias y altas: 2H:3V ó 2H:2,5V, respectivamente (Figura 3.53).

En estos casos, y debido a la alta fracturación de los yesos, será necesario el empleo de mallas metálicas y la construcción de cunetones, para la recogida de las piedras que caigan desde las superficies de dichos taludes. La Figura 3.54 corresponde a una parte del mismo talud de la Figura anterior, en la que se ha empleado una malla, para evitar que los cantos de yeso caigan directamente a la calzada.



Figura 3.53. Taludes de altura media, realizados en las proximidades del p.k. 45 de la carretera C-440 (Hoja 1070-4), que afectan a los yesos del grupo (213a). Puede observarse la ausencia total de inestabilidades rotacionales.

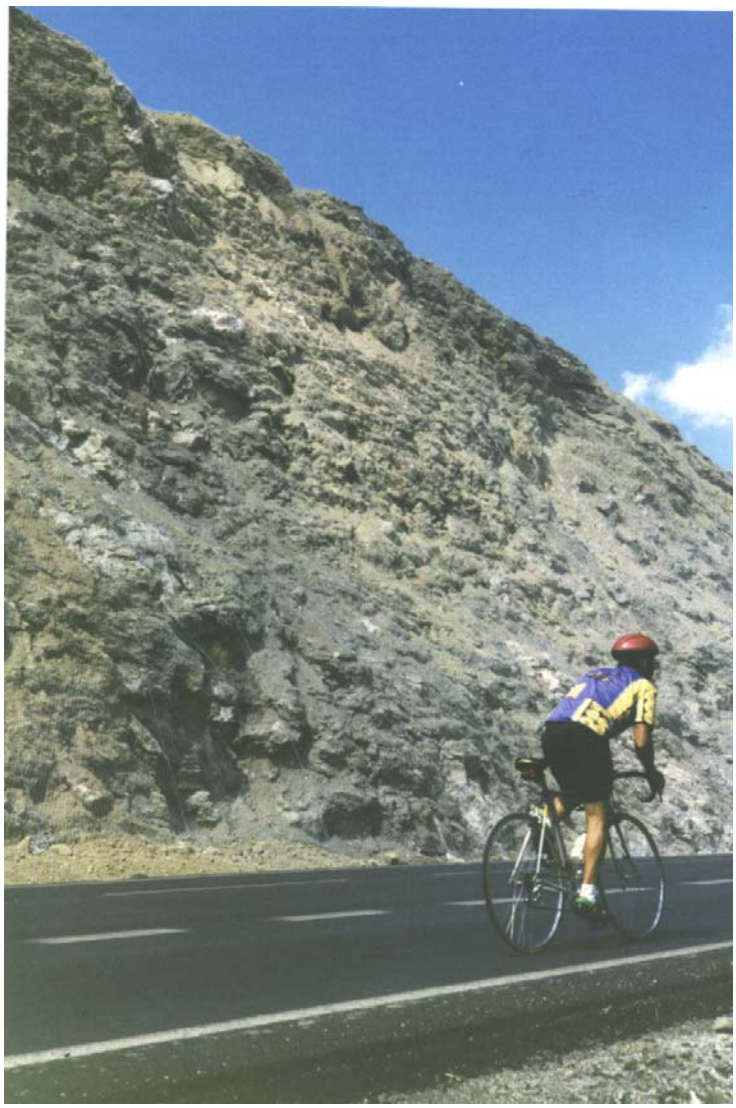


Figura 3.54. Talud de altura media, cuya superficie está protegida por una malla metálica, que evita la caída de cantos y pequeños bloques a la calzada. Hubiese sido adecuado añadir un cunetón de recogida, para eliminar la obstrucción de la cuneta que se produce con los materiales que se acumulan en ella. Proximidades del p.k. 45 de la carretera C-440 (Hoja 1070-4).

Los taludes abiertos en los niveles rocosos de dolomías y ofitas, corresponden a los frentes de explotación, en canteras, de dichas rocas. Son de alturas medias, subverticales y su estabilidad depende totalmente de la estructura y de la red de fracturación que presentan en cada caso. Como norma general pueden ser considerados estables los taludes con diseños 2H:3V. Sin embargo, será necesario el estudio detallado de la estructura concreta de cada talud, por medio del análisis de discontinuidades obtenido de distintas estaciones geomecánicas. Esto permitirá establecer las orientaciones posibles de deslizamientos planares de bloques y cuñas, y dar la inclinación más favorable para que no se produzcan (o al menos paliar) dichas caídas.

Las rocas dolomíticas y calco-dolomíticas (213b) y las ofitas (213c) son materiales utilizables como áridos de carretera, por lo que son explotadas en distintas canteras del Tramo.

3.2.5. Grupos geotécnicos

En este apartado, las formaciones geológicas correspondientes a la Zona 1, se agrupan en función de sus características geotécnicas, en lo que en este estudio se llaman "grupos geotécnicos". Son los siguientes:

- Grupo geotécnico GT1

  Arcillas, margas yesíferas y yesos. Son materiales poco resistentes, ripables, erosionables y de comportamiento muy plástico ante pequeños aumentos de humedad. La presencia de yesos, y su disolución, provoca en los materiales alteraciones y pérdidas de consistencia. Además, las aguas cargadas con los sulfatos procedentes de la disolución de los yesos (selenitosas) son muy agresivas a los hormigones normales. Son materiales muy poco permeables, que retienen durante largos períodos de tiempo el agua que les llega por precipitación, con lo que se reblandecen. Estos reblandecimientos producen inestabilidades rotacionales, en las zonas de ladera, y pérdidas de capacidad portante y asientos de magnitudes altas, en las zonas llanas y de fondo de valle. Los taludes que se realicen en estos materiales deberán tener inclinaciones bajas.

  En la Zona 1 este grupo geotécnico GT1 está representado por la formación (213a).

- Grupo geotécnico GT2

  Arcillas con intercalaciones de areniscas, limolitas y argilitas. Conjunto de materiales fácilmente ripables, aunque localmente existen ripabilidades marginales, producidas por los niveles areniscosos. Son alterables y diferencialmente erosionables. Tienen capacidad portante baja, que disminuye a muy baja ante fenómenos de hidratación. La permeabilidad es baja. El drenaje profundo es generalmente difícil, desarrollándose por la fisuración de los niveles rocosos; y el superficial es adecuado, por escorrentía, aunque pueden existir encharcamientos en zonas deprimidas y llanas. Los taludes no van a admitir inclinaciones fuertes, ya que pueden presentar deslizamientos rotacionales y acarcavamientos por la erosión de sus superficies.

  Las formaciones (321b), (313b), y (230) son las que representan, en esta Zona 1, al grupo geotécnico GT2.

- Grupo geotécnico GT3

  Areniscas con escasas intercalaciones de arcillas y limolitas. Se trata de rocas areniscosas, muy consolidadas por cementos silíceos y, ocasionalmente, carbonatados, de alta capacidad portante, difícilmente erosionables y no ripables. Son materiales que tienen una permeabilidad normalmente baja, al estar sus poros ocupados por cemento químico, aunque existe un lento drenaje profundo, desarrollado a través de la red de discontinuidades del macizo rocoso (estratificación, diaclasas y fracturas). El drenaje superficial es fácil, ya que estas rocas forman áreas con gradientes topográficos muy altos. Los taludes que se realicen en estas rocas no van a plantear problemas generales de estabilidad, sino deslizamientos planares locales, de grandes dimensiones (cuñas y bloques), que son consecuencia de su estructura geológica.

  La formación (321a) es la única representante del grupo geotécnico GT3.

- Grupo geotécnico GT4

  Margas, margas arenosas y arcillas, con intercalaciones de calizas margosas, calizas, calcarenitas y areniscas. Se trata de materiales fundamentalmente margosos con intercalaciones, generalmente finas, de otras litologías, generalmente calcáreas, que les sirven de armazón. Son materiales ripables, o en algún caso con ripabilidad marginal, y diferencialmente erosionables. Son alterables, por lo que se hallan frecuentemente recubiertos por suelos residuales de carácter arcilloso (*terra rossa*), procedentes de la descalcificación de los carbonatos. Los términos margosos tienen capacidad portante media, que pueden tener problemas de asientos diferenciales, y alta, los miembros rocosos o áreas con mayor abundancia de ellos. Los suelos residuales tienen capacidad portante baja. La permeabilidad es baja y el drenaje profundo difícil. La escorrentía va a plantear problemas de encharcamientos en las áreas llanas y de carácter endorreico, que se dan frecuentemente. Los taludes admiten inclinaciones medias, aunque pueden presentar caídas locales de cantos y pequeños bloques.

  En esta Zona 1, el grupo geotécnico GT4 está representado por las formaciones (350a), (321g), (321f), (321d), (313c), (313a), (312a), (311), (300) y (232).

- Grupo geotécnico GT5

  Calcarenitas y biocalcarenitas. Son rocas de alta capacidad portante, ripables y escasamente erosionables. Pueden ser alterables al perder su cementación, disgregándose en arenas calcáreas. Son materiales que tienen una permeabilidad

alta, generada por una gran porosidad eficaz, por lo que el drenaje profundo es fácil. La escorrentía superficial, aunque puede verse dificultada en algunas zonas llanas, la alta capacidad de infiltración de las rocas va a impedir la aparición de encharcamientos. Los taludes de mayor altura y de inclinaciones subverticales pueden presentar desprendimientos de grandes bloques, procedentes de los bordes de los mismos.

La formación (321e) es el único representante de este grupo geotécnico GT5.

- Grupo geotécnico GT6

Conglomerados con matriz arenosa y abundantes restos de conchas**.** Son rocas muy duras, cementadas por carbonatos, no son ripables, aunque pueden existir zonas con ripabilidad marginal, y poseen una capacidad portante muy alta. Debido a la presencia de alguna intercalación areno-arcillosa pueden producirse fenómenos de erosión diferencial, si bien de carácter local. La permeabilidad es alta, dada la gran porosidad de estas rocas, y el drenaje profundo es fácil. El drenaje superficial es adecuado, por escorrentía. Los taludes de grandes alturas y subverticales pueden presentar caídas de bloques.

La formación (322b) es el único representante de este grupo geotécnico GT6.

- Grupo geotécnico GT7

Arenas y limos**.** Son unos materiales no cohesivos, con algunos niveles más compactados, pero generalmente desagregados. Son fácilmente excavables, tienen capacidad portante media-baja, en función de su densidad. Son muy erosionables, por lo que van a dar problemas de aterramientos de cunetas y acarcavamientos en las superficies de los taludes. La porosidad eficaz es muy grande y la permeabilidad es alta, por lo que el drenaje profundo es fácil. No se producen encharcamientos, dada la gran capacidad de infiltración del material. Los taludes deberán tener la inclinación adecuada para disminuir los efectos de la erosión y ser revegetados.

Los grupos (350b) y (322a) son los representantes de este grupo geotécnico GT7.

- Grupo geotécnico GT8

Dolomías, calizas y calizas dolomíticas. Son materiales rocosos, difícilmente erosionables, no ripables, y cuya permeabilidad, baja, está condicionada por la red de fracturación. El drenaje superficial es adecuado. La capacidad portante de las rocas es muy alta. Los taludes de grandes alturas y fuertes inclinaciones pueden presentar inestabilidades gravitacionales (bloques y cuñas), según resulten las condiciones de la red de fracturación.

Este grupo geotécnico está representado por las formaciones (322c), (221) y (213b).

- Grupo geotécnico GT9

  Rocas ofíticas. Son rocas masivas, duras y cristalinas, no ripables, no erosionables y con capacidad portante muy alta. La permeabilidad es baja y el escaso drenaje profundo existente se desarrolla por las diaclasas de la roca. El drenaje superficial es fácil. Los taludes de grandes alturas y fuertes inclinaciones pueden presentar inestabilidades gravitacionales.

  La formación (213c) es el único representante del grupo geotécnico GT9.

- Grupo geotécnico GT10

  Arcillas limos fangosos. Son suelos de escasa resistencia y de baja capacidad portante, lo que unido a la presencia de un nivel freático alto, hace posible la aparición de asientos de grandes magnitudes. Las excavaciones que se realicen en estos materiales pueden ser llevadas a cabo con medios mecánicos, si bien es previsible la aparición de desplomes, dada la proximidad del nivel freático. La permeabilidad es baja y desarrolla un lento drenaje profundo de escaso gradiente hidráulico. Son materiales encharcables, dado el escaso gradiente topográfico.

  La formación superficial de marisma (M) es el único representante de este grupo geotécnico GT10.

- Grupo geotécnico GT11

  Gravas, arenas, limos y arcillas**.** Son materiales escasamente compactados, erosionables y fácilmente excavables, que presentan normalmente una permeabilidad alta y niveles freáticos próximos a la superficie. La capacidad portante es baja y media, y los asientos que pueden aparecer variarán de magnitudes altas a moderadas. Los taludes que se excaven en estas formaciones pueden tener problemas de erosión y caídas permanentes de cantos y bloques.

  En esta Zona 1 el grupo geotécnico GT11 está compuesto por las formaciones (A), (V), (D), (G1), (G2) y (R).

- Grupo geotécnico GT12

  Bloques ciclópeos, bloques, bolos y cantos, con matriz areno-arcillosa. Se trata de materiales coluviales y procedentes de deslizamientos de ladera de grandes magnitudes, que presentan como característica la gran disparidad de tamaños de sus elementos constituyentes. Son terrenos ripables, aunque pueden existir bloques tan grandes que hayan de ser taqueados, para su demolición. La capacidad portante es adecuada, ya que los materiales se encuentran suficientemente compactados. No son excesivamente erosionables y no son alterables. Presentan permeabilidad alta o media, en función de la cantidad de finos en la matriz, y el drenaje profundo generado es generalmente fácil. El drenaje superficial no va a producir encharcamientos. Los taludes muy inclinados, de alturas medias y altas, van a presentar desprendimientos de bloques de distintos tamaños.

  Las formaciones (C1) y (C2) son las representantes de este grupo geotécnico GT12.

3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.

La Zona 1 está formada por formaciones mesozoicas y cenozoicas constituidas por materiales generalmente blandos, en los que predominan las litologías arcillosas y margosas frente a una cierta proporción de intercalaciones o interestratificaciones rocosas (areniscas, calizas, calcarenitas, dolomías y ofitas). También aparecen extensamente representadas las formaciones superficiales cuaternarias compuestas por sedimentos detríticos de granulometría variada.

Los principales problemas geotécnicos de la Zona 1 van a proceder de los materiales arcillosalinos del Trías (grupo 213a), arcillosos del Cretácico y Mioceno (grupos 230 y 321b), así como por los miembros arcillosos del resto de las formaciones terciarias. Se trata de suelos alterables en los que la hidratación provoca la disminución en sus parámetros resistentes. Esto provoca la pérdida de capacidad portante, por lo que se generan asientos de magnitudes grandes o diferenciales en las cimentaciones de las obras de fábrica y estructuras, así como en los cimientos de terraplenes. Además estos reblandecimientos del material hace poco aconsejable su empleo como explanada. Otro problema que es consecuencia de los reblandecimientos es la gran inestabilidad rotacional que presentan estos materiales arcillosos, tanto en las laderas naturales como en los taludes artificiales con inclinaciones medias. Es aconsejable construir taludes tendidos para evitar su deslizamiento.

Algunos materiales rocosos plantean problemas de ripabilidad, aunque su presencia puntual dentro de la Zona 1 hace que sea una dificultad menor.

Las formaciones detríticas, terciarias y cuaternarias, plantean como única dificultad la alta erosionabilidad que pueden presentar los taludes, y que da lugar al aterramiento de las cunetas y otros elementos del drenaje. Por este motivo es conveniente estudiar la inclinación más adecuada, y los métodos correctores convenientes, para paliar dichos efectos.

3.3. ZONA 2. RELIEVE DE SERRANIA

La Zona 2 se extiende total o parcialmente por la hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional, a escala 1:50.000, siguientes:

Nº	Hoja	Cuadrantes
1069	Paterna de Ribera	1
1070	Alcalá de los Gazules	2, 3 y 4
1074	Tahivilla	1 y 2
1074	San Roque	3

Esta distribución queda de manifiesto en la Figura 3.55.

3.3.1. Geomorfología

La Zona 2 está formada, en su mayor parte, por las unidades alóctonas del Complejo del Campo de Gibraltar, especialmente por la unidad o *manto del Aljibe*, y sus series asociadas, y por las *arcillas con Tubotomaculum* del Complejo Tecto-sedimentario. Otras unidades (unidad de Algeciras, serie de Almarchal, etc.) inciden en la Zona 2, de forma poco extensa. La naturaleza litológica de las series más características mencionadas y sus accidentes estructurales son los que confieren a la Zona 2 sus rasgos geomorfológicos peculiares.

El aspecto general es el de un relieve accidentado, formado por la asociación de sierras lineales, orientadas generalmente según una dirección NO-SE, aunque localmente pueden estar giradas, tener directrices Este-Oeste y trazados circulares.

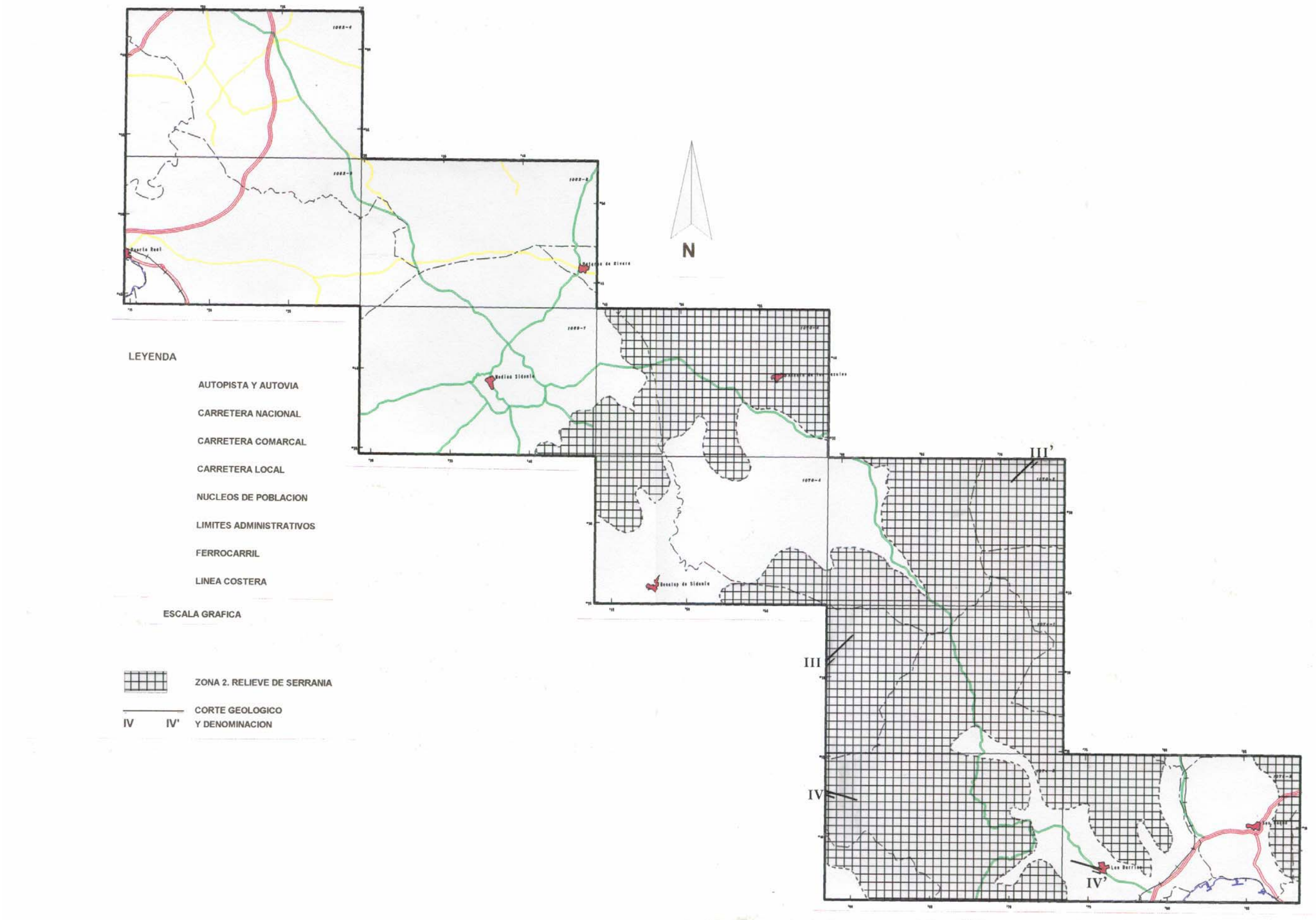


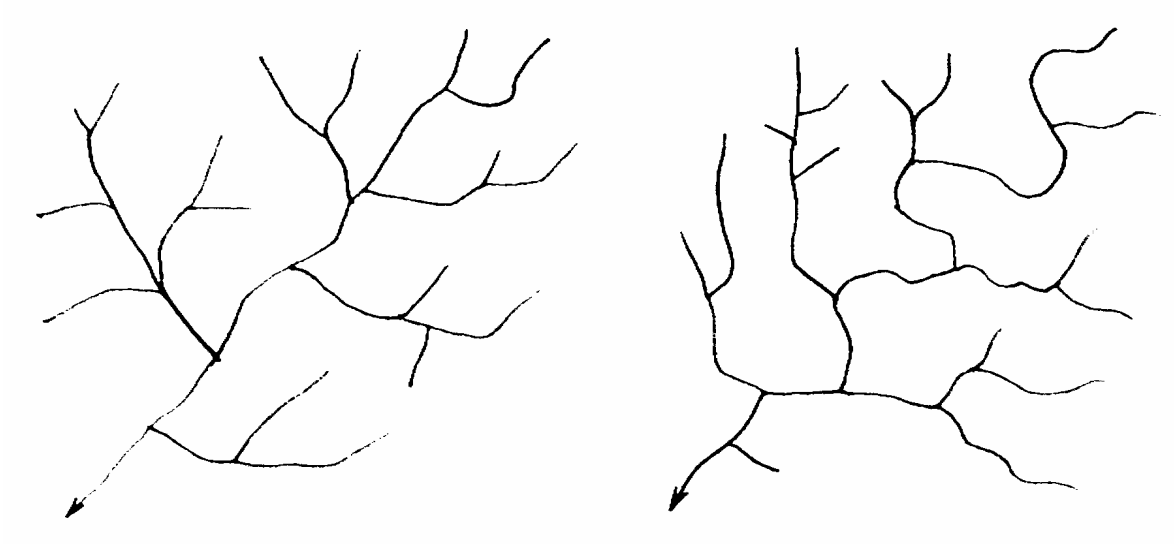
FIGURA 3.55. ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA ZONA 2 Y SITUACIÓN DE DOS CORTES GEOLÓGICOS REALIZADOS EN ELLA

En las áreas en donde el relieve es más accidentado, las sierras tienen las cimas agudas y cortadas, al aparecer en ellas las rocas areniscosas silíceas, características de esta región. Estas rocas, que son las más resistentes del sector, plantean serias dificultades a que la erosión lime sus aristas y asperezas, por lo que aparecen formando una morfología diferencial constituida por *farallones*, *cresterías*, *cuchillares* y *cejos cuarcíticos* (tipo *meseta* y *cuesta*), que destacan prominentemente en el relieve. Estas elevaciones están seccionadas por ríos y arroyos encajados, que se adaptan normalmente a las directrices estructurales, tanto las marcadas por la red de fracturación como por el plegamiento, obteniéndose como resultado una red de drenaje de textura media, y de trazado rectangular y angulado (Figura 3.56). Los valles y vaguadas en este sector más accidentado son angostas. Tienen amplitudes de 500 m a 1 km y desniveles comprendidos entre 200 m y 400 m, lo que produce vertientes muy inclinadas.

En esta Zona 2 existen otras zonas que, influenciadas por una litología menos competente, se presentan con una morfología más suave. Las elevaciones pierden su angulosidad, al ser más escasas las rocas duras cuarcíticas, y los valles y vaguadas se hacen más amplios y de vertientes más suaves. El resultado es un relieve accidentado, pero de formas redondeadas.

El relieve de la Zona 2 va evolucionando progresivamente por medio de los procesos de erosión fluvial, que es el factor más importante actuante en esta Zona. Sin embargo, hay que destacar, también, la importancia de los procesos de vertiente en la degradación de los principales relieves de este sector. En ellos son muy frecuentes e importantes los deslizamientos de ladera, que van modificando las pendientes de las mismas. Asimismo, la meteorización física actúa eficazmente sobre los afloramientos de roca, disgregándolos en elementos de formas y tamaños variables. Estos se acumulan al pie de las sierras y cambian la pendiente original del relieve. Por último, la meteorización química que progresa especialmente en los materiales más blandos, disgregándolos en partículas formadoras de suelos residuales. Estos horizontes van recubriendo a las formaciones geológicas y suavizando las posibles irregularidades que pudieran producir las intercalaciones de rocas más duras. Además, sobre ellos es donde se han practicado históricamente las labores agrícolas, que han ayudado a la meteorización química, aumentando así el espesor de dichos suelos.

La Figura 3.57 corresponde a un aspecto panorámico de los relieves característicos de la Zona 2.



(A) **(B)**

Figura 3.56. Redes de drenaje típicas presentes en la Zona 2.
(A): Red de drenaje rectangular. (B): Red de drenaje angulada.

3.3.2. Tectónica

La Zona 2, de relieve de serranía, corresponde fundamentalmente con el sector formado por el Complejo del Campo de Gibraltar, por lo que sus características estructurales están determinadas por las de esta unidad geotectónica.

El Complejo del Campo de Gibraltar, también denominado como Conjunto del Flysch del Campo de Gibraltar o Surco Turbidítico, se caracteriza, tectónicamente, por estar formado por una serie de unidades tectónicas alóctonas, desolidarizadas entre sí y cabalgantes sobre la Plataforma Subbética, que actúa en este caso como autóctono relativo. Estas unidades sufrieron un desplazamiento hacia el Oeste, como consecuencia del empuje lateral, desde el Este, realizado por las Zonas Internas de la Cadena Bética.



FIGURA 3.57. ASPECTO PANORÁMICO DE LOS RELIEVES CARACTERÍSTICOS DE LA ZONA 2. EN PRIMEROS PLANOS VALLES AMPLIOS Y ELEVACIONES SUAVES Y REDONDEADAS. AL FONDO, LOS RELIEVES CUARCÍTICOS TÍPICOS DEL SECTOR MÁS ACCIDENTADO DE LA ZONA 2.

Las unidades tectónicas de este Complejo más características en el Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios son las siguientes:

- Lámina o Manto del Aljibe, que tipifica geológicamente el sector central y occidental de la Zona 2.

- Complejo Tectosedimentario, que acompaña los cabalgamientos del manto del Aljibe.

- Lámina o Manto de Algeciras, que caracteriza el extremo oriental de la Zona 2.

Posteriormente a la fase de compresión que produce el acortamiento N-S de la Plataforma Subbética (1ª Fase de deformación), se desarrolla una segunda etapa de acortamiento de directrices Este-Oeste (2ª Fase de deformación). Esta fase produce unos movimientos muy importantes y está considerada como la principal etapa tectónica que ha actuado en la región. Durante la misma se va produciendo el desplazamiento de las areniscas del Aljibe y de las facies flysch de Algeciras, que, procedentes del surco turbidítico situado al Este, se van acumulando en las zonas occidentales de la Cordillera. Al mismo tiempo, estos desplazamientos de materiales competentes van arrastrando entre sí a una formación arcillosa e incompetente, depositada también en regiones orientales y muy característica del Campo de Gibraltar (arcillas con Tubotomaculum), la cual va englobando en su interior bloques pertenecientes a las rocas constituyentes de los mantos que la arrastran. Es el denominado Complejo Tectosedimentario. El resultado estructural de este acortamiento, ocurrido durante la fase principal, es la aparición, en primer lugar, de un plegamiento de las formaciones involucradas, y posteriormente el movimiento de las mismas mediante cabalgamientos sucesivos. Estos, de vergencia Oeste, se van imbricando entre sí y forman la estructura es escamas tan característica del Campo de Gibraltar. Además, esta imbricación de las escamas, que supone el apilamiento de las mismas, induce nuevas sobrecargas en los materiales arcillo-salinos del Trías, subyacentes. De esta manera se vuelven a producir extrusiones y movimientos halocinéticos en las zonas externas del emplazamiento de las escamas, por lo que aparecen cabalgamientos del Trías sobre materiales más modernos, así como deslizamientos gravitacionales, que independizan grandes bloques de manto hacia zonas exteriores.

Posteriormente a esta fase tectónica principal se origina otra etapa de acortamiento tangencial, pero con empujes contrarios a la anterior. Se generan, durante la misma, cabalgamientos de vergencia Este, al mismo tiempo que se verticalizan o se invierten algunos de los accidentes tectónicos anteriores. Es la denominada *Fase de retrocabal-gamientos*.

La última fase de deformación, también de acortamiento, da lugar a la reactivación de antiguos accidentes tectónicos anteriores, especialmente los de mayor importancia. Dichos accidentes pasan a funcionar como grandes fracturas de desgarre. Los últimos episodios son distensivos y se generan en tiempos mio-pliocenos, por la compensación isostática de la Cadena Bética. Durante los mismos se producen pequeños deslizamientos locales y pequeñas cuencas subsidentes.

La Figura 3.58. muestra dos cortes geológicos esquemáticos y un bloque diagrama, realizados en la Zona 2.

3.3.3. Columna estratigráfica

Los diferentes grupos litológicos que se han diferenciado en la Zona 2 se reseñan en la columna estratigráfica que se muestra en la Figura 3.59.

3.3.4. Grupos litológicos

Las formaciones geológicas o "grupos litológicos" que se han diferenciado en esta Zona 2 son los siguientes:

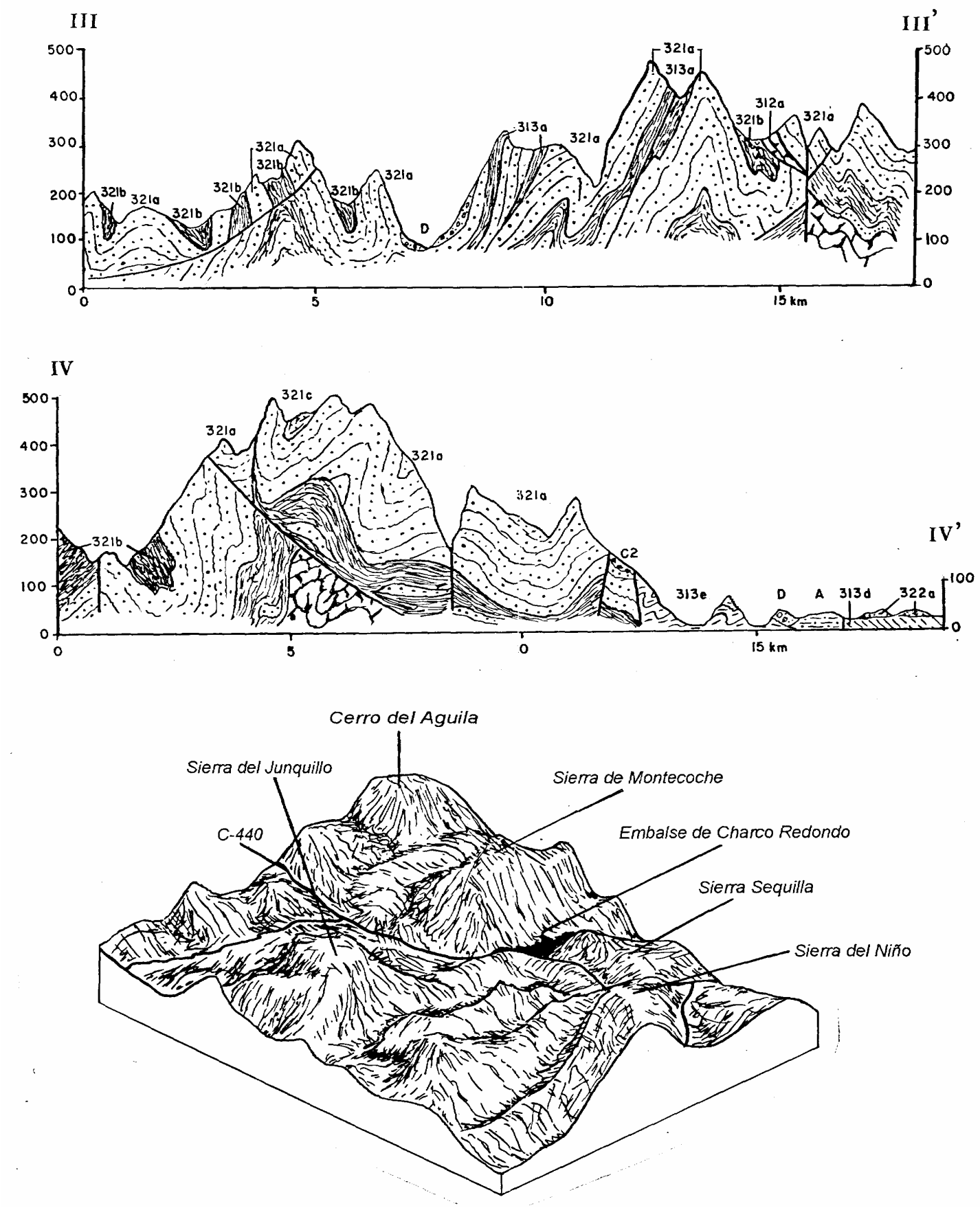


FIGURA 3.58. CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS Y BLOQUE-DIAGRAMA, REALIZADOS EN LA ZONA 2

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	ALUVIAL GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	CUATERNARIO	A	GT-11
	ELUVIAL ARENAS, ARCILLAS Y ARCILLAS YESIFERAS		V	
	CONOS DE DEYECCION Y ABANICOS ALUVIALES GRAVAS CON MATRIZ ARENO-ARCILLOSA		D	
	GLACIS ARENAS Y ARCILLAS CON CANTOS		G1	
	DESLIZAMIENTOS DE LADERA Y DESPRENDIMIENTOS BLOQUES, BOLOS, CANTOS Y ARENAS ARCILLOSAS		C1	GT-12
	COLUVIAL CANTOS, BOLOS Y BLOQUES CON MATRIZ ARENO-ARCILLOSA		C2	
	ARENAS Y LIMOS	PLIOCENO	322a	GT-7
	CALCARENITAS Y BIOCALCARENITAS	MIOCENO	321e	GT-5
	ARCILLAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS		321c	GT-2
	ARCILLAS VERSICOLORES CON INTERCALACIONES DE LIMOLITAS, ARGILITAS Y ARENISCAS		321b	
	ARENISCAS SILICEAS CON INTERCALACIONES DE ARCILLAS Y LIMOLITAS		321a	GT-3
	MARGAS Y ARCILLAS ROJAS	OLIGOCENO	313e	GT-2
	MARGAS Y ARENISCAS MICACEAS		313d	
	ARCILLAS Y ARENISCAS MICACEAS		313b	
	CALCARENITAS, CALIZAS BIOCLASTICAS Y ARCILLAS		313a	GT-4
	MARGAS, ARCILLAS, MARGOCALIZAS, CALIZAS BIOCLASTICAS Y CALIZAS ARENOSAS	EOCENO	312a	
	MARGAS Y MARGOCALIZAS	CRETACICO SUPERIOR	232	
	CALIZAS Y DOLOMIAS	JURASICO LIAS	221	GT-8
	YESOS, MARGAS YESIFERAS Y ARCILLAS	TRIASICO	213a	GT-1
	DOLOMIAS Y CALIZAS DOLOMITICAS		213b	GT-8
	OFITAS		213c	GT-9

Figura 3.59. Columna estratigráfica de la Zona 2.

ALUVIAL. GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, (A).

ELUVIAL. ARENAS, ARCILLAS Y ARCILLAS YESIFERAS, (V).

Estas formaciones han sido descritas en la Zona 1 (páginas 35 y 38, respectivamente), al aparecer en ella con mayor extensión.

CONOS DE DEYECCION Y ABANICOS ALUVIALES. GRAVAS CON MATRIZ ARENO-ARCILLOSA, (D).

- Litología

  Se trata de acumulaciones de gravas y arenas, depositadas por abanicos aluviales en la salida de algunos de los principales barrancos del Tramo.

Las gravas son principalmente areniscosas, aunque existen también elementos cuarcíticos y calcáreos, son heterométricas, heteromorfas, y generalmente subredondeadas, dada la proximidad del área madre. El tamaño medio de dichas gravas está comprendido entre 5 y 8 cm.

La matriz que sirve de trabazón a los cantos calcáreos está formada por arenas de grano medio a grueso, es algo limosa, tiene color marrón claro, y también aparece formando algunos niveles independientes de las gravas.

La Figura 3.60 presenta el aspecto de los materiales de esta formación.

- Estructura

Esta formación tiene una disposición de adaptación al relieve sobre el que se deposita, por lo que presenta inclinaciones próximas a los 10°, desde el ápice hasta su borde final. El ordenamiento interno de los materiales se realiza mediante la yuxtaposición de lentejones de gravas y arenas, lo que origina la aparición de estratificaciones cruzadas. La potencia total del conjunto es de 12 m a 15 m.

- Geotecnia

Estos materiales son fácilmente ripables con medios mecánicos, son medianamente erosionables y tienen una capacidad portante media-alta, en función del grado de compactación que presenten.

La permeabilidad es alta y está desarrollada por la gran porosidad de los materiales. El drenaje profundo es muy bueno. El drenaje superficial es fácil, ya que las pendientes son suficientes para que la escorrentía discurra con normalidad.



Figura 3.60. Aspecto de las gravas del grupo D1, en las proximidades de la cortijada del Jautor (Hoja 1070-2).

Los taludes observados corresponden a pequeños desmontes de las carreteras y caminos vecinales. Son de alturas bajas, tienen inclinaciones subverticales y no presentan inestabilidades de interés. La inclinación adecuada es del orden de 60° (2H:3V). Para taludes de mayores alturas es conveniente ir a diseños 1H:1V.

Es una formación interesante para ser utilizada como yacimiento de materiales de préstamo, eliminando los elementos más gruesos.

GLACIS. ARENAS Y ARCILLAS CON CANTOS, (G1).

Este grupo se encuentra descrito en la Zona 1 (página 41), al ser más característico de la misma.

DESLIZAMIENTOS DE LADERA Y DESPRENDIMIENTOS. BLOQUES, BOLOS, CANTOS Y ARENAS ARCILLOSAS, (C1).

- Litología

  Se trata de un grupo formado por una acumulación heterogénea de materiales detríticos, procedentes de desprendimientos y de los grandes deslizamientos de ladera producidos en los principales relieves de la Zona. En general se forman en laderas constituidas por las formaciones arcillosas de los grupos (321b) (*arcillas con Tubotomaculum*, del complejo tectosedimentario) y (313b), las cuales están coronadas por las areniscas del grupo (321a) (*areniscas del Aljibe*) (Figuras 3.61 y 3.62).

  Los bloques, bolos y cantos son de areniscas, tienen formas normalmente cuadrangulares y angulosas, dándose dimensiones de 1 m^3 a 2 m^3 a elementos de tamaño grava, de 8 cm a 10 cm. La Figura 3.63 muestra el tamaño que pueden alcanzar los bloques más grandes.

  La matriz está formada por una masa de arenas de grano fino medio y grueso, frecuentemente microconglomerática, muy mezcladas con arcillas y limos, que confieren la tonalidad rojiza y anaranjada al conjunto de estos materiales.



Figura 3.61. Vista general de una ladera característica de la Zona 2, afectada por deslizamientos de ladera que componen el grupo C1, en el paraje denominado *Tajo del Cabrero*, en las proximidades del p.k. 81 de la carretera C-440 (Hoja 1074-1).



Figura 3.62. **Vista general de una ladera afectada por desprendimientos de bloques ciclópeos de arenisca, procedentes de la fracturación del grupo litológico que corona el relieve (321a), como consecuencia de las inestabilidades que le infiere la formación arcillosa subyacente (321b). Paraje denominado Loma de Juan Vivas, en la carretera de Facinas (Hoja 1074-2).**



Figura 3.63. Bloque ciclópeo de arenisca del grupo (321a), desprendido del afloramiento, al estar cortado por discontinuidades netas, y depositado sobre el pie de la ladera. Obsérvese el tamaño que pueden alcanzar estos elementos. Carretera a Facinas (Hoja 1074-2).

- Estructura

  Como consecuencia de su génesis este grupo tiene una estructura de adaptación al relieve sobre el que se deposita. Se encuentra formando parte de las laderas de los principales relieves, disminuyendo su pendiente original. Los materiales se depositan caóticamente y carecen de ordenamiento interno, aunque pueden darse estructuras de laminación en la matriz y bloques rotados en el interior de la misma, que son consecuencia del movimiento de los materiales durante su deslizamiento. La potencia total del conjunto esta comprendida entre 10 m, para los desprendimientos, y superiores a 20 m, para los deslizamientos.

- Geotecnia

  Se trata de un grupo de materiales con características muy variables, debido a su granulometría heterogénea. El conjunto litológico forma un terreno ripable; sin embargo la existencia de grandes bloques puede hacer necesario el empleo de la

voladura de los mismos. La capacidad portante es media, aunque la presencia de los grandes bloques pueden haber favorecido la presencia de zonas poco compactadas entre ellos, que den lugar a fenómenos de hundimientos. La matriz es erosionable y puede dar lugar a que los elementos de mayores dimensiones queden descalzados y rueden por la ladera.

La permeabilidad es alta y el drenaje profundo muy fácil. Este, discurrirá generalmente por la proximidades del contacto de la formación con los límites arcillosos, aumentando su lubricidad e inestabilizándolo. El drenaje superficial está poco desarrollado, debido a la alta capacidad de infiltración de esta formación.

No existen taludes artificiales de interés en este grupo. Las laderas naturales son estables con inclinaciones máximas de 20°, que es la inclinación más recomendable para la construcción de los taludes artificiales (5H:2V).

COLUVIAL. CANTOS, BOLOS Y BLOQUES CON MATRIZ ARENO-ARCILLOSA, (C2).

- Litología

Se trata de acumulaciones caóticas formadas por cantos, bolos y bloques de areniscas y, en menor medida, de caliza y dolomías, angulosos y subangulosos, heterométricos, heteromorfos, y englobados en una matriz de arenas y arcillas, de colores generalmente marrones y rojizos, aunque pueden ser blanquecinos en zonas de influencia calcárea. La Figura 3.64 muestra un aspecto de estos materiales.

- Estructura

Son depósitos totalmente masivos y caóticos que se adaptan a la morfología de la superficie sobre la que se depositan. Por este motivo, la potencia de esta formación puede ser muy variable de unos puntos a otros, dándose valores de 0,5 m a 8 m en distancias próximas.



Figura 3.64. Materiales coluviales del grupo (C2) observados en un pequeño talud realizado en ellos. Pueden observarse los distintos tamaños de cantos y bloques existentes entre la matriz que, en este caso es muy abundante. Proximidades a la localidad de Los Barrios (Hoja 1075-3).

- Geotecnia

Este grupo se caracteriza por presentar una permeabilidad media-alta, en función del contenido de finos de la matriz, buen drenaje profundo, y fácil escorrentía. Dado el carácter desagregado de los materiales, la capacidad portante es baja-media, la ripabilidad es fácil y la erosionabilidad, alta. Esta facilidad de erosión hace que existan riesgos de aterramientos de cunetas y de otros elementos del drenaje de la carretera. Además las superficies de los taludes se ven continuamente afectadas por las caídas de los cantos y los bloques, que quedan descalzados al erosionarse la matriz que los sujeta.

Los taludes con inclinaciones superiores a 35° (3H:2V) y alturas medias, deben considerarse como inestables, ya que, además de las caídas gravitacionales y los fenómenos de erosión, pueden producirse en ellos deslizamientos rotacionales.

ARENAS Y LIMOS. (322a).

CALCARENITAS Y BIOCALCARENITAS, (321e).

Estos grupos litológicos han sido descritos en La Zona 1 (páginas 56 y 64, respectivamente), al ser más representativos de la misma.

ARCILLAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS, (321c).

- Litología

  Esta formación, de escasa extensión, aparece únicamente en las proximidades de la *Sierra de Montecoche* (Hoja 1074-1), en contacto con las areniscas del grupo (321a), a las que recubre.

  Se trata de unas arcillas marrones y verdosas, entre las que se intercalan niveles de areniscas micáceas en lechos de espesor centimétrico y decimétrico. Los afloramientos de esta formación son escasos, ya que se halla pinzada y cobijada por las escamas de las *areniscas del Aljibe*. La Figura 3.65 muestra un aspecto parcial de los materiales de este grupo.

- Estructura

  Tectónicamente, este grupo litológico forma parte de la *Lámina del Aljibe*, por lo que acompaña a las escamas de esta unidad, en aquellos lugares en donde aparece. Los materiales se encuentran plegados o basculados y son frecuentes los buzamientos altos e invertidos. Las arcillas aparecen con aspecto masivo y las areniscas se encuentran bien estratificadas en lechos de espesores centimétricos y en capas decimétricas. Estos niveles rocosos se presentan, además, fracturados por un diaclasado de alta frecuencia y ortogonal a la estratificación, que libera bloques de formas tabulares y cúbicas. La potencia máxima de este grupo es el orden de 100 m.



Figura 3.65. Aspecto parcial de las arcillas con intercalaciones de areniscas del grupo (321c), en la Sierra de Montecoche (Hoja 1074-1).

- Geotecnia

Se trata de un conjunto litológico ripable en su totalidad, ya que el escaso espesor de los estratos areniscosos, así como su alta fracturación, hace posible que sea desmontado con medios mecánicos. Son materiales escasamente erosionables, aunque las arcillas son alterables, por hidratación. La capacidad portante de las mismas va a depender del grado de alteración y de hidratación (reblandecimientos) que presenten, aunque se considera de tipo bajo. Por el contrario, las areniscas, o las zonas con mayor abundancia de ellas, tienen capacidad portante alta.

La permeabilidad es muy baja y el drenaje profundo muy deficiente, por lo que las presiones intersticiales serán altas; sin embargo, éstas son disipadas, en parte, mediante el drenaje del macizo rocoso que se establece a través de la red de fisuración de los estratos de areniscas. El drenaje superficial se realiza fácilmente mediante escorrentía.

No se han observado taludes artificiales en este grupo. No obstante, por la litología que presenta, se aconsejan diseños de taludes de 2H:1,5V. Además, se recomienda establecer la estructura del macizo rocoso en los lugares a desmontar, mediante el estudio del mismo en distintas estaciones geomecánicas.

ARCILLAS VERSICOLORES CON INTERCALACIONES DE LIMOLITAS, ARGILITAS Y ARENISCAS, (321b).

- Litología

Se trata de uno de los conjuntos litológicos más característicos del Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios, tanto por su extensión como por sus características. Constituye la facies denominada *"Arcillas con Tubotomaculum"*.

Está formado por una serie monótona de arcillas rojizas, verdosas y grises, satinadas y de aspecto esquistoso, con intercalaciones de limolitas grises, frecuentemente ferruginosas, de areniscas de grano fino y amarillentas, y de argilitas laminadas, rojas y verdes. Ocasionalmente pueden aparecer nódulos de azufre y yesos, pudiendo estos últimos encontrarse en forma de niveles o de crecimientos diagenéticos. Asimismo, son relativamente frecuentes los restos de trazas fósiles (*Tubotomaculum*). La Figura 3.66 corresponde al aspecto de detalle de los materiales de esta formación.

Una característica litológica de esta formación es la presencia dentro de ella de grandes bloques pétreos pertenecientes a formaciones más antiguas. Son especialmente frecuentes los bloques de *areniscas del Aljibe* (grupo 321a) y de *calizas con Microcodium* (grupo 312a). La presencia de estos bloques empastados en el seno de la formación son los que indican el origen tectosedimentario de la misma. Las Figuras 3.67 y 3.68 muestran, respectivamente, una visión panorámica de un bloque de *caliza con Microcodium* y su aspecto de detalle.



Figura 3.66. Aspecto de detalle de las arcillas rojas y grises, así como de una intercalación limolítica, del grupo (321b), en las proximidades del p.k. 84 de la carretera C-440 (Hoja 1074-1). Obsérvese el aspecto lajoso de las limolitas.

- Estructura

Los rasgos tectónicos regionales de este grupo litológico son muy complejos, ya que acompaña los cabalgamientos de las unidades del Complejo del Campo de Gibraltar, se pinza y cobija entre ellas, y forma niveles de despegue locales entre distintas escamas. Como consecuencia de esta tectónica accidentada, y debido a su naturaleza plástica, las estructuras de plegamiento y fracturación son complejas. Se dan buzamientos fuertes y flancos replegados e invertidos.



Figura 3.67. Visión panorámica del grupo (321b), en la que puede observarse un bloque de calizas con Microcodium *en el que se ha cimentado el Castillo de Torre Estrella, situado en la finca ganadera del mismo nombre (Hoja 1070-4).*

A pesar de la complejidad tectónica, y debido a su escasa resistencia, sobre este conjunto litológico se desarrollan los principales valles y vaguadas más amplias de esta Zona 2. Las vertientes de estos valles son suaves, con profusión de pequeñas lomas, separadas por cursos de agua apenas esbozados, que les confieren un aspecto lobulado, probablemente generado por antiguos deslizamientos de ladera.

En los afloramientos de este grupo puede observarse cómo las arcillas forman bancos métricos de aspecto masivo, excepto cuando la litificación las ha transformado en argilitas; en estos casos aparecen dispuestas en lechos centimétricos y afectadas por fisuraciones y laminaciones. Las intercalaciones de limolitas y de areniscas aparecen bien estratificadas en lechos de espesor centimétrico y en capas decimétricas, y se encuentran estructuradas por una laminación que les confiere su aspecto lajoso. La Figura 3.69 muestra un ejemplo de la estructura de este grupo, así como de la disposición de los materiales arcillosos y de las intercalaciones limolíticas.

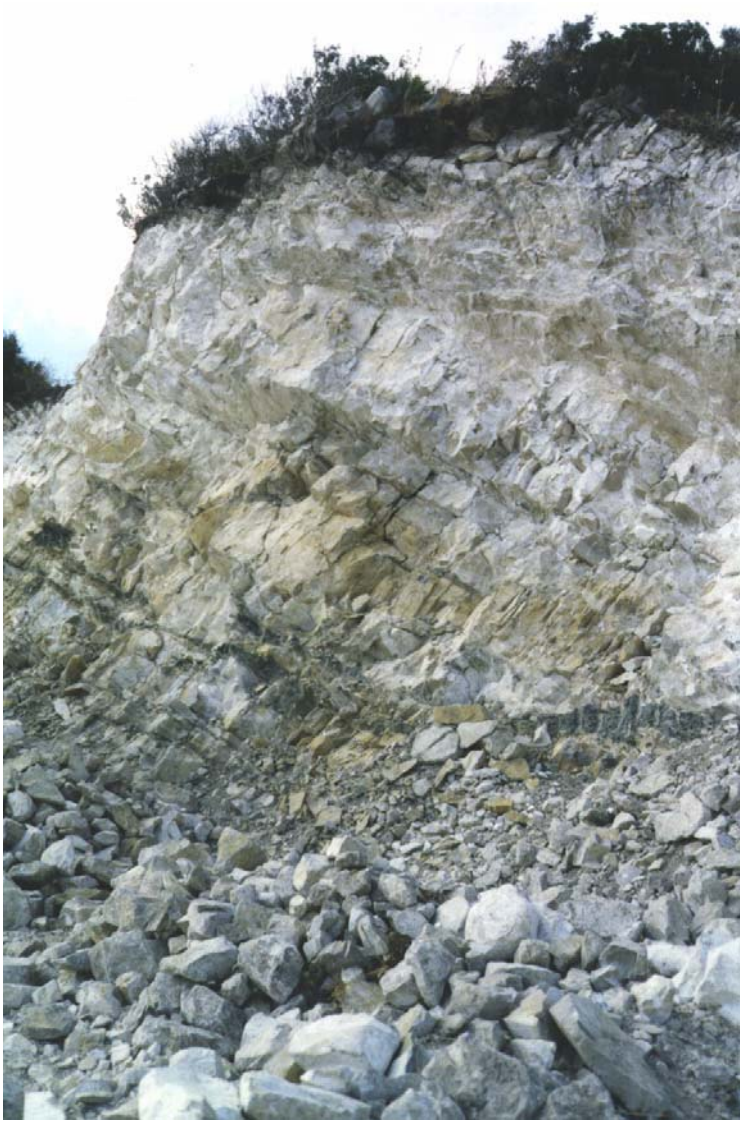


Figura 3.68 *Aspecto de detalle de un bloque de* caliza con Microcodium*, inserto en la formación (321b), que ha sido parcialmente explotado en cantera. Proximidades de la cantera Las Pilas (Hoja 1069-1).*

- Geotecnia

  El aspecto más importante de esta formación, que influye decisivamente en su comportamiento geotécnico, es la presencia de montmorillonita en la composición de las mismas. La estructura mineralógica de la montmorillonita favorece la entrada de moléculas de agua en su interior, que provocan una gran plasticidad y el fenómeno de la expansividad.

Ensayos realizados en esta formación, durante estudios anteriores, ofrecen los siguientes resultados:

LÍMITES DE ATTERBERG			PROCTOR NORMAL	
L. Líquido	**L. Plástico**	**I. Plasticidad**	**Dens. max.**	**Hum. opt.**
62,7	36,7	26,0	1,56 t/m3	23,3%
CLASIFICACIÓN U.S.C.S./ASTM		**CLASIFICACIÓN H.R.B./AASHTO**		
MH		A-7-5		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: LIMOS Y ARCILLAS PLÁSTICAS EXPANSIVAS				



Figura 3.69. *Vista parcial de un afloramiento del grupo (321b), en contacto con la formación de* areniscas del Aljibe *(321a), en las proximidades del p.k. 84 de la carretera C-440. La estructura invertida queda de manifiesto, al situarse los materiales más antiguos (321a) sobre los más modernos (321b). Asimismo, puede compararse el aspecto masivo de las arcillas frente a la estratificación de la limolitas.*

Estas características de plasticidad y de expansividad provoca que los materiales pierdan su resistencia ante los procesos de hidratación y se reblandezcan. Este fenómeno hace que la capacidad portante sea baja o muy baja, por lo que es previsible la aparición de asientos de magnitudes altas, tanto en la cimentación de estructuras o terraplenes, como en las explanadas de las carreteras. Apoyando a este último factor, puede observarse la existencia de deformaciones (*blandones*) en los firmes de las carreteras existentes en el Tramo, cuando discurren por esta formación.

Otra consecuencia de la pérdida de resistencia de las arcillas ante la hidratación es la inestabilidad, casi generalizada, que se produce en las laderas de los relieves en donde aparece esta formación. Estas inestabilidades son de dos tipos básicos. Los procesos más generalizados se producen en el horizonte más superficial y con las pendientes más bajas. Están representados por reptaciones y solifluxiones, que mueven una gran extensión de cobertera arcillosa más o menos alterada, en función de su humedad natural. Estos movimientos pueden provocar la deformación de las explanadas realizadas en estos horizontes, así como la rotura de los elementos de fábrica que dan servicio a la carretera (cunetas, drenajes transversales, arquetas, etc.). El segundo tipo de inestabilidad corresponde a los deslizamientos de ladera que son más profundos y se desarrollan en relieves con pendientes mayores. En estas zonas deslizadas, o potencialmente inestables, pueden aparecer problemas al ser excavadas, por lo que es recomendable el uso de escolleras equilibradoras. Las estructuras será necesario cimentarlas en los horizontes más firmes, y en las zonas de terraplén, especialmente las que discurran por medias laderas, habrá que realizar una limpieza del horizonte alterado y un cimiento escalonado.

Los desmontes que se realicen en este grupo litológico podrán llevarse a cabo directamente con medios mecánicos, ya que se trata de materiales totalmente ripables. Los taludes de estos desmontes habrán de construirse con bajas inclinaciones, ya que, en la mayor parte de los casos observados, con inclinaciones de 30° a 35° presentan problemas de estabilidad rotacional. Para paliar los fenómenos de inestabilidad, se recomiendan diseños del orden de 2H:1V. Asimismo, las superficies de los taludes se erosionan fácilmente, por lo que se hace necesario revegetarlos. Es importante adecuar los drenajes del talud, tanto para disipar las presiones intersticiales del material como para reducir los efectos de la erosión.

La Figura 3.70, corresponde a un talud de pequeña altura que muestra los efectos de la inestabilidad rotacional, aunque de carácter superficial.



Figura 3.70. Talud de pequeña altura y una inclinación de 40º, realizado en los materiales arcillosos del grupo (321b), afectado por un deslizamiento superficial. Carretera C-440 (Hoja 1074-1).

Las Figuras 3.71 y 3.72, corresponden, respectivamente, a una visión general de un talud de altura media (5-20 m), y a una vista local del mismo talud.



Figura 3.71. Talud de altura media realizado en las arcillas del grupo (321b), en las proximidades del p.k. 80 de la carretera C-440 (Hoja 1074-1). Se ha construido una berma intermedia, que modifica su inclinación, y se ha cubierto con geotextil, para evitar la erosión. Obsérvense también las deformaciones en la superficie del talud.

ARENISCAS SILICEAS CON INTERCALACIONES DE ARCILLAS Y LIMOLITAS, (321a).

- Litología

  Se trata del grupo más característico de esta Zona 2, ya que es el formador de los principales relieves de la región. Constituye las denominadas "*areniscas del Aljibe*".

  Litológicamente está compuesto por areniscas silíceas (90% de cuarzo), de colores blanquecinos, amarillos y anaranjados, de grano fino, medio y grueso, teniendo estas últimas aspecto microconglomerático. En estos casos, se observan granos de cuarzo de formas redondeadas. La matriz, escasa, es limolítica, y el cemento es de naturaleza silícea, aunque puede existir algún banco con cemento carbonatado.



Figura 3.72. Visión local del mismo talud de la Figura anterior, en el que pueden verse con más detalle las deformaciones de la superficie del talud, y observar cómo el efecto de la erosión continúa por debajo del geotextil.

Localmente la cementación puede ser baja y las areniscas tener el aspecto de arenas, más o menos compactadas, pero menos resistentes. Intercalándose en el conjunto, aparecen finos lechos de arcillas de colores rojizos y marrones, pero de tonos oscuros, así como limolitas de colores grisáceos y también de aspecto ferruginoso. Las Figuras 3.73 y 3.74 corresponden a dos aspectos litológicos de detalle.



Figura 3.73. Aspecto de detalle de las areniscas del grupo (321a), en las proximidades del p.k. 84 de la carretera C-440 (Hoja 1074-1).



Figura 3.74. Aspecto de detalle de una intercalación de limolitas grises entre areniscas del grupo (321a), en las proximidades del p.k. 84 de la carretera C-440 (Hoja 1074-1).

- Estructura

Se trata de un grupo que presenta unas estructuras regionales de plegamiento y fracturación muy intensas, al estar formadas por cabalgamientos sucesivos desarrollados mediante una tectónica en escamas. De una forma general, las estructuras tienen fuertes buzamientos y son vergentes, normalmente, al Oeste; aunque localmente pueden existir buzamientos contrarios, producidos durante la fase de retrocabalgamientos.

Las *areniscas del Aljibe* forman un relieve en *crestería* caracterizado por la presencia de fuertes pendientes y de farallones de roca verticalizados, que ocupan, normalmente, las cimas de las elevaciones. Los valles y las vaguadas se desarrollan en las zonas más blandas, y su trazado tiene un fuerte control estructural.

Los afloramientos de este grupo tienen el aspecto que se muestra en la Figura 3.75 Están estructurados en lechos de espesor centimétricos y decimétrico y en capas de potencias métricas. Las intercalaciones pelíticas son inferiores normalmente a 0,5 m. Los estratos areniscosos presentan frecuentemente estructuras sedimentarias que pueden favorecer el estudio de su medio de sedimentación. La Figura 3.76 corresponde a un ejemplo de una de estas estructuras.

Los paquetes areniscosos se encuentran afectados por una red de diaclasas, de espaciado medio y alto, que produce la disgregación del macizo rocoso en elementos de tamaño bloque, generalmente de gran tamaño.

La potencia total del conjunto puede estar comprendida entre 1500 m y 2000 m, ya que su gran fracturación tectónica hace difícil precisar este dato.

- Geotecnia

Se trata de la formación más competente y resistente a la erosión de la Zona 2, y en general de todo el Tramo estudiado. Son rocas no ripables, que pueden pasar a tener ripabilidad marginal, en las zonas más tableadas, o ser totalmente ripables en los lugares en donde la cementación es muy escasa. Este último caso se produce especialmente en los afloramientos de este grupo existentes en la Zona 1, de relieve llano y alomado, descrita con anterioridad. En estas zonas, las areniscas también se muestran muy erosionables y es muy frecuente la aparición de acarcavamientos en las superficies de los taludes.

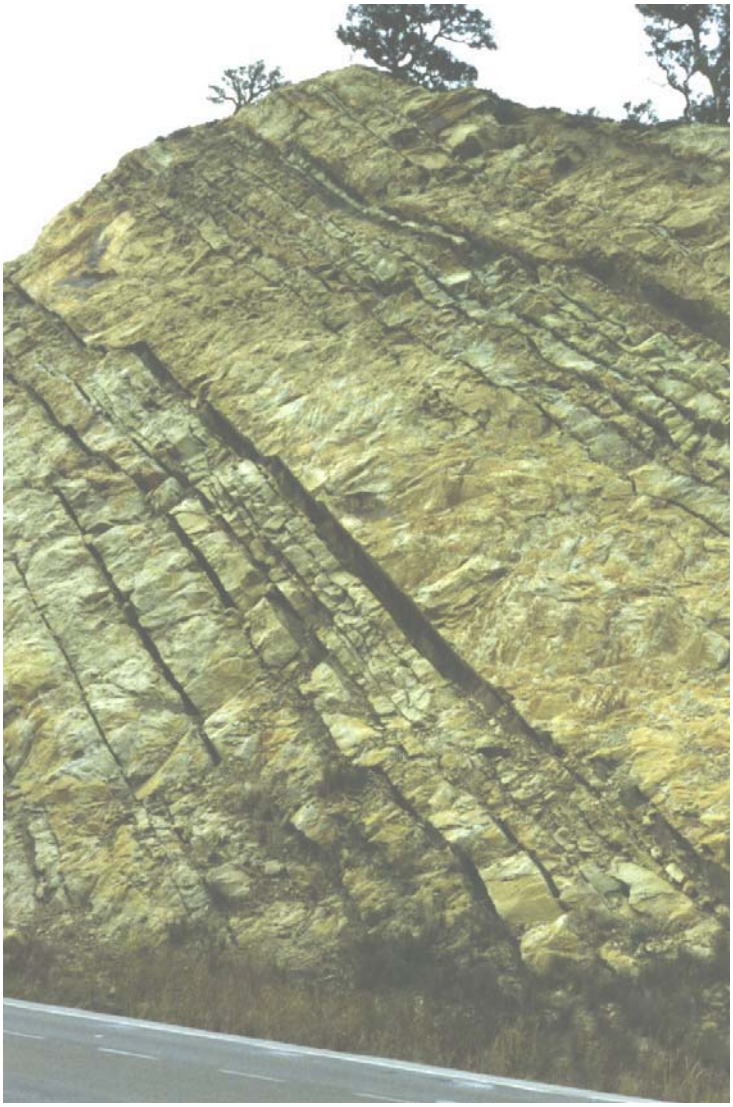


Figura 3.75. Ejemplo de la disposición que presentan las areniscas del grupo (321a). Proximidades del p.k. 84 de la carretera C-440 (Hoja 1074-1).



Figura 3.76. Estructura sedimentaria desarrollada en un lecho de arenisca del grupo (321a). Puede observarse también una intercalación arcillosa.

La capacidad portante es muy alta y no es previsible la aparición de asientos, tanto en las estructuras y obras de fábrica como en las explanadas.

Ensayos realizados en esta formación durante estudios anteriores arrojan los siguientes resultados:

LÍMITES DE ATTERBERG			**PROCTOR NORMAL**	
L. Líquido	**L. Plástico**	**I. Plasticidad**	**Dens. max.**	**Hum. opt.**
----	----	----	1,91 t/m3	9,4%
CLASIFICACIÓN U.S.C.S./ASTM		**CLASIFICACIÓN H.R.B./AASHTO**		
GM		A-1-b A-2-4		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: GRAVA CON ARENA Y LIMOS				

La permeabilidad del conjunto es baja, aunque existe un ligero drenaje profundo, debido a la fisuración y fracturación del macizo. El drenaje superficial se realiza fácilmente por escorrentía.

Se han observado taludes de alturas medias (5-20 m) e inclinaciones del orden de 65º que se mantienen generalmente estables. Localmente pueden aparecer cuñas delimitadas por las discontinuidades que provocan inestabilidades gravitacionales, como muestra la Figura 3.77.



Figura 3.77. Ejemplo de cicatriz de cuña formada en un talud próximo al p.k. 84 de la carretera C-440 (Hoja 1074-1), realizado en las areniscas del grupo (321a).

La inclinación a adoptar en el diseño de los taludes que se realicen va a depender de la estructura local que presente la formación de areniscas. Por este motivo es recomendable el estudio concreto de la misma, mediante la ubicación de estaciones geomecánicas en las que se obtengan los datos de las discontinuidades más desfavorables para la estabilidad del talud. No obstante, de una forma preliminar, se recomiendan diseños de 1H:1V a 2H:3V.

MARGAS Y ARCILLAS ROJAS, (313e).

- Litología

  Grupo de escasa extensión, aparece únicamente en las proximidades de la localidad de Los Barrios (Hoja 1075-3).

  Se trata de una alternancia irregular de margas verdosas y grises, y arcillas rojas y violáceas, con pequeñas intercalaciones centimétricas de calizas arenosas y areniscas, las cuales son más abundantes hacia el techo de la serie.

- Estructura

  Regionalmente, esta formación se integra dentro de la *lámina o manto de Algeciras*, por lo que acompaña los cabalgamientos de dicho manto; sin embargo, su presencia no es abundante, ya que, dado su carácter pelítico, puede estar pinzada o cobijada bajo las escamas.

  Los afloramientos son escasos y quedan limitados a los pequeños desmontes realizados para la carretera C-440, en las proximidades de la localidad de Los Barrios. En ellos puede observarse el aspecto masivo de los materiales. La potencia total de esta formación es de 150 m, aproximadamente.

- Geotecnia

  Se trata de materiales arcillosos fácilmente ripables, erosionables y alterables. Esta alteración hace que la capacidad de carga sea baja, especialmente en los horizontes más superficiales, y que se produzcan asientos de magnitudes altas. Las explanadas realizadas en estos materiales van a presentar deformaciones por la plasticidad de los mismos.

  La permeabilidad del conjunto es muy baja y el drenaje profundo difícil. Esto provoca que las presiones intersticiales de las arcillas tarden en liberarse, lo que produce el reblandecimiento y pérdida de resistencia de las mismas. El drenaje superficial es fácil, ya que el gradiente topográfico es adecuado.

  Se han observado taludes de alturas bajas que, con inclinaciones próximas a los 40 º, muestran procesos de deslizamiento, como es el caso de la Figura 3.78. La recomendación es ir a diseños próximos a 2H:1V.



Figura 3.78. Talud de pequeña altura realizado en los materiales arcillo-margosos del grupo (313e), que muestra problemas de estabilidad rotacional. Proximidades del p.k. 98 de la carretera C-440 (Hoja 1075-3).

MARGAS Y ARENISCAS MICACEAS, (313d).

- Litología

  Constituye la denominada "*unidad Algeciras*" y aparece exclusivamente en el extremo suroriental del Tramo.

  Se trata de una alternancia con una cierta regularidad, que le confiere un aspecto flysch-oide, de margas blanquecinas y azuladas, arcillas margosas masivas, de colores grises y verdes, y lechos de areniscas micáceas, en facies turbidíticas.

- Estructura

  La estructura regional de esta serie está definida por el emplazamiento de mantos en una tectónica de escamas, las cuales tienen buzamientos fuertes y tienen vergencia al Oeste y Noroeste.

En los afloramientos de este conjunto la estructura está definida por los niveles de areniscas micáceas, ya que se muestran bien estratificados y aparecen dispuestos en lechos de espesor decimétrico y, ocasionalmente, en capas métricas. Las arcillas son totalmente masivas y pueden tener potencias de varios metros. Por el contrario las margas aparecen en estratos de aproximadamente 1 m de espesor.

Afectando a todo el conjunto, pero evidente sólo en los niveles rocosos, aparece un diaclasado ortogonal a la estratificación que libera bloques de roca de formas tabulares y ocasionalmente cúbicos.

La potencia total de la formación en este sector del Tramo en donde aparece puede estar comprendido entre 300 y 500 m.

- Geotecnia

Los materiales de este grupo son en general ripables, aunque la presencia esporádica de algún nivel rocoso de mayor potencia puede hacer necesario el empleo de voladuras locales. La capacidad portante del conjunto es alta, exceptuando los miembros más arcillosos de la formación que, por su mayor alterabilidad, la tienen media-baja. En presencia de alternancias litológicas se pueden producir asientos diferenciales. Los niveles más blandos son fácilmente meteorizados, y es frecuente encontrar acarcavamientos y erosiones diferenciales en las superficies de los desmontes realizados en esta formación.

La permeabilidad del conjunto es media-baja y se desarrolla por la fisuración de los miembros rocosos. Esto genera un drenaje profundo lento que desagua por los niveles areniscosos del grupo, que actúan de drenes naturales. El drenaje superficial es fácil por escorrentía.

Los taludes de mayor interés observados corresponden a los ejecutados en las obras, realizadas en la actualidad, de la carretera N-340 (Figura 3.79), entre las localidades de San Roque (Hoja 1075-3) y Guadiaro (fuera del Tramo).



Figura 3.79. Talud de altura media realizándose en las obras de la autovía N-340, en las proximidades de la localidad de San Roque (Hoja 1075-3). Puede observarse el aspecto de la disposición de los materiales.

Los taludes son de altura media, tienen inclinaciones próximas a los 50 º y se mantienen estables, por lo que pueden considerarse recomendables, de una forma general, los diseños de 1H:1,5V. Sin embargo, es conveniente tener en cuenta la estructura geológica de la formación en cada caso concreto.

ARCILLAS Y ARENISCAS MICACEAS, (313b).

- Litología

Se trata de la serie subyacente de las "*areniscas del Aljibe*" (grupo 321a), apareciendo en contacto concordante con ellas, pero formando malos afloramientos, dada su naturaleza arcillosa. Sin embargo, han podido ser observadas en alguna pequeña excavación realizada en ellos para la ubicación de una conducción, en donde tienen el aspecto de la Figura 3.80.

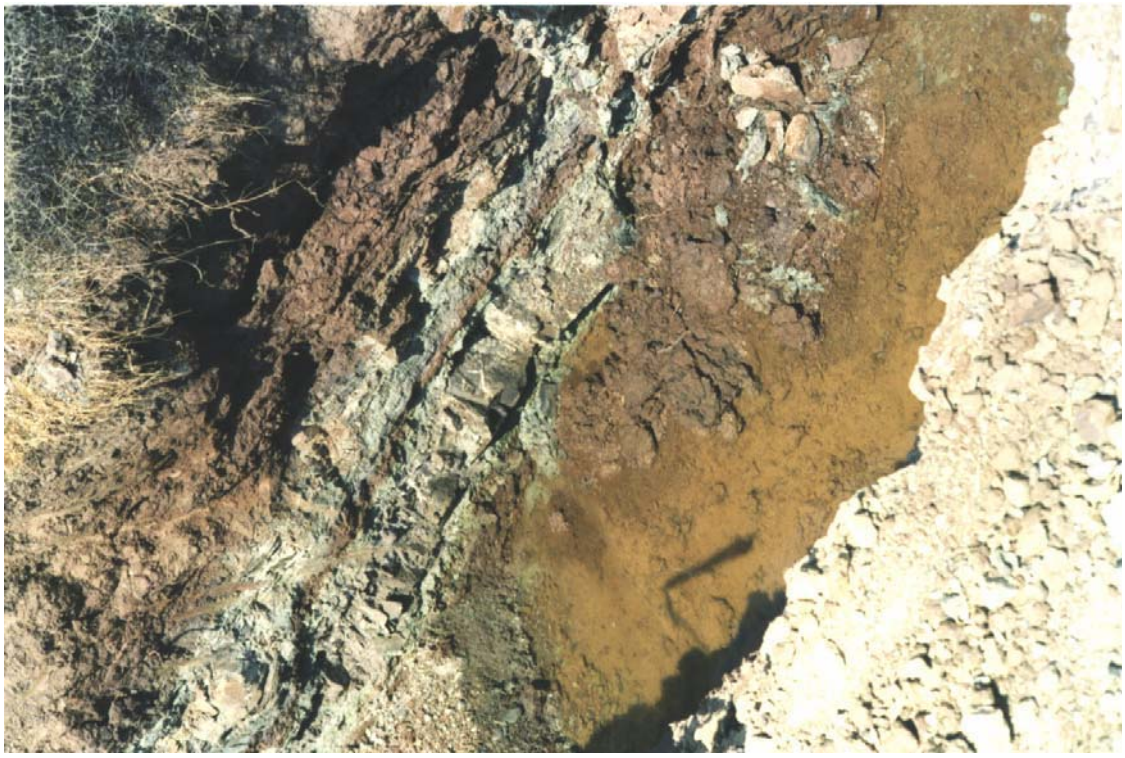


Figura 3.80. Aspecto de las arcillas con una intercalación de arenisca micácea del grupo (313b), en una excavación realizada en la carretera de Facinas (Hoja 1074-2).

Son arcillas rojas y verdes, algo limosas y ocasionalmente micáceas, que presentan pequeñas intercalaciones de areniscas micáceas, de grano fino a muy fino y de colores grisáceos y pardos. La Figura 3.81 muestra el aspecto de detalle de un bloque tabular de estas areniscas, extraído de una de estas zanjas mencionadas.



Figura 3.81. Detalle de las areniscas del grupo (313b) en la carretera de Facinas (Hoja 1074-2).

- Estructura

  Tectónicamente, acompaña en el emplazamiento de los cabalgamientos a la *serie del Aljibe* de la que forma parte. Además, dada la posición basal que ocupa y su naturaleza arcillosa, constituye un nivel de despegue en la tectónica de escamas.

  Las arcillas se disponen en capas de apariencia masiva, pero laminadas tectónicamente, lo que les confiere un cierto aspecto estratificado. Las areniscas se disponen en lechos de espesor centimétrico y se hallan atravesadas por diaclasas, que las liberan en bloques tabulares y cúbicos, de diversos tamaños. La potencia total de esta serie oscila entre 100 y 150 m.

- Geotecnia

  Grupo totalmente ripable, poco erosionable, pero alterable por hidratación de las arcillas. Como consecuencia de esa alterabilidad, la capacidad portante es baja; sin embargo, la presencia de niveles de areniscas en zonas inalteradas eleva dicha capacidad a valores medios.

  La permeabilidad es baja y el drenaje profundo deficiente, lo que produce un aumento de las alteraciones y de la plasticidad de las arcillas, con la consiguiente pérdida de resistencia. El drenaje superficial es fácil, debido a que el relieve de las áreas en donde aparece esta formación tiene las pendientes topográficas adecuadas.

No han sido observados taludes en esta formación. No obstante, dado su carácter arcilloso, se recomiendan diseños próximos a 2H:1V.

CALCARENITAS, CALIZAS BIOCLASTICAS Y ARCILLAS, (313a).

- Litología

  Grupo constituido por una alternancia irregular de calizas bioclásticas y calcarenitas, de colores blanquecinos o amarillentos, y arcillas rojas, grises y verdosas, a veces margosas. La Figura 3.82 muestra el aspecto de los materiales que componen este grupo.

- Estructura

  La estructura regional es de acompañamiento en la tectónica de escamas que caracteriza a casi todas las unidades de la Zona 1, por lo que presenta estructuras de plegamiento y fracturación con buzamientos fuertes y vergentes, en la mayor parte de los casos, al Oeste.



Figura 3.82. Aspecto de los estratos calcáreos entre niveles arcillosos, de distintas tonalidades, del grupo (313a). Proximidades de la cortijada de Los Alburejos *(Hoja 1069-1).*

Los buenos afloramientos de esta formación son escasos, ya que se encuentran recubiertos y elaborados por las prácticas agrícolas. No obstante, en algunas zonas se observan cómo son las capas calcáreas las que definen la estructura de la serie, ya que se encuentran bien estratificadas en lechos de espesor decimétrico, no superando nunca el metro de potencia. Por el contrario, las arcillas se presentan con aspecto masivo, excepto pequeñas laminaciones locales, que les confieren un aspecto algo lajoso. En los estratos rocosos y en algunos niveles arcillosos más consolidados se manifiesta un diaclasado, de espaciado medio y ortogonal a la estratificación, que libera bloques de roca de formas más o menos cúbicas. La potencia total de esta serie es del orden de 150 m.

- Geotecnia

Se trata de una formación en general ripable, ya que la escasa potencia de los niveles rocosos más resistentes no dificultan en gran medida la remoción de estos materiales. Es diferencialmente erosionable y presenta capacidad portante alta a media, en función de la cantidad de intercalaciones rocosas. Los niveles arcillosos son alterables por hidratación. En este sentido hay que señalar que el escaso drenaje profundo se canaliza a través de los estratos fisurados calcáreos, los cuales aportan cierta cantidad de agua a las arcillas que los limitan, y las reblandecen. El drenaje superficial es fácil por escorrentía.

Los taludes observados en esta formación son de alturas bajas y se mantienen estables con inclinaciones de aproximadamente 40 º. Como norma general se puede recomendar la relación 3H:2,5V, para la realización de taludes generalmente estables. Sin embargo habrá que considerar, en todos los casos, la estructura geológica local de la serie, que será la que aporte la inclinación más adecuada en la estabilidad del talud.

MARGAS, ARCILLAS, MARGOCALIZAS, CALIZAS BIOCLASTICAS Y CALIZAS ARENOSAS, (312a).

- Litología

Se trata de un conjunto litológico muy complejo ya que está formado por materiales que presentan variaciones de unas zonas a otras.

Se trata de una alternancia irregular de arcillas carbonatadas de colores rojos y marrones; margas blancas (Figura 3.83), grises y hasta negras; margocalizas, de colores generalmente blanquecinos (Figura 3.84); calizas bioclásticas, de tonos amarillentos, con aspecto algo brechoide (Figura 3.85); y calizas micro y mesocristalinas, arenosas, y de colores grises, cremas y blancos (Figura 3.86).

- Estructura

Las estructuras de esta serie calcárea presentan una gran variación, como consecuencia de ocupar áreas tectónicamente distintas y a su vez muy dispersas. De esta forma se dan estructuras de basculamiento y plegamiento con buzamientos suaves, y otras cuyos flancos se encuentran verticalizados o invertidos.



Figura 3.83. Margas blancas del grupo (312a), con finas intercalaciones calcomargosas. Cerro de los Espartales *(Hoja 1070-4).*



Figura 3.84. Aspecto de detalle de las margocalizas del grupo (312a), en el Cerro de los Espartales *(Hoja 1070-4).*



Figura 3.85. Aspecto de detalle de las calizas bioclásticas del grupo (312a), en las proximidades de la localidad de Los Barrios (Hoja 1075-3):



Figura 3.86. Detalle de las calizas mesocristalinas y arenosas del grupo (312a). Canteras de Polinario*, al norte de la localidad de Los Barrios (Hoja 1075-3).*

En los afloramientos de esta serie, los materiales rocosos se hallan estructurados en capas con estratificación normalmente bien definida y con espesores de varios decímetros, sin llegar a superar el metro. Estos paquetes rocosos se encuentran fracturados por una red de diaclasas, de espaciados medios, que disgregan el macizo en bloques de formas variadas e irregulares. Las margas y las arcillas aparecen normalmente con aspecto masivo, aunque, éstas últimas, pueden estar laminadas tectónicamente y mostrar un ligero bandeado. Un ejemplo de la disposición de estos materiales puede observarse en la Figura 3.87.

La potencia total del conjunto está comprendida entre 150 y 200 m

- Geotecnia

Se trata de un grupo de materiales con un grado de ripabilidad variable. Las zonas pelíticas y margosas son fácilmente ripables, frente a las rocosas que pueden tener ripabilidad marginal o no ser ripables, en función de la potencia de los estratos y del grado de fracturación del macizo. La capacidad portante es en general alta, aunque pueden producirse asientos diferenciales en apoyos formados por litologías de distinta competencia.

La permeabilidad es media y se desarrolla por fisuración. El drenaje profundo es deficiente a moderado y se canaliza a través de los paquetes calcáreos. El drenaje superficial es fácil por escorrentía.

Los taludes de mayor interés que se han observado en esta formación corresponden a los realizados en los desmontes para la autovía N-340, entre las localidades de San Roque (Hoja 1075-3) y Guadiaro (fuera del Tramo), actualmente en construcción (Figura 3.88). Son de alturas medias y grandes y se mantienen estables con diseños del orden de 1H:1V. No obstante, la estructura geológica local va a influir en la inclinación de estabilidad de cada uno de los taludes que se puedan realizar en esta formación.

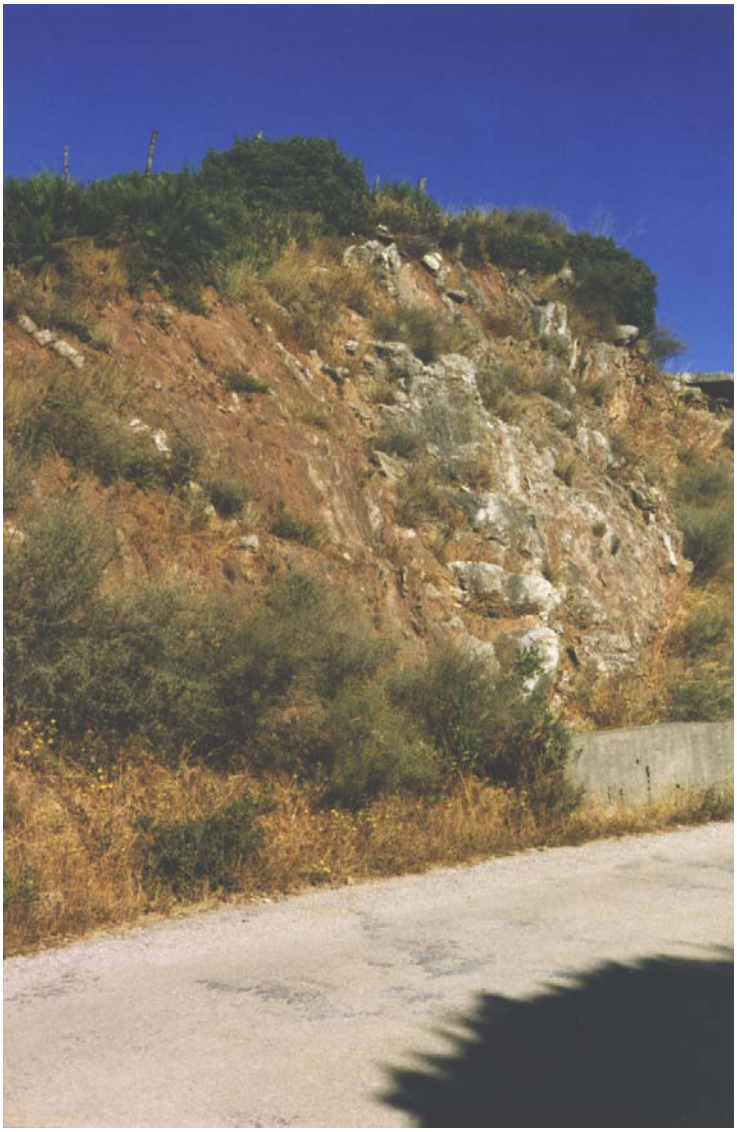


Figura 3.87. Estructura verticalizada de un paquete de calizas del grupo (312a), intercalado entre niveles de arcillas del mismo grupo. Proximidades de las canteras de Polinario*, al norte de la localidad de Los Barrios. (Hoja 1075-3).*

MARGAS Y MARGOCALIZAS, (232).

Este grupo litológico ha sido descrito en la Zona 1 (página 76), al ser más característico de la misma.



Figura 3.88. Desmonte realizado en el grupo (312a) en la construcción de la autovía N-340, entre las localidades de San Roque (Hoja 1075-3) y Guadiaro (Fuera del Tramo).

CALIZAS Y DOLOMIAS, (221).

- Litología

Grupo de reducida extensión dentro del Tramo, aparece solamente en tres pequeños afloramientos dispersos respectivamente en la Hojas 1062-2, 1070-4 y 1069-1. Constituye la única representación del período Jurásico en todo el ámbito del Tramo.

Litológicamente está formado por calizas y dolomías muy blancas, micríticas, microcristalinas y pulverulentas, cuyo aspecto de detalle puede ser observado en la Figura 3.89.



Figura 3.89. Aspecto de detalle de las calizas blancas del grupo (221), en la cantera Las Pilas*, próxima a la localidad de Medina-Sidonia (Hoja 1070-4).*

Ocasionalmente aparecen niveles de calizas dolomíticas grises, y otros de calizas blancas brechificadas. Son relativamente frecuentes los procesos de descalcificación, por lo que aparecen bolsones rellenos de arcillas carbonatadas.

- Estructura

Todos los afloramientos de estas rocas jurásicas presentes en el Tramo son bloques "flotantes" sobre los materiales arcillo-salinos del Trías, removilizados durante los procesos tectónicos que han afectado a la región, por lo que su estructura regional es totalmente discordante con las series adyacentes.

Los afloramientos de estas rocas forman un relieve alomado, en el que la presencia de algún banco calcáreo no produce grandes irregularidades. En estos afloramientos, los materiales se disponen estratificados en capas de espesores métricos y están afectados por una intensa fracturación, que disgrega el macizo rocoso en elementos de tamaño cantos y bloques, de formas y tamaños variables. La potencia total de este grupo es muy variable y está comprendido entre 20 m y 80 m. La Figura 3.90 corresponde a un pequeño afloramiento de este grupo.



Figura 3.90. Aspecto de uno de los afloramientos de calizas blancas, con aspecto brechoide, del grupo (221), existentes en el Tramo. Proximidades del p.k. 23 de la carretera a Puerto Real (Hoja 1062-2).

- Geotecnia

Son materiales no ripables, con capacidad portante muy alta y escasamente erosionables. Son alterables, a largo plazo, por disolución, por lo que pueden tener karstificaciones.

La permeabilidad, que se desarrolla por la fracturación y la fisuración, es baja-media, y el drenaje profundo generado es moderado. No obstante, en las zonas que existan conductos kársticos, la circulación de agua subterránea tendrá las características de drenaje libre. El drenaje superficial es fácil, ya que el gradiente topográfico es adecuado.

Los taludes observados corresponden a los frentes de explotación de las canteras que se ubican en esta formación. Son de alturas medias a altas, tienen inclinaciones subverticales y presentan caídas generalizadas de bloques y cantos. Debido a la escasa extensión de este grupo dentro del Tramo, y que en su mayor parte se encuentra ocupado por explotaciones de cantera, no es previsible que vaya a ser afectado por el trazado de nuevas carreteras. En cualquier caso, para obtener la estabilidad de los taludes a realizar en esta formación ha de tenerse en cuenta la estructura local de las rocas, ya que pueden originarse deslizamientos gravitacionales formados por cuñas y bloques.

Las calizas y dolomías de esta formación son útiles para su empleo como áridos de carreteras. La Figura 3.91 corresponde a una visión general de la *Cantera de Las Pilas*, en la que están siendo explotadas.

YESOS, MARGAS YESIFERAS Y ARCILLAS (213a) CON DOLOMIAS Y CALIZAS DOLOMITICAS (213b) Y OFITAS (213c).

Este grupo litológico ha sido descrito en la Zona 1 (página 84), al ser más característico de la misma.



Figura 3.91. Visión panorámica de la *Cantera Las Pilas*, situada en las proximidades de la localidad de Medina-Sidonia (Hoja 1070-4), que explota las calizas y dolomías blancas del grupo (221).

3.3.5. Grupos geotécnicos

En este apartado, las formaciones geológicas correspondientes a la Zona 2, se agrupan en función de sus características geotécnicas, en lo que en este estudio se llaman "grupos geotécnicos". Son los siguientes:

- GT1. Arcillas, margas yesíferas y yesos

  Son materiales poco resistentes, ripables, erosionables y de comportamiento muy plástico ante pequeños aumentos de humedad. La presencia de yesos, y su disolución, provoca en los materiales alteraciones y pérdidas de consistencia. Además, las aguas cargadas con los sulfatos procedentes de la disolución de los yesos (selenitosas) son muy agresivas a los hormigones normales. Son materiales muy poco permeables, que retienen durante largos períodos de tiempo el agua que les llega por precipitación, con lo que se reblandecen. Estos reblandecimientos producen inestabilidades rotacionales, en las zonas de ladera, y pérdidas de capacidad portante y asientos de magnitudes altas, en las zonas llanas y de fondo de valle. Los taludes que se realicen en estos materiales deberán tener inclinaciones bajas.

  En la Zona 2 este grupo geotécnico GT1 está representado por la formación (213a).

- GT2. Arcillas con intercalaciones de areniscas, limolitas y argilitas

  Conjunto de materiales fácilmente ripables, aunque localmente existen ripabilidades marginales, producidas por los niveles areniscosos. Son alterables y diferencialmente erosionables. Tienen capacidad portante baja, que disminuye a muy baja ante fenómenos de hidratación. La permeabilidad es baja. El drenaje profundo es generalmente difícil, desarrollándose por la fisuración de los niveles rocosos; y el superficial es adecuado, por escorrentía, aunque pueden existir encharcamientos en zonas deprimidas y llanas. Los taludes no van a admitir inclinaciones fuertes, ya que pueden presentar deslizamientos rotacionales y acarcavamientos por la erosión de sus superficies.

  Las formaciones (321c), (321b), (313e), (313d) y (313b) son las que representan, en esta Zona 2, al grupo geotécnico GT2.

- GT3. Areniscas con escasas intercalaciones de arcillas y limolitas

  Se trata de rocas areniscosas, muy consolidadas por cementos silíceos y, ocasionalmente, carbonatados, de alta capacidad portante, difícilmente erosionables

y no ripables. Son materiales que tienen una permeabilidad normalmente baja, al estar sus poros ocupados por cemento químico, aunque existe un lento drenaje profundo, desarrollado a través de la red de discontinuidades del macizo rocoso (estratificación, diaclasas y fracturas). El drenaje superficial es fácil, ya que estas rocas forman áreas con gradientes topográficos muy altos. Los taludes que se realicen en estas rocas no van a plantear problemas generales de estabilidad, sino deslizamientos planares locales, de grandes dimensiones (cuñas y bloques), que son consecuencia de su estructura geológica.

La formación (321a) es la única representante del grupo geotécnico GT3.

- GT4. Margas, margas arenosas y arcillas, con intercalaciones de calizas margosas, calizas, calcarenitas y areniscas

Se trata de materiales fundamentalmente margosos con intercalaciones, generalmente finas, de otras litologías, generalmente calcáreas, que les sirven de armazón. Son materiales ripables, o en algún caso con ripabilidad marginal, y diferencialmente erosionables. Son alterables, por lo que se hallan frecuentemente recubiertos por suelos residuales de carácter arcilloso (*terra rossa*), procedentes de la descalcificación de los carbonatos. Los términos margosos tienen capacidad portante media, que pueden tener problemas de asientos diferenciales, y alta, los miembros rocosos o áreas con mayor abundancia de ellos. Los suelos residuales tienen capacidad portante baja. La permeabilidad es baja y el drenaje profundo difícil. La escorrentía va a plantear problemas de encharcamientos en las áreas llanas y de carácter endorreico, que se dan frecuentemente. Los taludes admiten inclinaciones medias, aunque pueden presentar caídas locales de cantos y pequeños bloques.

En esta Zona 1, el grupo geotécnico GT4 está representado por las formaciones (313a), (312a) y (232).

- GT5. Calcarenitas y biocalcarenitas

Son rocas de alta capacidad portante, ripables y escasamente erosionables. Pueden ser alterables al perder su cementación, disgregándose en arenas calcáreas. Son materiales que tienen una permeabilidad alta, generada por una gran porosidad eficaz, por lo que el drenaje profundo es fácil. La escorrentía superficial, aunque puede verse dificultada en algunas zonas llanas, la alta capacidad de infiltración de las rocas va a impedir la aparición de encharcamientos. Los taludes de mayor altura y de inclinaciones subverticales pueden presentar desprendimientos de grandes bloques, procedentes de los bordes de los mismos.

La formación (321e) es el único representante de este grupo geotécnico GT5.

- GT7. Arenas y limos

Son unos materiales no cohesivos, con algunos niveles más compactados, pero generalmente desagregados. Son fácilmente excavables, tienen capacidad portante media-baja, en función de su densidad. Son muy erosionables, por lo que van a dar problemas de aterramientos de cunetas y acarcavamientos en las superficies de los taludes. La porosidad eficaz es muy grande y la permeabilidad es alta, por lo que el drenaje profundo es fácil. No se producen encharcamientos, dada la gran capacidad de infiltración del material. Los taludes deberán tener la inclinación adecuada para disminuir los efectos de la erosión y ser revegetados.

El grupo (322a) es el único representante de este grupo geotécnico GT7 en la Zona 2.

- GT8. Dolomías, calizas y calizas dolomíticas

Son materiales rocosos, difícilmente erosionables, no ripables, y cuya permeabilidad, baja, está condicionada por la red de fracturación. El drenaje superficial es adecuado. La capacidad portante de las rocas es muy alta. Los taludes de grandes alturas y fuertes inclinaciones pueden presentar inestabilidades gravitacionales (bloques y cuñas), según resulten las condiciones de la red de fracturación.

Este grupo geotécnico está representado en la Zona 2 por las formaciones (221) y (213b).

- GT9. Rocas ofíticas

Son rocas masivas, duras y cristalinas, no ripables, no erosionables y con capacidad portante muy alta. La permeabilidad es baja y el escaso drenaje profundo existente se desarrolla por las diaclasas de la roca. El drenaje superficial es fácil. Los taludes de grandes alturas y fuertes inclinaciones pueden presentar inestabilidades gravitacionales.

La formación (213c) es el único representante del grupo geotécnico GT9.

- GT11. Gravas, arenas, limos y arcillas

Son materiales escasamente compactados, erosionables y fácilmente excavables, que presentan normalmente una permeabilidad alta y niveles freáticos próximos a la

superficie. La capacidad portante es baja y media, y los asientos que pueden aparecer variarán de magnitudes altas a moderadas. Los taludes que se excaven en estas formaciones pueden tener problemas de erosión y caídas permanentes de cantos y bloques.

En esta Zona 2 el grupo geotécnico GT11 está compuesto por las formaciones (A), (V), (D) y (G1).

- GT12. Bloques ciclópeos, bloques, bolos y cantos, con matriz areno-arcillosa

  Se trata de materiales coluviales y procedentes de deslizamientos de ladera de grandes magnitudes, que presentan como característica la gran disparidad de tamaños de sus elementos constituyentes. Son terrenos ripables, aunque pueden existir bloques tan grandes que hayan de ser taqueados, para su demolición. La capacidad portante es adecuada, ya que los materiales se encuentran suficientemente compactados. No son excesivamente erosionables y no son alterables. Presentan permeabilidad alta o media, en función de la cantidad de finos en la matriz, y el drenaje profundo generado es generalmente fácil. El drenaje superficial no va a producir encharcamientos. Los taludes muy inclinados, de alturas medias y altas, van a presentar desprendimientos de bloques de distintos tamaños.

  Las formaciones (C1) y (C2) son las representantes de este grupo geotécnico GT12.

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.

La Zona 2 está formada por formaciones cenozoicas constituidas por litologías arcillosas y margosas, así como una gran proporción de formaciones o intercalaciones rocosas (areniscas, calizas, calcarenitas, dolomías y ofitas). También aparecen extensamente representadas las formaciones superficiales cuaternarias compuestas por sedimentos detríticos de granulometría variada.

Los principales problemas geotécnicos de la Zona 2 van a proceder de los materiales arcillosalinos del Trías (grupo 213a), arcillosos del Mioceno (grupo 321b), así como por los miembros arcillosos del resto de las formaciones terciarias. Se trata de suelos alterables en los que la hidratación provoca la disminución en sus parámetros resistentes. Esto provoca la pérdida de capacidad portante, por lo que se generan asientos de magnitudes grandes o diferenciales en las cimentaciones de las obras de fábrica y estructuras, así como en los cimientos de terraplenes. Además estos reblandecimientos del material hace poco aconsejable su empleo como explanada. Otro problema que es consecuencia de los reblandecimientos es la gran inestabilidad rotacional que presentan estos materiales arcillosos, tanto en las laderas naturales como en los taludes artificiales con inclinaciones medias. Es aconsejable construir taludes tendidos para evitar su deslizamiento.

Los materiales rocosos plantean grandes problemas de ripabilidad, dada su gran extensión dentro de la Zona 2, incrementándose las dificultades, además, por la gran altura previsible de los desmontes que puedan afectar a estas rocas. Las inestabilidades que se puedan producir en los taludes que se diseñen en estas formaciones son, sobre todo de carácter gravitacional (cuñas y bloques). Esto hace necesario el conocimiento concreto de la estructura geológica en cada caso.

Las formaciones detríticas, terciarias y cuaternarias, plantean como única dificultad la alta erosionabilidad que pueden presentar los taludes, y que da lugar al aterramiento de las cunetas y otros elementos del drenaje. Por este motivo es conveniente estudiar la inclinación más adecuada, y los métodos correctores convenientes, para paliar dichos efectos.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRAFICOS

El Tramo Jerez de la Frontera tiene unos territorios, en la mitad Noroeste del mismo (Zona 1), de topografía poco accidentada. Están formados por una extensa zona en la que la presencia de algunos montes de mayor entidad no supone ningún obstáculo para la ejecución de vías de comunicación. El sector que forma la Zona 2 (mitad suroriental), es el que tiene las mayores dificultades topográficas, dada su orografía más accidentada, y especialmente las áreas centrales de esta Zona, que corresponden a las sierras del Padrón, Montecoche, Blanquilla, Sequilla y del Niño. La topografía accidentada de esta Zona dificulta el trazado de nuevas vías de comunicación, ya que en ellas sería necesaria la ejecución de múltiples desmontes y grandes estructuras o potentes terraplenes, para ir salvando los desniveles presentes en la misma. Por el contrario, en la Zona 1, de relieve llano y alomado, las nuevas carreteras se pueden diseñar por corredores de topografía más suave.

4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS

La naturaleza de los problemas geomorfológicos que presenta el Tramo está en estrecha relación con las características litológicas y tectónicas de los materiales que lo forman.

El sector más abrupto de la Zona 2 de este Tramo tiene un relieve formado por una sucesión de elevaciones, separadas entre sí por valles encajados. Son áreas que, por tener un relieve rejuvenecido, están muy afectadas por la erosión, ya que los ríos no han logrado su perfil de equilibrio. Esta erosión se produce principalmente en los cauces de ríos y arroyos, aunquetambién se manifiesta estacionalmente en las laderas de los cerros, a causa de las aguas de arroyada. Los principales problemas que pueden ocurrir a causa de la erosión fluvial en las obras de carreteras son los siguientes:

- Socavaciones en las pilas de las estructuras, cuando la cimentación de las mismas no se encuentra lo suficientemente empotrada en el terreno más firme.

- Acumulación de detritos y vegetación, arrastrados por la corriente, y posterior obstrucción de las embocaduras de los tubos de desagüe que atraviesen terraplenes, con el consiguiente peligro para los mismos. Además, este efecto puede producir el rebosamiento de las aguas por encima de la calzada.

- Erosiones en los estribos de los puentes, cuando éstos están realizados con materiales de préstamo y esta construcción implica una reducción del cauce natural máximo del río o arroyo.

Otro problema geomorfológico es el que aparece en los territorios formados por materiales arcillosos y arcillo-salinos. Las laderas, incluso con pequeñas inclinaciones, responden a los

cambios en la consistencia de los materiales con movimientos continuos y esporádicos. Los movimientos continuos están representados por las reptaciones y la solifluxión, que afectan a una capa más o menos superficial de terreno, y que dan lugar a pequeños desperfectos en las obras. Los movimientos esporádicos corresponden a los deslizamientos de ladera; afectan a un volumen importante de materiales, y sus consecuencias en las obras son generalmente desastrosas.

En las áreas de mayor relieve existe un gran número de afloramientos rocosos que se hallan afectados por inestabilidades gravitacionales, debido a la forma que toman y a su estructura. Este fenómeno produce frecuentes caídas de bloques ciclópeos, que pueden ocasionar problemas en las obras y en daños en las personas.

El resto del Tramo corresponde a un terreno alomado, separado por valles fluviales de fondo plano. Las laderas de estos valles son generalmente estables, aunque pueden existir ocasionales movimientos de materiales arcillosos alterados. En esta Zona, existen algunas áreas que, por su escaso gradiente topográfico, pueden encharcarse, largamente, en las épocas de precipitaciones máximas. Asimismo, durante estas precipitaciones aparecerán pequeñas erosiones producidas en las márgenes de los ríos y en alguna ladera de mayor pendiente, formada en materiales poco resistentes.

4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS

En el Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios pueden aparecer los siguientes problemas geotécnicos:

- Presencia abundante de materiales de alta plasticidad.

- Fenómenos de expansividad en suelos arcillosos. Alteración por hidratación. Reblandecimientos. Drenajes profundos deficientes y presiones intersticiales altas.

- Abundancia de materiales con capacidad portante baja, que disminuye ante alteraciones. Asientos tanto en explanadas (grietas y deformaciones en los firmes; blandones) como en los cimientos de estructuras y terraplenes, especialmente en zonas de media ladera, debido a las inestabilidades de las mismas (reptación, solifluxión, deslizamientos). Suelos mejorados y búsqueda de los niveles más firmes.

- Inestabilidades rotacionales en taludes. Taludes tendidos, con bermas y drenados.

- Erosiones de la superficies de los taludes, tanto en materiales blandos (acarcavamientos) como en rocosos (erosiones diferenciales). Canalización de las aguas de precipitación mediante elementos drenantes. Protección de la superficie con lámina geotextil y revegetación de las mismas. Ampliación del cunetón para eliminar el aterramiento de los drenajes.

- Presencia abundante de materiales salinos. Procesos de disolución. Aguas selenitosas agresivas a los hormigones normales.

- Ripabilidad nula o difícil de algunas formaciones rocosas. Empleo de voladuras para desmontes.

- Inestabilidades gravitacionales en los taludes realizados en las formaciones rocosas con estructura desfavorable ante la orientación e inclinación del talud. Cuñas, bloques y caídas generalizadas de cantos. Bulonado, gunitado, malla de guiado, cunetones de recogida, drenajes para eliminar presiones intersticiales.

4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

Como resultado del análisis topográfico, geomorfológico y geotécnico del Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios, y teniendo en cuenta los condicionantes que imponen las modernas carreteras y las poblaciones existentes, se recomiendan tres corredores viarios, que se consideran los más adecuados dentro del Tramo. Dichos corredores han sido denominados "CT-1", sus variantes "CT-1A" y "CT-1B", "CT-2" y "CT-3".

En la Figura 4.1 se muestran esquemáticamente estos corredores de trazado.

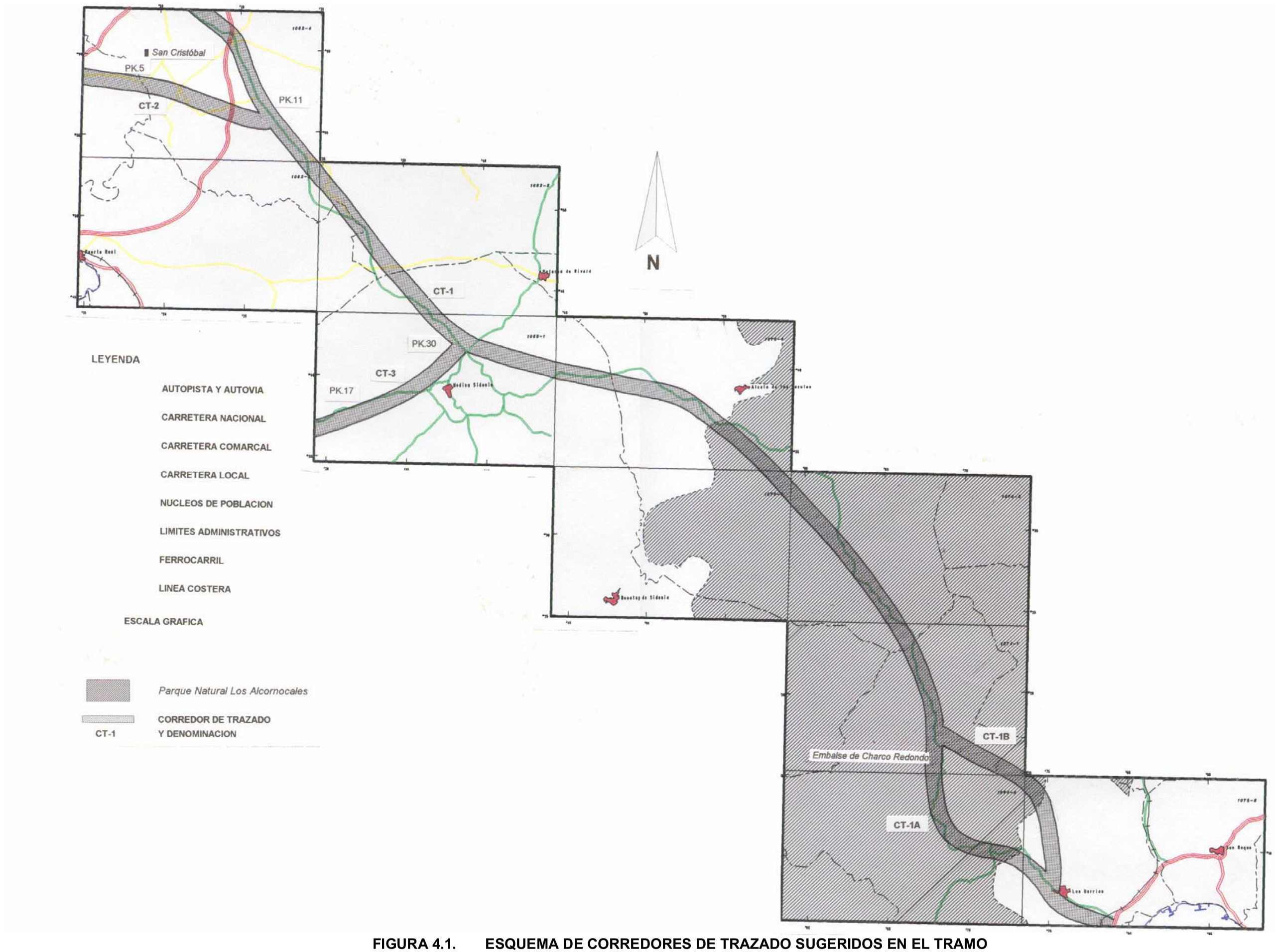


FIGURA 4.1. ESQUEMA DE CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS EN EL TRAMO

El corredor "CT-1" inicia su entrada en el Tramo por su borde septentrional, procedente de la ciudad de Jerez de la Frontera (fuera del Tramo). Desde este inicio coincide con el corredor ocupado en la actualidad por la carretera C-440, excepto en algunas zonas en las que, por la existencia de amplias curvas, se separa puntualmente de él. A partir de una zona situada unos dos kilómetros al norte del cruce de la C-440 y la carretera local de Paterna de Ribera a Puerto Real (p.k.21), se separa del trazado actual y lo vuelve a tomar en el p.k. 28, aproximadamente, simplificando así el trazado. Desde este punto continúa por el corredor actual, recientemente mejorado, hasta el p.k. 42, en donde vuelve a separarse de él, variando el trazado por el Sur, hasta el p.k. 46, en donde volvería a unirse al corredor actual, hasta las proximidades del p.k. 48. A partir de aquí penetra en el límite del *Parque Natural Los Alcornocales*. Se separa de la carretera actual, de trazado irregular, y, bordeando la "cola" del *embalse de Barbate*, volvería de nuevo al corredor, en las proximidades del p.k. 63, coincidiendo con él hasta el p.k. 80 (al norte de la *Venta La Polvorilla*). Desde este punto existen dos opciones, que han sido denominadas CT-1A y CT-1B.

La opción CT-1A supone el continuar con el mismo trazado de la actual carretera C-440, atravesando el *embalse de Charco Redondo* mediante dos viaductos, ampliando los ya existentes, hasta las proximidades del p.k. 85, desde donde se puede realizar una mejora, y una simplificación del trazado, hasta aproximadamente el p.k. 96, punto en el que, saliendo del *Parque Natural Los Alcornocales*, empalmaría con la variante de Los Barrios, actualmente construida, y por ella se uniría a la actual autovía N-340.

La opción CT-1B parte del p.k. 80 de la C-440 y, dirigiéndose al Sureste, bordea, por el norte, el *embalse de Charco Redondo* hasta el paraje denominado *Cerro Bejarano*. Desde aquí, gira al Sur, y se dirige hacia el extremo septentrional de la variante de Los Barrios, formando, de nuevo, un único corredor hasta su enlace con la autovía N-340.

El corredor "CT-2" serviría para enlazar el trazado anteriormente descrito (CT-1) con la carretera N-IV y las zonas industriales y turísticas aledañas al Puerto de Santa María (fuera del Tramo). Enlaza con la carretera C-440 en las proximidades del p.k. 11, toma una dirección O.NO. y, pasando al sur del núcleo de población de El Portal, enlaza con el pasillo ocupado por la carretera local Jerez de la Frontera-El Puerto de Santa María, en su p.k. 5, al pie del cerro *San Cristóbal*, uniéndose a la carretera N-IV en un sector próximo al extremo occidental del Tramo, pero fuera del mismo.

El corredor "CT-3" se ha propuesto para unir la carretera C-440 con la zona de Chiclana de la Frontera, San Fernando y Cádiz. Este trazado supondría una mejora de dicho tramo de la actual carretera C-346. Parte del p.k. 30 de la C-440 y, dirigiéndose al Suroeste, salva la meseta en donde se asienta la localidad de Medina-Sidonia, y se une con el corredor ocupado por la actual C-346, en su p.k. 17, hasta su salida del Tramo por el extremo oeste, en dirección a Chiclana de la Frontera.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

En el presente Estudio Previo de Terrenos no se incluye un análisis detallado de los yacimientos de materiales existentes en el tramo, ya que dicho trabajo desborda el alcance de los Estudios Previos.

Sin embargo, se ha considerado conveniente presentar la información sobre los yacimientos existentes en el área del Estudio, recogida durante la ejecución del mismo. La información que a continuación se expone está referida solamente a los yacimientos de materiales utilizables en obras de carreteras (rocosos, graveras y materiales de préstamos para terraplenes y pedraplenes).

5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

En el Tramo estudiado los materiales rocosos susceptibles de ser explotados para la obtención de áridos para carreteras corresponden sobre todo a las rocas ofíticas y dolomíticas del Triásico (grupos 213c y 213b, respectivamente), y en menor medida, las calizas blancas jurásicas (221), las calizas eocenas (312a) y las calizas lacustres pliocenas (322c). Además han sido explotadas las margas y margocalizas cretácicas (232), para la fabricación de cementos.

Las ofitas (213c) aparecen distribuidas en varios puntos del sector central del Tramo, en donde existen diversas canteras que han extraído parte de estos materiales, que son muy interesantes para su empleo en la capa de rodadura (Figuras 5.1 a 5.3). En la actualidad sólo una de estas canteras se encuentra en funcionamiento (YR-22) y está explotando también las dolomías del grupo (213b). Las Figuras 5.4, 5.5 y 5.6 corresponden a esta cantera.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.1. *Cantera abierta en las ofitas del grupo (213c) y actualmente sin actividad (YR-25). Proximidades de la localidad de Alcalá de los Gazules (Hoja 1070-4).*



Figura 5.2. *Cantera abierta en las ofitas del grupo (213c) y actualmente sin actividad (YR-21). Proximidades de la localidad de Alcalá de los Gazules (Hoja 1070-4).*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.3. Cantera abierta en las ofitas del grupo (213c) y actualmente sin actividad (YR-24). Proximidades de la localidad de Alcalá de los Gazules (Hoja 1070-4).



Figura 5.4. Cantera abierta en las ofitas y dolomías de los grupos (213c) y (213b), actualmente en explotación (YR-22). Proximidades del p.k. 45 de la carretera C-440 (Hoja 1070-4).

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.5. *Visión general de la planta de clasificación de áridos de la cantera correspondiente al YR-22. Pueden observarse los áridos de ofita (oscuros) y de dolomía (claros). Proximidades al p.k. 45 de la carretera C-440 (Hoja 1070-4).*

Las ofitas, aunque se trata de rocas muy interesantes, tienen escasa extensión, ya que aparecen en forma de enclaves intruidos entre las arcillas margo-salinas del Trías. Por este motivo es importante estudiar con detalle los yacimientos correspondientes a estas rocas, para establecer los volúmenes que puedan ser aprovechados en obras sucesivas.

Las dolomías del grupo (213b) son también interesantes ya que constituyen unos áridos de machaqueo, generalmente de buena calidad. Sin embargo, estas rocas aparecen con extensiones muy limitadas, ya que se trata de bancos, más o menos potentes, interestratificados en la serie de arcillas yesíferas triásicas (213a). Por este motivo, y por el hecho de encontrarse muy tectonizadas, pueden aparecer intercalaciones y bolsones de materiales desechables (estériles), que reduzcan la calidad del yacimiento. Las Figuras 5.6 y 5.7 corresponden a dos canteras abandonadas de estas rocas dolomíticas triásicas.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.6. *Cantera abandonada de dolomías del grupo (213b).* Cantera de Las Pilas *(YR-18) (Hoja 1069-1).*



Figura 5.7. *Cantera abandonada de dolomías del grupo (213b) (YR-25). Pueden observarse intercalaciones margosas no aprovechables. Proximidades del p.k. 7 de la carretera Alcalá de los Gazules-Paterna de Ribera. (Hoja 1070-4).*

Otro material que está aportando un cierto volumen de áridos en la zona son las calizas blancas del Jurásico (grupo 221). Se trata de dos pequeños afloramientos aislados, cuyas rocas están siendo explotadas en la *Cantera Las Pilas*. Son calizas y calizas dolomíticas de color blanco, micríticas y microcristalinas que se fracturan formando varias caras y aristas agudas. La Figura 5.8 corresponde a una visión general de los actuales frentes de explotación de la mencionada cantera.

Otras rocas que pueden ser utilizadas como materiales canterables son las calizas lacustres del grupo (322c), aunque su escasa extensión y espesor las hace solamente interesantes para necesidades locales. En la actualidad están siendo explotadas en algún punto (YR-7) para su empleo en la fabricación de cemento (Figura 5.9).

5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

El Tramo Jerez de la Frontera-Los Barrios no presenta buenos yacimientos granulares, debido a que son escasas las gravas en las formaciones aluviales y de terraza (grupo A), al ser las arenas el componente mayoritario. Además todos los depósitos fluviales de la región se encuentran recubiertos por un horizonte de limos, procedentes de los sucesivos episodios de inundación de las crecidas. No obstante, aparecen algunas áreas en las que los depósitos gruesos son más abundantes y pueden ser considerados útiles para ser explotados. Estos yacimientos están compuestos por gravas y arenas, y son más abundantes en los sectores occidental y central del Tramo, bañados por los ríos Guadalete y Barbate. Lo mismo que en el resto de las llanuras aluviales, las zonas consideradas útiles para establecer yacimientos granulares cuentan normalmente con un recubrimiento limoso que será necesario retirar, para la extracción de los elementos más gruesos.



Figura 5.8. Vista general de los actuales frentes de explotación de la Cantera Las Pilas *(YR-19), próxima a la localidad de Medina-Sidonia (Hoja 1070-4), en la que se están extrayendo las calizas blancas jurásicas del grupo (221).*



Figura 5.9. Cantera de calizas lacustres del grupo (322c) (YR-7), de actividad intermitente, situada en las proximidades el p.k. 9,5 de la carretera C-440 (Hoja 1062-1).

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

En este apartado, además de los depósitos aluviales mencionados anteriormente (grupo A) hay que añadir las formaciones de glacis (G1) y (G2), coluviales (C2), y abanicos aluviales (D), y los grupos (322a) (Figura 5.10) y (321e) (Figuras 5.11 y 5.12). Todas estas formaciones, por su composición y litología, son válidas para utilizarlas en la construcción de terraplenes. La mayor parte de estos materiales pueden ser clasificados como suelos adecuados, según datos aportados por ensayos realizados en estudios anteriores, si bien en algún caso se clasifican como tolerables y seleccionados. Las Tablas adjuntas muestran los parámetros de algunos de estos materiales que determinan su categoría.



Figura 5.10. Explotación de arenas del grupo (322a) (YP-36), en las proximidades del Barrio de la Estación de San Roque (Hoja 1075-3).

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



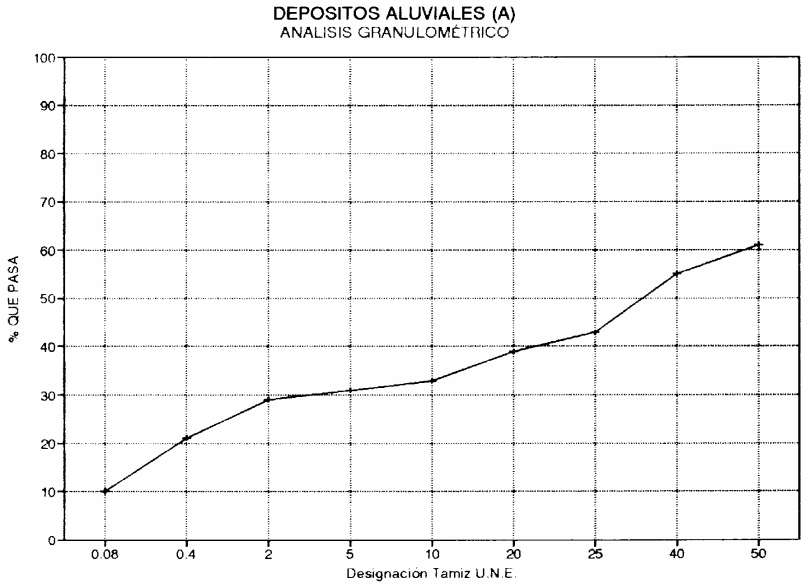
Figura 5.11. Cantera de calcarenitas y biocalcarenitas del grupo (321e) (YP-29), en las proximidades de la localidad de Benalup de Sidonia (Hoja 1070-3).



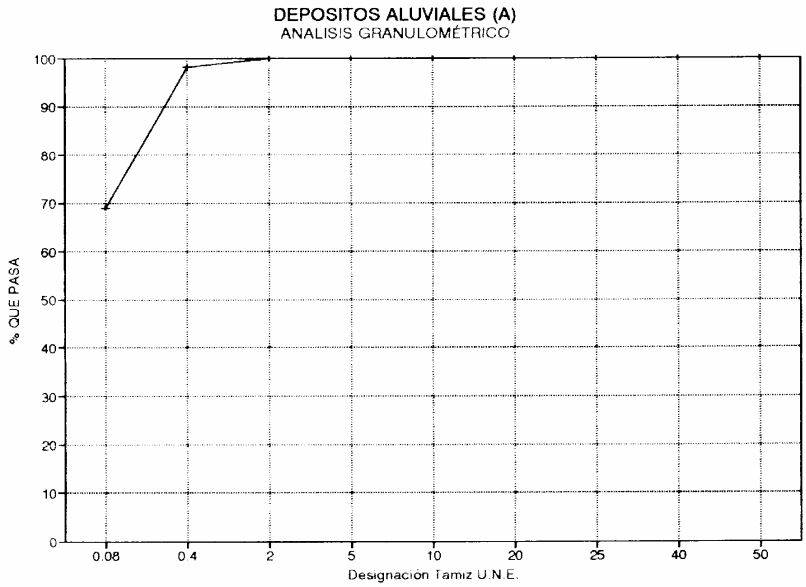
Figura 5.12. Cantera de calcarenitas y biocalcarenitas del grupo (321e) (YP-41), en las proximidades de la localidad de San Roque (Hoja 1075-3).

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

DEPOSITOS ALUVIALES (A)			
LIMITES DE ATTERBERG		PROCTOR NORMAL	
LIMITE LIQUIDO:	24.1	Densidad máxima:	1.94 t/m3
LIMITE PLASTICO:	15.1	Humedad óptima:	9.2 %
INDICE DE PLASTICIDAD:	9	INDICE CBR: 8.7	(100% PROCTOR)
SUELO ADECUADO		Hinchamiento: 0.4 %	

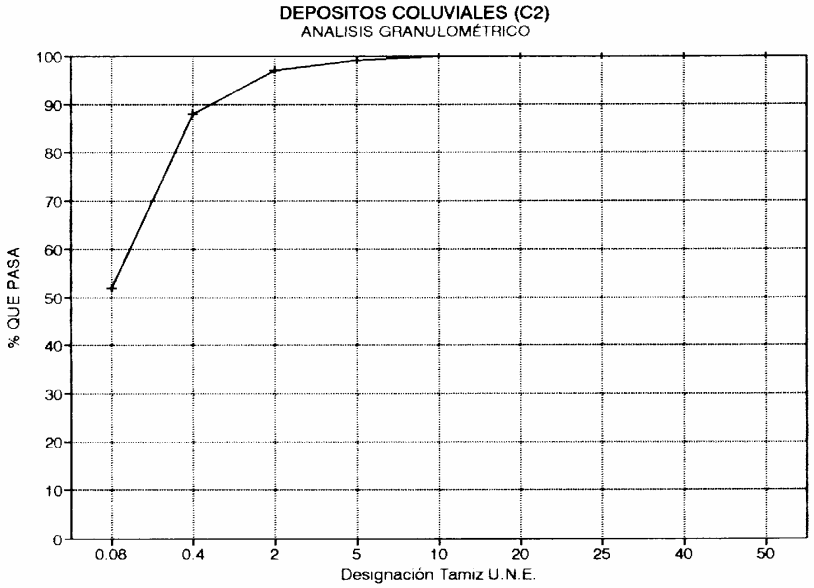


DEPOSITOS ALUVIALES (A)			
LIMITES DE ATTERBERG		PROCTOR NORMAL	
LIMITE LIQUIDO:	31.3	Densidad máxima:	1.70 t/m3
LIMITE PLASTICO:	15.6	Humedad óptima:	15.1 %
INDICE DE PLASTICIDAD:	15.7	INDICE CBR: -----	(100% PROCTOR)
SUELO TOLERABLE		Hinchamiento: --- %	

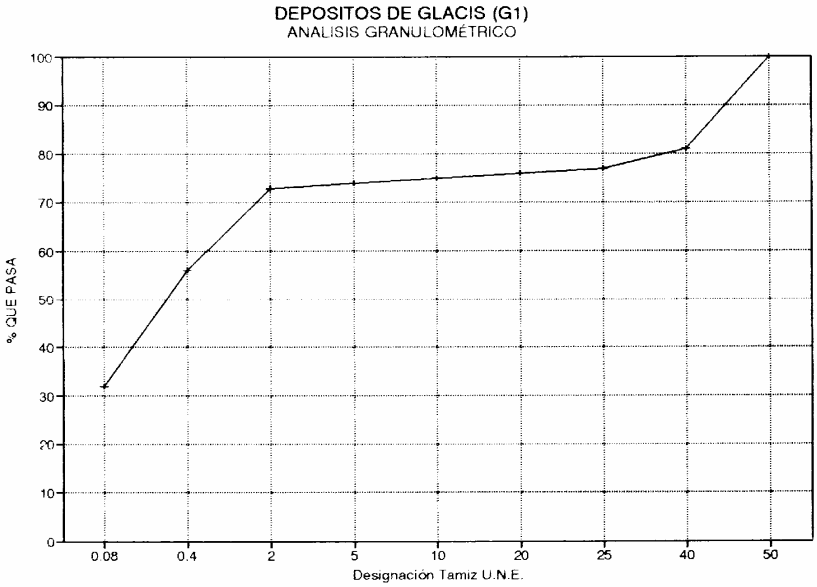


NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

DEPOSITOS COLUVIALES (C2)			
LIMITES DE ATTERBERG		PROCTOR NORMAL	
LIMITE LIQUIDO:	24.7	Densidad máxima:	1.83 t/m3
LIMITE PLASTICO:	13.9	Humedad óptima:	11.2 %
INDICE DE PLASTICIDAD:	10.8	INDICE CBR: 5.4	(100% PROCTOR)
SUELO TOLERABLE		Hinchamiento: 0.9 %	

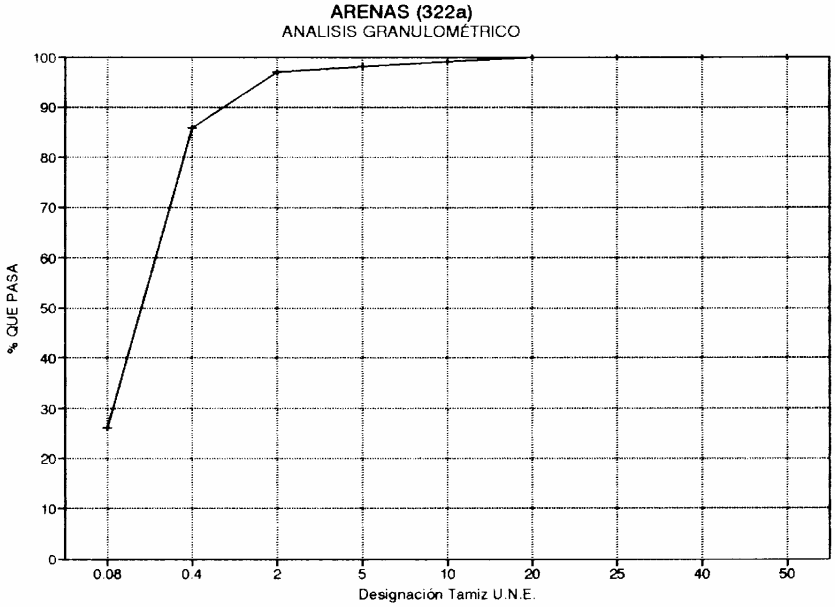


DEPOSITOS DE GLACIS (G1)			
LIMITES DE ATTERBERG		PROCTOR NORMAL	
LIMITE LIQUIDO:	33.5	Densidad máxima:	1.83 t/m3
LIMITE PLASTICO:	18.8	Humedad óptima:	14.6 %
INDICE DE PLASTICIDAD:	14.7	INDICE CBR: 7.8	(100% PROCTOR)
SUELO ADECUADO		Hinchamiento: 0.3 %	

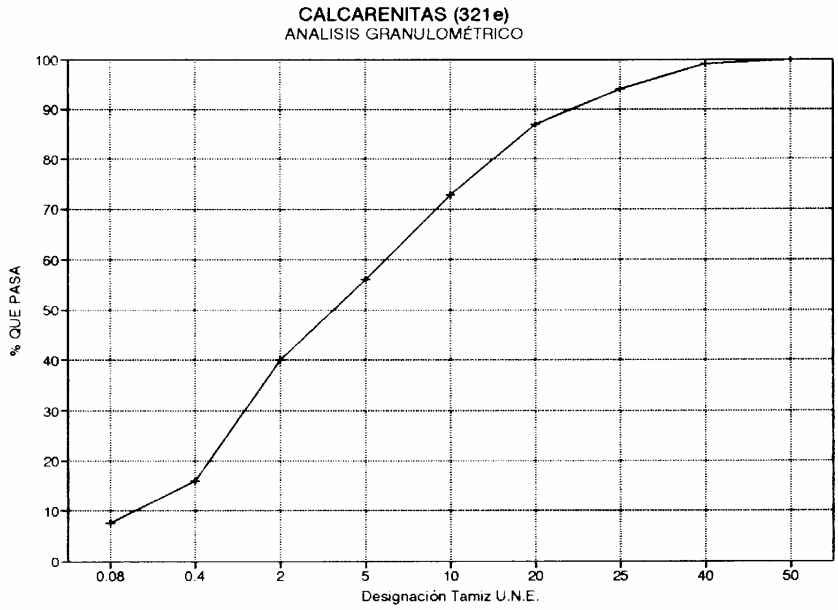


NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ARENAS (322a)			
LIMITES DE ATTERBERG		PROCTOR NORMAL	
LIMITE LIQUIDO:	N.P.	Densidad máxima:	1.88 t/m3
LIMITE PLASTICO:	N.P.	Humedad óptima:	14.9 %
INDICE DE PLASTICIDAD:	0	INDICE CBR: 8.7	(100% PROCTOR)
SUELO ADECUADO		Hinchamiento: 0 %	



CALCARENITAS (321e)			
LIMITES DE ATTERBERG		PROCTOR MODIFICADO	
LIMITE LIQUIDO:	N.P.	Densidad máxima:	2.23 t/m3
LIMITE PLASTICO:	N.P.	Humedad óptima:	8.0 %
INDICE DE PLASTICIDAD:	0	INDICE CBR: 65.9	(100% PROCTOR
SUELO SELECCIONADO		Hinchamiento: 0 %	



Para la ejecución de pedraplenes en el Tramo estudiado pueden utilizarse como materiales adecuados, aquellos productos pétreos procedentes de la excavación de calizas y dolomías, ofitas, areniscas, conglomerados y brechas. Requerirán un estudio especial las argilitas, las moronitas, las margocalizas y las margas. Se consideran rocas inadecuadas las calcarenitas, el yeso, las margas yesíferas y , en definitiva, "todas aquellas rocas que se desintegren espontáneamente al estar expuestas a la interperie o que, al ser compactadas, sufran una trituración importante o adquieran una consistencia terrosa" (PG-3. Capítulo 331 PEDRAPLENES. Apartado 331.4.2. Calidad de la Roca. pág. 207).

5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE

Con vistas al emplazamiento de nuevas explotaciones, o a la puesta en marcha de las ya existentes, se recomienda un estudio detallado de las áreas y yacimientos indicados en la Figura 5.13, y cuyas características se resumen en los cuadros adjuntos.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

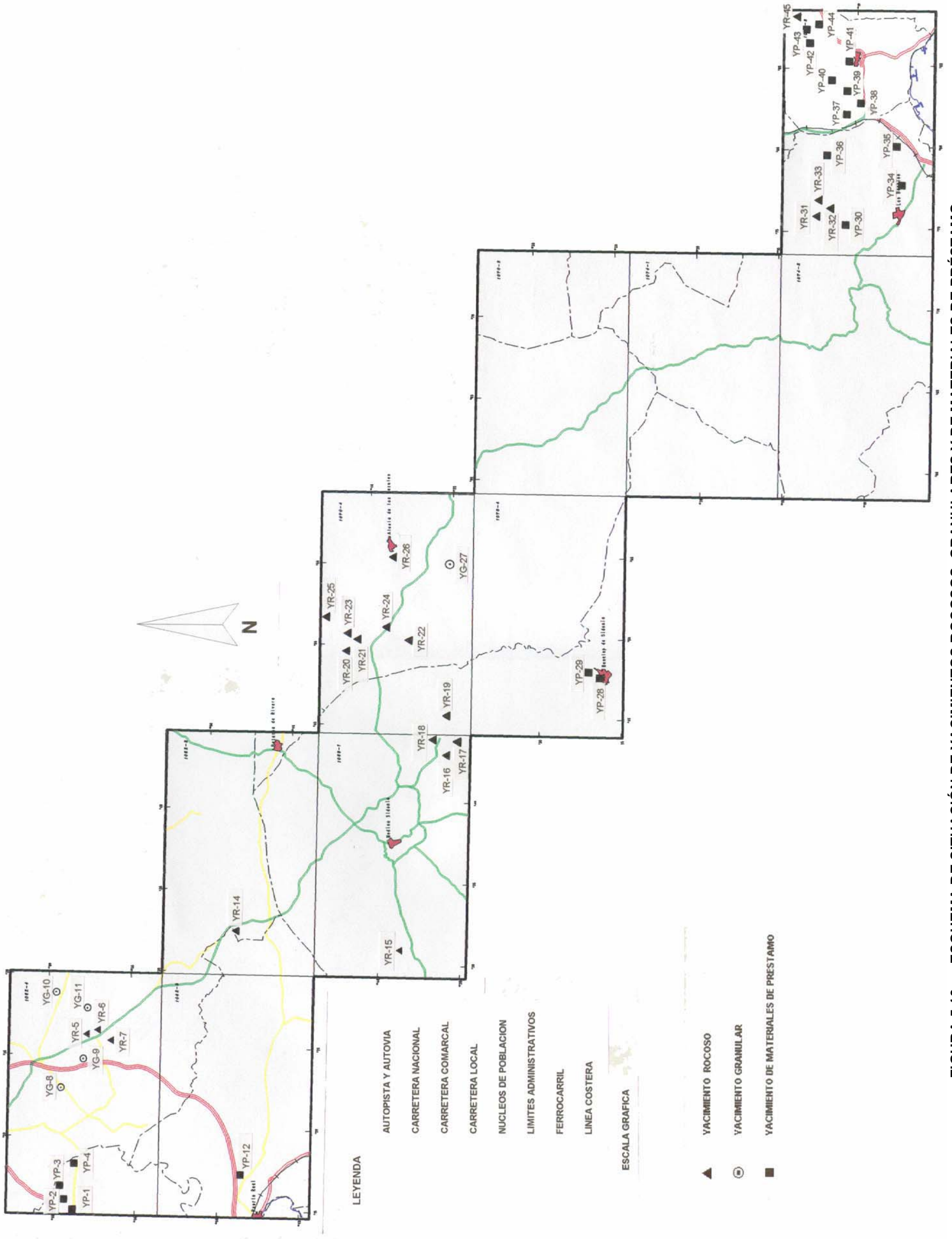


FIGURA 5.13. ESQUEMA DE SITUACIÓN DE YACIMIENTOS ROCOSOS, GRANULARES Y DE MATERIALES DE PRÉSTAMO

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YR-5	Hoja 1062-4 U.T.M.: 624575	232	Calizas margosas	Carretera C-440, p.k. 8,350. (Cementos Alba)
YR-6	Hoja 1062-4 U.T.M.: 626571	232	Calizas margosas	Carretera C-440, p.k. 8,350. (Cementos Alba)
YR-7	Hoja 1062-4 U.T.M.: 623562	322c	Calizas lacustres	Carretera vecinal de C-440 a El Portal, p.k. 7,350. (Cementos Alba)
YR-14	Hoja 1062-2 U.T.M.: 328477	213b	Dolomías	Carretera C-440, p.k. 22.
YR-15	Hoja 1069-1 U.T.M.: 686384	213b	Dolomías	Carretera C-346, p.k. 14.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YR-16	Hoja 1069-1 U.T.M.: 434355	221	Calizas y calizas dolomíticas	Carretera C-346, p.k. 25,5 y camino de acceso a Canteras Las Pilas.
YR-17	Hoja 1069-1 U.T.M.: 440352	213b	Dolomías	Carretera C-346, p.k. 255 y camino de acceso a Canteras Las Pilas.
YR-18	Hoja 1069-1 U.T.M.: 441359	213b	Dolomías	Carretera C-346, p.k. 25,5 y camino de acceso a Cantera Las Pilas.
YR-19	Hoja 1070-4 U.T.M.: 462367	221	Calizas y calizas dolomíticas	Carretera C-346, p.k. 25,5 y camino de acceso a Cantera Las Pilas.
YR-20	Hoja 1070-4 U.T.M.: 498412	213c	Ofitas	Camino vecinal C-440 (antigua)-carretera local a Paterna de Ribera (Cortijo de las Medias).

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YR-21	Hoja 1070-4 U.T.M.: 501407	213c	Ofitas	Carretera C-440, p.k. 44,5 (tramo antiguo). Cerro la Higuera.
YR-22	Hoja 1070-4 U.T.M.: 494381	213c y 213b	Ofitas y dolomías	Carretera C-440, p.k. 45,250 y camino de acceso a la cantera.
YR-23	Hoja 1070-4 U.T.M.: 504410	213c	Ofitas	Camino vecinal entre C-440 (antigua) y carretera local Paterna de Ribera-Alcalá.
YR-24	Hoja 1070-4 U.T.M.: 505400	213c	Ofitas	Carretera C-440, p.k. 45,5 (tramo antiguo).
YR-25	Hoja 1070-4 U.T.M.: 513428	213b	Dolomías	Carretera local Alcalá de los Gazules-Paterna de Ribera, p.k. 7,2 y camino de acceso a cantera .

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YR-26	Hoja 1070-4 U.T.M.: 555391	213c	Ofitas	Camino vecinal de unión entre la carretera C-440 (p.k. 48,8) y la carretera local a Paterna.
YR-31	Hoja 1075-3 U.T.M.: 767123	312ª	Calizas	Camino vecinal de acceso a las canteras de Polinario.
YR-32	Hoja 1075-3 U.T.M.: 770114	312a	Calizas	Camino vecinal de acceso a las canteras de Polinario.
YR-33	Hoja 1075-3 U.T.M.: 774119	312a	Calizas	Camino vecinal de acceso a las canteras de Polinario.
YR-45	Hoja 1075-3 U.T.M.: 885133	312a	Calizas	Camino vecinal de acceso al Cortijo La Doctora.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YG-8	Hoja 1062-4 U.T.M. 586586	A	Arenas y gravas	Carretera vecinal de unión entre la carretera C-440 y el Portal. Yacimiento sin explotación.
YG-9	Hoja 1062-4 U.T.M.: 614581	A	Arenas y gravas	Carretera C-440, p.k. 7,1 y camino de acceso a la gravera.
YG-10	Hoja 1062-4 U.T.M.: 651598	A	Arenas y gravas	Carretera local C-440-Arcos de la Frontera (p.k. 4-5). Yacimiento sin explotación).
YG-11	Hoja 1062-4 U.T.M.: 645574	A	Arenas y gravas	Carretera vecinal a Laguna de Medina y camino de acceso a las graveras situadas al Norte.
YG-13	Hoja 1062-3 U.T.M.: 635437	A	Arenas y gravas	Carretera local Puerto Real-San Fernando (p.k. 1,3). Camino a llanura aluvial. Sin explotación.
YR-27	Hoja 1070-4 U.T.M.: 546348	A	Arenas y gravas	Carretera local a Benalup de Sidonia, p.k. 3,4. Llanura aluvial río Barbate. Sin explotación.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS DE MATERIALES DE PRESTAMO

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YP-1	Hoja 1062-4 U.T.M.: 519578	321e	Calcarenitas	Carretera local El Portal-Puerto de Santa María, p.k. 1,1 y camino de acceso a las canteras.
YP-2	Hoja 1062-4 U.T.M.: 521583	321e	Calcarenitas	Carretera local El Portal-Puerto de Santa María, p.k. 1,1 y camino de acceso a las canteras.
YP-3	Hoja 1062-4 U.T.M.: 528585	321e	Calcarenitas	Carretera local El Portal-Puerto de Santa María, p.k. 1,5 y camino de acceso a la cantera.
YP-4	Hoja 1062-4 U.T.M.: 548576	321e	Calcarenitas	Carretera local El Portal-Puerto de Santa María, p.k. 4 y camino de acceso a Cerro San Cristóbal.
YP-12	Hoja 1062-4 U.T.M.: 535469	322a	Arenas	Camino vecinal de Puerto Real a Cerro de Ceuta y camino de acceso a los areneros.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS DE MATERIALES DE PRESTAMO

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YP-28	Hoja 1070-3 U.T.M.: 478268	321e	Calcarenitas	Benalup de Sidonia. Camino de acceso a las canteras.
YP-29	Hoja 1070-3 U.T.M.. 482273	321e	Calcarenitas	Benalup de Sidonia. Camino de acceso a las canteras.
YP-30	Hoja 1075-3 U.T.M.: 766110	322a	Arenas	Camino vecinal de acceso a las Canteras de Polinario.
YP-34	Hoja 1075-3 U.T.M.: 787068	322a	Arenas	Camino vecinal a Cortijo Blanco y camino de acceso al arenero.
YP-35	Hoja 1075-3 U.T.M.: 805081	322a	Arenas	Camino vecinal de la Barriada de Palmones y caminos de acceso al arenero.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS DE MATERIALES DE PRESTAMO

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YP-36	Hoja 1075-3 U.T.M.: 801120	322a	Arenas	Camino vecinal al Cortijo Grande de Guadarranque y camino al arenero.
YP-37	Hoja 1075-3 U.T.M.: 823102	322a	Arenas	Barrio de la Estación de San Roque y camino de acceso a cantera.
YP-38	Hoja 1075-3 U.T.M.. 826100	322a	Arenas	Barriada Ensenada de Miraflores y camino de acceso a los areneros.
YP-39	Hoja 1075-3 U.T.M.: 832104	322a	Arenas	Barrio de Taraguilla y camino de acceso a los areneros.
YP-40	Hoja 1075-3 U.T.M.: 835116	322a	Arenas	Camino a la Estación Depuradora San Roque-La línea y camino de acceso al arenero.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS DE MATERIALES DE PRESTAMO

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YP-41	Hoja 1075-3 U.T.M.: 853109	321e	Calcarenitas	Carretera vecinal Los Barrios a Lago Albalate, p.k. 0,2.
YP-42	Hoja 1075-3 U.T.M.: 862131	321e	Calcarenitas	Carretera N-340, p.k. 121,050 y camino de acceso a la cantera.
YP-43	Hoja 1075-3 U.T.M.: 876126	321e	Calcarenitas	Carretera N-340, p.k. 121,5 y camino de acceso a las canteras.
YP-44	Hoja 1075-3 U.T.M.. 876126	321e	Calcarenitas	Carretera N-340, p.k. 121,5 y camino de acceso a las canteras.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CHAUVE, P., (1962).- "La Unidad de Paterna en el Norte de las Provincia de Cádiz". Not. y Com. I.G.M.E., núm. 67, pp. 103-108.

- CHAUVE, P.; DIDON, J.; MAGNE, J., Y PEYRE, Y., (1967).- "Aclaraciones sobre la edad de los fenómenos tectónicos mayores de las Cordilleras Béticas Occidentales". Not. y Com. I.G.M.E., núm. 93, pp. 97-103.

- COLOM, G., Y GAMUNDI, J., (1951).- "Sobre la extensión e importancia de las moronitas a lo largo de las formaciones aquitano-burdigalienses del Estrecho Nord-Bético". Est. Geol., VII, núm 14, pp. 331-335.

- I.G.M.E., (1987).- "Manual de Taludes". Serie Geotecnia.

- I.G.M.E., (1987).- "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 1062: Paterna de Rivera".

- I.G.M.E., (1991).- "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 1069: Chiclana de la Frontera".

- I.G.M.E., (1990).- "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 1070: Alcalá de los Gazules".

- I.G.M.E., (1990).- "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, 2ª Serie. Hoja nº 1074: Tahivilla".

- I.T.G.E., (1994).- "Mapa Geológico de España a escala 1:200.000, Hoja nº 87: Algeciras".

- I.T.G.E., (1989).- "Estabilidad de laderas y taludes en el valle del Guadalquivir".

- MORENO, F.; GARCIA DE DOMINGO, A.; GONZALEZ LASTRA, J.; HERNAINZ HUERTA, P.P., Y RUIZ, P., (1988).- "Modelo de evolución tectónica del arco de Gibraltar". Bol. Geol. Min., T. XCIC-III, pp. 315-339.

- M.O.P.U., (1981).- "Desmontes. Estado actual de la técnica". Dirección General de Carreteras.

- M.O.P.U., (1989).- "Terraplenes y pedraplenes". Area de Tecnología, de la Dirección General de Carreteras.

- M.O.P.T., (1991).- "Guía para la elaboración de Estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología".

- PENDON, J.G., (1974).- "Rasgos sedimentológicos de las areniscas en las unidades de Algeciras y del Aljibe (Campo de Gibraltar)". Cuadernos Geol., 5, pp. 101-115.

- PENDON, J.G., Y VERA J.A., (1975).- "Turbiditas del Campo de Gibraltar. Facies y asociaciones de facies." Cuadernos Geol. 6, pp. 143-164.

- SECEGSA, (1981).- "Estudio monográfico sobre la geología del Estrecho de Gibraltar." 261 p. 72 fig. Madrid.

- SAN DE GALDEANO, C., (1983).- "Los accidentes y fracturas principales de las Cordilleras Béticas". Est. Geol., 39, pp.157-165.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO (1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350

** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

NEOGENO 2

2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense

1** MIOCENO
- Superior — Messinense, Tortoniense — Pontiense — Pantiense s.str., Vallesense
- Medio — Serravallense, Langhiense — Helvetiense — Vindoboniense
- Inferior — Burdigaliense, Aquitaniense

PALEOGENO 1

3** OLIGOCENO — Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense

2** EOCENO
- Superior — Priaboniense=Ludense=Bartonense
- Medio — Biarritzense, Luteciense
- Inferior — Cuisiense, Ilerdiense - Ypresiense, Sparnaciense

1** PALEOCENO — Thanetiense, Montiense, Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

CRETÁCICO 3

2** SUPERIOR — Maestrinchtiense, Campaniense, Santoniense, Coniaciense (2), Turonense, Cenomanense — Senonense

1** INFERIOR — Albense, Aptense, Barremiense — Facies Urgoniense; Hauteriviense, Valagieniense, ? Berriasiense=Wealdense — Neocomiense (marino) / Facies Wealdense (continental)

JURÁSICO 2

3** MALM — Superior — Portlandiense=Tithonico, Kimmeridgiense, Oxfordiense

2** DOGGER — Medio — Calloviense, Bathoniense, Bajociense, Aaleniense

1** LIAS — Inferior — Toarciense, Pliensbachiense, Sinamuriense, Hettangiense

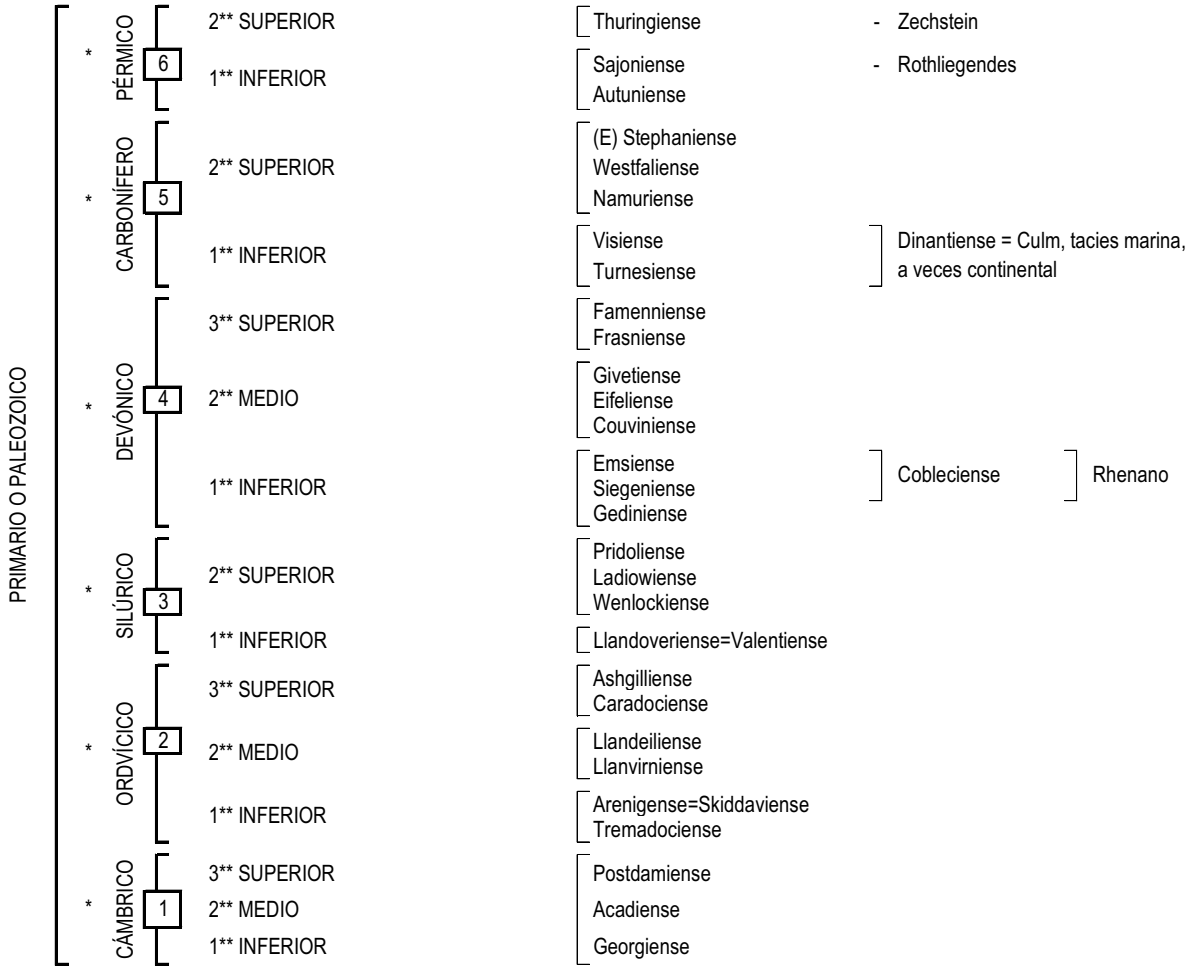
TRIÁSICO 1

3** SUPERIOR — Retiense, Noriense, Carniense — Keuper

2** MEDIO — Ladiniense, Anisiense=Virglonense — Muschelkalk

1** INFERIOR — Werfeniense — Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

b) Se consideran de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

c) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2-3 kg/cm^2) produce asientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos de estabilidad de los taludes, asignados a los distintos materiales del Tramo, un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65°) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10°).

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico,

pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

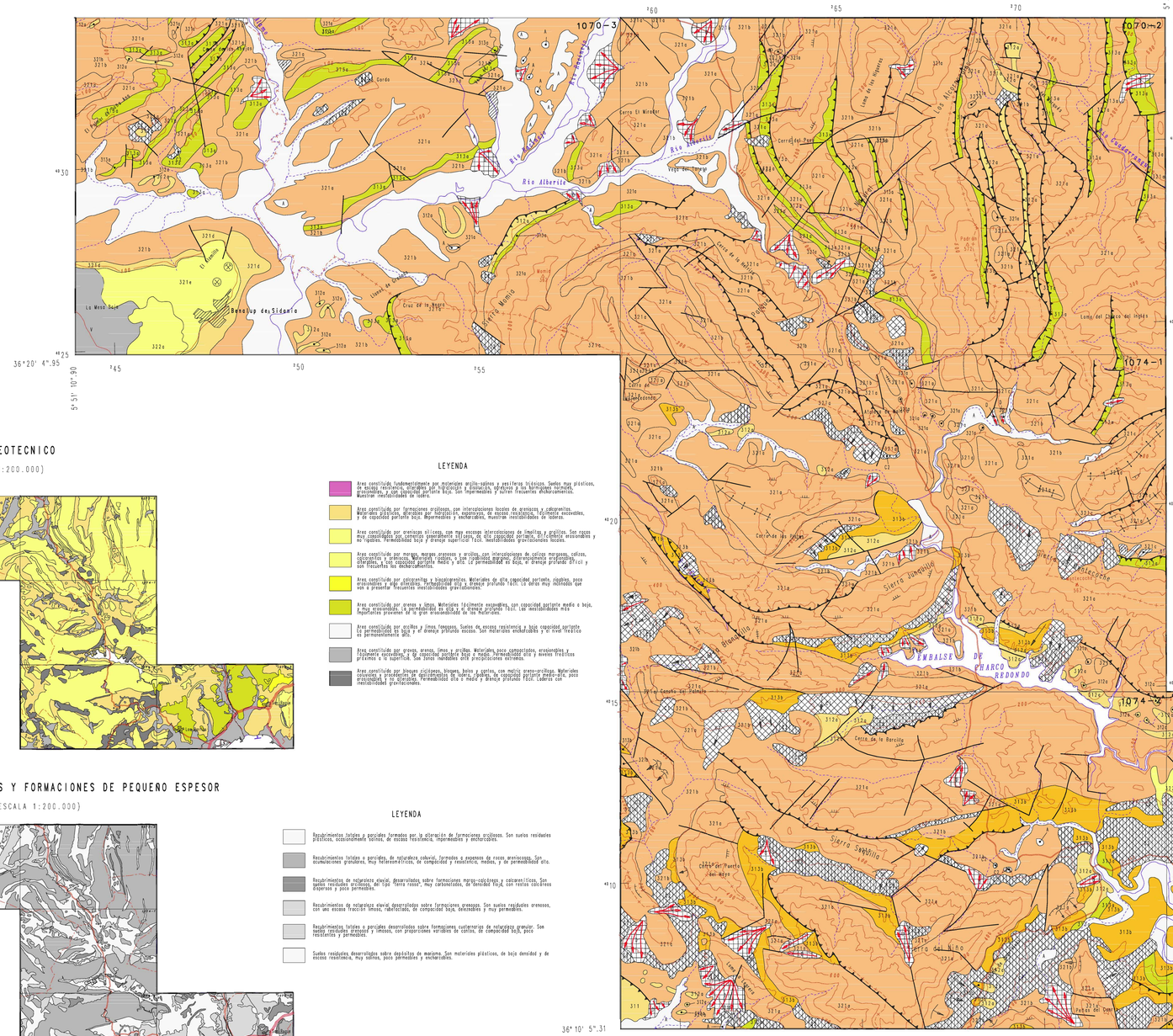
Drenaje

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

8. PLANOS

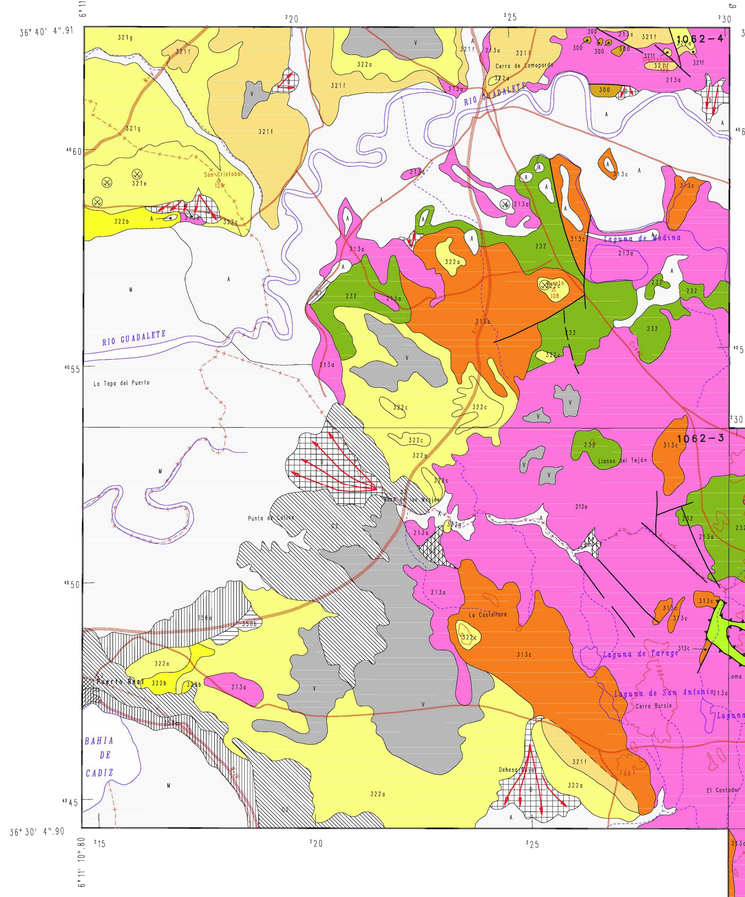
MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


1070-3
1070-2
1074-1
1074-2
1075-3
Río Alberite
Río Almodóvar
Río Salado
Río Arillo
Río Barbate
Sierra Momia
Sierra Momio
Sierra Jimenilla
Sierra del Niño
Cerro El Mirador
Cerro de los Olivares
Cerro de la Barcella
Cerro del Puerto del Arca
Cerro de los Pinos
Cerro de los Pinsapos
Cerro de los Pinsapos
Cerro de los Pinsap

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


1062-4
1062-3
1062-2
1069-1
1070-4
RIO GUADALETE
Laguna de Medina
Laguna de Tarajal
Laguna de San Antonio
Laguna del Comisario
Cerro de Comporta
Cerro Burcio
Punta de Cabos
La Casilotena
Puerto Real
BAHIA DE CADIZ
Dehesa Boyal
El Contador
Llanos del Tejón
Loma de los Herreros
Lo Tapo del Puerto
Sancti-Petri
Cerro de la Arnada
Cerro del Calderón
Cerro de la Culebrina
Medina-Sidonia
Risco Blanco
Cerro del Tesorero
Cerro del Cabezo
Cerro Quemado
Cerro de la Correa
Cerro de los Carrascales
Cerro Verguilla
Cerro del Judío
Cerro de la Cruz
Cerro de la Cabeza
Cerro del Espartillo
Cerro del Cabezo
Cerro Redondo
Cerro Alcornoque
Cerro Gordo
Cerro Cabezo
Cerro Cabezo
Cerro Cabez



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario San Fernando-Conil de la Frontera

Tramo: Chiclana de la Frontera-Los Barrios



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

97-02

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario San Fernando-Conil de la Frontera

Tramo: Chiclana de la Frontera-Los Barrios

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCION 4

2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGIA 7
2.2. TOPOGRAFIA 20
2.3. GEOMORFOLOGIA 20
2.4. ESTRATIGRAFIA 24
2.5. TECTONICA 27
2.6. SISMICIDAD 33

3. ESTUDIO DE ZONAS 36

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 36
3.2. ZONA 1: LLANA Y SUAVEMENTE ALOMADA 36

3.2.1. Geomorfología 36
3.2.2. Tectónica 39
3.2.3. Columna estratigráfica 41
3.2.4. Grupos litológicos 42
3.2.5. Grupos geotécnicos 68
3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 72

3.3. ZONA 2: ZONA ALOMADA 73

3.3.1. Geomorfología 73
3.3.2. Tectónica 75
3.3.3. Columna estratigráfica 75
3.3.4. Grupos litológicos 76
3.3.5. Grupos geotécnicos 119
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 123

3.4. ZONA 3: ZONAS DE SIERRAS MONTAÑOSAS Y RELIEVE ACCIDENTADO 124

3.4.1. Geomorfología 124
3.4.2. Tectónica 126
3.4.3. Columna estratigráfica 129
3.4.4. Grupos litológicos 129
3.4.5. Grupos geotécnicos 165
3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 167

ÍNDICE (cont.)

Pág.

3.5. ZONA 4: ZONA DEL LITORAL 168

3.5.1. Geomorfología 168
3.5.2. Tectónica 171
3.5.3. Columna estratigráfica 174
3.5.4. Grupos litológicos 174
3.5.5. Grupos geotécnicos 193
3.5.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 197

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 198

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRAFICOS 198
4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS 199
4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS 200
4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 202

5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS 207

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 207
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS 207
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES 211
5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES 215
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE 221

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 226

7. ANEJOS 228

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 229

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 232

1. INTRODUCCION

El objeto del presente Estudio de Terrenos es exponer las características más sobresalientes desde los puntos de vista litológico, estructural y geotécnico, que pueden incidir directamente sobre una obra de carácter lineal, como es el caso de una carretera.

El Tramo Chiclana de la Frontera-Los Barrios está ubicado íntegramente en la provincia de Cádiz (Figura 1.1) y comprende las siguientes Hojas y Cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Nº	Hoja	Cuadrantes
1069	Chiclana de la Frontera	3 y 4
1073	Vejer de la Frontera	1, 2 y 4
1074	Tahivilla	3
1077	Tarifa	1, 2 y 4
1078	La Línea	4

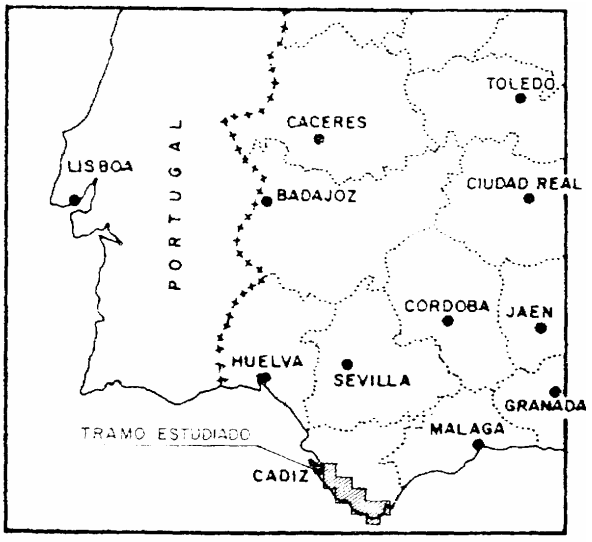


Fig.1.1. Esquema de situación del Tramo

La ejecución del Estudio se ha realizado siguiendo las siguientes fases:

- Recopilación y análisis de la bibliografía existente, tanto geológica como geotécnica, de la zona de estudio y de áreas próximas.

- Estudio fotogeológico sobre fotogramas aéreos a escala aproximada 1:33.000 del área de estudio.

- Comprobación del estudio fotogeológico, corrección del mismo y toma de datos en el campo, con la ayuda de planos a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional, los cuales han servido de base topográfica para la confección de los mapas litológico-estructurales, a escala 1:50.000, que forman parte de los Planos que se adjuntan al final de la memoria.

Lógicamente estas fases se han desarrollado paralelamente en el tiempo y solapándose entre sí.

Dadas las características del Estudio, se ha procurado tratar más intensamente aquellos aspectos que pueden incidir sobre la problemática propia de las obras públicas de carácter lineal. Igualmente han sido abordados de manera sucinta otros temas que no afectan de forma global a la problemática tratada, dadas las limitaciones de tiempo y el objeto propio del Estudio.

Los resultados finales han sido plasmados en la presente Memoria, a la que se adjunta su cartografía correspondiente. La simbología de dicha cartografía corresponde a la inserta en el Pliego de Prescripciones Técnicas para los Estudios Previos de Terrenos, de la Dirección General de Carreteras, del Ministerio de Fomento.

La Memoria aparece dividida en una serie de capítulos que a continuación se describen sucintamente:

- Capítulo 1: Introducción.

- Capítulo 2: Recoge las características generales del Tramo estudiado.

- Capítulo 3: Se divide el Tramo en Zonas de estudio, de acuerdo con los criterios geomorfológicos, y se hace un análisis pormenorizado, desde el punto de vista geológico-geotécnico, de las mismas.

- Capítulo 4: En base a los problemas topográficos, geomorfológicos y geotécnicos reconocidos en el Tramo, se sugieren aquellos corredores que parecen reunir mejores condiciones para la construcción de vías de comunicación.

- Capítulo 5: Se indican las canteras, los yacimientos de roca y granulares, y los materiales de préstamo que han sido recopilados durante la ejecución del Estudio.

- Capítulo 6: Incluye la bibliografía consultada.

- Capítulo 7: Recoge, en dos Apéndices, la simbología utilizada en las columnas estratigráficas, y los criterios utilizados en las descripciones geotécnicas.

Asimismo la presente Memoria se acompaña de una cartografía consistente en dos planos geológico-estructurales, a escala 1:50.000, con sus correspondientes esquemas geo-

lógicos, geotécnicos, geomorgológicos y de suelos y formaciones de pequeño espesor, a escala 1:200.000.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Francisco Carmona Guillén
Licenciado en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. José Luís Antón Vicente
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Pedro Lorenzo Abad
Licenciado en Ciencias Geológicas

2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGIA

Las características climáticas del Tramo se han deducido a partir de los datos aportados por una serie de estaciones meteorológicas, pertenecientes a la red del Instituto Nacional de Meteorología.

La elección de las estaciones se ha realizado atendiendo a tres criterios fundamentales: el primero de ellos es que las estaciones se distribuyan a lo largo de todo el Tramo, el segundo que cada estación contengan el mayor numero de variables posibles registradas y el tercero que los años apuntados en cada estación abarquen, a ser posible, como mínimo periodos consecutivos de 30 años, que corresponde al período climático standard fijado por la Organización Meteorológica Mundial.

Las estaciones consultadas han sido: Chiclana de la Frontera, Barbate-Trafalgar (única estación con menos de 30 años), Tarifa, Algeciras y San Roque: Central Eléctrica de Cádiz. Los cuadros del 1 al 5 muestran los datos resumen de las estaciones meteorológicas consultadas.

La pluviometría anual del Tramo es superior a la media nacional, ya que oscila entre 563.2 mm en Barbate hasta 962.1 mm en Algeciras. En todas las estaciones las precipitaciones se distribuyen análogamente durante el año: hay un período de estiaje de Junio a Septiembre, y un aumento progresivo de la pluviosidad hacia los meses iniciales y finales del año. Las precipitaciones tienen lugar en un promedio de 68.1 días de lluvia.

La nieve es inexistente en el Tramo, y la estación meteorológica que más días de escarcha registra es Chiclana, con una media de 3.1 días al año.

A excepción de la zona de San Roque, la niebla hace acto de presencia en todo el Tramo, aunque de manera muy escasa. El promedio más alto, con 12.9 días al año, corresponde al área de Barbate, seguido de Chiclana, Tarifa y Algeciras. Un dato curioso es que la mayor concentración, a pesar de su escasa proporción, de los días de niebla aparecen entre los meses de Junio a Septiembre.

De las estaciones consultadas desgraciadamente solo disponen de datos de temperaturas las de Chiclana, Tarifa y Algeciras.

Las temperaturas medias anuales oscilan entre 16.9º C y 18.2º C. Las temperaturas máximas medias están comprendidas entre 25.1º C y 29.8º C y corresponden al mes de Agosto; y las mínimas medias mensuales varían entre 5.9º C y 11.1º C para el mes de Enero.

La temperatura máxima extrema es de 45º C y la mínima extrema de -5.3º C.

La oscilación máxima extrema es de 43.8º C y la mínima extrema de 20º C

En la figura 2.1 se muestran los gráficos de precipitación y de temperatura de las estaciones consultadas.

De las numerosas clasificaciones de climas que se han realizado, la que exponemos a continuación está basada en la relación que existe entre una serie de variable climáticas (precipitación y temperatura) con la vegetación espontánea que en ella aparece.

Dichas variables climáticas son:

1 Temperaturas medias del mes más frío
2 Precipitaciones caídas en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto
3 Precipitaciones anuales
4 Temperaturas medias del mes más cálido

Una vez analizados todos los datos expuestos anteriormente, se han trazado, en un esquema del Tramo, la distribución geográfica de las isolíneas correspondientes a las variable anteriormente mencionadas. En aquellas zonas donde no existen datos de estaciones meteorológicas, las isolíneas se han obtenido a partir de los datos consultados en diversas publicaciones referentes al clima de España.

La nomenclatura utilizada para designar a cada tipo de clima se ha intentado adaptar a la clasificación climática de Köppen, matizados con un empleo de subíndices de significado análogo a las clasificaciones numéricas de Thran. La expresión cualitativa de las modalidades climáticas estacionales o anuales se formula siguiendo, en general, la nomenclatura del ingeniero de Montes Sr. González Vázquez.

El cuadro 6 muestra la nomenclatura utilizada para designar a cada tipo de clima.

Los datos aportados revelan que el Tramo presenta un CLIMA DE TIPO MEDITERRANEO, caracterizados por los inviernos templados y húmedos, y veranos secos y soleados. A su vez, en esta clasificación se considera que un clima responde al tipo mediterráneo cuando simultáneamente concurren estas dos circunstancias: que las temperaturas medias del mes más frío son superiores a los 3º C, y que las precipitaciones recogidas entre los meses de Mayo a Agosto, ambos inclusive, son inferiores a los 200 mm.

Ahora bien, combinando todas las variables climáticas se pueden distinguir, a lo largo del Tramo, hasta 14 subtipos climáticos. Son los siguientes:

$C_4 S_3 S_2 a_1$: Clima mediterráneo, de invierno cálido-templado, verano templado-cálido y seco, y año subseco.

$C_2 S_3 S_1 a_1$: Clima mediterráneo, de invierno templado, verano templado-cálido y seco, y año subhúmedo.

$C_3 S_3 S_1 a_1$: Clima mediterráneo, de invierno templado-cálido, verano templado-cálido y seco, y año subhúmedo.

$C_3 S_4 S_1 a_1$: Clima mediterráneo, de invierno templado- cálido, verano templado-cálido y perseco, y año subhúmedo.

$C_3 S_4 S_2 a_1$: Clima mediterráneo, de invierno templado-cálido, verano templado-cálido y perseco, y año subseco.

$C_4 S_4 S_1 a_1$: Clima mediterráneo, de invierno cálido-templado, verano templado-cálido y perseco, y año subhúmedo.

$C_4 S_4 S_1 a_2$: Clima mediterráneo, de invierno cálido-templado, verano cálido-templado y perseco, y año subhúmedo.

$C_4 S_5 S_2 a_1$: Clima mediterráneo, de invierno cálido-templado, verano templado-cálido y árido, y año subseco.

$C_4 S_5 S_2 a_2$: Clima mediterráneo, de invierno cálido-templado, verano cálido-templado y árido, y año subseco.

$C_4 S_4 S_2 a_1$: Clima mediterráneo, de invierno cálido-templado, verano templado-cálido y perseco, y año subseco.

$C_4 S_4 S_2 a_2$: Clima mediterráneo, de invierno cálido-templado, verano cálido-templado y perseco, y año subseco.

$C_4 S_4 S_3 a_1$: Clima mediterráneo, de invierno cálido-templado, verano templado-cálido y perseco, y año seco.

$C_4 S_4 S_3 a_2$: Clima mediterráneo, de invierno cálido-templado, verano cálido-templado y perseco, y año seco.

$C_4 S_5 S_3 a_1$: Clima mediterráneo, de invierno cálido-templado, verano templado-cálido y árido, y año seco.

La figura 2.2 muestra la distribución de los subtipos climáticos en el Tramo.

CUADRO 1.

DATOS DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1952 - 1995), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE CHICLANA DE LA FRONTERA

DATOS ESTACIÓN CHICLANA DE LA FRONTERA 1952-1995

MES	PRECIPITACIÓN (mm/m²)				Nº DE DÍAS DE									TEMPERATURA (ºC)						
	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA 24 H	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	PRECIPITABLE SIN ESPECIFICAR	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
														MÁXIMA	MÍNIMA	EXTREMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
ENE	86,0	317,1	0	61	7,3	0,0	0,0	0,9	1,0	6,4	1,4	0,0	0,1	24,0	-5,0	29,0	11,0	16,0	5,9	11,G0
FEB	85,5	252,6	7,2	134,2	8,3	0,0	0,1	1,0	1,0	4,9	0,6	0,0	0,0	27,0	-3,8	30,8	11,8	16,8	6,9	11,9
MAR	65,2	199	0	51,1	6,9	0,0	0,2	1,4	0,9	4,8	0,0	0,0	0,1	27,8	-1,5	29,3	13,2	18,3	8,2	13,2
ABR	53,8	187,1	0	57	6,0	0,0	0,0	1,2	0,8	4,5	0,0	0,0	0,1	31,0	0,5	30,5	14,8	20,1	9,4	14,8
MAY	60,2	127,1	0	58,3	3,7	0,0	0,0	0,9	1,0	2,9	0,0	0,0	0,0	35,0	3,5	31,5	17,5	22,9	12,1	17,5
JUN	14,4	82,5	0	42,3	2,1	0,0	0,0	0,5	1,0	3,0	0,0	0,0	0,2	41,4	6,0	35,4	20,3	26,0	14,7	20,3
JUL	0,2	5,6	0	3	0,1	0,0	0,0	0,1	1,7	3,8	0,0	0,0	0,2	45,0	7,4	37,6	23,2	29,6	16,9	23,2
AGO	4,3	44,2	0	38,5	0,5	0,0	0,0	0,1	1,5	5,3	0,0	0,0	0,1	41,5	7,2	34,3	23,4	29,8	16,9	23,4
SEP	18,0	89	0	77	1,8	0,0	0,0	0,5	1,5	3,7	0,0	0,0	0,0	39,4	0,0	39,4	21,9	27,9	15,9	21,9
OCT	73,2	329,7	0	213	5,7	0,0	0,0	1,4	0,9	4,2	0,0	0,0	0,0	34,7	1,5	33,2	18,7	24,1	13,4	18,7
NOV	112,5	535,8	0	140	7,3	0,0	0,0	1,6	0,6	5,0	0,2	0,0	0,0	29,2	-3,5	32,7	14,7	19,9	9,4	14,7
DIC	106,3	402,2	0	85,2	7,9	0,0	0,1	1,6	0,8	6,0	0,9	0,0	0,0	27,2	-5,3	32,5	11,9	17,0	6,8	11,9
ANUAL	679,6	-	-	140	57,6	0,0	0,4	11,2	12,7	54,5	3,1	0,0	0,8	-	-	-	-	-	-	16,9

CUADRO 2.

DATOS DE TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1954 - 1980), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE BARBATE - TRAFALGAR

ESTACIÓN BARBATE – TRAFALGAR 1954-1980

MES	PRECIPITACIÓN (mm/m²)				Nº DE DÍAS DE								
	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA 24 H	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	PRECIPITABLE SIN ESPECIFICAR
ENE	93,9	264,6	1,7	69,2	11,4	0,0	0,0	0,4	1,0	6,6	0,3	0,0	0,0
FEB	84,6	156,1	1,2	59,6	10,7	0,0	0,4	0,9	0,9	3,1	0,2	0,0	0,0
MAR	68,5	161,9	12	49,1	10,7	0,0	0,3	1,1	0,7	4,3	0,0	0,0	0,0
ABR	45,1	152,7	0	68,7	6,9	0,0	0,2	0,9	0,7	3,3	0,0	0,0	0,0
MAY	29,8	88,1	0	37,3	4,8	0,0	0,1	0,6	1,5	2,3	0,0	0,0	0,0
JUN	13,2	72,7	0	41,3	2,8	0,0	0,1	0,6	1,1	2,7	0,0	0,0	0,0
JUL	0,4	7,4	0	7,4	0,3	0,0	0,0	0,1	2,1	4,8	0,0	0,0	0,0
AGO	3,0	34,4	0	27,6	0,9	0,0	0,0	0,1	2,0	5,9	0,0	0,0	0,0
SEP	17,6	106,8	0	67,9	3,3	0,0	0,0	0,5	1,1	5,0	0,0	0,0	0,0
OCT	57,0	196,6	2	51,2	7,3	0,0	0,0	1,0	1,0	4,0	0,0	0,0	0,0
NOV	65,5	158,2	158,2	74	9,3	0,0	0,1	1,2	0,4	4,8	0,0	0,0	0,0
DIC	84,6	250,7	250,7	61	12,2	0,0	0,0	0,7	0,4	6,4	0,1	0,0	0,0
ANUAL	563,2			74,0	80,6	0,0	1,2	8,1	12,9	53,2	0,6	0,0	0,0

CUADRO 3.

DATOS DE TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1945 - 1995), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE TARIFA

ESTACIÓN DE TARIFA 1945-1995

MES	PRECIPITACIÓN (mm/m²)				Nº DE DÍAS DE									TEMPERATURA (ºC)						
	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA 24 H	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	PRECIPITABLE SIN ESPECIFICAR	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
														MÁXIMA	MÍNIMA	EXTREMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
ENE	100,1	420,6	0,3	139,0	11,4	0,0	0,1	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	53,6	0,5	53,1	13,1	15,2	11,1	13,3
FEB	93,3	314,7	1,5	76,0	11,3	0,0	0,4	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2	-2,1	25,3	13,3	15,6	11,1	13,3
MAR	82,2	313,7	2,3	73,4	9,5	0,0	0,3	1,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	24,2	1,2	23,0	14,3	16,5	12,0	14,3
ABR	55,2	166,2	0,0	72,0	8,6	0,0	0,3	1,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	4,0	21,0	15,3	17,6	12,9	15,3
MAY	38,0	134,8	0,5	72,4	6,3	0,0	0,0	0,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	29,8	8,0	21,8	17,4	19,8	15,0	17,4
JUN	13,7	73,1	0,0	36,4	3,1	0,0	0,1	0,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0	10,6	21,4	19,7	22,1	17,2	19,6
JUL	1,4	27,0	0,0	27,0	0,8	0,0	0,0	0,2	2,1	0,0	0,0	0,1	0,0	35,3	13,0	22,3	21,8	24,3	19,3	21,8
AGO	3,9	79,0	0,0	72,0	1,0	0,0	0,0	0,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	15,0	20,0	22,6	25,1	20,1	22,6
SEP	16,9	137,1	0,0	42,5	3,6	0,0	0,1	0,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,2	11,1	24,1	21,6	24,0	19,2	21,6
OCT	63,9	194,3	0,0	73,0	7,9	0,0	0,3	1,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	8,4	20,6	19,0	21,2	16,8	19,0
NOV	104,5	413,6	1,8	102,0	10,4	0,0	0,3	1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	5,0	21,0	16,1	18,3	14,0	16,1
DIC	118,8	345,8	1,4	113,2	11,8	0,0	0,5	1,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	23,6	0,4	23,2	14,2	16,3	12,0	14,1
ANUAL	691,9	-	-	139	85,7	0,0	2,4	10,1	8,7	0,1	0,0	0,1	0,0	-	-	-	-	-	-	17,4

CUADRO 4.

DATOS DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1961 - 1995), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA ALGECIRAS

ESTACIÓN DE ALGECIRAS 1961-1995

MES	PRECIPITACIÓN (mm/m²)				Nº DE DÍAS DE									TEMPERATURA (ºC)						
	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA 24 H	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	PRECIPITABLE SIN ESPECIFICAR	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
														MÁXIMA	MÍNIMA	EXTREMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
ENE	149,6	768,0	0,0	208,0	9,7	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,1	52,6	0,0	52,6	12,6	15,7	9,5	12,8
FEB	151,1	478,0	0,0	190,0	9,9	0,0	0,1	0,2	0,1	0,5	0,0	0,0	0,3	26,6	0,4	26,2	13,3	16,7	9,8	13,3
MAR	89,7	260,5	3,6	114,6	7,6	0,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,0	0,0	0,1	31,4	1,6	29,8	14,7	18,3	11,0	14,7
ABR	75,5	273,8	0,0	129,4	7,2	0,0	0,0	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,5	32,0	2,0	30,0	15,9	20,0	11,9	15,9
MAY	32,3	144,4	0,0	44,5	4,7	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	34,8	6,5	28,3	18,5	22,7	14,3	18,5
JUN	16,4	120,3	0,0	64,2	2,7	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	38,6	9,0	29,6	21,6	26,1	17,1	21,6
JUL	0,9	10,6	0,0	8,6	0,4	0,0	0,0	0,1	0,5	0,3	0,0	0,0	0,1	43,8	10,0	33,8	24,5	29,1	19,8	24,5
AGO	2,4	27,1	0,0	22,7	0,7	0,0	0,0	0,3	0,7	0,4	0,0	0,0	0,0	41,0	9,0	32,0	24,9	29,7	20,1	24,9
SEP	17,1	101,8	0,0	59,8	2,5	0,0	0,0	0,6	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	38,0	10,0	28,0	22,8	26,9	18,7	22,8
OCT	86,3	310,3	0,2	104,8	7,2	0,0	0,0	0,3	0,3	0,7	0,1	0,0	0,1	34,2	7,0	27,2	19,4	22,9	15,9	19,4
NOV	149,3	557,7	0,6	128,0	9,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	32,0	2,9	29,1	16,1	19,5	12,8	16,1
DIC	191,5	641,8	2,8	212,0	10,4	0,0	0,0	0,5	0,1	0,6	0,0	0,0	0,0	25,2	0,5	24,7	13,7	16,7	10,6	13,7
ANUAL	962,1	-	-	212	72,4	0,0	0,1	3,5	3,8	4,8	0,2	0,0	1,3	-	-	-	-	-	-	18,2

CUADRO 5.

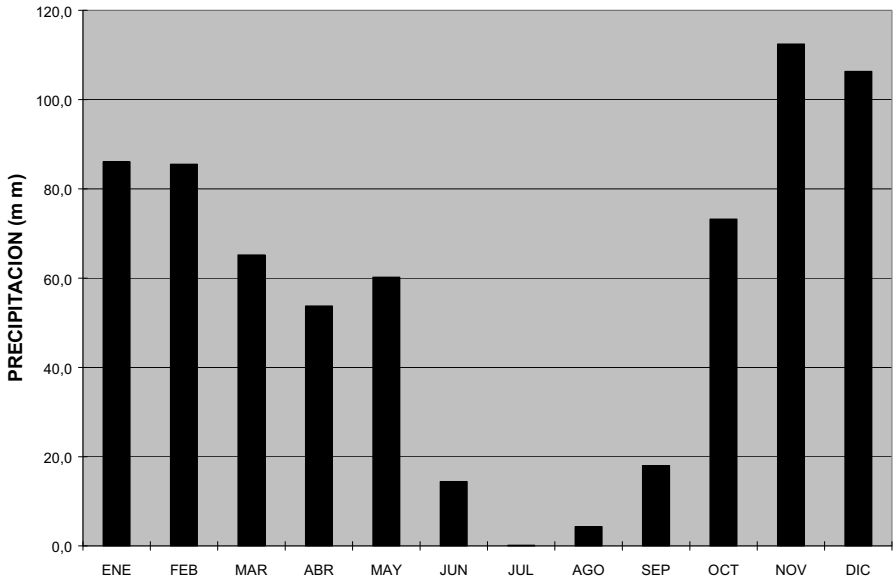
DATOS DE TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1965 - 1995), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE SAN ROQUE-CENTRAL ELÉCTRICA DE CÁDIZ

ESTACIÓN DE SAN ROQUE – CENTRAL ELÉCTRICA DE CÁDIZ 1965-1995

MES	PRECIPITACIÓN (mm/m²)				Nº DE DÍAS DE								
	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA 24 H	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	PRECIPITABLE SIN ESPECIFICAR
ENE	122,7	577,8	0,5	147,8	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
FEB	115,2	384,3	49,0	98,5	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
MAR	83,1	215,8	0,0	98,6	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
ABR	67,4	162,1	0,0	87,1	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
MAY	29,2	112,5	0,0	3,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
JUN	13,7	118,9	0,0	80,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
JUL	1,4	14,6	0,0	14,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
AGO	6,2	100,0	0,0	88,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SEP	18,3	119,1	0,0	67,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
OCT	94,7	346,5	0,0	179,1	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
NOV	131,8	395,9	0,0	101,3	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
DIC	124,5	527,2	0,0	138,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
ANUAL	808,2			179,1	44,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4

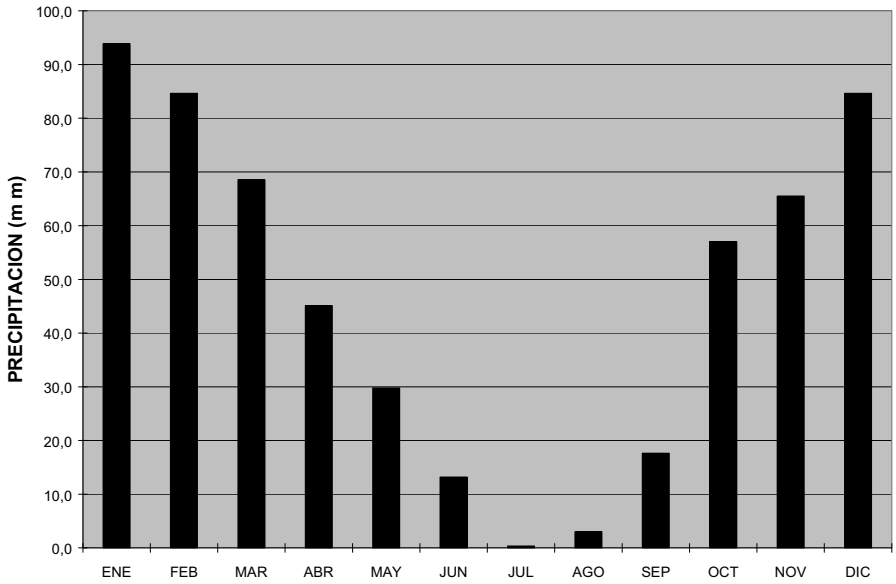
Fig. 2.1: Gráficos de precipitación y de temperatura de estaciones consultada

CHICLANA DE LA FRONTERA



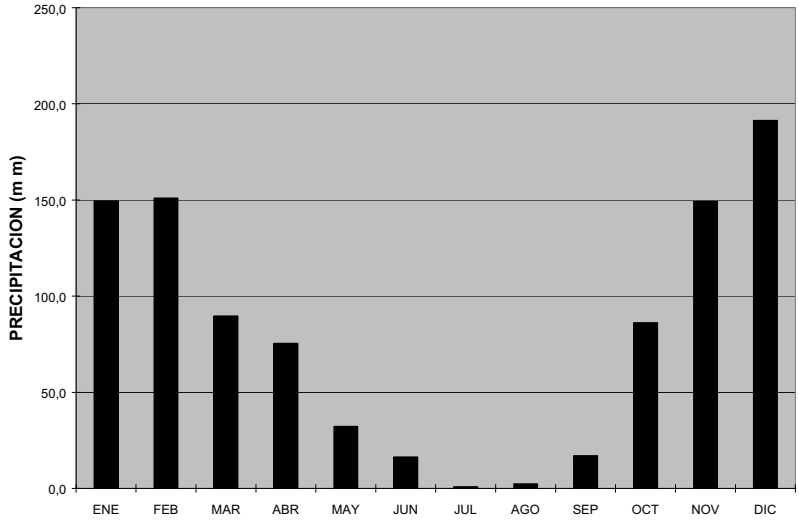
Precipitación anual = 679,6 mm
Temperatura media anual = 16,9ºC

BARBATE-TRAFALGAR



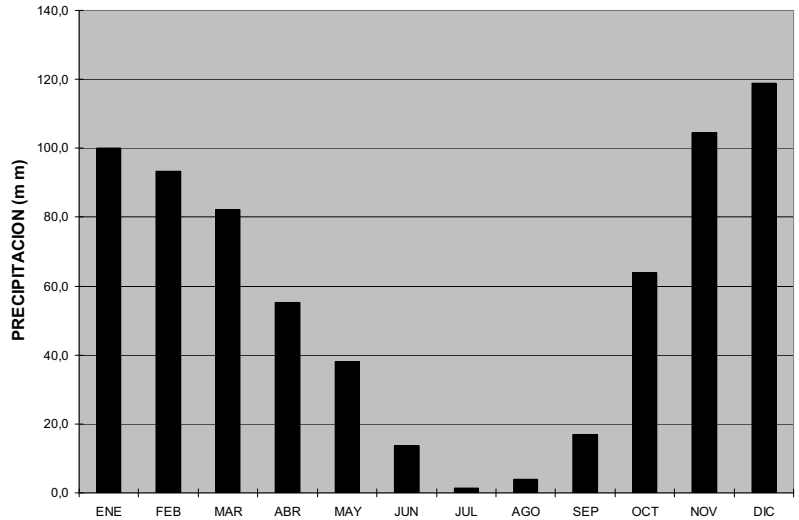
Precipitación anual = 563,2 mm

ALGECIRAS



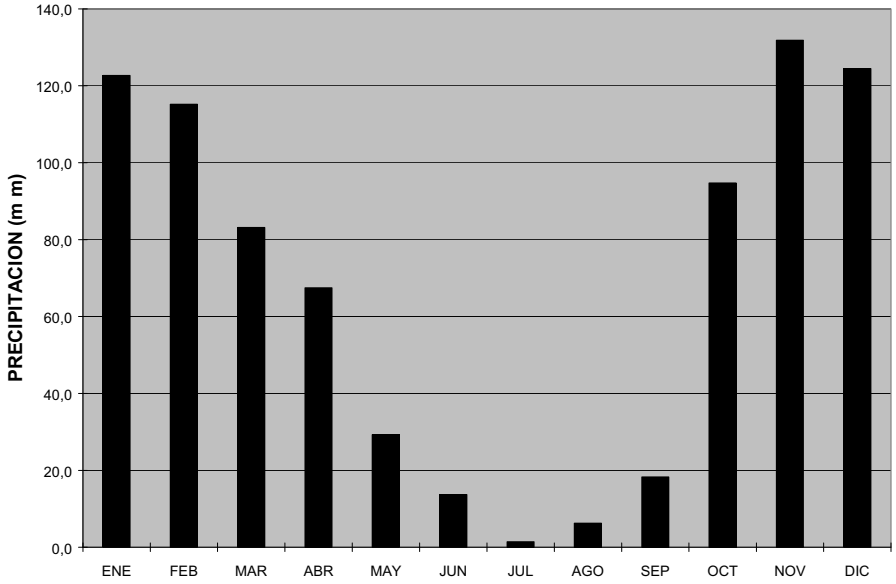
Precipitación anual = 962,1 mm
Temperatura media anual = 18,2ºC

TARIFA



Precipitación anual = 691,9 mm
Temperatura media anual = 17,4ºC

SAN ROQUE-CENTRAL ELECTRICA DE CADIZ



Precipitación anual = 808,2 mm

RÉGIMEN TÉRMICO				
De invierno		Calificación estacional	De verano	
Símbolo	Temperatura mes más frío		Temperatura mes más cálido	Símbolo
	º C		º C	
-	-	Cálido	≥ 26	a_3
C_4	≥ 10	Cálido-Templado	26-24	a_2
C_3	10-7	Templado-Cálido	24-22	a_1
C_2	7-5	Templado	22-20	b_1
C_1	5-3	Templado-Frío	20-18	b_2
D_1	3-10	Frío-Templado	18-15	b_3
D_2	< 0	Frío	< 15	b_4

RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO				
De Verano		Calificación estacional	Anual	
Símbolo	Precipitaciones (mm)		Precipitaciones (mm)	Símbolo
s_5	≤ 50	Árido	≤ 300	s_5
s_4	50-75	Perseco	300-400	s_4
s_3	75-100	Seco	400-600	s_3
s_2	100-150	Subseco	600-800	s_2
s_1	150-200	Subhúmedo	800-1.000	s_1
f_1	200-300	Húmedo	1.000-1.500	f_1
f_2	> 1.500	Muy húmedo	> 1.500	f_2

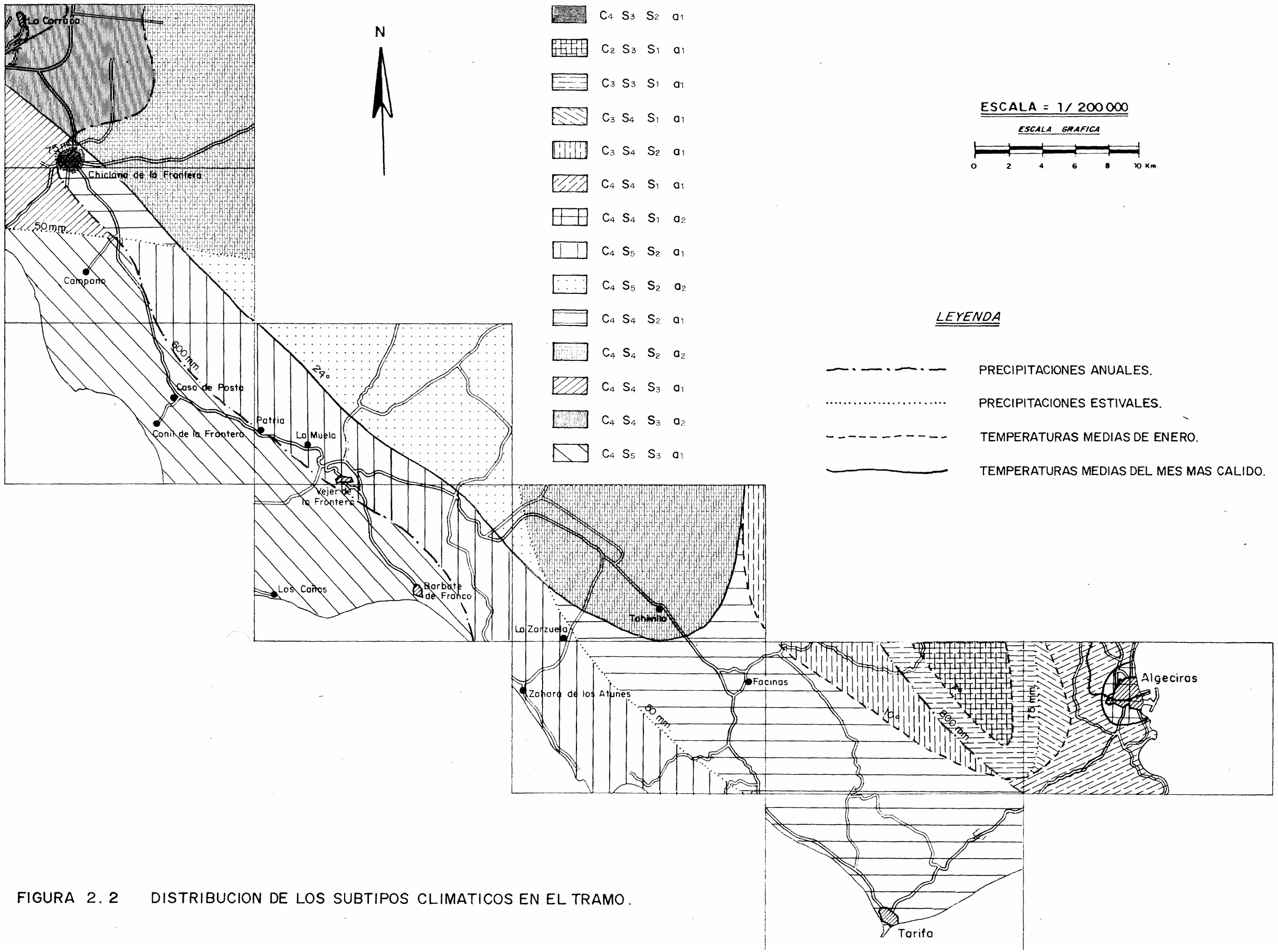


FIGURA 2. 2 DISTRIBUCION DE LOS SUBTIPOS CLIMATICOS EN EL TRAMO.

2.2. TOPOGRAFIA

El área de estudio se sitúa al SE de la ciudad de Cádiz y corresponde a una banda de dirección NW-SE, que arranca desde la localidad de Chiclana de la Frontera y finaliza en Algeciras, discurriendo paralelamente a la carretera N-340.

Desde el punto de vista topográfico el Tramo puede considerarse dividido en tres áreas: una al Oeste del mismo, desde Chiclana de la Frontera hasta las proximidades de Vejer de la Frontera, otra correspondiente al tramo central, entre Vejer y Facinas, y por último la tercera que abarcaría el resto del Tramo.

La primera de ellas se caracteriza por presentar cotas topográficas relativamente bajas, ya que no sobrepasan los 150 m sobre el nivel del mar. Los desniveles existentes son moderados y el relieve puede considerarse de poco accidentado.

La segunda zona, entre Vejer y Facinas, muestra un relieve poco acusado, de alturas no superiores a los 100 m, pero con resaltes topográficos importantes que emergen y sobresalen notoriamente del entorno, tales como los montes de La Muela (204 m), Vejer (217 m) y San Bartolomé (444 m), y las Sierras de Retín (316 m) y La Plata (459 m).

Por último, la zona tercera diferenciada muestra un aspecto accidentado debido a la presencia de numerosas sierras montañosas de alturas considerables. La mayor elevación del Estudio es el monte Luna, con 786 m, situado en la sierra del mismo nombre. Otras sierras significativas cuyas cotas son superiores a los 400 m son las de Ojén, Bujeo, Cabrito, Enmedio, etc. La naturaleza areniscosa de los materiales favorece la formación de crestones y cortados, que dan al paisaje un aspecto agreste.

2.3. GEOMORFOLOGIA

El Tramo objeto de estudio presenta una geomorfología muy variada, condicionada tanto por la litología como por la estructura de los materiales aflorantes.

Básicamente se han distinguido cuatro zonas o dominios con características geomorfológicas propias:

I) Zona llana y suavemente alomada. Se localiza en la primera mitad del Tramo y corresponde a áreas ocupadas por depósitos terciarios detríticos y margosos, parcialmente recubiertos por sedimentos arenosos de origen eólico. El relieve es suavemente alomado debido a la naturaleza poco competente de sus materiales y a la

escasa actividad tectónica que han sufrido. Dentro de esta unidad se ha incluido la zona llana y ligeramente deprimida de la antigua laguna de la Janda, desecada en la década de los años cincuenta.

Los contrastes topográficos son insignificantes, y únicamente pueden plantear problemas puntuales el paso de los valles de algunos ríos y arroyos que drenan este sector.

II) Zona alomada. Se reparte irregularmente a lo largo del Tramo y generalmente se articula alrededor de los demás dominios geomorfológicos diferenciados. Su relieve, de moderado a fuertemente alomado, se ha labrado sobre formaciones de litologías muy heterogéneas, las cuales responden de forma muy desigual frente a los agentes erosivos.

Por otro lado, el plegamiento de los estratos tienden a acentuar la formación de cerros y lomas de diversa consideración. Las pendientes topográficas suelen oscilar entre el 5 % y el 20%.

III) Zona de sierras montañosas y relieve accidentado.

Se distinguen dos subzonas accidentadas pero con morfologías completamente distintas.

La primera de ellas es la correspondiente a las sierras montañosas, que dan alineaciones más o menos orientadas, tipo "cuerda". El terreno más abrupto y quebrado se localiza al norte de Tarifa, debido a la confluencia de numerosas sierras, estructuradas según las direcciones principales: NW-SE, N-S y NE-SW.

La otra subzona se sitúa en las inmediaciones de Vejer y de La Muela. En este caso los cerros destacan del entorno fundamentalmente debido a una mayor resistencia a la erosión que los materiales circundantes. La Muela presenta un relieve invertido a causa de su estructura sinclinal, mientras que el monte de Vejer tiene un aspecto monolítico con morfología de "cuesta", originado por el buzamiento monoclinal de sus capas.

Aparte de la litología, los diferentes estilos tectónicos de cada subzona es determinante en la geomorfología que presentan cada una de ellas.

IV) Zona del litoral. Esta unidad se ha diferenciado en base a que a que las formas geomorfológicas que presentan son muy específicas de un medio tan singular como es el del litoral.

La zona se enmarca dentro de la amplia unidad geomorfológica del Golfo de Cádiz, situada en la parte más meridional de nuestras costas. Presenta un relieve muy contrastado, debido a la influencia de tres dominios enmarcados dentro de las Cordilleras Béticas: La Depresión del Guadalquivir, el Dominio Subbético y los mantos alóctonos del Campo de Gibraltar.

Por otro lado, un medio tan singular como el litoral da formas geomorfológicas muy características, algunas de las más significativas son:

- Acantilados rocosos
- Playas
- Marismas
- Cordones litorales
- Depósitos eólicos (Dunas)
- Terrazas marinas

En la Figura 2.3 se encuentran representadas esquemáticamente las zonas descritas.

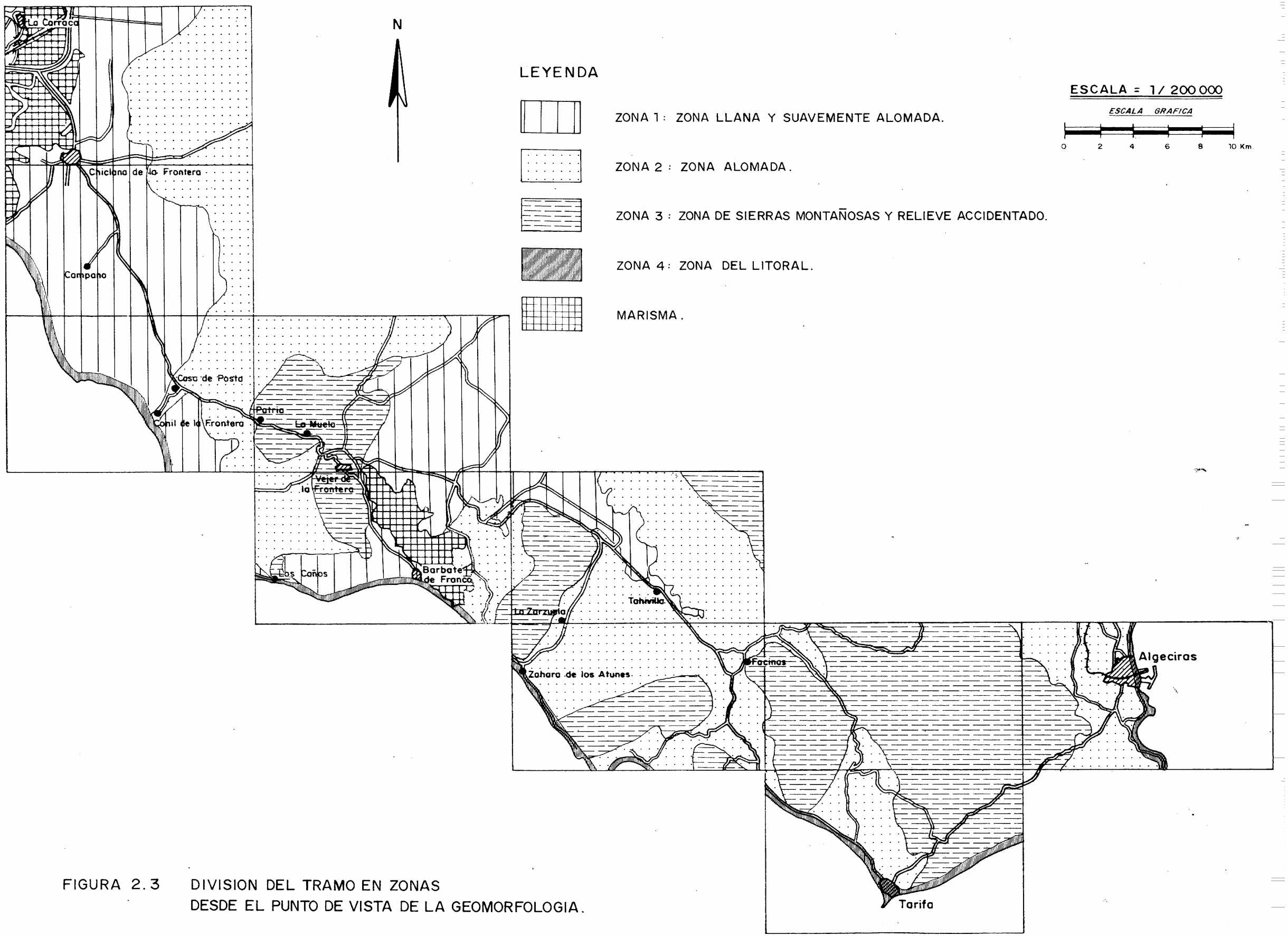


FIGURA 2.3 DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS
DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA GEOMORFOLOGIA.

2.4. ESTRATIGRAFIA

La estratigrafía del Tramo es muy amplia y compleja, debido, en parte, a la superposición de mantos o escamas del Complejo Alóctono de Gibraltar.

Para una mejor comprensión y exposición de los materiales, la descripción de los mismos se realiza en base a las unidades estructurales con representación en el Tramo.

Dichas unidades son las siguientes:

- Zona subbética.
- Complejo del Campo de Gibraltar.
- Complejo Tectosedimentario mioceno con bloques diversos.
- Complejo del Campo del Gibraltar
    - Serie del Aljibe.
    - Serie de Aljeciras-Bujeo.
    - Serie de Almarchal.
    - Serie del Tambor.
- Materiales post-tectónicos.
- Sedimentos cuaternarios.

ZONA SUBBETICA

Los materiales más antiguos de esta Unidad, así como del Estudio, pertenecen al Triásico, y corresponden a arcillas y yesos, con intercalaciones de areniscas, en facies de tipo "germano-andaluz". Entre las arcillas es frecuente los afloramientos de dolomías negras, mientras que los asomos de ofitas son prácticamente inexistentes.

El Jurásico aparece en pequeños isleos y está representado por calizas, dolomías y margas.

El Cretácico, que en muchas ocasiones se apoya sobre el Triásico, comprende niveles de margocalizas, margas y calizas.

El Terciario presenta dos unidades litoestratigráficas: la más antigua corresponde al Paleoceno y está formada por una sucesión de calizas y margas, y la segunda, de edad oligocena, se compone de margas y calizas.

COMPLEJO DEL CAMPO DE GIBRALTAR

Serie del Tambor

La serie del Tambor está compuesta por materiales del Cretácico Inferior, con características de turbiditas en facies de lóbulos deposicionales. La base es una alternancia de arcillas y areniscas, con predominio de las primeras, mientras que hacia techo disminuyen las arcillas y abundan mucho más las areniscas.

Serie de Almarchal

Esta unidad constituye, como se verá a continuación, la base de algunos de los mantos del Complejo del Campo de Gibraltar.

La serie, que comienza en el Cretácico Superior, está representada hasta el Paleoceno por una sucesión alternante de arcillas margosas y calizas. El techo corresponde al Eoceno Inferior, compuesto por una alternancia de margas y calizas.

Serie de Aljeciras-Bujeo

Abarca desde el Cretácico Superior hasta el Oligoceno Superior.

La base, de edad Senoniense, está formada por una sucesión de arcillas y calizas equivalentes en edad y facies a las definidas en la serie de Almarchal.

A continuación se deposita un tramo intermedio de arcillas y areniscas, en el que se intercalan sucesiones de calizas y arcillas, arcillas argilíticas y margas y calizas, areniscas, arcillas y limolitas, algunas de ellas en facies típicas de flysch. Este tramo alcanza desde el Paleoceno hasta el Oligoceno Inferior.

Por último, el Oligoceno Medio y Superior se caracteriza por estar compuesto por turbiditas arenosas (flysch margo-areniscoso micáceo). Litológicamente se diferencian dos facies: una de margas y areniscas micáceas, y otra de idéntica litología, pero con intercalaciones de areniscas silíceas similares a las del Aljibe.

Serie del Aljibe

Comprende desde el Cretácico Superior hasta el Mioceno.

Como en el caso anterior, la base corresponde a las arcillas margosas y calizas de las facies Almarchal, culminadas en algunas zonas por arcillas rojas.

Seguidamente se deposita una alternancia de margas, areniscas y calizas, con "cuerpos" intercalados de calizas, areniscas y arcillas.

Sobre la unidad anterior se localizan unas arcillas rojas con niveles de areniscas, que para muchos autores constituye la base natural de la serie de Aljibe. Entre las arcillas aparecen series intercaladas de calizas, margas y areniscas. Este tramo comienza en el techo del Paleoceno y finaliza en el Oligoceno Superior.

Por último, el techo de la unidad de edad miocena, está compuesto por las denominadas Areniscas del Aljibe, que corresponde al nivel más característico de la serie. Se trata de un potente grupo de areniscas silíceas de tonos claros, con intercalaciones irregulares de pelitas.

Complejo Tectosedimentario mioceno con bloques diversos

Este complejo está constituido por un conjunto de arcillas miocénicas, de colores rojos y verdes, satinadas y de aspecto esquistoso, que contienen restos de trazas fósiles (Tubotomaculum), nódulos de azufre y ocasionalmente yesos, así como niveles intercalados de areniscas calcáreas.

La característica principal de estas arcillas es la de englobar numerosos bloques, algunos de ellos de dimensiones kilométricas, de muy diversa litología y edad, abarcando desde el Jurásico hasta el Mioceno.

MATERIALES POST-TECTONICOS

Se han distinguido los siguientes:

El Mioceno comienza con unas margas silíceas blanquecinas, conocidas regionalmente como "albarizas" o "moronitas".

Sobre el conjunto anterior se apoya una serie cuya base corresponde a una formación de margas arenosas, seguidas de una alternancia de margas, biocalcarenitas y arenas, hasta culminar en una serie de biocalcarenitas.

El Plioceno se compone de sedimentos eminentemente arenosos, entre los que se intercalan biocalcarenitas, calizas pulverulentas, arcillas y areniscas ferruginosas.

El plio-cuaternario aparece representado por depósitos tipo "raña" y por arenas arcillosas de tonos rojizos.

SEDIMENTOS CUATERNARIOS

Los materiales cuaternarios son extensos y de muy diverso origen y composición, debido a que en este Estudio confluyen los dominios marino, continental y mixto.

Dentro del dominio marino los depósitos más representativos corresponden a los de playa, dunas, cordones litorales y terrazas.

Las marismas de los ríos Guadalete y Barbate son los elementos más importantes del dominio mixto.

Por último, en el dominio continental cabe destacar los depósitos de origen fluvial (aluviales y terrazas), lacustre (laguna de la Janda) y las masas deslizadas al pie de las sierras montañosas.

En la Figura 2.4 se representa de forma esquemática la columna estratigráfica general del Tramo

2.5. TECTONICA

El Tramo Chiclana de la Frontera-Los Barrios, se halla ubicado en el marco estructural de la Cordillera Bética, y abarca, dentro de ella, dos unidades distintas. Una pequeña parte del sector occidental del Tramo pertenece al Subbético Medio, mientras que el resto del mismo se encuadra en el denominado Complejo de Gibraltar.

Cada unidad presenta características diferentes debido a la distinta litología y dominios paleogeográficos que las integran, así como a los esfuerzos tectónicos que han sufrido.

La Zona Subbética muestra en detalle una estructura interna muy compleja y variada. Se trata de un vasto conjunto desplazado hacia el N o NW, que cabalga sobre la parte más interna de la zona prebética, pero subdividido a su vez en numerosos frentes, algunos de los cuales han podido desplazarse considerablemente hacia el Norte en épocas más tardías, de modo que pueden encontrarse algunos elementos subbéticos en la depresión del Guadalquivir por delante del frente de la zona prebética. Estos mantos de corrimiento tienen una clara vergencia al N y NNW.

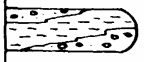
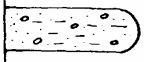
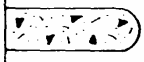
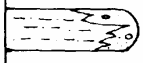
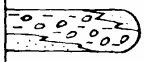
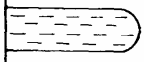
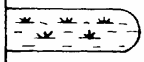
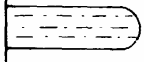
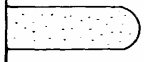
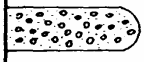
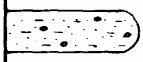
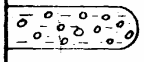
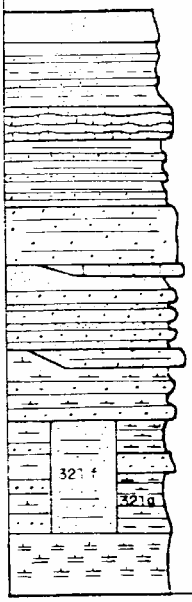
CUATERNARIO Y PLIO-CUATERNARIO				
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Aluvial. Limos, arcillas, arenas y gravas.	CUATERNARIO	A1	GT1
	Aluvial. Gravas y bolos poligenicos con matriz areno-limosa.	CUATERNARIO	a2	GT1
	Eluvial. Arenas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	v	GT6
	Aluvio-Coluvial. Arenas limosas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	ac	GT6
	Coluvion. Limos, arenas, arcillas, cantos y bloques.	CUATERNARIO	c1	GT7
	Masas Deslizadas. Bloques y cantos con matriz arcillosa.	CUATERNARIO	C2	GT7
	Cono de Deyeccion. Limos, arenas, arcillas y cantos.	CUATERNARIO	d1	GT6
	Cono de Deyeccion. Cantos y bloques con matriz arcillo-limosa.	CUATERNARIO	D2	GT7
	Abanico Aluvial. Arenas arcillosas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	AA	GT6
	Lacustre. Arcillas grises.	CUATERNARIO	L	GT8
	Terraza Fluvial. Gravas poligenicas con matriz areno-limosa.	CUATERNARIO	ta	GT2
	Marisma. Limos, arcillas y arenas con abundante materia organica.	CUATERNARIO	M	GT3
	Nivel Marino. Limos y arcillas con niveles arenosos.	CUATERNARIO	r1	GT3
	Cordon Litoral. Arenas, gravas y conchas, parcialmente cementadas.	CUATERNARIO	r2	GT4
	Depositos Litorales. Arenas finas.	CUATERNARIO	R3	GT9
	Palustre. Arcillas, limos y arenas.	CUATERNARIO	P	GT8
	Manto Eolico. Arenas finas.	CUATERNARIO	e	GT9
	Dunas. Arenas finas mal clasificadas.	CUATERNARIO	DE	GT9
	Dunas Cementadas. Arenas finas cementadas, mal clasificadas.	CUATERNARIO	DEC	GT9
	Playa. Arenas finas con algunas gravas dispersas.	CUATERNARIO	RE	GT9
	Terraza Marina. Conglomerado de gravas calcareas y restos de conchas.	CUATERNARIO	TR1	GT4
	Terraza Marina. Arenas arcillosas con algunas gravas dispersas.	CUATERNARIO	TR2	GT5
	Gravas y bolos poligenicos con matriz arcillosa.	PLIO-CUATERNARIO	350a	GT2
	Arenas y gravillas con matriz arcillosa.	PLIO-CUATERNARIO	350b	GT5

FIG. 2.4.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERAL DEL TRAMO

MATERIALES POSTOROGENICOS

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Arenas verdes con fósiles.	PLIOCENO	322 d	GT 10
	Arenas finas con intercalaciones de arcillas y areniscas	PLIOCENO	322 c	GT 10
	Calizas blanquecinas pulverulentas.	PLIOCENO	322 b	GT 19
	Arenas amarillas con intercalaciones de biocalcarenitas.	PLIOCENO	322 a	GT 11
	Biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 m	GT 12
	Calizas arenosas.	MIOCENO SUPERIOR	321 l	GT 17
	Alternancia irregular de biocalcarenitas y arenas fosilíferas.	MIOCENO SUPERIOR	321 k	GT 11
	Biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 j	GT 12
	Alternancia irregular de margas y biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 i	GT 14
	Biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 h	GT12
	Margas arenosas azules.	MIOCENO SUPERIOR	321 g	GT18
	Arenas finas amarillentas.	MIOCENO SUPERIOR	321 f	GT10
	Margas silíceas blanquecinas.	MIOCENO MEDIO-INFERIOR	321 e	GT 18

COMPLEJO TECTOSEDIMENTARIO MIOCENO

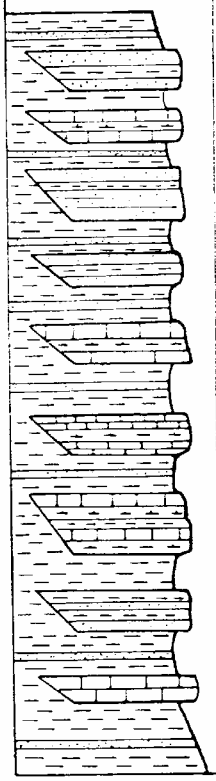
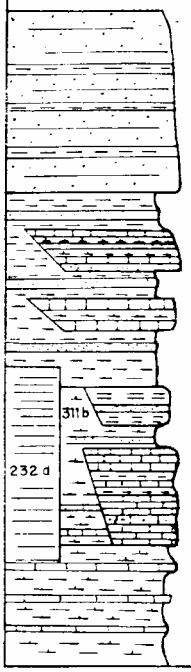
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Areniscas calcareas con intercalaciones arcillosas.	MIOCENO INFERIOR	321 d	GT13
	Alternancia de calizas granudas, calizas bioclasticas y margas.	MIOCENO INFERIOR	321c	GT17
	Areniscas del Aljibe con intercalaciones arcillosas.	MIOCENO INFERIOR	321 b	GT15
	Areniscas y arcillas.	OLIGOCENO	313 d	GT13
	Alternancia de calizas y margas arenosas.	EOCENO	312 e	GT13
	Alternancia de calizas arenosas y margas.	EOCENO	312 a	GT 13
	Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT14
	Arcillas con intercalaciones de areniscas.	CRETACICO INFERIOR	231 d	G 14
	Calizas.	JURASICO SUPERIOR	223	GT17
	Arcillas con Tubotomaculum y areniscas.	MIOCENO INFERIOR	321 a	GT14

FIG. 2.4.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERAL DEL TRAMO (CONTINUACION)

SERIE DEL ALJIBE

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Areniscas del Aljibe con intercalaciones arcillosas.	MIOCENO INFERIOR	321 b	GT 15
	Alternancia de margas, areniscas y calizas.	OLIGOCENO	313 c	GT 13
	Alternancia de calizas y margas arenosas.	EOCENO	312 e	GT 13
	Arcillas rojas con intercalaciones de areniscas calcareas ferruginosas.	PALEOCENO	311 i	GT 14
	Arcillas margosas con intercalaciones de areniscas.	PALEOCENO	311 e	GT 14
	Calizas arenosas y arcillas.	PALEOCENO	311 d	GT 13
	Calizas arenosas.	PALEOCENO	311 c	GT 17
	Margas con intercalaciones de areniscas y calizas.	PALEOCENO	311 b	GT 14
	Arcillas rojas.	CRETACICO SUPERIOR	232 d	GT 18
	Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT 14

SERIE DE ALGECIRAS - BUJEO

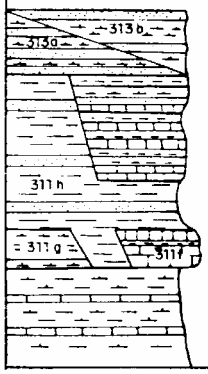
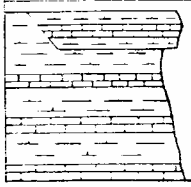
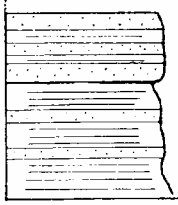
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Alternancia irregular de margas y areniscas micaceas.	OLIGOCENO	313 b	GT16
	Alternancia irregular de areniscas micaceas siliceas y margas.	OLIGOCENO	313 a	GT16
	Arcillas, limolitas, calizas y areniscas.	EOCENO	312 f	GT14
	Alternancia tipo flysch de calizas y arcillas.	EOCENO	312 d	GT13
	Arcillas y areniscas.	PALEOCENO	311 h	GT14
	Arcillas argiliticas y margas.	PALEOCENO	311 g	GT 18
	Calizas con intercalaciones arcillosas.	PALEOCENO	311 f	GT13
	Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT14

FIG. 2.4.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERAL DEL TRAMO (CONTINUACION)

SERIE DE ALMARCHAL

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Alternancia tipo flysch de margas y calizas.	EOCENO	312 c	GT14
	Arcillas margosas y calizas de Almarchal	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT14

SERIE DEL TAMBOR

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Areniscas con intercalaciones esporadicas de arcillas.	CRETACICO INFERIOR	231 b	GT 16
	Arcillas con intercalaciones de areniscas.	CRETACICO INFERIOR	231 a	GT 14

SUBBETICO

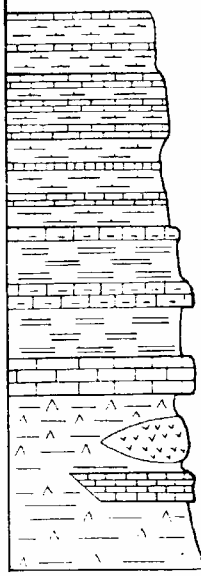
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Alternancia de margas y calizas.	EOCENO	312 b	GT 14
	Alternancia irregular de calizas y margas.	PALEOCENO	311 a	GT 13
	Margas blanquecinas con intercalaciones de calizas.	CRETACICO SUPERIOR	232 a	GT 19
	Alternancia irregular de margocalizas y margas blanquecinas.	CRETACICO INFERIOR	231 c	GT 19
	Calizas, dolomias y margas.	JURASICO INFERIOR	221	GT 17
	Ofitas.	TRIASICO SUPERIOR	213 c	GT 20
	Dolomias.	TRIASICO SUPERIOR	213 b	GT 17
	Arcillas, yesos y areniscas.	TRIASICO SUPERIOR	213 a	GT 21

FIG. 2.4.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERAL DEL TRAMO (CONTINUACION)

Posteriormente tiene lugar otra etapa importante de deformación, en la que se originaron fallas inversas y cabalgamientos de vergencia opuesta a la anterior, es decir hacia el S o SSE.

También aparecen estructuras de tipo halocinético así como pliegues y fallas de edades diversas que complican notablemente la estructura final.

Los rasgos generales o principales de la Zona Subbética fueron generados en tres etapas de deformación: en el Cretácico Medio, en el Eoceno Superior y/o Oligoceno, y la última entre el Burdigaliense y el Vindoboniense (o ya en el Vindoboniense más bajo). Posteriormente en el Mioceno Superior y el Plioceno, sin descartarse el Cuaternario totalmente, se han producido pliegues de gran radio y fallas, sin relación con los rasgos estructurales anteriores. Los sedimentos de la Zona subbética fueron depositados algunas decenas de kilómetros al SE de su posición actual.

El complejo del Campo de Gibraltar forma un conjunto conocido en la literatura geológica como “flysch del Campo de Gibraltar”. Ultimamente este término se utiliza poco debido a que muchas unidades no están constituidas por formaciones de tipo flysch, aunque las investigaciones más modernas han confirmado la preponderancia de las formadas por turbiditas.

El Complejo no afloran exclusivamente en esta región, sino que también aparecen hacia el NE cerca del contacto entre las zonas internas y externas, en el extremo occidental de la depresión de Guadix y hasta unos 45 km al ENE de Granada. Por otra parte, estas unidades también se continúan al otro lado del estrecho, bordeando a modo de orla casi continua las cordilleras norteafricanas, hasta el punto de alcanzar Sicilia e Italia del Sur.

Las unidades del Campo de Gibraltar aparecen en la actualidad agrupadas en una serie de mantos desunidos entre sí y superpuestos tectónicamente a las unidades subbéticas. Aunque a estos mantos se les supone una importante aloctonía teniendo en cuenta que no se conoce la raíz de los mismos, algunos autores manifiestan que ciertos elementos considerados como mantos no serían sino "klippes sedimentarios" y que el conjunto tendría un carácter tectonosedimentario. A pesar de que se admite ésta última afirmación no se han encontrado pruebas que permitan generalizarla para todo el conjunto.

Los mantos de corrimiento son mantos deslizados por mecanismos de gravedad, ya que la potencia escasa en relación con su extensión superficial, así como la naturaleza incompetente de los materiales que los constituyen, confirmar esta interpretación. En lo que se refiere a la edad del emplazamiento, su comienzo debe ser posterior al Aquitaniense y es seguro que habría finalizado al final del Mioceno Superior.

2.6. SISMICIDAD

Según la NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE (PARTE GENERAL Y EDIFICACIÓN) (NCSE-94), el Tramo Chiclana de la Frontera-Los Barrios se halla situado en una zona cuya aceleración sísmica básica, a_b, está comprendida entre $0,04 =< a_b/g < 0,13$, según puede apreciarse en el Mapa de Peligrosidad Sísmica representado en la Figura 2.5, aunque a efectos prácticos la aceleración sísmica básica varía entre 0.04, en el término municipal de Algeciras, y 0,07 en el término municipal de Zahara de los Atunes.

El Mapa representado en la Figura 2.5 suministra, para cada punto del territorio y expresada en relación al valor de la gravedad, la aceleración sísmica básica, a_b, un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un punto de retorno para quinientos años.

Por otro lado, el coeficiente de contribución k, el cual tiene en cuenta la influencia en la peligrosidad sísmica de cada punto de los distintos tipos de terremotos considerados en el cálculo de la misma, oscila entre 1,2, en el término municipal de Zahara de los Atunes, y 1,4 en el término de Conil de la Frontera.

La aceleración sísmica de calculo, a_c, se define como el producto:

$$a_c = p a_b$$

donde:

a_b: es la aceleración básica
p: es un coeficiente adimensional de riesgo cuyo valor, en función del período de vida en años, t, para el que se proyecta la construcción, viene dado por:

$$p = (t/50)^{0.37}$$

siendo a efectos de calculo:

t>= 50 años para construcciones de normal importancia.
t>= 100 años para construcciones de especial importancia.

En la tabla 1, se recogen los valores más usuales del coeficiente de riesgo p.

TABLA 1

COEFICIENTE DE RIESGO p	
Período de vida	p
t = 50	1,00
t = 100	1,30

APARTADO DEROGADO

En este caso se toma t = 100, ya que "las principales vías de comunicación de las poblaciones" se consideran construcciones de especial importancia (Apartado 1.2.2 de la Norma).

La aceleración sísmica de cálculo, a_c, en el Tramo es de :

Para a_b=0,04, a_c=0,05 g

y para a_b=0,07, a_c=0,09 g

Según el apartado 1.2.3, Criterios de aplicación de la Norma, en las construcciones de normal y especial importancia es obligatoria la aplicación de esta Norma cuando la aceleración sísmica de cálculo, a_c, es igual o superior a 0,06 g, siendo g la aceleración de la gravedad.

A continuación se citan los términos municipales en los que es necesaria la aplicación de la Norma, con sus respectivos valores de la aceleración básica, a_b, el coeficiente de contribución, k, y la aceleración de cálculo, a_c, para un periodo de vida, t, de 100 años.

Término Municipal	a_b/g	k	a_c
Barbate	0,05	(1,4)	0,06 g
Conil de la Frontera	0,05	(1,4)	0,06 g
Chiclana de la Frontera	0,05	(1,4)	0,06 g
Medina Sidonia	0,05	(1,4)	0,06 g
Puerto Real	0,06	(1,4)	0,07 g
San Fernando	0,06	(1,4)	0,07 g
Vejer de la Frontera	0,05	(1,4)	0,06 g
Zahara de los Atunes	0,07	(1,2)	0,09 g

En los futuros proyectos de construcción de vías de comunicación, tales como autovías y autopistas, será necesaria la aplicación de la Norma en los términos municipales anteriormente reseñados. Dicha aplicación debe hacerse calculando la estructura para la acción sísmica definida en los capítulos 2 y 3 y respetando las reglas de diseño y las prescripciones constructivas indicadas en el capítulo 4.

APARTADO DEROGADO

APARTADO DEROGADO

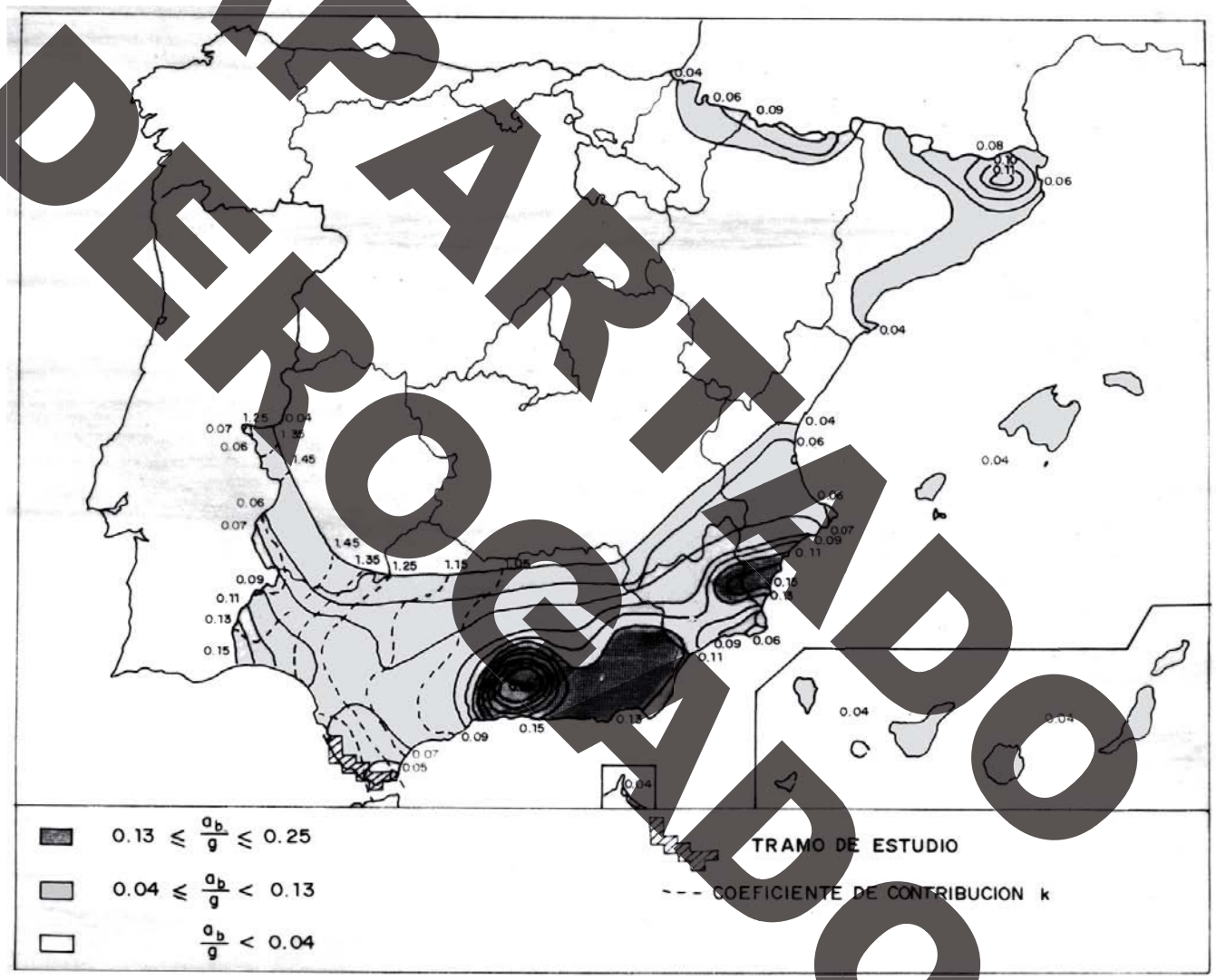


FIGURA 2.5. SITUACIÓN DEL TRAMO EN EL MAPA SISMORRESISTENTE

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

El Tramo Chiclana de la Frontera - Los Barrios se ha considerado conveniente dividirlo en una serie de Zonas, atendiendo a sus características geomorfológicas y tectónicas, con el fin de facilitar la exposición y comprensión de los materiales presentes en el Estudio.

En la Figura 3.1 se hallan representadas las Zonas en que ha sido dividido el Tramo de Estudio. Son las siguientes:

Zona 1: Zona llana y suavemente alomada

Zona 2: Zona alomada

Zona 3: Zona de sierras montañosas y relieve accidentado

Zona 4: Zona del litoral

En la Figura 3.2 se muestran los diversos bloques-diagramas y cortes geológicos esquemáticos que se han realizado en el presente capítulo.

3.2. ZONA 1: LLANA Y SUAVEMENTE ALOMADA

3.2.1. Geomorfología

La Zona 1 ocupa las siguientes Hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000:

Nº	Hoja	Cuadrantes
1069	Chiclana de la Frontera	3 (p) y 4 (p)
1073	Vejer de la Frontera	1 (p), 2 (p) y 4 (p)
1074	Tahivilla	3 (p)

(p) parte

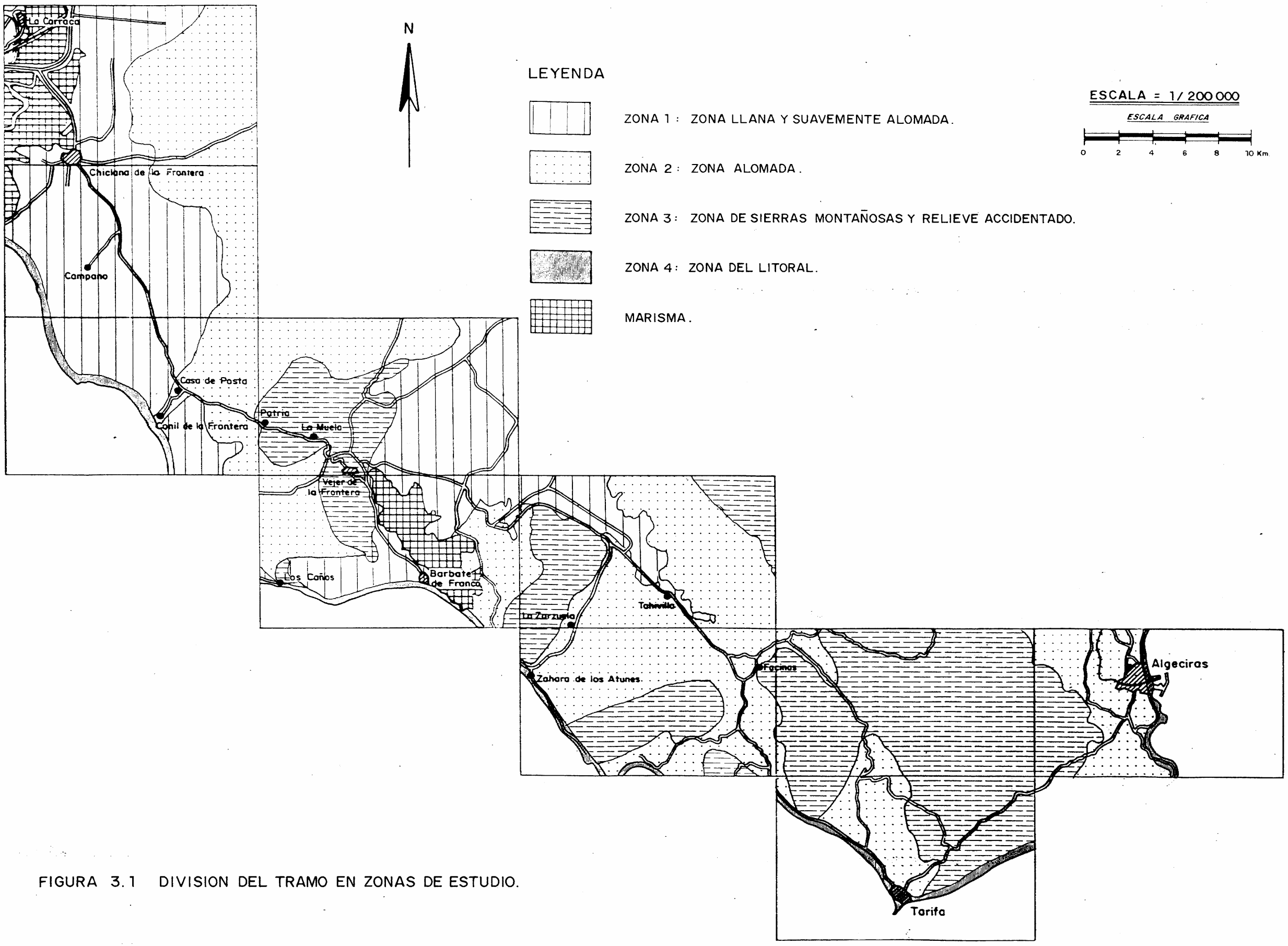


FIGURA 3.1 DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO.

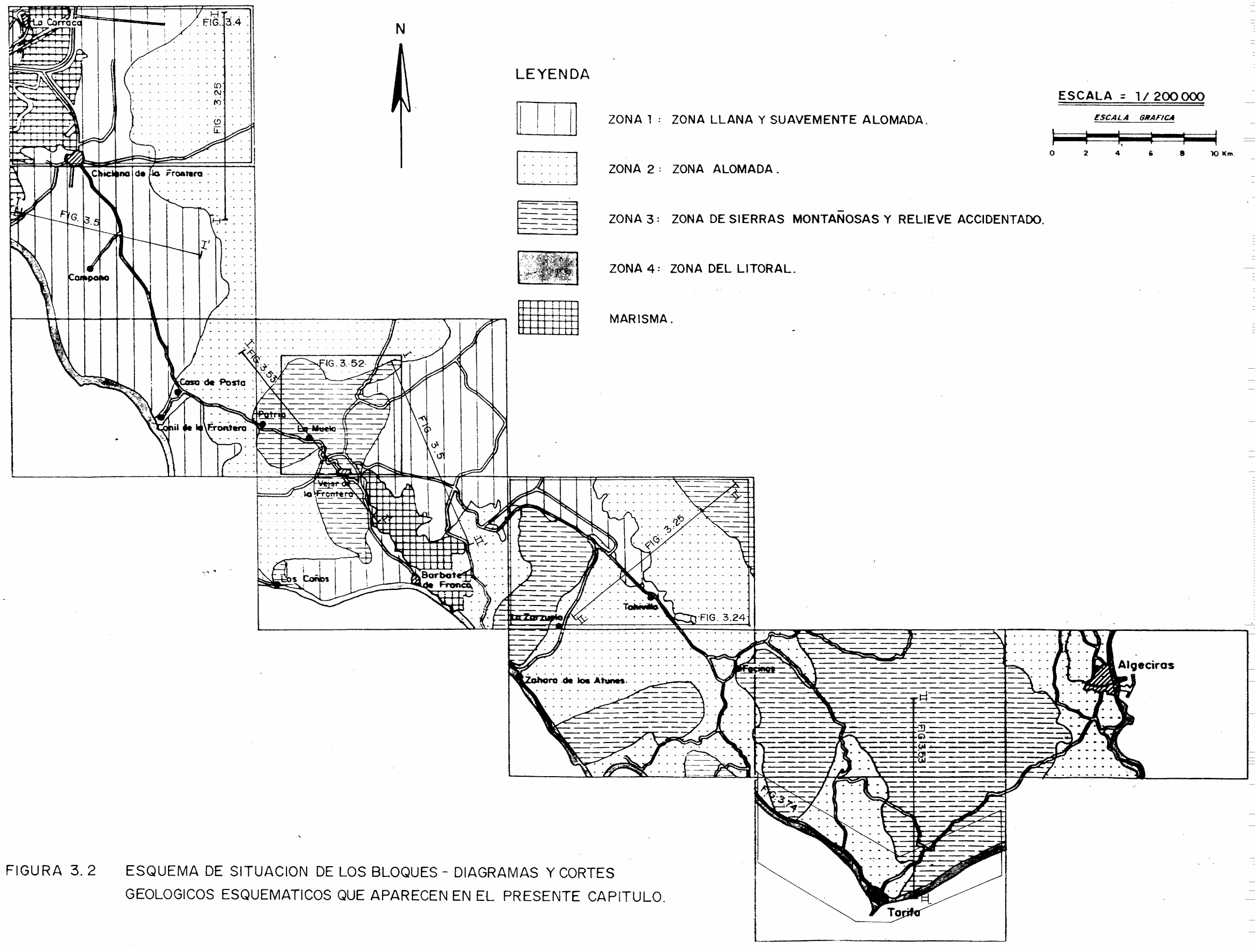


FIGURA 3.2 ESQUEMA DE SITUACION DE LOS BLOQUES - DIAGRAMAS Y CORTES GEOLOGICOS ESQUEMATICOS QUE APARECEN EN EL PRESENTE CAPITULO.

En la Figura 3.3 se muestra la ubicación de la Zona 1 dentro del Tramo, así como la situación de un bloque-diagrama y de dos cortes geológicos esquemáticos realizados en la misma.

Morfológicamente esta Zona se caracteriza por presentar un relieve suavemente alomado, en algunos casos tipo planicie, recubierto parcialmente por depósitos de glacis, mantos eólicos y dunas. Esta morfología suave se debe fundamentalmente a la relativa homogeneidad y escasa competencia de los materiales, que propicia una erosión y denudación homogénea generalizada. Otro factor importante que contribuye a este tipo de relieve es la escasa deformación que tiene los sedimentos, ya que cuando ha podido apreciarse su estratificación, ésta es subhorizontal.

Las cotas no superan los 100 m de altitud y las pendientes son inferiores al 7 %. Los únicos accidentes reseñables corresponde a los valles y arroyos que drenan el área. Los ríos más importantes son el Iro y el Almodóvar. Discurren por valles poco profundos y amplios, típico del curso bajo de los ríos, próximos a su desembocadura.

El río Almodóvar constituye un caso especial; en el Pleistoceno atravesaba la depresión de la Janda, que posteriormente comienza a funcionar como una laguna, debido a causas no muy conocidas, pero posiblemente relacionados con fenómenos climáticos o con elevaciones del nivel de base durante la transgresión postglacial. La laguna se mantuvo como tal hasta los años cincuenta, en que fue desecada artificial- mente.

3.2.2. Tectónica

Los sedimentos que configuran esta zona son postectónicos, es decir, que se depositaron en una gran depresión con posterioridad al paroxismo tectónico de la región. Sin embargo, presentan ciertas deformaciones originadas por una neotectónica reciente.

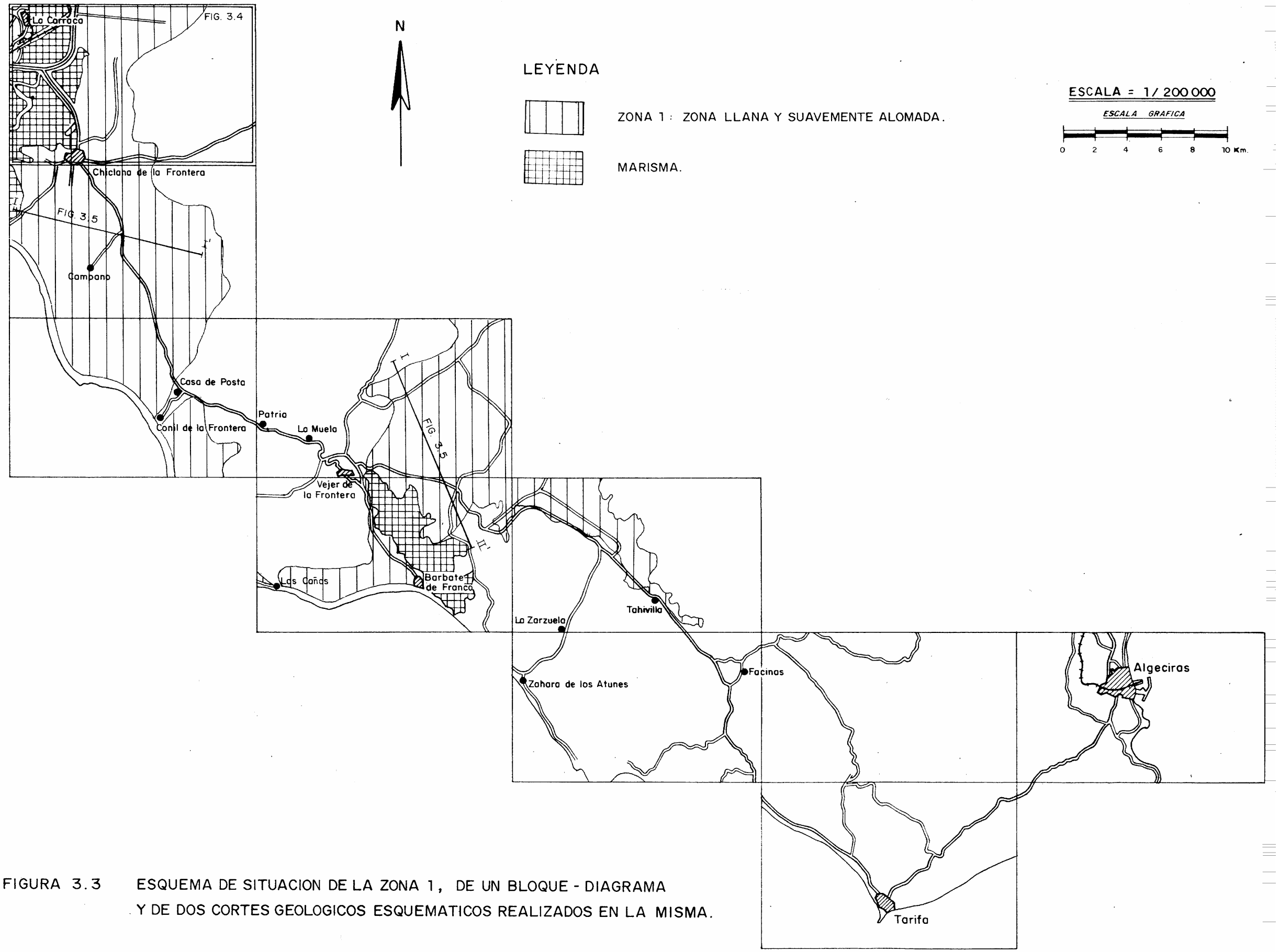


FIGURA 3.3 ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 1, DE UN BLOQUE - DIAGRAMA Y DE DOS CORTES GEOLOGICOS ESQUEMATICOS REALIZADOS EN LA MISMA.

La dirección de las capas y los ejes de los pliegues oscilan entre N 10° E y N 30° E, y el buzamiento de las capas no supera en ningún caso los 40°. A esta fase pertenece el sinclinorio de Conil-Cabo Roche.

La densidad de fracturación es baja, distinguiéndose cuatro familias de fracturas: N 80°-110° E, N 15° E, N 150° E y N 55° E.

Benkhelil (1976) propone la existencia de dos fases de deformación para la cobertera mio-pliocena. La primera de carácter distensivo, de edad mio-pliocena, y la segunda compresiva, de edad finipliocena. Por otra parte, Virguier (1974), cuyas investigaciones se centraron en la cuenca del Guadalquivir, apunta que en el interior de la Bahía de Cádiz el plegamiento debió de producirse durante el Mioceno final-Plioceno, a la vez que el levantamiento de las Zonas Béticas y Subbéticas, participando también movimientos halocinéticos del Triásico, los cuales en algunos puntos pudieron actuar hasta el Plioceno Superior y el Cuaternario Antiguo.

Posteriormente tuvo lugar una etapa compresiva de edad Finipliocena y Pleistocena, durante la cual el Plioceno Inferior y Medio llega a buzar hasta 15 ^{o}, y el Plioceno Superior se pliega en estructuras de gran radio de curvatura, pero de intensidad imperceptible.

Resumiendo, las directrices estructurales de la primera etapa de deformación y de la segunda etapa compresiva, son similares a las directrices generales de la cadena en esta región. Por tanto, es lógico pensar que las direcciones generales y la dirección de los esfuerzos que originaron el Arco de Gibraltar se hayan mantenido hasta el Cuaternario, condicionando la evolución neotectónica.

Por último, el segundo episodio compresivo finiplioceno-cuaternario dio lugar a la reactivación de fallas originadas en las fases tectónicas antiguas.

En la Figura 3.4 se muestra un bloque-diagrama característico de esta zona , y en la Figura 3.5 dos cortes geológicos esquemáticos.

3.2.3. Columna estratigráfica

Los diferentes grupos litológicos presentes en la Zona 1 son los marcados con un asterisco (*) en la columna estratigráfica de la Figura 3.6.

3.2.4. Grupos litológicos

Las formaciones geológicas distinguidas en la Zona 1 son las siguientes:

ALUVIAL, (A1)

- Litología

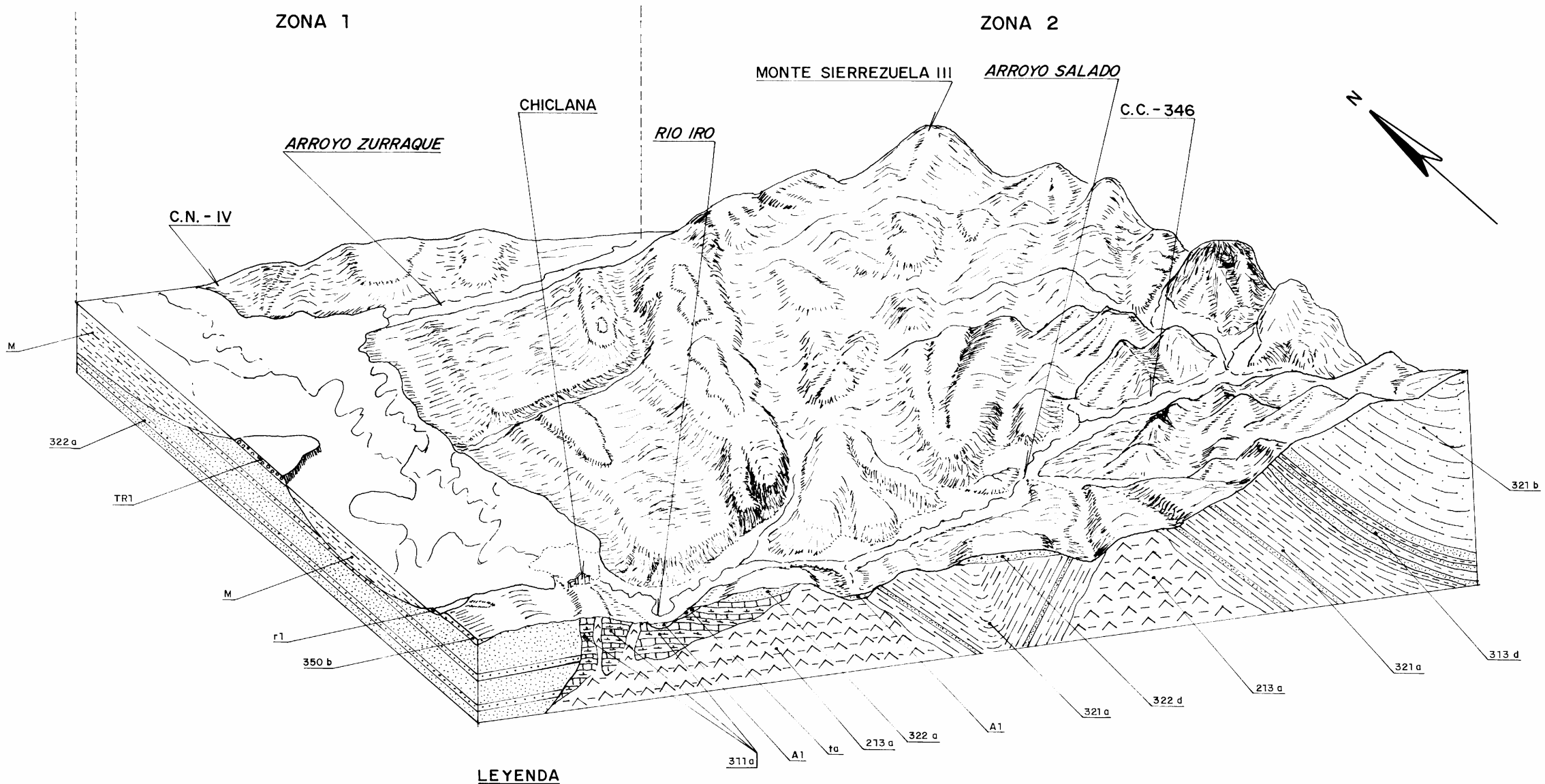
  Depósitos fluviales constituidos por limos, arcillas y arenas, con lentejones de gravas intercalados.

  A este grupo pertenecen la mayoría de los aluviales que aparecen en el Estudio, y la granulometría fina que predomina en su composición se debe a la escasa energía que los ríos tienen en su curso bajo, cerca de la desembocadura. (Figura 3.7).

  La potencia estimada está comprendida entre 2.0 m y 8.0 m.

- Estructura

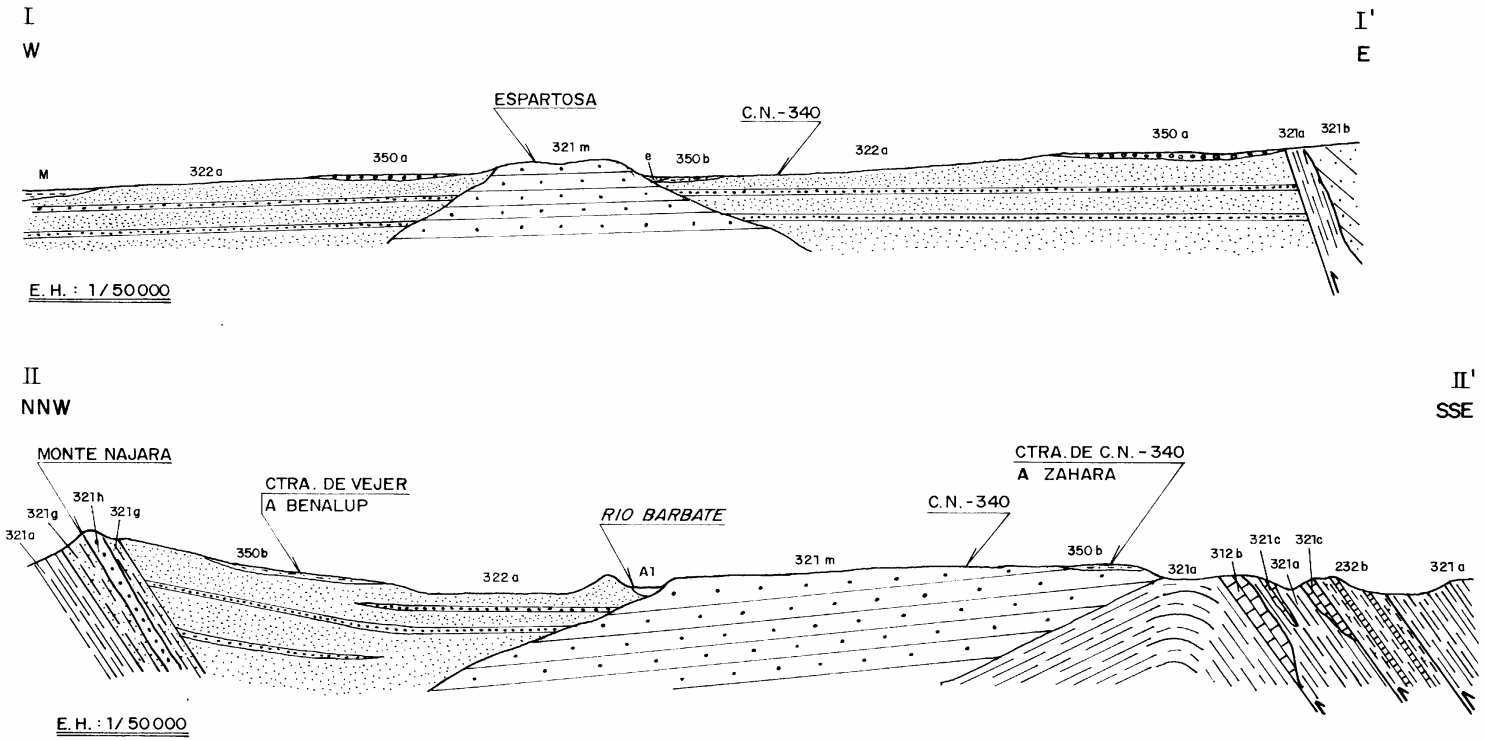
  Presentan un disposición horizontal y una estructura interna lentejonar.



LEYENDA

A1 : ALUVIAL. LIMOS, ARCILLAS, ARENAS Y GRAVAS.
ta : TERRAZA FLUVIAL. GRAVAS POLIGENICAS CON MATRIZ ARENO - LIMOSA.
M : MARISMA. LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS, CON ABUNDANTE MATERIA ORGANICA.
r1 : NIVEL MARINO. LIMOS Y ARCILLAS CON NIVELES ARENOSOS.
TR1 : TERRAZA MARINA. CONGLOMERADO DE GRAVAS CALCAREAS Y RESTOS DE CONCHAS.
350b : ARENAS Y GRAVILLAS CON MATRIZ ARCILLOSA.
322d : ARENAS VERDES CON FOSILES.
322a : ARENAS AMARILLAS CON INTERCALACIONES DE BIOCALCARENITAS.
321b : ARENISCAS DEL ALJIBE CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS.
321a : ARCILLAS CON TUBOTOMACULUM Y ARENISCAS.
313d : ARENISCAS Y ARCILLAS.
311a : ALTERNANCIA IRREGULAR DE CALIZAS Y MARGAS.
213a : ARCILLAS, YESOS Y ARENISCAS.

FIGURA 3.4 BLOQUE - DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LAS ZONAS 1 y 2



LEYENDA

A1	ALUVIAL. LIMOS, ARCILLAS, ARENAS Y GRAVAS.
M	MARISMA. LIMOS, ARENAS Y ARCILLAS, CON ABUNDANTE M.O.
e	MANTO EOLICO. ARENAS FINAS.
350 a	GRAVAS Y BOLOS POLIGENICOS CON MATRIZ ARCILLOSA.
350 b	ARENAS Y GRAVILLAS CON MATRIZ ARCILLOSA.
322 a	ARENAS AMARILLAS CON INTERCALACIONES DE BIOCALCARENITAS.
321 m	BIOCALCARENITAS.
321 h	BIOCALCARENITAS.
321 g	MARGAS ARENOSAS AZULES.
321 c	ALTERNANCIA DE CALIZAS GRANUDAS, CALIZAS BIOCLASTICAS Y MARGAS.
321 b	ARENISCAS DEL ALJIBE CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS.
321 a	ARCILLAS CON TUBOTOMACULUM Y ARENISCAS.
312 b	ALTERNANCIA DE MARGAS Y CALIZAS.
232 b	ARCILLAS MARGOSAS Y CALIZAS DE ALMARCHAL.

CORTES GEOLOGICOS ESQUEMATICOS DE LA ZONA 1

FIGURA 3.5

CUATERNARIO Y PLIO-CUATERNARIO				
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Aluvial. Limos, arcillas, arenas y gravas.	CUATERNARIO	A 1	GT 1
	Aluvial. Gravas y bolos poligenicos con matriz areno-limosa.	CUATERNARIO	a 2	GT1
	* Eluvial. Arenas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	v	GT6
	Aluvio-Coluvial. Arenas limosas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	ac	GT6
	Coluvion. Limos, arenas, arcillas, cantos y bloques.	CUATERNARIO	c1	GT7
	Masas Deslizadas. Bloques y cantos con matriz arcillosa.	CUATERNARIO	C2	GT7
	* Cono de Deyeccion. Limos, arenas, arcillas y cantos.	CUATERNARIO	d1	GT6
	Cono de Deyeccion. Cantos y bloques con matriz arcillo-limosa.	CUATERNARIO	D2	GT7
	* Abanico Aluvial. Arenas arcillosas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	AA	GT6
	* Lacustre. Arcillas grises.	CUATERNARIO	L	GT8
	* Terraza Fluvial. Gravas poligenicas con matriz areno-limosa.	CUATERNARIO	ta	GT2
	* Marisma. Limos, arcillas y arenas con abundante materia organica.	CUATERNARIO	M	GT3
	* Nivel Marino. Limos y arcillas con niveles arenosos.	CUATERNARIO	r1	GT3
	Cordon Litoral. Arenas, gravas y conchas, parcialmente cementadas.	CUATERNARIO	r2	GT4
	Depositos Litorales. Arenas finas.	CUATERNARIO	R3	GT9
	Palustre. Arcillas, limos y arenas.	CUATERNARIO	P	GT8
	* Manto Eolico. Arenas finas.	CUATERNARIO	e	GT9
	* Dunas. Arenas finas mal clasificadas.	CUATERNARIO	DE	GT9
	* Dunas Cementadas. Arenas finas cementadas, mal clasificadas.	CUATERNARIO	DEC	GT9
	Playa. Arenas finas con algunas gravas dispersas.	CUATERNARIO	RE	GT9
	* Terraza Marina. Conglomerado de gravas calcareas y restos de conchas.	CUATERNARIO	TR1	GT4
	* Terraza Marina. Arenas arcillosas con algunas gravas dispersas.	CUATERNARIO	TR2	GT5
	* Gravas y bolos poligenicos con matriz arcillosa.	PLIO-CUATERNARIO	350 a	GT2
	* Arenas y gravillas con matriz arcillosa.	PLIO-CUATERNARIO	350 b	GT5

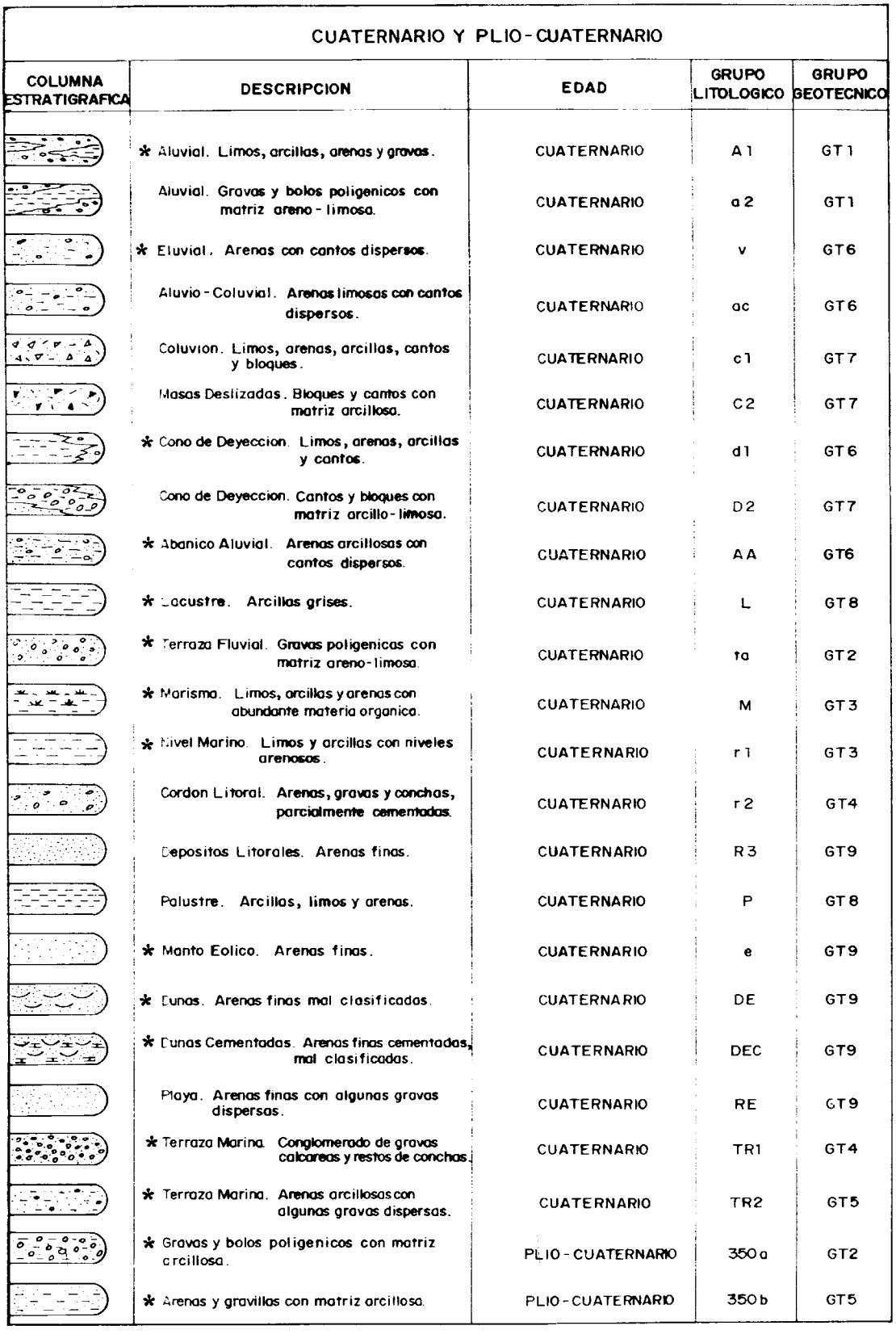


FIG. 3.6.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 1

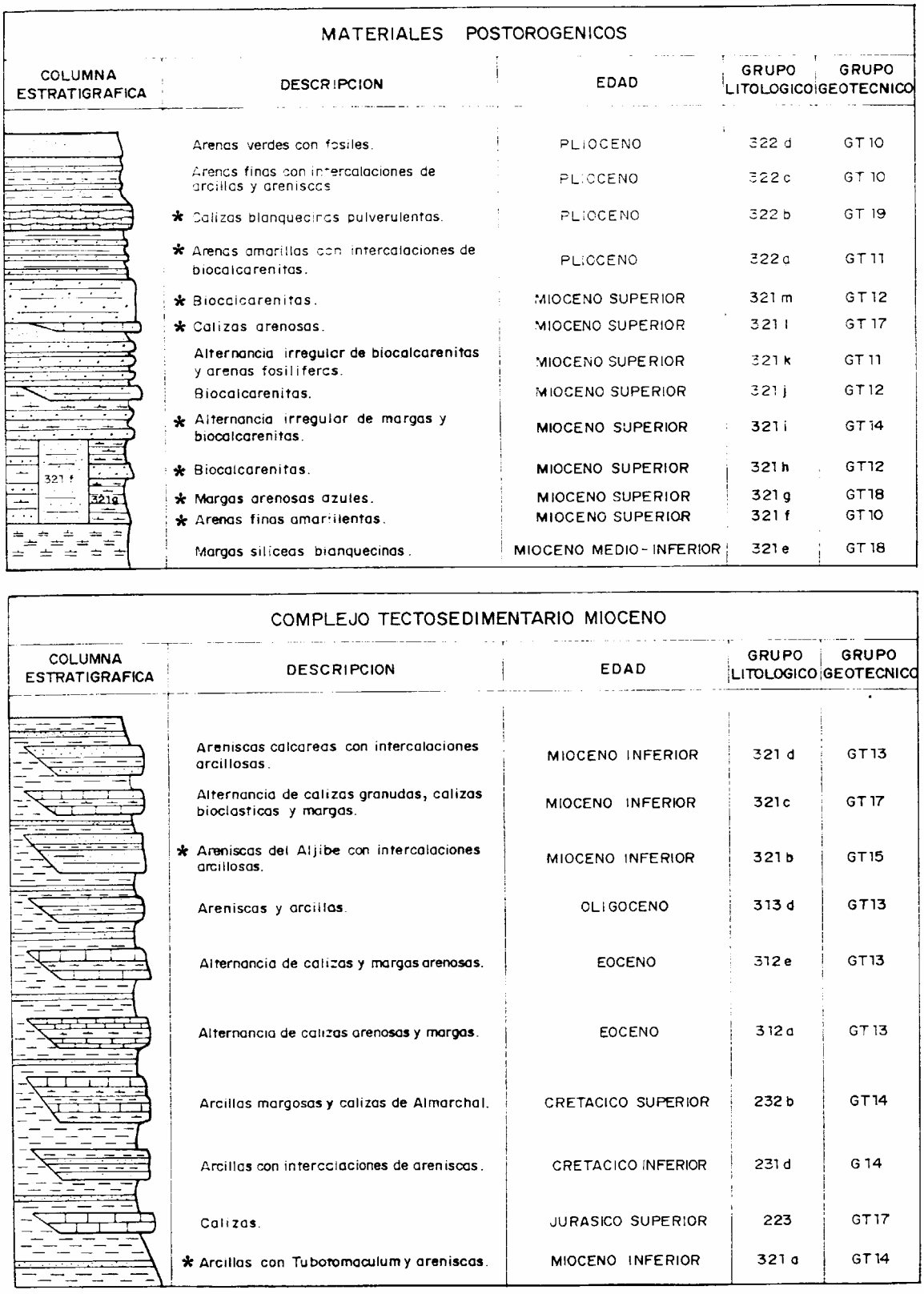
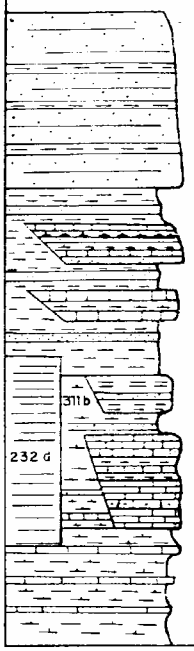


FIG. 3.6.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 1 (CONTINUACION)

SERIE DEL ALJIBE

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Areniscas del Aljibe con intercalaciones arcillosas.	MIOCENO INFERIOR	321 b	GT 15
	Alternancia de margas, areniscas y calizas.	OLIGOCENO	313 c	GT 13
	Alternancia de calizas y margas arenosas.	EOCENO	312 e	GT 13
	Arcillas rojas con intercalaciones de areniscas calcareas ferruginosas.	PALEOCENO	311 i	GT 14
	Arcillas margosas con intercalaciones de areniscas.	PALEOCENO	311 e	GT 14
	Calizas arenosas y arcillas.	PALEOCENO	311 d	GT 13
	Calizas arenosas.	PALEOCENO	311 c	GT 17
	Margas con intercalaciones de areniscas y calizas.	PALEOCENO	311 b	GT 14
	Arcillas rojas.	CRETACICO SUPERIOR	232 d	GT 18
	Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT 14

SERIE DE ALGECIRAS - BUJEO

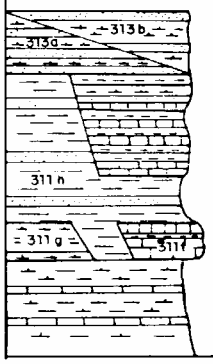
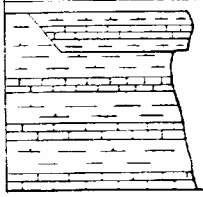
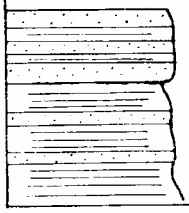
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Alternancia irregular de margas y areniscas micaceas.	OLIGOCENO	313 b	GT16
	Alternancia irregular de areniscas micaceas, siliceas y margas.	OLIGOCENO	313 a	GT16
	Arcillas, limolitas, calizas y areniscas.	EOCENO	312 f	GT14
	Alternancia tipo flysch de calizas y arcillas.	EOCENO	312 d	GT13
	Arcillas y areniscas.	PALEOCENO	311 h	GT14
	Arcillas argilíticas y margas.	PALEOCENO	311 g	GT18
	Calizas con intercalaciones arcillosas.	PALEOCENO	311 f	GT13
	Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT14

FIG. 3.6.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 1 (CONTINUACION)

SERIE DE ALMARCHAL

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Alternancia tipo flysch de margas y calizas.	EOCENO	312 c	GT 14
	Arcillas margosas y calizas de Almarchal	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT 14

SERIE DEL TAMBOR

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Areniscas con intercalaciones esporadicas de arcillas.	CRETACICO INFERIOR	231 b	GT 16
	Arcillas con intercalaciones de areniscas.	CRETACICO INFERIOR	231 a	GT 14

SUBBETICO

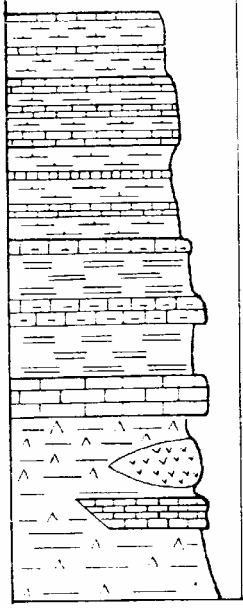
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Alternancia de margas y calizas.	EOCENO	312 b	GT 14
	Alternancia irregular de calizas y margas.	PALEOCENO	311 a	GT 13
	Margas blanquecinas con intercalaciones de calizas.	CRETACICO SUPERIOR	232 a	GT 19
	Alternancia irregular de margocalizas y margas blanquecinas.	CRETACICO INFERIOR	231 c	GT 19
	Calizas, dolomias y margas.	JURASICO INFERIOR	221	GT 17
	Ofitas.	TRIASICO SUPERIOR	213 c	GT 20
	Dolomias.	TRIASICO SUPERIOR	213 b	GT 17
	* Arcillas, yesos y areniscas.	TRIASICO SUPERIOR	213 a	GT 21

FIG. 3.6.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 1 (CONTINUACION)



Figura 3.7. En primer término, aspecto del aluvial arcilloso del río Iro, en las inmediaciones de Chiclana.

- Geotecnia

  Los materiales de este grupo tienen normalmente una permeabilidad baja, niveles freáticos a escasa profundidad y son inundables en épocas de avenida. (Figura 3.8)

  La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Su excavabiliad es fácil.

  Ensayos de identificación pertenecientes a estos materiales, obtenidos en diversos informes geotécnicos realizado en la zona de estudio, arrojan los siguientes resultados:

  - Clasificación USCS:CL
  - Clasificación H.R.B.:A-7-6
  - Límite líquido (LL)= 44.6 - 46.8
  - Límite plástico (LP)= 24.4 - 24.7
  - Indice de plasticidad (IP= 20.2 - 21.2
  - M.O. (%):0 - 1.298
  - Sulfatos (%):0 - 0.084



Figura 3.8. *Desbordamiento del arroyo Lava, en las inmediaciones de una carretera local que une Algeciras y los Barrios. Zona situada al NW de Algeciras.*

ELUVIAL, (v)

- Litología

  Eluvial constituido por arenas de tonos rojizos y marrones, ligeramente arcillosas y con restos de fragmentos líticos. Estos sedimentos proceden de la alteración "in situ" de los materiales sobre los que se desarrollan. Los fragmentos rocosos corresponden a restos de la roca original que todavía no han sido descompuestos químicamente. Su potencia se estima inferior a los 2.0 m. (Figura 3.9).



Figura 3.9. Eluvial desarrollado sobre las biocalacrenitas del grupo (321m), en La Muela.

- Estructura

  Ocupan áreas llanas o ligeramente deprimidas. Internamente presentan una estructura masiva, o bien pueden conservar la original de los materiales de los cuales proceden, dependiendo del grado de evolución de los mismos.

- Geotecnia

  La topografía horizontal o ligeramente deprimida que presenta este grupo condiciona que su escorrentía superficial dependa exclusivamente de su permeabilidad, la cual suele ser media-alta. Son materiales fácilmente excavables por medios mecánicos. La capacidad portante es baja y puede dar lugar a asientos importantes.

CONO DE DEYECCIÓN, (d1)

- Litología

  Limos, arenas y arcillas, con cantos dispersos. Los cantos son subredondeados y subangulosos y de naturaleza poligénica (Figura 3.10). El espesor de este grupo se estima inferior a los 4.0 m.



Figura 3.10. Vista panorámica de un cono de deyección (d1), localizado en las inmediaciones del Pozo de Galindo (Hoja:1069-3).

- Estructura

  Estos depósitos, acumulados en la desembocadura de pequeños arroyos, tienen una morfología ligeramente convexa y una estructura interna masiva, o en su defecto una estratificación grosera lentejonar.

- Geotecnia

  Es un grupo fácilmente ripable y erosionable. Su capacidad portante es baja y los asientos previsibles oscilan de medios a altos. Debido tanto a su composición litológica como a y su topografía, muestran un drenaje horizontal y vertical deficiente.

Dado sus condiciones de afloramiento no se han observado taludes de interés, aunque se recomienda que los taludes excavados no superen los 30º ó 35º de pendiente.

ABANICO ALUVIAL, (AA)

Este grupo se describe en la Zona 4, al ser más representativo de la misma.

DEPOSITOS LACUSTRES, (L)

- Litología

  Sedimentos constituidos por arcillas grises oscuras, prácticamente negras, ligeramente margosas y ricas en materia orgánica. El espesor observado es superior a los 2.0 m.

- Estructura

  Presentan una estructura masiva, sin estratificación aparente alguna. Los sedimentos más extensos de este grupo se localizan en la laguna de la Janda, actualmente desecada (Figura 3.11).



Figura 3.11. Vista panorámica de la laguna de la Janda, desde la N-340.

- Geotecnia

  Son materiales ripables, poco permeable y con un drenaje superficial muy deficiente debido a que ocupan zonas topográficas deprimidas; la combinación de estos dos últimos factores favorecen el embalsamiento de agua en épocas de lluvia. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. En obras de carretera son materiales problemáticos debido a la gran cantidad de materia orgánica que contienen. No se han observado taludes de interés, pero presumiblemente las carreteras proyectadas discurrirán en terraplén sobre estos sedimentos, tanto por problemas de drenaje como por la cota topográfica tan baja que ocupan.

TERRAZA FLUVIAL, (ta).

Este grupo se describe en la Zona 2, al ser más representativo de la misma.

MARISMA, (M)

NIVEL MARINO, (r1)

Estos dos grupos se describen en la Zona 4.

MANTO EOLICO, (e)

- Litología

  Arenas finas de tonos claros, sin matriz arcillosa y mal clasificadas. (Figura 3.12).

- Estructura

  Son depósitos eólicos relativamente extensos en relación con su potencia. Las estructuras internas que presentan son similares a la de las dunas, siendo las más características los ripples y la estratificación cruzada.

- Geotecnia

  Se trata de suelos granulares, nada cohesivos y de muy difícil compactación. La capacidad de carga es baja y los asientos altos a corto plazo. En materiales para carreteras podrían utilizarse como suelo-cemento y para la fabricación de hormigones o morteros.

No se han observado taludes de interés, pero los excavados en esta formación no admitirán pendientes superiores a los 30º.

La potencia del grupo suele ser inferior a los 3.0 m.



Figura 3.12. Manto eólico fijado por coníferas, en el paraje Pinar de Hierro (Hoja:1069-3).

DUNAS (DE) Y DUNAS CEMENTADAS, (DEC)

TERRAZA MARINA GRUESA, (TR1)

TERRAZA MARINA FINA, (TR2)

Estos grupos se describen en la Zona 4, al ser más representativos de la misma.

RAÑA, (350a)

- Litología

  Formación constituida por gravas y bolos de naturaleza poligénica, trabados por una matriz arcillosa de tonos rojizos y pasadas ocres (Figura 3.13). La potencia del grupo es inferior a los 3.0 m.



Figura 3.13. Detalle de los materiales del grupo (350a), en un talud de una pista forestal que discurre al pie del Cerro de Tumba (Hoja:1077-1).

- Estructura

  Estos depósitos tipo glacis presentan generalmente estructuras lentejonares y paleocanales, típicas de sedimentos continentales.

- Geotecnia

  El conjunto tiene una permeabilidad baja y una escorrentía superficial deficiente, debido a que ocupa zonas de escaso gradiente topográfico. La capacidad portante es baja y los asientos previsibles altos. Su escaso espesor y la matriz de carácter arcilloso hacen desaconsejable su utilización como materiales de préstamo.

  Los taludes artificiales no deben de excavarse con pendientes superiores a los 40°.

ARENAS ARCILLOSAS ROJAS, (350b)

- Litología

  Conjunto formado por arenas y gravillas, con abundante matriz arcillosa de tonos rojizos e intercalaciones grisáceas. Presentan una gran compacidad (Figura 3.14). La potencia de este grupo es superior a los 5.0 m

- Estructura

  Son materiales completamente masivos, depositados en ambientes marinos someros con gran influencia del continente.

- Geotecnia

  En una formación ripable con retroexcavadora y medianamente permeable, hecho que facilita el drenaje superficial que suele ser deficiente, a causa de la horizontalidad topográfica. La capacidad de carga y los asientos previsibles son de tipo medio.

  Los taludes artificiales admiten pendientes fuertes a corto plazo, aunque es frecuente la presencia de muros de
  contención en la base para impedir desmoronamientos y aterramiento de cunetas.

  Se han observado taludes de alturas bajas, inestables y con inclinaciones de 65°.



Figura 3.14. Talud excavado en las arenas arcillosas del grupo (350b), en una carretera local al Norte de Chiclana. Obsérvese el pequeño muro de contención situado en la base.

CALIZAS PULVERULENTAS, (322b)

- Litología

  Formación constituida por calizas blanquecinas de aspecto pulverulento, con fósiles de tallos de algas y conchas embrionarias (Figura 3.15).



Figura 3.15. Pequeña explotación en las calizas del grupo (322b), localizada al sur de los LLanos de Guerra. Obsérvese el aspecto masivo de los materiales (Hoja:1069-4).

- Estructura

  Son materiales masivos, carentes de estructuras internas. Su ambiente de formación corresponde a lagos de poca profundidad.

- Geotecnia

  El conjunto presenta una capacidad de carga media y unos asientos previsibles que oscila de bajos o medios. La permeabilidad es escasa y el drenaje superficial poco activo a causa de su topografía suavemente alomada. Son excavables por medios mecánicos convencionales (retroexcavadora).

  No se han observado taludes de interés, pero los excavados en estos materiales se recomiendan que no tengan pendientes superiores a los 30° ó 35^{0} de inclinación.

ARENAS AMARILLAS Y BIOCALCARENITAS, (322a)

- Litología

  Conjunto constituido por arenas amarillas algo arcillosas, cementadas por carbonatos muy desigualmente, con fragmentos de macrofauna e intercalaciones de niveles de biocalcarenitas. Hacia el techo son abundantes los niveles masivos de carbonatos blanquecinos, explotados puntualmente en el pasado para la obtención de cal.

- Estructura

  Estos materiales aparecen discordantes sobre el conjunto (321 m). Se disponen en tramos masivos hacia el techo, y hacia la base en niveles estratificados que oscilan desde centímetros hasta 1.0 m de espesor, tal como se aprecia en la Figura 3.16. Estructuralmente aparecen subhorizontales con buzamientos menores a los 10°.

- Geotecnia

  Este grupo tiene una permeabilidad alta y un buen drenaje superficial por percolación. Es excavable por medios convencionales y algunos taludes presentan signos de erosión. La capacidad de soporte es media y los asientos previsibles son bajos.

  Aunque en líneas generales los taludes artificiales observados admiten pendientes pronunciadas, ya que se han observado taludes de alturas medias, estables y con inclinaciones de 70° (Figura 3.17), puntualmente presentan signos de inestabilidad debido a procesos de acarcavamiento y desplome de niveles cementados por erosión diferencial.

  Este grupo se explota para la obtención de materiales granulares de préstamo.

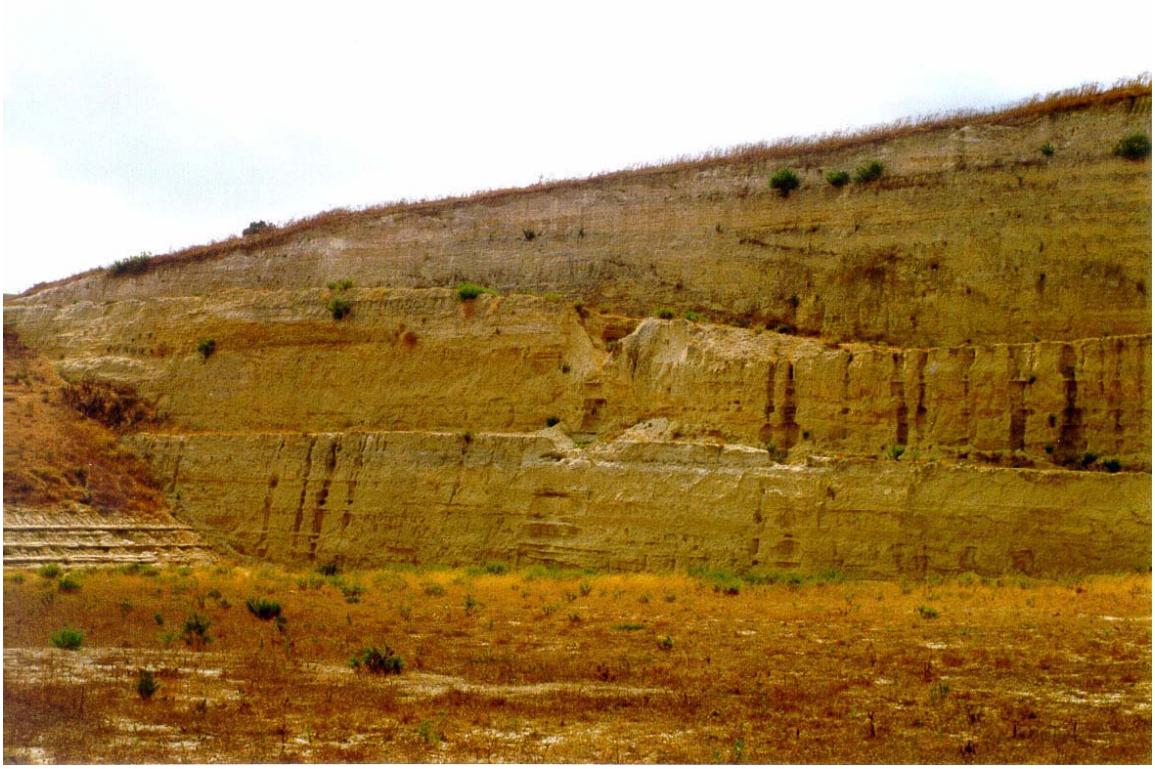


Figura 3.16. *Detalle de la estratificación de las arenas del grupo (322a), en una cantera abandonada situada en el Cerro de los Caracoles. El la Figura se observa que hacia el techo son masivas, mientras que hacia el muro presentan una estratificación prácticamente centimétrica.*



Figura 3.17. *Taludes de reciente excavación en los materiales de este grupo, en la variante de Chiclana. Los taludes son estables para pendientes fuertes.*

Los ensayos de identificación realizados a estos materiales aportan los siguientes resultados:

- Clasificación USCM= SM
- Clasificación H.R.B.= A-4 y A-2-4
- Plasticidad = N.P.(no plástico)
- M.O.(%)= 0.000-0.0222.
- PN (Densidad/Humedad)= 1.847/12.9 - 1.899/12.2)
- C.B.R.=10.8 - 16
- Corte directo (Angulo/Cohesión)= 39.63^{o}/0.68)
- Carbonatos (%)= 31.130 - 47.990

BIOCALCARENITAS, (321m)

- Litología

Se trata de un conjunto compuesto por calcarenitas bioclásticas de grano grueso a muy grueso, de tonos amarillentos marronáceos y, como su nombre indica, con abundantes fragmentos de macrofauna.

- Estructura

Normalmente aparece dispuesto en niveles de espesor centimétrico, aunque en algunos tramos los estratos son de orden métrico y el conjunto presenta un aspecto masivo. Internamente se observan cortes de estratificación cruzada festoon o planar, de gran y muy gran escala, entre los que se intercalan niveles con estratificación cruzada festoon de media y pequeña escala (Figura 3.18)

Estructuralmente el conjunto se halla suavemente plegado, excepto en la Zona 3, donde aparece plegado en series monoclinales y en estructuras de sinclinales colgados (La Muela), con buzamientos de hasta 50° aproximadamente.

- Geotecnia

La característica geotécnica más importante de estos materiales reside en la gran utilización que de ellos se hace para materiales de préstamos en bases y subbases de carreteras.

Son sedimentos permeables y la escorrentía superficial es alta por percolación. Su capacidad portante es alta y los asientos nulos, aunque para cargas elevadas puede ocasionar asientos diferenciales por rotura y reordenación de los fragmentos fosilíferos. Son ripables por medios mecánicos convencionales.

En zonas de pendientes pronunciadas y topografía elevada originan desprendimientos de bloques por deslcalce de los mismos.



Figura 3.18. Detalle de las estructuras sedimentarias de las biocalcarenitas del grupo (321m), en un pequeño desmonte situado en la carretera que sube a Vejer desde Barbate.

A excepción de casos puntuales, los taludes excavados en estos materiales son estables con pendientes fuertes. Se han observado taludes estables, de alturas medias y con inclinaciones de 75° a 80° (Figura 3.19).



Figura 3.19. Talud excavado en biocalcarenitas del grupo (321m), en el P.K.36,000 de la carretera N-340. Excepto en zonas puntuales, el talud es estable con pendientes pronunciadas

Los resultados de los ensayos realizados en estos materiales son los siguientes:

- Límite líquido (LL) = -
- Límite Plástico (LP) = -
- Indice de Plasticidad (IP) = N.P. (No plástico)
- P.M. (Densidad/Humedad) = 2.23/8
- C.B.R. = 65.9 (100% de humedad)

CALIZAS ARENOSAS, (321l)

- Litología

  Nivel compuesto por calizas arenosas, de grano fino y tonos grisáceos.

- Estructura

  Disposición horizontal (Figura 3.20). Puntualmente se halla plegado y presenta buzamientos de hasta 45°.

- Geotecnia

  Son materiales con una capacidad portante elevada y asientos nulos, ripables marginalmente y poco permeables a consecuencia de su estructura masiva.

No se han observado taludes de interés, pero debido a su potencia y condiciones de afloramientos no se prevén desmontes importantes en el caso de que afecte a futuras vías de comunicación. La incidencia de este grupo en el Tramo es muy escasa.

ALTERNANCIA DE MARGAS Y BIOCALACARENITAS, (321i)

Este grupo se describe en la Zona 3, al ser más representativo de la misma.



Figura 3.20. Al fondo, afloramiento rocoso, dispuesto horizontalmente, del grupo (321l), en las inmediaciones de Santo Tomás de Villanueva (Paraje Cantarranas). (Hoja:(1073-1).

MARGAS ARENOSAS AZULES (321g) CON INTERCALACIONES ESPORADICAS DE BIOCALCARENITAS, (321h).

- Litología

  Conjunto compuesto por margas de tonos azulados y amarillentos, ligeramente arenosas y/o limosas, sin estratificación aparente. Superficialmente estas margas se hallan alteradas y existen pocos afloramientos que permitan ver su estructura. Ocasionalmente presentan intercalados cuerpos de biocalcarenitas, de 30 m a 50 m de espesor aproximadamente.

- Estructura

  Este grupo se apoya discordante sobre el Complejo Tectosedimentario. Presenta una disposición subhorizontal, o bien aparece plegado en una serie de anticlinales y sinclinales (La Muela y monte de Vejer) bastante laxos, cuyos buzamientos son inferiores a los 40º.

- Geotecnia

  Son materiales con capacidad portante baja y asientos previsibles elevados, sobre todo en los niveles superficiales alterados. La permeabilidad es baja y el drenaje está en función de la escorrentía superficial, la cual varía de media a baja, dependiendo de la topografía. Son materiales fácilmente excavables y erosionables (Figura 3.21)

  Los taludes observados presentan numerosos signos de inestabilidad, debido a dos procesos fundamentales: uno por la facilidad con que se producen deslizamientos en masa en este tipo de litologías (Figura 3.22), y el otro por la reptación de la capa superficial alterada. Algunos de los taludes excavados son inestables, para alturas bajas, con pendientes de 30º.

ARENAS FINAS AMARILLENTAS, (321f)

Este grupo se describe en la Zona 4, al ser más representativa de la misma.



Figura 3.21. Erosión en un talud excavado en las margas del grupo (321 g), localizado en el P.K. 21,500 de la carretera N-340.



Figura 3.22. Deslizamiento en masa en un talud de la carretera N-340, localizado hacia el P.K.21,450 y excavado en las margas azules del grupo (321g).

ARENISCAS DEL ALJIBE CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS, (321b)

Este grupo se halla descrito en la Zona 3, al ser más representativo de la misma.

ARCILLAS CON TUBOTOMACULUM Y ARENISCAS, (321a)

ARCILLAS, YESOS Y ARENISCAS ROJAS, (213a)

Estos dos grupos se describen en la Zona 2.

3.2.5. Grupos geotécnicos

Teniendo en cuenta los diferentes grupos litológicos definidos en este Zona 1, así como sus respectivas características geotécnicas, se han definido los siguientes "grupos geotécnicos":

- Grupo geotécnico GT1

  Limos, arcillas, arenas y gravas. Son materiales con niveles freáticos a escasa profundidad e inundables en épocas de avenida. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. En esta Zona 1, el grupo G1 lo constituye la formación (A1).

- Grupo geotécnico Gt2

  Gravas y bolos poligénicos con matriz arcillosa y areno-limosa. Debido a la naturaleza heterogénea de la matriz muestran una permeabilidad variable: baja y con problemas de drenaje cuando la matriz es arcillosa, y alta y con buen drenaje por percolación en los casos en que la matriz es limo-arenosa; en estos últimos casos pueden dar lugar a acuíferos localizados a escasa profundidad, si existe un sustrato impermeable bajo ellos. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Se recomienda que los taludes de excavación no sean superiores a los 40°. En esta Zona 1, constituyen este grupo las formaciones (ta) y (350a).

- Grupo geotécnico GT3

  Limos, arcillas y arenas. Formaciones con capacidad de carga baja y asientos altos. La mayor parte de ellos están sometidos a inundaciones periódicas de agua. Presencia abundante de materia orgánica. En esta Zona 1, constituyen este grupo las formaciones (M) y (r1).

- Grupo geotécnico GT4

  Conglomerados calcáreos y fragmentos de conchas. Grupo difícilmente ripable y con una capacidad de carga elevada. Esta última puede disminuir y originar asientos en zonas de acumulaciones importantes de conchas. Dan lugar a desprendimientos de bloques por erosión diferencial de los sedimentos subyacentes. Los taludes admiten pendientes subverticales, pero pueden producirse caída de bloques por desgajamiento de los mismos. En esta Zona 2,constituye este grupo la formación (TR1).

- Grupo geotécnico GT5

  Arenas arcillosas con algunas gravas dispersas. Son materiales permeables y ripables por medios mecánicos convencionales. La capacidad de carga varía de baja a media y los asientos previsibles de medios a altos. Los taludes excavados en los materiales del grupo (350b) admiten pendientes pronunciadas a corto plazo, aunque a largo plazo se desmoronan y originan aterramientos de cunetas. Constituyen este grupo las formaciones (TR2) y (350b).

- Grupo geotécnico GT6

  Arenas, limos y arcillas, con cantos dispersos. Conjunto con una capacidad de carga baja y unos asientos altos. La permeabilidad varía de baja a alta, en función de la granulometría dominante. Son materiales fácilmente ripables. El drenaje depende exclusivamente de la permeabilidad, ya que la escorrentía superficial es deficiente, a causa de la horizontalidad topográfica. En esta Zona 1, constituyen este grupo las formaciones (v), (d1) y (AA).

- Grupo geotécnico GT8

  Arcillas con abundante materia orgánica. Conjunto arcilloso caracterizado por un drenaje deficiente y riesgo de encharcamientos en épocas de lluvia. Capacidad de carga baja y asientos previsibles altos. En esta Zona 1, la formación (L) es la única representante de este grupo.

- Grupo geotécnico GT9

  Arenas finas mal clasificadas, ocasionalmente cementadas. Materiales con una capacidad de carga baja y asientos altos a corto plazo. En las dunas cementadas la capacidad es algo mayor y disminuye la magnitud de los asientos, aunque su comportamiento es más impredecible debido a la presencia de zonas desigualmente cementadas. Difíciles de compactar debido a la granulometría homogénea de sus granos. Los taludes de excavación son estables para pendientes de 30°. En esta Zona 1, forman este grupo las formaciones (e), (DE) y (DEC).

- Grupo geotécnico GT10

  Arenas de grano fino. Grupo permeable, ripable y erosionable. La capacidad de carga es media y los asientos oscilan de bajos a medios. Los taludes observados, que plantean problemas de erosión, son estables, para alturas bajas, con pendientes subverticales. La formación (321f) constituye este grupo en la Zona 1.

- Grupo geotécnico GT11

  Arenas con intercalaciones de biocalcarenitas. Son materiales permeables y ripables. La capacidad de carga es media y los asientos estimados bajos. Los taludes admiten pendientes pronunciadas (70°) sin signos de inestabilidad. En esta Zona 1, la formación (322a) constituye este grupo.

- Grupo geotécnico GT12

  Biocalcarenitas. Materiales ampliamente utilizados como materiales de préstamo en la construcción de carreteras. Permeables y ripables por medios mecánicos convencionales. La capacidad de carga es alta, aunque para tensiones puntuales elevadas pueden surgir asientos, por rotura y reordenamiento de los fragmentos fosilíferos. Los taludes son estables para pendientes pronunciadas (75°-80^{0}). En la Zona 1, las formaciones (321m) y (321h) representan a este grupo.

- Grupo geotécnico GT14

  Arcillas y margas con intercalaciones de areniscas y biocalcarenitas. Grupo escasamente permeable y con problemas de drenaje en zonas llanas. La capacidad de carga varía de baja a media y los asientos previstos de medios a altos. Las arcillas del grupo (321a) son expansivas, debido a que están compuestas por montmorillonitas, y puntualmente agresivas por la presencia de yeso. Los taludes suelen ser inestables a partir de los 30° de pendiente, asimismo presentan signos de erosión diferencial y acarcavamiento. En la Zona 1, este grupo está representado por las formaciones (321i) y (321a).

- Grupo geotécnico GT15

  Areniscas del Aljibe con intercalaciones arcillosas. Este grupo se caracteriza por constituir las sierras más abruptas del Estudio. El drenaje es alto, tanto por escorrentía superficial como por infiltración. La ripabilidad varía desde ripable a presumiblemente no ripable. Normalmente la capacidad de carga es alta y los asientos nulos, aunque estos valores pueden variar desfavorablemente en los tramos poco cementados y donde se intensifique la presencia de niveles arcillosos. En zonas poco cementadas se erosionan fácilmente. Suelen originar en su base importantes masas deslizadas. La estabilidad de los taludes depende fundamentalmente del grado de fracturación y de la orientación de las discontinuidades (posible formación de bloques y cuñas) con respecto a la de los desmontes. Se han observado taludes de alturas medias, inestables y con inclinaciones de 60° a 70º; en algunos taludes las pendientes se han tendido hasta los 30^{0}. Este grupo se compone únicamente de la formación (321b).

- Grupo geotécnico GT17

  Calizas arenosas. Grupo calcáreo con una capacidad portante alta y asientos nulos. Ripabilidad marginal. Dadas las condiciones de afloramiento no se prevén desmontes significativos en estos materiales. Solamente la formación (321l) compone este grupo en la Zona 1.

- Grupo geotécnico GT18

Margas arenosas con intercalaciones de biocalcarenitas. Conjunto erosionable, alterable y ripable. Permeabilidad baja y con un drenaje que se realiza exclusivamente por escorrentía superficial, la cual varía de baja a media. La capacidad de carga suele ser baja y los asientos previsibles altos. Los taludes son inestables para pendientes de 30º y se recomienda protegerlos de la erosión. En la Zona 1, solo la formación (321g) representa a este grupo.

- Grupo geotécnico GT19

  Calizas pulvererulentas. Es un grupo ripable, poco permeable y con un drenaje superficial que varia de deficiente a medio. La capacidad de carga es media y los asientos previsibles oscilan de bajos a medios. Se recomienda que los taludes de excavación no sobrepasen los 30º ó 35º de pendiente. En la Zona 1, este grupo lo constituye solo la formación (322b).

- Grupo geotécnico GT21

  Arcillas, yesos y areniscas rojas.- Grupo problemático debido a la plasticidad de sus materiales y a la presencia de sulfatos. Es un conjunto ripable y poco permeable, con riesgo de encharcamientos en zonas de topografía horizontal. La capacidad de carga es baja y los asientos altos. Los taludes aparecen normalmente en situación inestable. Este grupo está compuesto por la formación (213a).

3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

Los problemas que presenta la Zona 1 son de naturaleza litológica, hidrogeológica y geotécnica, ya que desde el punto de vista topográfico no existes barreras que impidan el desarrollo de nuevas vías de comunicación.

Litológicamente el carácter más negativo corresponde a la presencia abundante de yeso en los materiales triásicos y, en menor medida, en las arcillas con Tubotomaculum; sin embargo estos últimos materiales plantean problemas de expansividad debido a la presencia de montmorillonita. También tiene un carácter perjudicial la gran cantidad de materia orgánica que contienen los sedimentos de marisma y lacustres.

Hidrogeológicamente los problemas surgen en áreas de deficiente drenaje, que corresponden a aquéllas de naturaleza arcillosa y topografía horizontal.

Dentro de los problemas geotécnicos, los más significativos son los relacionados con una capacidad de carga baja y asientos elevados, que se plantean en la mayoría de los sedimentos cuaternarios, y en los de composición arcillosa y margosa: (321a), (321g) y

(213a). Por último, la estabilidad de taludes se localiza fundamentalmente en aquellos de naturaleza arcillosa que sufren una alteración superficial importante.

Los demás problemas que pueden surgir son de carácter puntual, como pueden ser los derivados, por ejemplo, de la dinámica fluvial en los valles de los ríos, o las mareas en las marismas.

3.3. ZONA 2: ZONA ALOMADA

3.3.1. Geomorfología

La Zona 2 es la más extensa del Tramo y se extiende por todas la Hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional que abarca el presente Estudio, pero sin llegar a cubrir en ningún caso la totalidad de los cuadrantes. En la Figura 3.23 se muestra la ubicación y extensión de la Zona 2 dentro del Tramo, así como la situación de un bloque diagrama y de dos cortes geológicos esquemáticos realizados en la misma.

El rasgo más característico de esta Zona es la diversidad morfológica que presenta, ya que incluye áreas desde poco accidentadas a otras fuertemente alomadas.

El relieve es el resultado de la heterogeneidad litológica de las formaciones presentes, debido a que coexisten materiales de naturaleza blanda y deleznable con otros de estructura pétrea. Los resaltes más significativos corresponden a las manchas de dolomías inmersas en las arcillas yesíferas del Triás y a los "cuerpos" de areniscas del Aljibe y calizas, que aparecen dispersos en la arcillas del Complejo Tectosedimentario. Los montes son de morfológica redondeada y alargada, a modo de pequeñas cuerdas que siguen la dirección estructural de los estratos.

Las cotas son relativamente bajas, inferiores a los 150 m de altitud, y las pendientes topográficas no suelen superar el 30 %

Los ríos y arroyos discurren por valles poco encajados, excepto en las zonas de cabecera. Los ríos más importantes son: el Barbate, Salado, Roche, del Valle y Palmones. Todos ellos desembocan en la vertiente atlántica, excepto el río Palmones, que lo hace en la mediterránea.

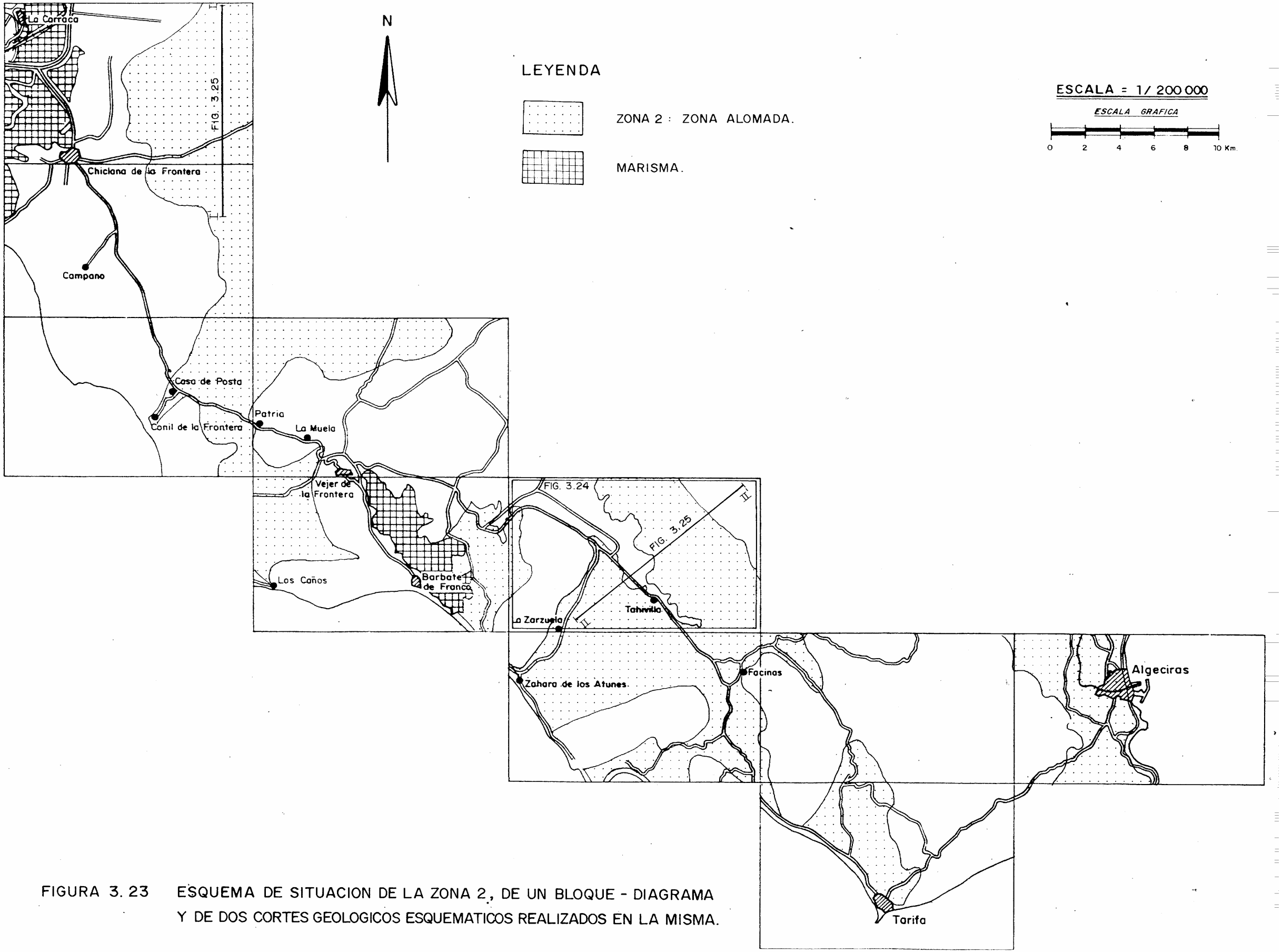


FIGURA 3. 23 ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 2, DE UN BLOQUE - DIAGRAMA Y DE DOS CORTES GEOLOGICOS ESQUEMATICOS REALIZADOS EN LA MISMA.

3.3.2. Tectónica

La tectónica de la Zona 2 es muy compleja, en parte debido a que los materiales que la forman pertenecen al Subbético Medio y a las Unidades del Campo de Gibraltar.

Una característica fundamental del Subbético Medio en el área de estudio es la enorme extensión ocupada por materiales triásicos, parcialmente recubiertos por el Complejo Tectosedimentario. En opinión de diversos autores, durante las diferentes fases de acortamiento, el Trías debió de sufrir importantes movimientos halocinéticos así como extrusiones masivas, inducidas por el propio acortamiento y por la sobrecarga de imbricación de series suprayacentes. Estos procesos extrusivos se mantuvieron a lo largo de toda la evolución de la cadena, de modo que son numerosas las formaciones que aparecen recubiertas o intruidas por el Trías. De este modo, las escamas de la serie de Almarchal reposa de forma alóctona sobre la formación triásica, siendo posteriormente retrocabalgadas por esta formación. De la misma manera, las arcillas del Complejo Tectosedimenario aparecen intruidas o cabalgadas por los materiales triásicos.

La sedimentación de las arcillas con Tubotomaculum tiene lugar durante la fase principal de cabalgamientos de las Unidades del Campo de Gibraltar, y proceden de la erosión de un diapiro situado más hacia el Este. A la vez de su sedimentación se produce la inclusión de bloques de origen muy diverso, fundamentalmente de las Areniscas del Aljibe, originándose el Complejo Tectosedimentario. Dicho Complejo muestra una estructura interna caracterizada por una disposición caótica de algunos niveles, y por la inclusión de bloques, algunos de dimensiones kilométricas, separados entre sí.

La serie de Almarchal se considera que tiene un carácter autóctono o paraautóctono, y sirve de sustrato común a todas las series superiores. Durante la primera fase de deformación se pone de manifiesto la independencia entre el flysch de Almarchal y las series superiores. Bourgois et al (1971) propusieron una procedencia ultrapenibética para la unidad de Almarchal.

En la Figura 3.24 se muestra un bloque diagrama y en la Figura 3.25 dos cortes geológico-estructurales, todos ellos representativos de esta Zona.

3.3.3. Columna estratigráfica

Los grupos litológicos señalados con el asterisco (*) en la Figura 3.26 son los existentes en la Zona 2.

3.3.4. Grupos litológicos

ALUVIAL FINO, (A1)

Este grupo está descrito en la Zona 1, al ser más representativo de la misma.

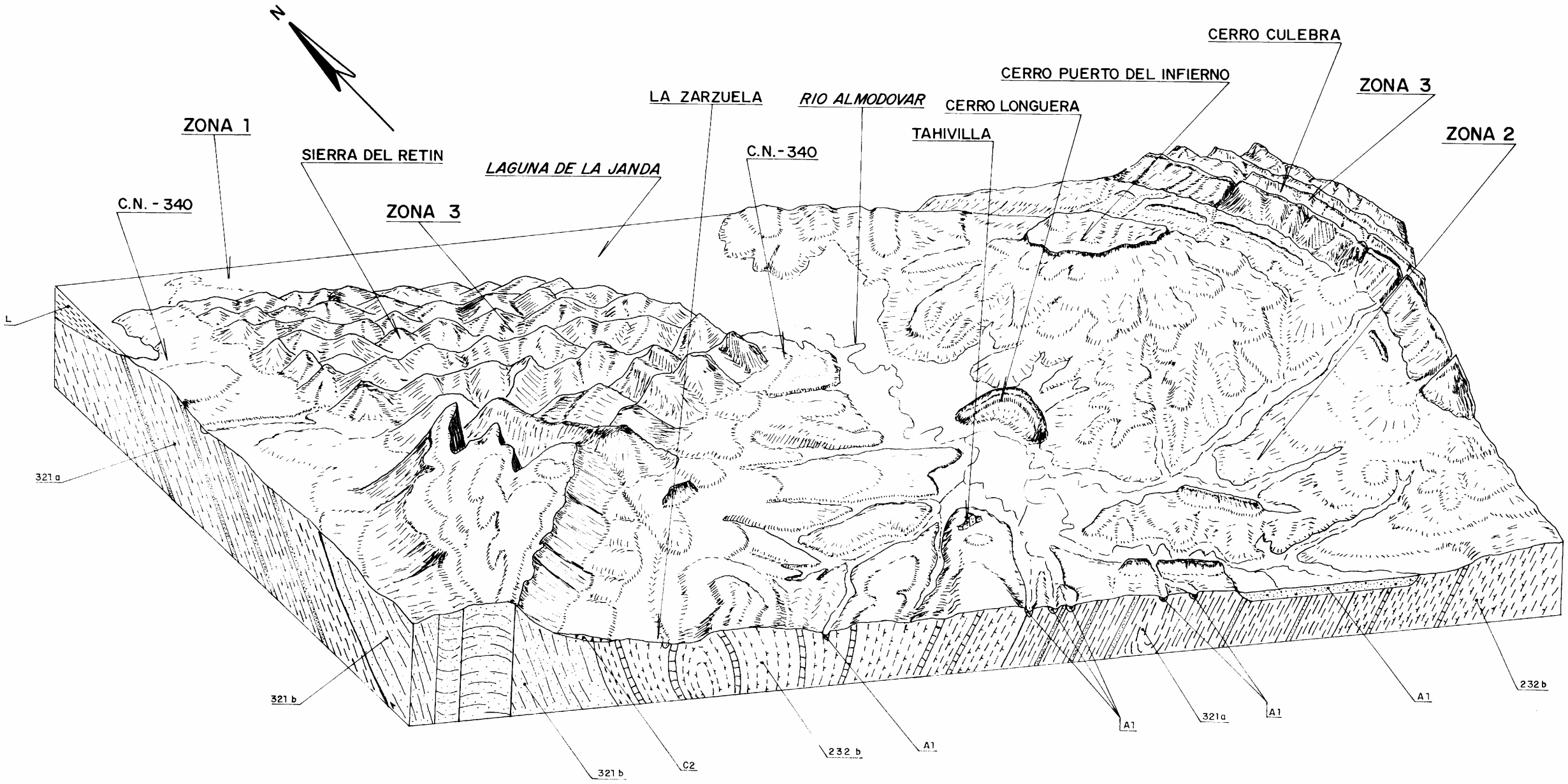
ALUVIAL GRUESO, (a2)

- Litología

  Gravas y bolos de naturaleza poligénicas, trabadas por una matriz areno-limosa de tonos marrones (Figura 3.27). La potencia del grupo se estima inferior a los 5.0 m.

- Estructura

  Son depósitos dispuestos horizontalmente y en corte presentan diversas estructuras sedimentarias, tales como distribución lentejonar de los niveles, estratificación cruzadas y cicatrices de erosión debido a distintos ciclos de erosión-sedimentación.



LEYENDA

A1 : ALUVIAL. LIMOS, ARCILLAS, ARENAS Y GRAVAS.

C2 : MASAS DESLIZADAS. BLOQUES Y CANTOS CON MATRIZ ARCILLOSA.

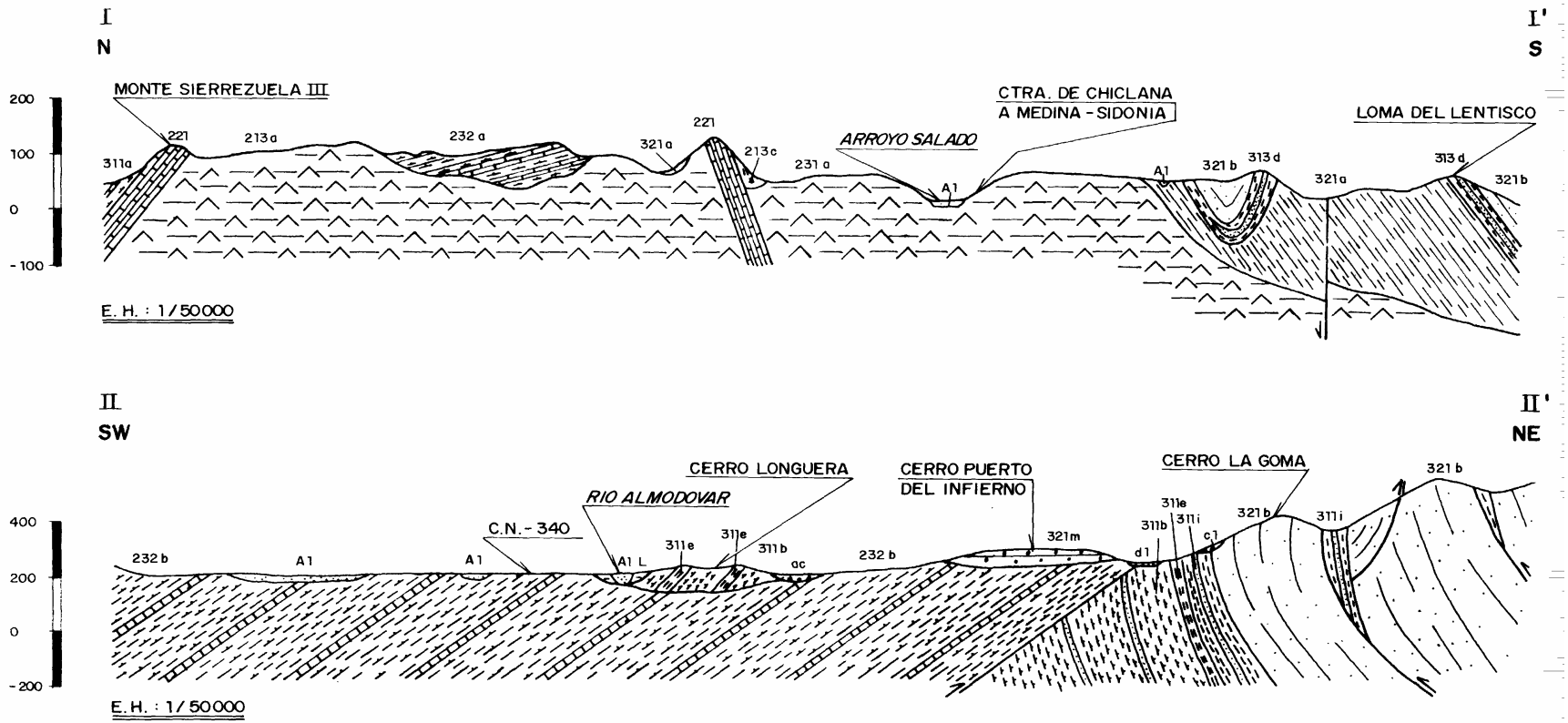
L : LACUSTRE. ARCILLAS GRISES.

321 b : ARENISCAS DEL ALJIBE CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS.

321 a : ARCILLAS CON TUBOTOMACULUM Y ARENISCAS.

232 b : ARCILLAS MARGOSAS Y CALIZAS DE ALMARCHAL.

FIGURA 3. 24 BLOQUE - DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LAS ZONAS 1, 2 y 3



LEYENDA

A1	ALUVIAL. LIMOS, ARCILLAS, ARENAS Y GRAVAS.
ac	ALUVIO-COLUVIAL. ARENAS LIMOSAS CON CANTOS DISPERSOS.
c1	COLUVION. LIMOS, ARENAS, ARCILLAS, CANTOS Y BLOQUES.
d1	CONO DE DEYECCION. LIMOS, ARENAS, ARCILLAS Y CANTOS.
L	LACUSTRE. ARCILLAS GRISES.
321m	BIOCALCARENITAS.
321b	ARENISCAS DEL ALJIBE CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS.
321a	ARCILLAS CON TUBOTOMACULUM Y ARENISCAS.
313d	ARENISCAS Y ARCILLAS.
311i	ARCILLAS ROJAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS CALCAREAS FERRUGINOSAS.
311e	ARCILLAS MARGOSAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS.
311b	MARGAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS Y CALIZAS.
311a	ALTERNANCIA IRREGULAR DE CALIZAS Y MARGAS.
232b	ARCILLAS MARGOSAS Y CALIZAS DE ALMARCHAL.
232a	MARGAS BLANQUECINAS CON INTERCALACIONES DE CALIZAS.
231c	ALTERNANCIA IRREGULAR DE MARGOCALIZAS Y MARGAS BLANQUECINAS.
221	CALIZAS, DOLOMIAS Y MARGAS.
213a	ARCILLAS, YESOS Y ARENISCAS.

CORTES GEOLOGICOS ESQUEMATICOS DE LA ZONA 2

FIGURA 3. 25

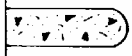
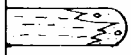
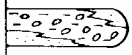
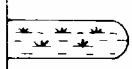
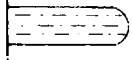
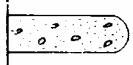
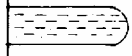
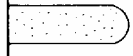
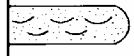
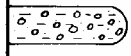
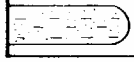
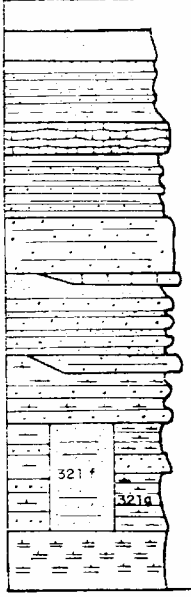
CUATERNARIO Y PLIO-CUATERNARIO				
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Aluvial. Limos, arcillas, arenas y gravas.	CUATERNARIO	A1	GT1
	* Aluvial. Gravas y bolos poligenicos con matriz areno-limosa.	CUATERNARIO	a2	GT1
	* Eluvial. Arenas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	v	GT6
	* Aluvio-Coluvial. Arenas limosas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	ac	GT6
	* Coluvion. Limos, arenas, arcillas, cantos y bloques.	CUATERNARIO	c1	GT7
	Masas Deslizadas. Bloques y cantos con matriz arcillosa.	CUATERNARIO	C2	GT7
	* Cono de Deyeccion. Limos, arenas, arcillas y cantos.	CUATERNARIO	d1	GT6
	Cono de Deyeccion. Cantos y bloques con matriz arcillo-limosa.	CUATERNARIO	D2	GT7
	* Abanico Aluvial. Arenas arcillosas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	AA	GT6
	Lacustre. Arcillas grises.	CUATERNARIO	L	GT8
	* Terraza Fluvial. Gravas poligenicas con matriz areno-limosa.	CUATERNARIO	ta	GT2
	* Marisma. Limos, arcillas y arenas con abundante materia organica.	CUATERNARIO	M	GT3
	Nivel Marino. Limos y arcillas con niveles arenosos.	CUATERNARIO	r1	GT3
	Cordon Litoral. Arenas, gravas y conchas, parcialmente cementadas.	CUATERNARIO	r2	GT4
	Depositos Litorales. Arenas finas.	CUATERNARIO	R3	GT9
	Palustre. Arcillas, limos y arenas.	CUATERNARIO	P	GT8
	* Manto Eolico. Arenas finas.	CUATERNARIO	e	GT9
	Dunas. Arenas finas mal clasificadas.	CUATERNARIO	DE	GT9
	Dunas Cementadas. Arenas finas cementadas, mal clasificadas.	CUATERNARIO	DEC	GT9
	Playa. Arenas finas con algunas gravas dispersas.	CUATERNARIO	RE	GT9
	* Terraza Marina. Conglomerado de gravas calcareas y restos de conchas.	CUATERNARIO	TR1	GT4
	Terraza Marina. Arenas arcillosas con algunas gravas dispersas.	CUATERNARIO	TR2	GT5
	* Gravas y bolos poligenicos con matriz arcillosa.	PLIO-CUATERNARIO	350a	GT2
	Arenas y gravillas con matriz arcillosa.	PLIO-CUATERNARIO	350b	GT5

FIG. 3.26.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 2

MATERIALES POSTOROGENICOS

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Arenas verdes con fosiles.	PLIOCENO	322 d	GT 10
	* Arenas finas con intercalaciones de arcillas y areniscas.	PLIOCENO	322 c	GT 10
	Calizas blanquecinas pulverulentas.	PLIOCENO	322 b	GT 19
	Arenas amarillas con intercalaciones de biocalcarenitas.	PLIOCENO	322 a	GT 11
	* Biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 m	GT 12
	* Calizas arenosas.	MIOCENO SUPERIOR	321 l	GT 17
	Alternancia irregular de biocalcarenitas y arenas fosiliferas.	MIOCENO SUPERIOR	321 k	GT 11
	Biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 j	GT 12
	Alternancia irregular de margas y biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 i	GT 14
	* Biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 h	GT12
	* Margas arenosas azules.	MIOCENO SUPERIOR	321 g	GT18
	Arenas finas amarillentas.	MIOCENO SUPERIOR	321 f	GT10
	* Margas silíceas blanquecinas.	MIOCENO MEDIO - INFERIOR	321 e	GT 18

COMPLEJO TECTOSEDIMENTARIO MIOCENO

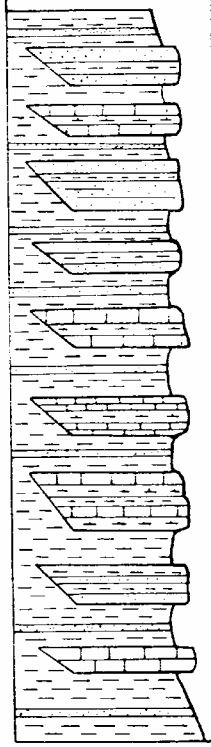
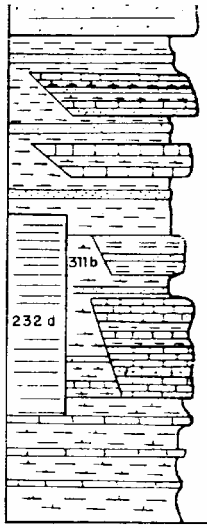
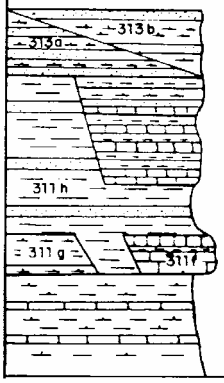
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Areniscas calcareas con intercalaciones arcillosas.	MIOCENO INFERIOR	321 d	GT13
	* Alternancia de calizas granudas, calizas bioclasticas y margas.	MIOCENO INFERIOR	321c	GT17
	* Areniscas del Aljibe con intercalaciones arcillosas.	MIOCENO INFERIOR	321 b	GT15
	* Areniscas y arcillas.	OLIGOCENO	313 d	GT13
	* Alternancia de calizas y margas arenosas.	EOCENO	312 e	GT13
	* Alternancia de calizas arenosas y margas.	EOCENO	312 a	GT 13
	* Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT14
	* Arcillas con intercalaciones de areniscas.	CRETACICO INFERIOR	231 d	G 14
	Calizas.	JURASICO SUPERIOR	223	GT17
	* Arcillas con Tubotomaculum y areniscas.	MIOCENO INFERIOR	321 a	GT14

FIG. 3.26. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 2 (CONTINUACION)



	Alternancia de margas, areniscas y calizas.	OLIGOCENO	313 c	GT 13
	Alternancia de calizas y margas arenosas.	EOCENO	312 e	GT 13
*	Arcillas rojas con intercalaciones de areniscas calcareas ferruginosas.	PALEOCENO	311 i	GT 14
*	Arcillas margosas con intercalaciones de areniscas.	PALEOCENO	311 e	GT 14
	Calizas arenosas y arcillas.	PALEOCENO	311 d	GT 13
*	Calizas arenosas.	PALEOCENO	311 c	GT 17
*	Margas con intercalaciones de areniscas y calizas.	PALEOCENO	311 b	GT 14
*	Arcillas rojas.	CRETACICO SUPERIOR	232 d	GT 18
*	Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT 14

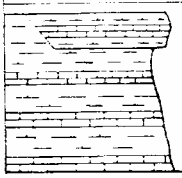
SERIE DE ALGECIRAS - BUJEO



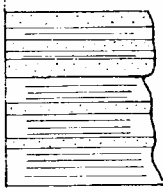
COLUMNA ESTRATIGRAFICA		DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	*	Alternancia irregular de margas y areniscas micaceas.	OLIGOCENO	313 b	GT16
	*	Alternancia irregular de areniscas micaceas siliceas y margas.	OLIGOCENO	313 a	GT16
	*	Arcillas, limolitas, calizas y areniscas.	EOCENO	312 f	GT 14
	*	Alternancia tipo flysch de calizas y arcillas.	EOCENO	312 d	GT 13
	*	Arcillas y areniscas.	PALEOCENO	311 h	GT 14
	*	Arcillas argilíticas y margas.	PALEOCENO	311 g	GT 18
	*	Calizas con intercalaciones arcillosas.	PALEOCENO	311 f	GT 13
	*	Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT 14

FIG. 3. 26. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 2 (CONTINUACION)

SERIE DE ALMARCHAL

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Alternancia tipo flysch de margas y calizas.	EOCENO	312 c	GT 14
	* Arcillas margosas y calizas de Almarchal	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT 14

SERIE DEL TAMBOR

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Areniscas con intercalaciones esporadicas de arcillas.	CRETACICO INFERIOR	231 b	GT 16
	Arcillas con intercalaciones de areniscas.	CRETACICO INFERIOR	231 a	GT 14

SUBBETICO

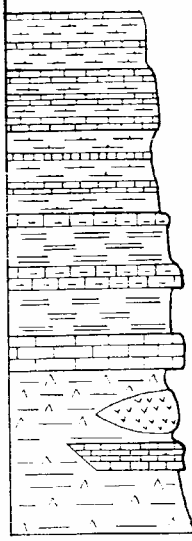
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Alternancia de margas y calizas.	EOCENO	312 b	GT 14
	* Alternancia irregular de calizas y margas.	PALEOCENO	311 a	GT 13
	* Margas blanquecinas con intercalaciones de calizas.	CRETACICO SUPERIOR	232 a	GT 19
	* Alternancia irregular de margocalizas y margas blanquecinas.	CRETACICO INFERIOR	231 c	GT 19
	* Calizas, dolomias y margas.	JURASICO INFERIOR	221	GT 17
	* Ofitas.	TRIASICO SUPERIOR	213 c	GT 20
	* Dolomias.	TRIASICO SUPERIOR	213 b	GT 17
	* Arcillas, yesos y areniscas.	TRIASICO SUPERIOR	213 a	GT 21

FIG. 3.26. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 2 (CONTINUACION)

- Geotecnia

  Son terrenos inundables en épocas de avenidas, permeables por percolación y con niveles freáticos superficiales.

  La capacidad de carga es baja y los asientos estimados altos. Su excavabilidad es fácil. A pesar de que constituyen pequeños yaciminetos granulares, su explotación no es rentable dada la escasa extensión que presentan.



Figura 3.27. Detalle del aluvial del arroyo de la Miel, a su paso por el barrio de El Cobre de Algeciras.

ELUVIAL, (v)

Este grupo está descrito en la Zona 1, al ser más representativo de la misma.

ALUVIO-COLUVIAL, (ac)

- Litología

  Estos sedimentos depositados por procesos mixtos de aguas de arroyada y de gravedad, tienen una composición que depende de la litología del área madre de la cual proceden. Fundamentalmente están constituidos por arenas limosas, con cantos subangulosos dispersos de naturaleza calcárea y silícea.

  El espesor del grupo se estima comprendido entre 2.0 y 4.0 m aproximadamente.

- Estructura

  Son depósitos sin estructura interna defina, dispuestos horizontal o subhorizontalmente y que se adaptan a la superficie topográfica sobre la que se depositan.

- Geotecnia

  Los materiales de este grupo tienen una permeabilidad media y un drenaje superficial aceptable por percolación. Son ripables y fácilmente erosionables. La capacidad portante es baja y los asientos altos.

  Ensayos de identificación consultados muestran los siguientes valores:

  - Clasificación USCS= CL
  - Clasificación H.R.B.= A-7-6
  - Límite líquido (LL)= 41.3 - 45.9
  - Límite plástico (LP)= 10.7 - 15.8
  - Indice de plasticidad (IP)= 30.1 - 30.6
  - M.O.(%)= 2.067

COLUVION, (c1)

Este grupo está descrito en la Zona 3.

CONO DE DEYECCIÓN FINO, (d1)

Este grupo se ha descrito en la Zona 1

ABANICO ALUVIAL, (AA)

Este grupo se describe en la Zona 4.

TERRAZA FLUVIAL, (ta)

- Litología

  Gravas redondeadas de naturaleza poligénica, empastadas por una matriz arenolimosa de tonos marrones. En el estudio se han distinguido tres niveles de terrazas, pero debido a su similitud litológica se han reunido en un mismo grupo.

  La potencia máxima de este grupo se estima del orden de 3.0 m (Figura 3.28)

- Estructura

  Se trata de depósitos horizontales, que aparecen ocupando plataformas planas dispuestas en graderío. Internamente y en corte las gravas y arenas se disponen de forma masiva o bien en niveles lentejonares que se acuñan lateralmente. Los depósitos más extensos de este grupo se localizan en el valle del río Almodóvar.

- Geotecnia

  Son materiales ripables y permeables por percolación. En las terrazas bajas los niveles freáticos suelen estar a escasa profundidad, mientras que en las altas pueden originar acuíferos colgados si el sustrato es impermeable. En este último caso y si las terrazas quedan colgadas en desmontes, se procurará el drenaje de las aguas para evitar el deterioro del talud, así como posibles deslizamientos.



Figura 3.28. Vista panorámica de una terraza en el arroyo El Zurraque (Hoja:1069-4).

Se estima que la capacidad de carga es baja y los asientos previsibles son altos. En zonas donde el espesor de las terrazas sea pequeño, el horizonte freático creado en el contacto con el sustrato impermeable puede modificar negativamente los valores de la capacidad portante y los asientos del terreno. Debido a su falta de cementación son materiales fácilmente ripables. Este grupo constituye pequeños yacimientos granulares.

MARISMA, (M)

Este grupo se describe en la Zona 4, al ser más representativo de la misma.

MANTO EOLICO, (e)

Esta formación ha sido descrita en la Zona 1.

TERRAZA MARINA GRUESA, (TR1)

Este grupo se describe en la Zona 4.

RAÑA, (350a)

Este grupo ha sido descrito en la Zona 1.

ARENAS VERDES CON FOSILES, (322d)

- Litología

  Arenas de grano fino, de tonos verdosos y pasadas ocres, con fósiles dispersos de ostreidos. El conjunto aparece surcado por una retícula de venas de carbonatos.

- Estructura

  Se trata de arenas densas, no cementadas y de aspecto masivo, sin estructuras internas visibles.

- Geotecnia

  Materiales permeables, fácilmente excavables por medios mecánicos convencionales y erosionables. La capacidad de carga es media y los asientos diferenciales a corto plazo se estiman bajos.

  Los taludes excavados en estos materiales se recomiendan que no sobrepasen los 35° ó 40° de pendiente, así como protegerlos con algún tipo de hidrosiembra para paliar su erosión.

  Puntualmente se han explotado para la extracción de arenas.

ARENAS FINAS CON INTERCALACIONES DE ARCILLAS Y ARENISCAS (322c)

- Litología

  Arenas de grano fino y de tonos claros, con intercalaciones de arcillas negras y niveles centimétricos de areniscas ferruginosas. Las arenas son bastante densas y en algunos tramos aparecen ligeramente cementadas por sílice.

- Estructura

  Presentan una disposición horizontal o subhorizontal y aparecen dispuestos en ciclos de 2.0 m a 3.0 m de espesor, separados por niveles centimétricos de areniscas ferruginosas. Dentro de cada ciclo, la estructura es masiva (Figura 3.29)

- Geotecnia

  Son materiales excavables por medios mecánicos y erosionables; debido a este último factor se recomienda que en la cabecera o coronación de los taludes excavados se coloquen cunetas de recogidas de agua, para canalizarlas y desviarlas fuera del desmonte. La capacidad de carga es media y los asientos previsibles oscilan de medios a bajos. La permeabilidad es alta, aunque se halla dificultada por los niveles arcillosos, los cuales pueden dar lugar a la formación de horizontes freáticos colgados en desmontes importantes, con el consiguiente riesgo de originar deslizamientos y el deterioro rápido del talud.

  En los desmontes excavados en estos materiales puede plantearse la conveniencia de que las pendientes sean pronunciadas, a fin de reducir al mínimo el recorrido del agua por el paramento de los taludes.

  No se han observado taludes artificiales de interés.



Figura 3.29. Panorámica del grupo (322c), en una cantera de biocalcarenitas, al norte de Algeciras. Obsérvese la intensa erosión que presentan.

BIOCALCARENITAS, (321m)

CALIZAS ARENOSAS, (321l)

MARGAS ARENOSAS AZULES (321g) CON INTERCALACIONES DE BIOCALCARENITAS, (321h)

Estos cuatro grupos se han descrito en la Zona 1.

MARGAS SILÍCEAS BLANCAS, (321e)

- Litología

  Se trata de margas blanquecinas, ricas en fósiles de diatomeas, de aspecto masivo y bastante diaclasadas. En fractura son satinadas y presentan manchas de óxidos de manganeso y piritas oxidadas. Regionalmente se las conoce con el nombre de moronitas o albarizas (Figura 3.30).

Estructura

  Este grupo aparece deformado o basculado por la ascensión halocinética de materiales triásicos subyacentes.

- Geotecnia

  Son materiales ripables, alterables superficialmente, poco permeables y con un drenaje superficial, por escorrentía, de tipo medio a bajo. En zonas llanas y debido a su baja permeabilidad se producen encharcamientos en épocas de lluvias. La capacidad portante y los asientos previsibles son de tipo medio, excepto en los niveles superficiales alterados, donde la capacidad es baja y los asientos altos.

  Se recomienda que los taludes de excavación no tengan pendientes superiores a los 40 ^{o}.

ARENISCAS CALCAREAS CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS, (321d).

- Litología

Pequeño afloramiento constituido por areniscas calcáreas de grano fino, de tonos marrones y estratificadas en bancos 0.5 m de espesor máximo, con intercalaciones de arcillas grisáceas.



Figura 3.30. Detalle de las margas del grupo (321e) en el arroyo Guerra. Obsérvese el nivel de alteración superficial que presentan. Los materiales rojizos que recubren a las margas corresponden a los depósitos de una terraza fluvial (Hoja:1069-4).

- Estructura

La orientación estructural es ENE-WSW y los buzamientos son hacia el S, inferiores a los 60º.

- Geotecnia

Materiales semipermeables y con buen drenaje, fundamentalmente por escorrentía superficial. La capacidad de carga es alta, aunque pueden producirse pequeños asientos diferenciales por la presencia de los niveles arcillosos. Excavables mecánicamente.

Los taludes excavados en este grupo admitirán pendientes pronunciadas, aunque pueden producirse desplomes de los niveles cementados por erosión diferencial. Lógicamente, también habrá que tener en cuenta la orientación del talud con respecto a la de los estratos y su buzamiento.

Su presencia en el Tramo es testimonial y la incidencia que puede tener en futuras vías de comunicación es prácticamente nula.

CALIZAS GRANUDAS, CALIZAS BIOCLASTICAS Y MARGAS, (321c)

- Litología

Alternancia irregular de calizas granudas de grano grueso, calizas limo-arenosas y margas de tonos claros. Todo el grupo aparece estratificado en niveles que oscilan entre 0.2 y 1.0 m de espesor. Normalmente estos materiales aparecen recubiertos por suelos eluviales, no existiendo buenos afloramientos en corte que permitan una observación en detalle de los mismos.

- Estructura

Corresponde a uno de los "bloques" englobados dentro del Complejo Tectosedimentario. Originan lomas alargadas en la dirección estructural de las capas, las cuales son dos fundamentalmente: NE-SW y E-W. Los buzamientos se orientan hacia el S y SE, y están comprendidos entre 30° y 60° (Figura 3.31).



Figura 3.31. Resalte morfológico originado por los materiales del grupo (321c). Este grupo aparece normalmente recubierto. Cerro de Najara (Hoja:1073-1).

- Geotecnia

  Son materiales ripables y con una capacidad de carga media y unos asientos previsibles bajos. La permeabilidad es media, aunque el flujo de agua esté dificultado por los niveles margosos. El drenaje es bueno y se realiza por percolación, en los niveles permeables, y por escorrentía superficial, ésta última activa debido a la topografía alomada que presenta el grupo.

  Los taludes artificiales pueden plantear problemas de estabilidad en aquellos casos en que se dispongan paralelos a la estructura del grupo, y fundamentalmente en aquellos cuya inclinación sea en el mismo sentido que el buzamiento.

ARENISCAS DEL ALJIBE CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS, (321b)

Este grupo se describe en la Zona 3.

ARCILLAS CON TUBOTOMACULUM Y ARENISCAS, (321a)

- Litología

Grupo compuesto por arcillas rojas y verdes, satinadas y de aspecto esquistoso, con nódulos de azufre y puntualmente yeso. Mineralógicamente el aspecto más reseñable es la presencia de montmorillonita. Son frecuentes las intercalaciones de niveles centimétricos de areniscas calcáreas y de limolitas ferruginosas. Las arcillas presentan restos de trazas fósiles (Tubotomaculum) (Figura 3.32).



Figura 3.32. Alternancia de arcillas y areniscas, recubiertas por una terraza marina, en la playa situada entre Barbate y Zahara de los Atunes.

- Estructura

Esta arcillas presentan una estructura compleja, debido a que aparecen implicadas en desplazamientos gravitacionales, además de haber servido también como nivel de despegue en el emplazamiento de algunas escamas de la unidades del Campo de Gibraltar. La características más sobresaliente del Complejo Tectosedimentario es la de englobar una serie de bloques, algunos de dimensiones kilométricas, de diferentes edades y litologías, que "flotan" en la masa arcillosa.

- Geotecnia

Son materiales prácticamente impermeables y con un drenaje que se realiza exclusivamente a través de la escorrentía superficial, la cual no es muy activa. En zonas llanas con posibilidad de que se produzcan encharcamientos habrá que prestar especial importancia al drenaje de la calzada, a fin de evitar asientos diferenciales importantes. La capacidad portante varía de baja a media y los asientos previsibles de medios a altos. Son excavables mecánicamente.

Debido a la presencia de montmorillonita presentan problemas de expansividad, y puntualmente de agresividad en las zonas yesíferas.

Los taludes observados son inestables a partir de 30° de pendiente y presentan signos de erosión (cárcavas) (Figura 3.33). A tal efecto se recomienda construir una recogida de aguas en la coronación del desmonte y canalizarlas para evitar su circulación por el paramento del mismo.

Los ensayos realizados en estos materiales muestran los siguientes resultados:

- Clasificación USCS= MH
- Clasificación H.R.B.= A-7-5 (31)
- Límite líquido (LL)= 62.7
- Límite plástico (LP)= 36.8
- Indice de plasticidad (IP)= 26
- P.N.(Densidad/Humedad)= 1.38/27.9
- Ensayo Lambe=2.4



Figura 3.33. Erosión de las arcillas del grupo 321a, en un talud de la carretera de Zahara a Barbate.

ARENISCAS Y ARCILLAS, (313d).

- Litología

Conjunto formado por areniscas calcáreas y arcillas rojizas. Las areniscas son de tonos marrones-grisáceos, con laminación paralela y laminación convoluta, de grano fino y dispuestas en niveles de 0.3 a 0.5 m de espesor. Las arcillas son masivas y presentan abundantes nódulos de pirita. Este grupo aparece bastante recubierto y no presenta buenos afloramientos (Figura 3.34).

- Estructura

Este grupo aparece en forma de láminas unidas o ligeramente despegadas de los bloques de las Areniscas del Aljibe, aunque también aparecen en bloques sueltos. Se supone que constituyen el nivel principal de ruptura a partir del cual dichas Areniscas del Aljibe se han separado del resto de las series infrayacentes.



Figura 3.34. Al Fondo, Lomas del Lentiso originadas por los afloramientos del grupo (313d). (Hoja:1069-3).

- Geotecnia

Son materiales ripables por medios mecánicos, ya que los bancos de areniscas no son lo suficientemente potentes para necesitar voladura para su remoción. La alternancia de niveles permeables e impermeables puede dar lugar a la existencia de acuíferos cautivos y colgados. La capacidad de carga, en conjunto, es media-alta, aunque pueden producirse ciertos asientos diferenciales en los niveles arcillosos. La escorrentía superficial es buena debido a la disposición topográfica que presentan.

No se han observado taludes de interés, pero en los desmontes excavados en este grupo pueden originarse desplomes de los niveles cementados, por erosión diferencial de los tramos blandos.

MARGAS Y ARENISCAS MICACEAS, (313b)
ARENISCAS MICACEAS, ARENISCAS SILICEAS Y MARGAS, (313a)
ARCILLAS, LIMOLITAS CALIZAS Y ARENISCAS, (312f)
CALIZAS Y MARGAS ARENOSAS, (312e)
ALTERNANCIA DE CALIZAS Y ARCILLAS, (312d)

Estos grupos se describen en la Zona 3, al ser más representativos de la misma.

MARGAS Y CALIZAS, (312c)

- Litología

  Alternancia tipo flysch de margas grisáceas y calizas arenosas. Las margas aparecen en bancos de 0.5 m a 1 m de espesor, y son dominantes sobre las calizas que presentan una potencia centimétrica (Figura 3.35).

- Estructura

  La dirección estructural de estos materiales es ENE-WSW y sus buzamientos están comprendidos entre 30° y 60°, invertidos hacia el NW. Aunque los dos únicos afloramientos que aparecen de este grupo (Hoja 1077- Cuadrante 4) se localizan en la serie de Almarchal, su asignación a esta serie es dudosa.

- Geotecnia

  En conjunto, la permeabilidad del grupo es baja y el drenaje bueno por escorrentía superficial, favorecido por la morfología alomada de los afloramientos. Tanto la capacidad de carga como los asientos son de tipo medio. Se excavan por medios mecánicos convencionales.

Los taludes excavados perpendicularmente a la dirección de los estratos no plantearán problemas de estabilidad, mientras que los excavados paralelamente a la estructura dependerá del buzamiento de las capas y de la pendiente del talud.



Figura 3.35. Vista panorámica del grupo (312c), en una excavación realizada en el cerro de la Torre, al este de la inmediaciones de Zahara de los Atunes.

MARGAS Y CALIZAS, (312b)

- Litología

  Conjunto formado por una alternancia de margas y calizas micríticas de tonos claros, de aspecto flyschoide y estratificadas en bancos que no superan los 0.30 m de espesor.

- Estructura

  Se localiza solamente en el mapa de Veger de la Frontera (1073), en las inmediaciones de Las Lomas del Pericón. El conjunto aparece plegado según una dirección NE-SW y con buzamientos comprendidos entre los 30° y 60° hacia el SE.

  Esta unidad pertenece a la plataforma subbética, sin embargo aparece incluida en el complejo Tectosedimentario.

- Geotecnia

Conjunto ripable y con buen drenaje superficial favorecido por las pendientes topográficas. Permeabilidad en general baja, aunque pueden dar lugar a horizontes de acuíferos colgados de escasa entidad, correspondientes a los niveles calizos. La capacidad de carga y los asientos estimados son medios.

Los taludes excavados en estos materiales no plantearan problemas si son perpendiculares a la estructura, mientras que si son paralelos a ella tendrán que acomodarse al buzamiento de los estratos.

CALIZAS ARENOSAS Y MARGAS, (312a)

- Litología

Este grupo aparece bastante recubierto, existiendo pocos afloramientos del mismo. Está constituido por una alternancia irregular de calizas arenosas, de grano fino y tonos blanquecinos, y margas grisáceas. La estratificación del conjunto es inferior a los 0.5 m de potencia.

- Estructura

Los afloramientos de este grupo configuran pequeñas lomas que sobresalen del entorno de las arcillas del Complejo Tectosedimentario. Aparecen plegados según dos direcciones: E-W y ENE-WSW. Los buzamientos quedan comprendidos entre 30° y 60° hacia el S.

- Geotecnia

Son materiales ripables y con una capacidad de carga media y unos asientos de magnitudes pequeñas. La permeabilidad es baja, debido a la presencia de las margas y a la escasa potencia de los estratos de calizas, y la escorrentía superficial es media-alta favorecida por la topografía (Figura 3.36).

La estabilidad de los taludes dependerá fundamentalmente de la orientación de éstos con respecto a la de los estratos.



Figura 3.36. Panorámica del Cerro del Hinojal, totalmente recubierto, constituido por afloramientos del grupo (312a).(Hoja:1073-1).

ARCILLAS ROJAS Y ARENISCAS, (311i)
ARCILLAS Y ARENISCAS, (311h)

Estos dos grupos se describen en la Zona 3.

ARCILLAS ARGILITICAS Y MARGAS, (311g)

- Litología

  Alternancia centimétrica de arcillas argilíticas de tonos rojos, verdes y negros, de aspecto esquistoso y con intercalaciones de margas grisáceas (Figura 3.37).

- Estructura

  Grupo muy tectonizado afectado por pliegues, fallas y cabalgamientos. Los buzamientos son elevados, estando comprendidos, los observados, entre 40° y 70°.

- Geotecnia

  Dada la baja permeabilidad del grupo el drenaje se realiza exclusivamente por escorrentía superficial, la cual suele ser de carácter medio. La capacidad de soporte es ba-

ja y los asientos previsibles altos. La excavabilidad es fácil. En muchas zonas este grupo se comporta prácticamente como un suelo.

Se han observado taludes de alturas medias, inestables por deslizamientos puntuales y con inclinaciones de 45º.

CALIZAS CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS, (311f)

Este grupo está descrito en la Zona 3.



Figura 3.37. Desmonte excavado en los materiales del grupo (311g), en un talud de las obras de la urbanización de Playa Grande (Algeciras). Obsérvese los pequeños desprendimientos que presenta.

ARCILLAS MARGOSAS Y ARENISCAS, (311e)

- Litología

  Arcillas margosas de tonos rojizos y verdosos, con intercalaciones de areniscas calcáreas de color blanquecino en corte y marrón oscuro en superficie, debido a tinciones por óxidos de hierro, y dispuestas en lechos de espesor inferior a los 0.4 m (Figura 3.38).



Figura 3.38. Aspecto del grupo (311e), en un pequeño desmonte del camino que atraviesa el cerro Longuera (Hoja:1074-3).

- Estructura

  Este conjunto aparece plegado según orientaciones que oscilan de E-W a NW-SE y buzamientos comprendidos entre los 30º y 60º hacia el S-SW.

- Geotecnia

  Son materiales excavables por medios mecánicos, escasamente permeables y con un drenaje superficial medio por escorrentía. La capacidad de carga varía de baja a media y los asientos esperados para cargas medias oscilan de medios a altos.

  Se han observado taludes de alturas bajas, estables y con inclinaciones de 35º.

CALIZAS ARENOSAS, (311c)

Estos grupos se describen en la Zona 3

MARGAS, ARENISCAS Y CALIZAS, (311b)

- Litología

  Formación constituida por margas versicolores, con intercalaciones decimétricas de horizontes de areniscas calcáreas ferruginosas y calizas arenosas.

- Estructura

  Se localizan en el núcleo de pequeños cerros o colinas que se alinean paralelas a las sierras de las Areniscas del Aljibe. El hecho de la proximidad a estos materiales de la Unidad de Almarchal se debe a la fase tectónica de retrocabalgamiento.

- Geotecnia

  En líneas generales y debido a la existencia de las margas la permeabilidad del conjunto es baja. La escorrentía superficial en buena y la excavabilidad fácil. La capacidad portante varía de baja a media y los asientos previsibles de medios a altos, éstos últimos fundamentalmente en los niveles superficiales alterados.

  Los taludes a excavar en estos materiales se prevén estables para inclinaciones de 35° a 40°, aunque lógicamente dependerá en gran medida del plegamientos que presenten los estratos.

CALIZAS Y MARGAS BLANCAS, (311a)

- Litología

  Conjunto constituido por una alternancia irregular de calizas y margas, ambas de tonos blanquecinos. Las calizas son de textura micrítica y aparecen estratificadas en niveles de espesor inferior a 0.5 m, pero se concentran en bancos de 2 a 3 m de potencia.

- Estructura

  Se deposita en discordancia mecánica sobre el Triásico Superior, y a nivel de afloramiento aparece plegados con buzamientos no superiores a los 60°. El basculamiento de este grupo se debe, seguramente, a procesos halocinéticos del Triásico (Figura 3.39).

- Geotecnia

Se trata de un grupo de permeabilidad baja, aunque algunos niveles de calizas pueden contener cierta cantidad de agua y dar lugar a acuíferos colgados; este fenómeno, si ocurre, puede causar inestabilidades en taludes de alturas considerables. La capacidad de carga varia de media a elevada y los asientos previsibles son bajos.

No se han observado taludes de interés, pero pueden producirse desplomes de los niveles de calizas por descalce y erosión diferencial de las margas.

ARCILLAS ROJAS, (232d)

- Litología

Este grupo ocupa zonas de poco relieve y está constituido por arcillas de tonos rojo-vinosos. La alteración superficial y la escasez de afloramientos no ha permitido definir la disposición interna del grupo (Figura 3.40).



Figura 3.39. Contacto mecánico entre los materiales del grupo (311a) y las arcillas triásicas (213a), al noreste de Chiclana.

- Estructura

Se localiza entre la Serie de Almarchal y la del Aljibe, y por las razones anteriormente expuestas no se aprecia la estructura del grupo.

- Geotecnia

Dado el carácter impermeable del conjunto el drenaje se realiza por medio de la escorrentía superficial, que es de tipo medio, a excepción de las zonas llanas, donde es mala y existen riesgos de que se produzcan encharcamientos. La capacidad de soporte es baja y los asientos previsibles altos. Presentan una excavabilidad fácil. Las laderas naturales muestran pequeños lóbulos que indican fenómenos de reptación.

Se recomienda que los taludes excavados en estos materiales no superen los 30 º de pendiente, así como adoptar las medias oportunas para evitar la erosión de los mismos.



Figura 3.40. Vista general de las arcillas del grupo (232d), al noroeste de Algeciras. Obsérvese en la parte izquierda los pequeños lóbulos de reptación.

ARCILLAS MARGOSAS Y CALIZAS DE ALMARCHAL, (232b)

- Litología

  Conjunto formado por arcillas margosas de tonos rojizos, grises y verdosos, con intercalaciones de calizas arenosas laminadas, estratificadas en niveles centimétricos, aunque en algunos casos aparecen en bancos de hasta 1 m de espesor. Los niveles de calizas se distribuyen dentro de la masa arcillosa de forma irregular.

- Estructura

  La serie de Almarchal tiene un carácter autóctono o paraautóctono, y sirve de sustrato común a las demás series superiores. A pesar de la gran extensión que ocupa no existen buenos afloramientos que permitan estudiar su estructura, la cual es bastante compleja debido a las deformaciones que ha sufrido es sucesivas fases tectónicas.

  Los buzamientos observados en campo se sitúan alrededor de los 65°.

- Geotecnia

  En un grupo alterable superficialmente, de modo que normalmente aparece recubierto por suelos arcillosos. El drenaje superficial es muy variable debido a la heterogeneidad topográfica que presenta. En áreas llanas se ocasionan encharcamientos en épocas de lluvias, mientras que en zonas alomadas la escorrentía superficial es buena. El carácter eminentemente arcilloso hace que tengan una capacidad portante baja-media y unos asientos que oscilan de medios a altos, éstos últimos sobre todo en los niveles superficiales alterados. La permeabiliad es baja, a pesar de que los bancos calcáreos pueden originar niveles acuíferos colgados, en cuyo caso pueden originar inestabilidades y la degradación rápida de los taludes

  Los desmontes excavados en esta formación presentan deslizamientos, para alturas bajas e inclinaciones de 30°. También presentan cárcavas originadas por la escorrentía de las aguas. Para evitar el deterioro del talud es aconsejable construir una recogida de aguas en coronación, así como utilizar tratamientos de hidrosiembra (Figura 3.41).



Figura 3.41. Deslizamientos en un talud protegido con un muro flexible de gaviones, en el P.K.68,500 de la carretera N-340.

MARGAS Y CALIZAS (232a)

- Litología

  Margas nodulosas de tonos blanquecinos y rojizos, con intercalaciones esporádicas de calizas que contienen nódulos de silex. Se disponen en niveles de espesor centimétrico y en superficie aparecen muy alteradas, originando suelos arcillosos (Figura 3.42).

- Estructura

  Este conjunto se apoya discordante, mediante contacto mecánico, sobre los depósitos arcillo-yesíferos del Triásico Superior. En los cortes observados aparece plegado según una dirección NE-SW y con buzamientos hacia el SE, comprendidos entre 35º y 55º.



Figura 3.42. Detalle de los niveles superficiales alterados del grupo (232a), en un pequeño arroyo en el cerro del Cañuelo (Hoja:1069-4).

- Geotecnia

  Es un conjunto excavable por medios mecánicos, poco permeables y con un drenaje superficial de tipo medio. La alteración superficial tan intensa que presenta da lugar a que esta formación tenga una capacidad portante baja y unos asientos altos. En estado sano estos parámetros pueden considerarse de carácter medio.

  No se han observado taludes artificiales de interés, pero las laderas naturales aparecen muy agrietadas.

ARCILLAS Y ARENISCAS, (231d)

- Litología

  Arcillas de tonos rojizos y grisáceos, con niveles intercalados de areniscas. Las areniscas son de grano fino, ligeramente calcáreas, ferruginosas y dispuestas en horizontes que oscilan desde centímetros hasta 0.5 m (Figura 3.43).

- Estructura

  El único afloramiento cartografiado se localiza en el Cerro de la Alcachota (Hoja n 1077-1). Presenta una estructura de dirección NE-SW y buzamientos inferiores a los 30° hacia el SE.

- Geotecnia

  Materiales con una permeabilidad muy baja, donde solamente los niveles areniscosos de 0.5 m espesor pueden posibilitar el flujo de agua. La topografía alomada del grupo facilita un buen drenaje por escorrentía superficial, hecho que provoca la erosión y formación de cárcavas en las arcillas. La capacidad de carga en conjunto es baja, y los asientos diferenciales altos debido a la alternancia heterogénea de capas de arcillas. Su excavación es fácil por medios mecánicos.

  Los taludes de excavación se prevén estables para pendientes inferiores a los 40 ^{o}. Sin embargo, sí es previsible que se produzcan desplomes de los niveles cementados y cárcavas en los tramos arcillosos.



Figura 3.43. Aspecto general del grupo (231d), en una ladera natural del cerro de la Alcachota.

MARGOCALIZAS Y MARGAS BLANCAS, (231c)

- Litología

  Alternancia irregular de margocalizas y margas de tonos blanquecinos, estratificadas en niveles centimétricos (Figura 3.44).



Figura 3.44. Detalle de las margocalizas y margas del grupo (231c), en la pista que sube a la cantera de El Berrueco. Los niveles superficiales se hallan intensamente alterados.

- Estructura

En los escasos afloramientos que presenta este grupo, se observa que aparecen plegados según direcciones variables y con buzamientos inferiores a los 60º. El contacto con las formaciones adyacentes es siempre de tipo mecánico.

- Geotecnia

La permeabilidad del conjunto es baja, debido al carácter margoso del mismo. El drenaje es bueno y se realiza exclusivamente por escorrentía superficial. La capacidad de soporte es media y los asientos a que pueden dar lugar bajos, excepto en los niveles superficiales alterados, que pueden ser localmente significativos. No es necesario el uso de explosivos para su remoción.

Aunque la estabilidad de los taludes dependerá de la dirección y buzamiento de los estratos, a título orientativo se recomienda que los desmontes excavados no sobrepasen los 45° de inclinación.

CALIZAS, DOLOMIAS Y MARGAS, (221)

- Litología

Aparecen exclusivamente en tres afloramientos dentro del ámbito de todo el Estudio. Corresponde a calizas y dolomías de tonos grisáceos, de textura micrítica , frecuentemente brechificadas y estratificadas en niveles de 0.5 m de espesor, aunque también aparecen tramos de estructura masiva. Entre el conjunto aparecen intercalados niveles de margas nodulosas, de color gris oscuro. El contenido faunístico es abundante.

- Estructura

Estos materiales aparecen fuertemente tectonizados, con capas subverticales e invertidas. El contacto con el Triásico es siempre mecánico (Figura 3.45).

- Geotecnia

Es un grupo no ripable por medios mecánicos, aunque puntualmente sí lo es tramos muy fracturados. Son materiales permeables por fisuración y tienen un buen drenaje, tanto por escorrentía superficial, a causa de sus pendientes topográficas, como en la vertical, por infiltración. La capacidad de carga es elevada y los asientos nulos. No se han observado signos de karstificación.



Figura 3.45. Detalle del intenso plegamiento del grupo (221), en la cantera de El Berrueco (Hoja:1069-4).

Los taludes artificiales aparecen protegidos con mallas metálicas, por caídas de bloques y cuñas, para alturas medias y con inclinaciones de 60º.

Esta formación se explota en canteras para su utilización en áridos de carreteras.

OFITAS, (213c)

- Litología

Este grupo presenta un solo afloramiento, prácticamente sin entidad cartográfica, dentro de las arcillas del Trías. Se trata de ofitas de tonos verdosos y textura holocristalina, de grano medio a fino y compuestas esencialmente por plagioclasa y piroxenos (Figura 3.46).



Figura 3.46. Detalle del único afloramiento de ofitas existente en el Tramo, en las inmediaciones del cortijo el Corbacho (Hoja:1069-4).

- Estructura

  Rocas de origen efusivo frecuentes en los materiales triásicos. No presentan ninguna estructura característica, a excepción de un sistema de diaclasas en enrejado, que favorece una disyunción en "bolos" característica.

- Geotecnia

  Es un grupo no ripable, permeable solamente por fisuración y con una capacidad de carga elevada. Son materiales muy apreciados por su utilización en las carreteras para la capa de rodadura, pero en este caso se desaconseja su explotación, dada las reducidas dimensiones del único afloramiento existente.

DOLOMIAS, (213b)

- Litología

  Dolomías tableadas de tonos grises oscuros y negros, de textura micrítica y, en algunos tramos, brechoide, con laminaciones de algas y porosidad debida a la disolución de sulfatos.

- Estructura

  Constituyen "masas" aisladas dentro de las arcillas yesíferas triásicas. Aparecen suavemente plegadas en una sucesión de anticlinales y sinclinales, con buzamientos no superiores a los 30°. Muy fracturadas, de modo que la roca se fragmenta en bloques muy pequeños (Figura 3.47).

- Geotecnia

  Son rocas permeables por fracturación y por una cierta porosidad debida a la disolución de sulfatos. El drenaje superficial es aceptable, y se realiza a través de la escorrentía y por infiltración. La capacidad de carga es elevada y los asientos nulos, excepto si existen áreas karstificadas, aunque éstas últimas no se han observado. Generalmente son ripables por medios mecánicos, pero puede ser necesario el uso de voladura en zonas donde la roca aparezca poco fracturada.

  De estos materiales existen numerosas canteras, actualmente abandonadas, para la obtención de áridos.

  Los taludes artificiales admiten pendientes pronunciadas, a pesar de que puntualmente pueden producirse caídas de bloques y cuñas.



Figura 3.47. Detalle de las dolomías tableadas del grupo (213b), en una cantera abandonada situada al norte del cerro El Berrueco.

ARCILLAS , YESOS Y ARENISCAS ROJAS, (213a)

- Litología

  Este conjunto constituye el techo del Triásico Superior y se presenta en facies "germano-andaluz". Está compuesto por arcillas versicolores y yesos, con niveles intercalados de areniscas rojas. Los yesos aparecen de forma dispersa entre las arcillas, rellenando grietas o bien concentrados en paquetes masivos de cierta entidad. Son frecuentes los nódulos de azufre y los cuarzos bipiramidales (Jacintos de Compostela) (Figura 3.48).

- Estructura

Este grupo presenta una estructura caótica y dislocada, debida a los procesos halocinéticos tan profundos que han sufrido. Desde el punto de vista tectónico, el conjunto se encuadra dentro de la plataforma subbética.



Figura 3.48. Detalle de los niveles de yesos del grupo (213a). Desmonte situado en una pista de tierra que discurre por el valle del río Salado.

- Geotecnia

Son materiales que presentan numerosos problemas en la estabilidad de taludes, debido al carácter arcilloso y plástico del conjunto. Por otro lado, la presencia de yeso hace que las aguas que circulan por ellos sean selenitosas (agresivas), muy perjudiciales para los aglomerantes hidráulicos y aceros ordinarios (Figura 3.49).



Figura 3.49. Desprendimientos en un talud excavado en los materiales del grupo (213a), en la pista asfaltada de acceso a la cantera de El Berrueco (Hoja 1069-4).

La capacidad portante es baja y los asientos predecibles altos. Pueden surgir asentamientos bruscos o hundimientos en el caso de que existan oquedades por disolución de los yesos. Son excavable por medios mecánicos convencionales.

Son materiales impermeables, de modo que la escorrentía superficial está en función de la pendiente topográfica. En zonas llanas el drenaje es deficiente y se originan áreas encharcadas en épocas de lluvias.

Se han observado taludes artificiales en arcillas de alturas bajas, inestables y con inclinaciones de 40º. La presencia concentraciones importantes de yeso, así como de areniscas, proporciona estabilidad a los taludes; en esta última litología se han observado taludes de alturas medias, estables, aunque con pequeños desprendimientos en cabecera, y con inclinaciones de 40º.

3.3.5. Grupos geotécnicos

Teniendo en cuenta los diferentes grupos litológicos definidos en este Zona 2, así como sus respectivas características geotécnicas, se han definido los siguientes "grupos geotécnicos":

- GT1. Limos, arcillas, arenas y gravas

  Son materiales con niveles freáticos a escasa profundidad e inundables en épocas de avenida. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. En la Zona 2, este grupo lo constituyen las formaciones (A1) y (a2).

- GT2. Gravas y bolos poligénicos con matriz arcillosa y areno-limosa

  Debido a la naturaleza heterogénea de la matriz muestran una permeabilidad variable: baja y con problemas de drenaje cuando la matriz es arcillosa, y alta y con buen drenaje por percolación en los casos en que la matriz es limo-arenosa; en estos últimos casos pueden dar lugar a acuíferos localizados a escasa profundidad, si existe un sustrato impermeable bajo ellos. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Se recomienda que los taludes de excavación no sean superiores a los 40º. Las formaciones (ta) y (350a) componen este grupo en la Zona 2.

- GT3. Limos, arcillas y arenas

  Formaciones con capacidad de carga baja y asientos altos. Inundaciones periódicas de agua. Presencia abundante de materia orgánica. En la Zona 2, solamente la formación (M) representa a ese grupo.

- GT4. Conglomerados calcáreos y fragmentos de conchas

  Grupo difícilmente ripable y con una capacidad de carga elevada. Esta última puede disminuir y originar asientos en zonas de acumulaciones importantes de conchas. Dan lugar a desprendimientos de bloques por erosión diferencial de los sedimentos subyacentes. Los taludes admiten pendientes subverticales, pero pueden producirse caída de bloques por desgajamiento de los mismos. En esta Zona 2, constituye este grupo la formación (TR1).

- GT6. Arenas, limos y arcillas, con cantos dispersos

  Conjunto con una capacidad de carga baja y unos asientos altos. La permeabilidad varía de baja a alta, en función de la granulometría dominante. Son materiales fácilmente ripables. El drenaje depende exclusivamente de la permeabilidad, ya que la escorrentía superficial es deficiente, a causa de la horizontalidad topográfica. Las formaciones (v), (ac), (d1) y (AA), son las que componen este grupo en la Zona 2.

- GT7. Limos, arcillas, arenas , bloques y cantos

  Grupo constituido por granulometrías muy heterométricas. Ripable, erosionable y con una permeabilidad y escorrentía superficial de tipo medio. La capacidad de carga es baja-media y los asientos previsibles altos. Los taludes de excavación no de deben de sobrepasar los 35° de pendiente. La formación (c1) es la única representante de este grupo en la Zona 2.

- GT9. Arenas mal clasificadas

  Materiales con una capacidad de carga baja y asientos altos a corto plazo. Difíciles de compactar debido a la granulometría homogénea de sus granos. Los taludes de excavación son estables para pendientes de 30°. Solamente la unidad (e) representa a este grupo en la Zona 2.

- GT10. Arenas de grano fino, con intercalaciones de arcillas y areniscas

  Grupo permeable, ripable y erosionable. La capacidad de carga es media y los asientos oscilan de bajos a medios. En unos casos se recomienda que los taludes no sobrepasen los 40° de inclinación, mientras que en otros puede ser conveniente excavarlos con pendientes pronunciadas, con el fin de evitar al máximo el recorrido del agua por el paramento del talud. En la Zona 2, las formaciones (322d) y (322c) representan a este grupo.

- GT12. Biocalcarenitas

  Materiales ampliamente utilizados como materiales de préstamo en la construcción de carreteras. Permeables y ripables por medios mecánicos convencionales. La capacidad de carga es alta, aunque para tensiones puntuales elevadas pueden surgir asientos, por rotura y reordenamiento de los fragmentos fosilíferos. Los taludes son estables para pendientes pronunciadas (75°-80°). En la Zona 2, constituyen este grupo las formaciones (321m) y (321h).

- GT13. Alternancia de areniscas, calizas, arcillas y margas

  Este grupo se caracteriza por estar constituido por una alternancia irregular de niveles competentes y permeables (areniscas y calizas) y niveles incompetentes e impermeables. El espesor de los estratos es pequeño, y en algunos casos tienen aspecto de flysch. La escorrentía superficial es activa debido a la topografía alomada de los afloramientos. La capacidad portante varía de baja a alta y los asientos de bajos a altos, éstos últimos en los niveles arcillo-margosos. La inestabilidad en los taludes se puede originar por descalce de los niveles cementados al erosionarse los niveles blandos, y por la disposición desfavorable entre la orientación de los taludes y la de los estratos. En la Zona 2, componen este grupo las formaciones (321d), (313d), (312e), (312d), (312a), (311f) (311a)

- GT14. Alternancia de arcillas, margas, limolitas, areniscas y calizas

  En este grupo predominan las litologías poco competentes (arcillas y margas) sobre las competentes (areniscas y calizas). El grupo (321a) presenta esporádicamente niveles de yesos. La permeabilidad del conjunto suele ser baja, donde únicamente los niveles pétreos pueden contener agua. La capacidad portante varía de baja a media y los asientos estimados de medios a altos. Las arcillas del grupo (321a) son expansivas y también puntualmente agresivas en los tramos donde aparecen niveles de yesos. La escorrentía superficial depende de la topografía de los afloramientos. En zonas llanas existen problemas de drenaje a causa de la poca permeabilidad del conjunto. Los taludes suelen ser inestables a partir de los 30° de pendiente; asimismo presentan signos de erosión diferencial y acarcavamiento. Este grupo está representado en la Zona 2 por las formaciones (321a), (312f), (312c), (312b), (311i), (311h), (311e), (311b), (232b) y (231d).

- G15. Areniscas del Aljibe con intercalaciones arcillosas

  Este grupo se caracteriza por constituir las sierras más abruptas del Estudio. El drenaje es alto, tanto por escorrentía superficial como por infiltración. La ripabilidad varía desde ripable a presumiblemente no ripable. Normalmente la capacidad de carga es alta y los asientos nulos, aunque estos valores pueden variar desfavorablemente en los tramos poco cementados y donde se intensifique la presencia de niveles arcillosos. En zonas poco cementadas se erosionan fácilmente. Suelen originar en su base importantes masas deslizadas. La estabilidad de los taludes depende fundamentalmente del grado de fracturación y de la orientación de las discontinuidades (posible formación de bloques y cuñas) con respecto a la de los desmontes. Se han observado taludes de alturas medias, inestables y con inclinaciones de 60° a 70°; en algunos taludes las pendientes se han tendido hasta los 30°. Este grupo se compone únicamente de la formación (321b).

- G16. Areniscas micáceas, areniscas silíceas y margas

Aunque la distribución de los materiales es irregular, en este grupo suelen predominar los niveles competentes, que llegan a tener potencias decamétricas, sobre los blandos. Son formaciones con un buen drenaje superficial y con una permeabilidad limitada a los niveles areniscosos. La ripabilidad varía desde marginal a no ripable en los tramos rocosos, a fácilmente ripable en los tramos margosos y arcillosos. La capacidad de carga es alta y los asientos nulos en las areniscas, mientras que los tramos margosos y arcillosos tienen una capacidad de baja a media y unos asientos de medios a altos. Los taludes observados precisan de bermas para su estabilidad. Forman este grupo, en la Zona 2, las formaciones (313b) y (313a).

- GT17. Calizas, calizas arenosas, calizas bioclásticas, dolomías y niveles de margas

  Grupo calcáreo con una capacidad portante media-alta y asientos nulos o bajos. Normalmente son ripables a causa de la fracturación y escaso espesor de los estratos, aunque existen zonas en que es preciso el uso de explosivos para su excavación. En líneas generales presentan, excepto el grupo (321l), un buen drenaje, tanto en la horizontal como en la vertical. Los taludes tienden a ser inestables por caída de bloques y cuñas. Las formaciones (321l), (321c),(311c), (221) y (213b) representan a este grupo en la Zona 2.

- GT18. Margas arenosas, margas silíceas, arcillas argilíticas y margas

  Conjunto erosionable, alterable y ripable. Permeabilidad baja y con un drenaje que se realiza exclusivamente por escorrentía superficial. En zonas llanas existe riesgo de que se produzcan encharcamientos. La capacidad de carga varía de baja a media y los asientos previsibles de medios a altos. Los taludes son inestables para pendientes de 30° y se recomienda protegerlos de la erosión. En la Zona 2, componen este grupo las formaciones (321g), (321e), (311g) y (232d).

- GT19. Calizas, margocalizas y margas

  Este conjunto aparece bien estratificado, excepto en los niveles alterados, pero en ningún caso presenta aspecto de flysch. Es un grupo ripable, poco permeable y alterable superficialmente. La capacidad de carga es de tipo medio, excepto en los niveles alterados que es baja, y los asientos varían de bajos a medios, e incluso altos en los niveles superficiales meteorizados anteriormente mencionados. Las laderas naturales presentan signos de agrietamiento. En los taludes de excavación se recomienda que las pendientes no superen los 30° de inclinación. Las formaciones (232a) y (231c) constituyen este grupo en la Zona 2.

- GT20. Ofitas

  Este grupo, de muy escasa representación en el Tramo, está constituido por rocas ofíticas muy competentes, que necesitan el uso de explosivos para su excavación. La permeabilidad es baja y la capacidad portante elevada. (213c).

- GT21. Arcillas, yesos y areniscas rojas

  Grupo problemático debido a la plasticidad de sus materiales y a la presencia de sulfatos. Es un conjunto ripable y poco permeable, con riesgo de encharcamientos en zonas de topografía horizontal. La capacidad de carga es baja y los asientos altos. Los taludes aparecen normalmente en situación inestable. Este grupo está compuesto por la formación (213a).

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

La Zona 2 se caracteriza por presentar, dentro de su morfología alomada, una gran variedad en cuanto al relieve se refiere. Los principales obstáculos corresponden a las lomas que forman los "cuerpos" rocosos que aparecen dentro de las arcillas con Tubotomaculum y triásicas, y a los valles excavados por la red de drenaje. En el caso de las lomas, éstas no constituyen serias barreras para el diseño de nuevas carretera, dado que en la mayoría de los casos son montes aislados fácilmente vadeables. Los valles de los ríos y arroyos no presentan grandes diferencias altimétricas, pero puntualmente sí pueden surgir dificultades, debido a las pendientes pronunciadas de las vertientes.

El drenaje suele ser por escorrentía superficial, y solamente en áreas arcillosas de topografía horizontal existe riesgo de encharcamiento. Los yesos presentes en las arcillas triásicas y del Complejo Tectosedimentario son los problemas litológicos más reseñables, junto con la presencia de montmorillonita que confiere un carácter expansivo a las arcillas de este último Complejo. En cuanto a los aspectos geotécnicos más negativos provienen de la inestabilidad de taludes que se originan en las formaciones arcillosas y en las de estructura tipo flysch: en las primeras por deslizamientos y erosión, y en las segundas por erosión diferencial y deslizamientos a causa de la disposición desfavorable entre talud y estratificación. De ello se deduce que son taludes que necesitan conservación. En cuanto al sustrato de apoyo, se plantean serios problemas de capacidad portante y de asientos en todas las formaciones de composición mayoritariamente arcillosa, y en los recubrimientos cuaternarios. Dentro de estos últimos cabe mencionar a los depósitos de marismas, que además de lo problemas que plantean de capacidad portante y de asientos, se suman los derivados de la abundante presencia de materia orgánica y las inundaciones periódicas a que están sometidos.

3.4. ZONA 3: ZONAS DE SIERRAS MONTAÑOSAS Y RELIEVE ACCIDENTADO

3.4.1. Geomorfología

La Zona 3 se extiende por las siguientes Hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000:

Nº	Hoja	Cuadrantes
1073	Vejer de la Frontera	1 (p) y 2 (p)
1074	Tahivilla	3 (p)
1077	Tarifa	1 (p), 2 (p) y 3 (p)
1078	La Línea	4 (p)

En la Figura 3.50 se muestra la extensión y ubicación de la Zona 3 dentro del Tramo, así como la situación de un bloque diagrama y de dos cortes geológico esquemáticos realizados en la misma.

Está constituida, en su mayor parte, por los materiales más resistentes de todo el Tramo, es decir, por las Areniscas del Aljibe. Este hecho, unido a que tectónicamente corresponde a la serie más alta, condiciona que la Zona 3 esté configurada por una sucesión de sierras montañosas, que encierran las mayores cotas de todo el Tramo.

Básicamente se han distinguido dos tipos morfológicos, en función de la estructura de los materiales.

El primero de ellos y más frecuente corresponde a las alienaciones montañosas de areniscas, que configuran un paisaje agreste formado por una sucesión de crestones y farallones rocosos. Normalmente son sierras alineadas según orientaciones NW-SE y NE-SW, aunque también se distinguen formas complejas e irregulares, originadas por el plegamiento tan intenso que presentan.

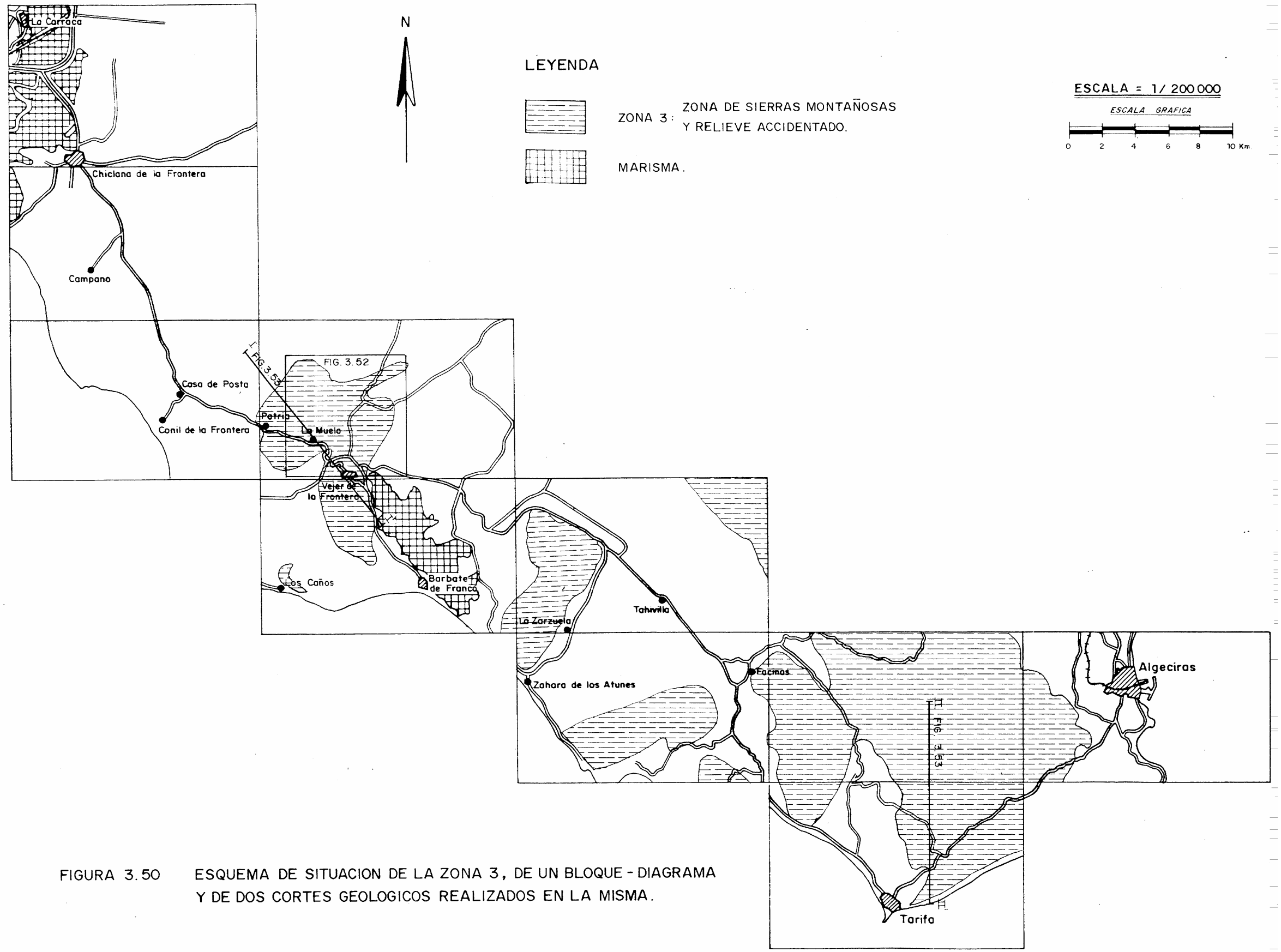


FIGURA 3.50 ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 3, DE UN BLOQUE - DIAGRAMA Y DE DOS CORTES GEOLOGICOS REALIZADOS EN LA MISMA.

La litología, las fuertes pendientes existentes y el clima húmedo de la región, favorecen los procesos de deslizamientos en masa, que se acumulan al pie de los relieves montañosos y son relativamente extensos.

La cota topográfica más alta es de 786 m de altitud y las sierras más significativas son las de la Luna, Ojen, Bujeo, Cabrito, Retín, Fates y la Plata. Los arroyos y ríos que parten de estos relieves tienen cursos rectilíneos y un alto poder erosivo, al salvar fuertes desniveles en distancias relativamente cortas.

El segundo tipo morfológico diferenciado aparece en los montes de La Muela y Veger y en la loma de San Bartolomé. Los dos primeros están constituidos por biocalcarenita y el último por las Areniscas del Aljibe.

La Muela responde a un relieve típico invertido, formado por un sinclinal que se halla coronado por un paquete litológico (biocalcarenitas) más resistente que los materiales del entorno. Como su nombre indica, se trata de un cerro de cima plana, aunque ligeramente deprimido en el centro a causa de su estructura. Los contornos del cerro aparecen muy bien delimitados por escarpes netos y verticalizados. A partir de la base de las biocalcarenitas las laderas se tienden progresivamente hasta enlazar con la zona baja de los valles.

Los otros dos cerros muestran un aspecto monolítico, uniforme y compacto, debido al buzmiento uniforme y monoclinal de las capas. La morfología del monte de Vejer es de tipo "cuesta", con una ladera, la Oeste, mucho más pronunciadas y escarpadas que la Este, ésta última a favor del buzamiento. Por el contrario, la loma de San Bartolomé no llega a presentar una morfología de "cuesta", debido al bajo buzamiento de sus capas, y muestra más bien forma de mesa, basculada hacia el SE.

3.4.2. Tectónica

A excepción de los materiales que aparecen en La Muela y Veger, que son postectónicos, el resto pertenecen a las Unidades del Campo de Gibraltar.

Las Unidades del Campo de Gibraltar presentan una tectónica muy compleja, ya que en la actualidad aparecen como unidades tectónicas de gran extensión, desolidarizadas entre sí y a las que se les supone una importante aloctonía, teniendo en cuenta que no se conoce la raíz de las mismas.

En la presente Zona se han distinguido las siguientes series:

- Complejo Tectosedimentario
- Serie del Aljibe
- Serie de Algeciras-Bujeo
- Serie de Almarchal
- Serie del Tambor

Para algunos autores la serie de Almarchal forma parte de la de Algeciras, que en el algunos puntos ha sido desolidarizada de la misma.

La fase inicial comienza con un acortamiento de dirección N-S a NNW-SSW, en la cual el surco turbidítico cretácico-oligoceno cabalgó sobre la plataforma subbética, produciéndose en ésta última plegamientos e imbricaciones. Esta fase inicial se ha puesto de manifiesto por repeticiones tectónicas dentro de la serie de Almarchal.

La fase principal origina una serie de cabalgamientos en las Areniscas del Aljibe a favor de las arcillas rojas, aunque en algunos casos también llegaron a involucrarse la serie calcárea y el techo de las calizas cretácicas.

Como ya se ha mencionado en la Zona 2, durante esta fase es cuando tuvo lugar la sedimentación de las arcillas con Tubotomaculum.

Las Areniscas del Aljibe se han separado conjuntamente con su serie de base, al menos en la Sierra de Ojen, donde existen afloramientos continuos entre ambos conjuntos.

También durante la fase tangencial principal, las arcillas con Tubotomaculum actúan como nivel de despegue y sufren una gran dislocación tectónica (Figura 3.51).

Con posterioridad a la imbricación de escamas tiene lugar una tectónica de desgarre, cuyo accidente más significativo se produjo paralelo al Estrecho. Este accidente provocó el giro en sentido horario de las extremos orientales de las escamas de las sierras de la Palma, Bujeo y los Calabozos. Oliver (1978) dató esta fractura en el Burdigaliense, y supuso para la misma un salto de 50 km.

Durante la fase de desgarre se produjo el deslizamiento gravitacional de las escamas más elevadas sobre las arcillas con Tubotomaculum, originándose las actuales sierras de La Plata, Retín, Enmedio, etc.

A continuación tuvo lugar una fase de retrocabalgamientos, cuya dirección de acortamiento es idéntica a la de la primera fase de imbricación, pero el sentido de vergencia es justa- mente el opuesto. Estas estructuras se observan en la Hoja de Tarifa en las Sierras de Salaviciosa y de Enmedio, cuyo borde oriental aparece invertido, retrocabalgando a las arcillas con Tubotomaculum y a la serie de Almarchal. También en esta fase pudieron originarse los pliegues de la Sierra de Fates y el arqueamiento de las estructuras de la Sierra de Salaviciosa, Fates y de Enmedio.

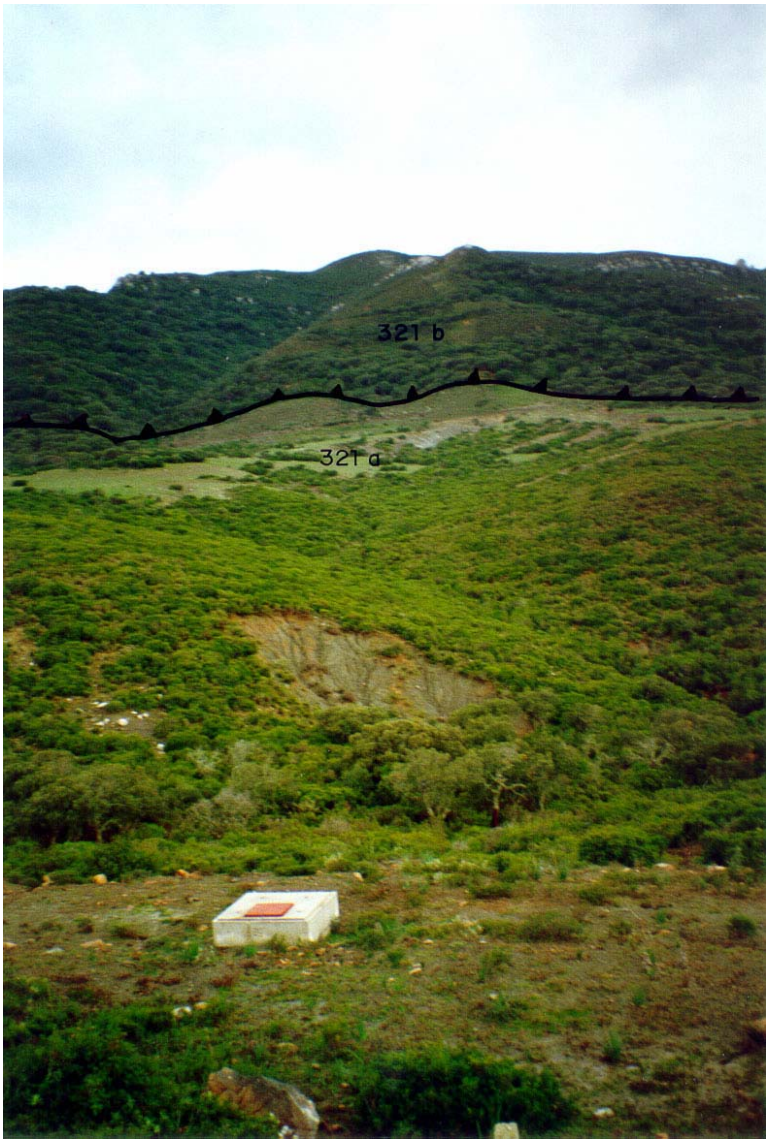


Figura 3.51. Cabalgamiento entre las arcillas del grupo (321a) y las areniscas del Aljibe. Sierra de Salaviciosa (Hoja:1077-1).

La fase principal de imbricación, así como la de retrocabalgamientos están relacionadas con el avance del bloque de Alborán hacia el WSW.

Seguidamente, acaece una fase compresiva con dirección NNW-SSE que solamente se ha identificado en las inmediaciones del Estrecho. Aparece relacionada con el emplazamiento del conjunto Bujo-Cabrito y la Unidad de Algeciras. Esta última Unidad parece haber sido poco afectada por la etapa de retrocabalgamientos y la mayoría de sus pliegues pertenecen a esta fase. Son pliegues en acordeón que algunos de ellos han evolucionado por aplastamiento y resbalamiento en relación con los niveles de despegue.

También el conjunto Bujo-Cabrito se observan pliegues en acordeón que afectan a series invertidas previamente durante la fase de retrocabalgamientos.

Esta misma fase parece ser la responsable de la verticalización de la Sierra de la Plata y de su serie de base en las inmediaciones del Puerto de Bolonia. Los pliegues e imbricaciones generados en las dos fases anteriores se invierte y vuelcan hacia el NW.

Por último actuó una tectónica distensiva durante el Mioceno Superior, generándose las diferentes cuencas subsidentes que aparecen en diversos lugares de las Béticas y del Rif. La apertura del Estrecho se produjo durante el Messiniense, a partir de la reactivación de alguna fracturas con dirección ENE. El Estrecho corresponde a un graven, que irrumpe el arco de Gibraltar, con una dirección perpendicular a él.

La Neotectónica viene marcada por una fase compresiva, que se mantiene en la actualidad desde su inicio en el límite Neógeno-Cuaternario.

Accidentes antiguos que bordean Las Sierras de la Plata y San Bartolomé puede que se mantengan activos durante el Cuaternario, favoreciendo la formación de los coluviones que aparecen al pie de las mismas.

Los materiales de La Muela y del monte de Vejer presentan dos pliegues fundamentales: el sinclinal de La Muela y el anticlinal de Vejer-Caños de Meca. Las direcciones de los ejes son N-S y NE-SW. Existen dos sistemas evolutivos para explicar estas deformaciones. Benkhelil (1976) propone la existencia de dos fases de deformación para la cobertera mio-pliocena. La primera de tipo distensivo, de edad miopliocena, y la segunda compresiva, de edad finipliocena. Por otro lado, Virguier (1974) señala que el plegamiento tuvo lugar durante el Mioceno final-Plioceno, simultáneamente al levantamiento de la Zonas Bética y Subbética.

En la Figura 3.52 se muestra un bloque diagrama y en la Figura 3.53 dos cortes geológicos esquemáticos, todos ellos representativos de la Zona 3.

3.4.3. Columna estratigráfica

Los diferentes grupos litológicos presentes en la Zona 3 son los señalados con un asterisco (*) en la Figura 3.54.

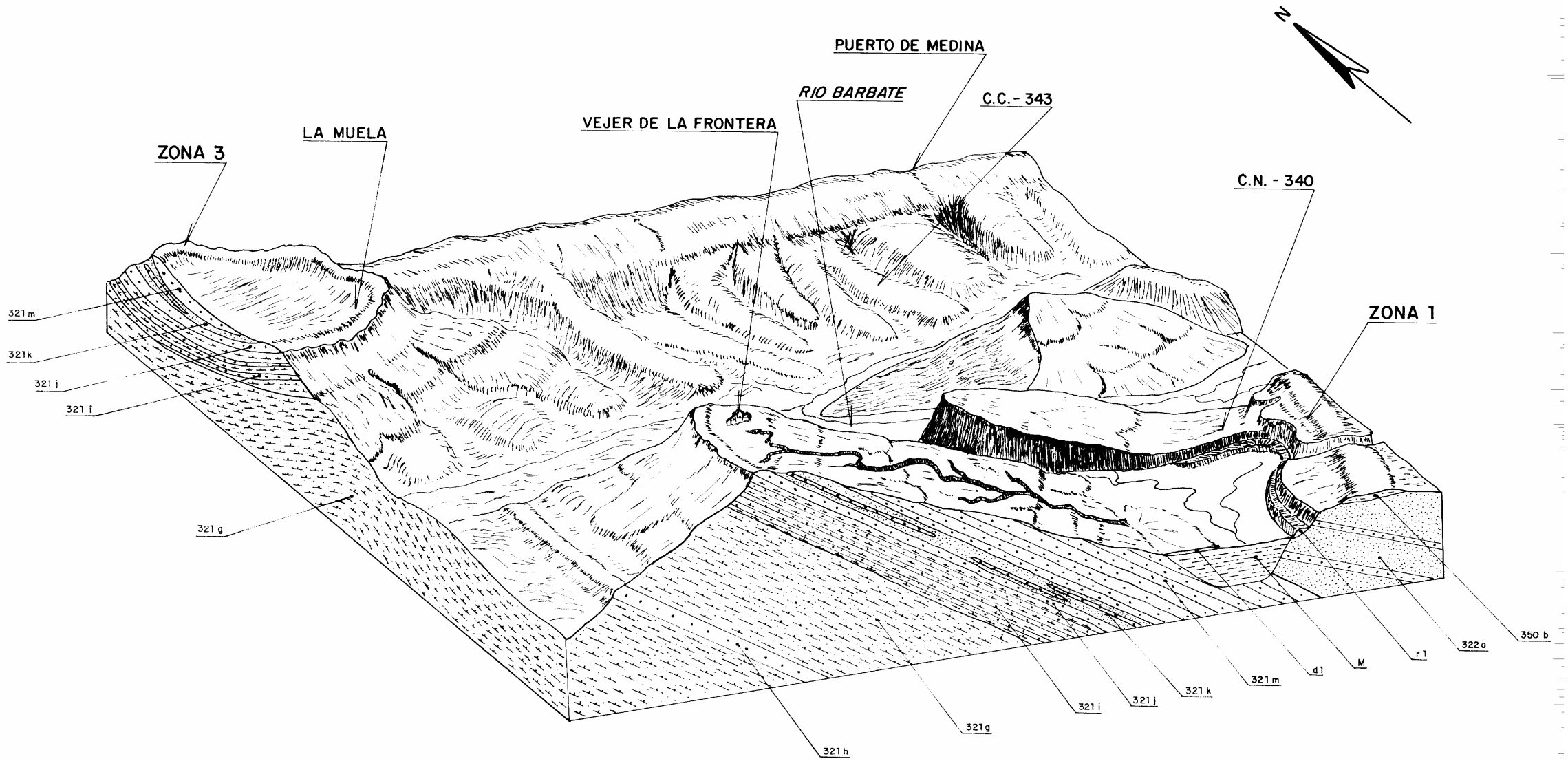
3.4.4. Grupos litológicos

ALUVIAL FINO, (A1)

Este grupo está descrito en la Zona 1, al ser más representativo de la misma.

ALUVIAL GRUESO, (a2)

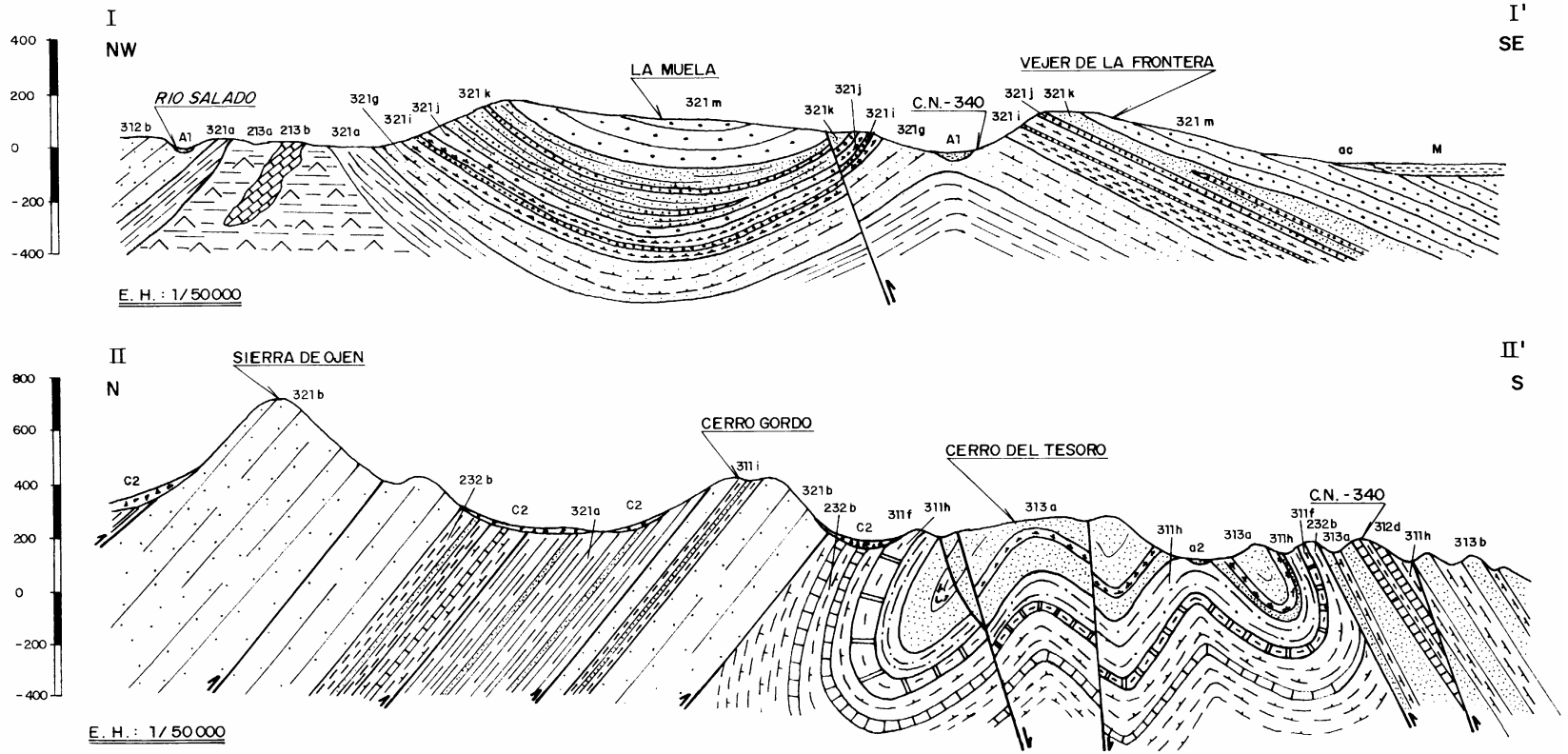
Este grupo esta descrito en la Zona 2, al ser más representativo de la misma.



LEYENDA

d1 :	CONO DE DEYECCION. LIMOS, ARENAS, ARCILLAS Y CANTOS.
M :	MARISMA. LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS, CON ABUNDANTE MATERIA ORGANICA.
r1 :	NIVEL MARINO. LIMOS Y ARCILLAS CON NIVELES ARENOSOS.
350 b :	ARENAS Y GRAVILLAS CON MATRIZ ARCILLOSA.
322 a :	ARENAS AMARILLAS CON INTERCALACIONES DE BIOCALCARENITAS.
321 m :	BIOCALCARENITAS.
321 k :	ALTERNANCIA IRREGULAR DE BIOCALCARENITAS Y ARENAS FOSILIFERAS.
321 j :	BIOCALCARENITAS.
321 i :	ALTERNANCIA IRREGULAR DE MARGAS Y BIOCALCARENITAS.
321 h :	BIOCALCARENITAS.
321 j :	MARGAS ARENOSAS AZULES.

FIGURA 3.52 BLOQUE-DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LAS ZONAS 1 y 3



LEYENDA

A1 ALUVIAL. LIMOS, ARCILLAS, ARENAS Y GRAVAS.
a2 ALUVIAL. GRAVAS Y BOLOS POLIGENICOS CON MATRIZ ARENO - LIMOSA.
ac ALUVIO - COLUVIAL. ARENAS LIMOSAS CON CANTOS DISPERSOS.
C2 MASAS DESLIZADAS. BLOQUES Y CANTOS CON MATRIZ ARCILLOSA.
M MARISMA. LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS CON ABUNDANTE MATERIA ORGANICA.
321m BIOCALCARENITAS.
321k ALTERNANCIA IRREGULAR DE BIOCALCARENITAS Y ARENAS FOSILIFERAS.
321j BIOCALCARENITAS.
321i ALTERNANCIA IRREGULAR DE MARGAS Y BIOCALCARENITAS.
321g MARGAS ARENOSAS AZULES.
321b ARENISCAS DEL ALJIBE CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS.
321a ARCILLAS CON TUBOTOMACULUM Y ARENISCAS.
313b ALTERNANCIA IRREGULAR DE MARGAS Y ARENISCAS MICACEAS.
313a ALTERNANCIA IRREGULAR DE ARENISCAS MICACEAS, SILICEAS Y MARGAS.
312d ALTERNANCIA TIPO FLYSCH DE CALIZAS Y ARCILLAS.
311i ARCILLAS ROJAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS CALCAREAS FERRUGINOSAS.
311h ARCILLAS Y ARENISCAS.
311f CALIZAS CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS.
232b ARCILLAS MARGOSAS Y CALIZAS DE ALMARCHAL.
213b DOLOMIAS.
213a ARCILLAS, YESOS Y ARENISCAS.

CORTES GEOLOGICOS ESQUEMATICOS DE LA ZONA 3

FIGURA 3.53

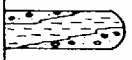
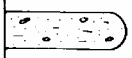
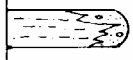
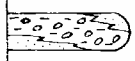
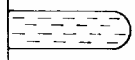
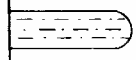
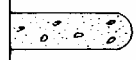
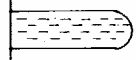
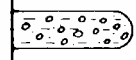
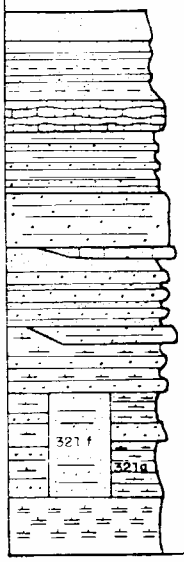
CUATERNARIO Y PLIO-CUATERNARIO				
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Aluvial. Limos, arcillas, arenas y gravas.	CUATERNARIO	A1	GT1
	* Aluvial. Gravas y bolos poligenicos con matriz areno-limosa.	CUATERNARIO	a2	GT1
	Eluvial. Arenas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	v	GT6
	Aluvio-Coluvial. Arenas limosas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	ac	GT6
	* Coluvion. Limos, arenas, arcillas, cantos y bloques.	CUATERNARIO	c1	GT7
	* Masas Deslizadas. Bloques y cantos con matriz arcillosa.	CUATERNARIO	C2	GT7
	Cono de Deyeccion. Limos, arenas, arcillas y cantos.	CUATERNARIO	d1	GT6
	* Cono de Deyeccion. Cantos y bloques con matriz arcillo-limosa.	CUATERNARIO	D2	GT7
	Abanico Aluvial. Arenas arcillosas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	AA	GT6
	Lacustre. Arcillas grises.	CUATERNARIO	L	GT8
	Terraza Fluvial. Gravas poligenicas con matriz areno-limosa.	CUATERNARIO	ta	GT2
	Marisma. Limos, arcillas y arenas con abundante materia organica.	CUATERNARIO	M	GT3
	Nivel Marino. Limos y arcillas con niveles arenosos.	CUATERNARIO	r1	GT3
	Cordon Litoral. Arenas, gravas y conchas, parcialmente cementadas.	CUATERNARIO	r2	GT4
	Depositos Litorales. Arenas finas.	CUATERNARIO	R3	GT9
	Palustre. Arcillas, limos y arenas.	CUATERNARIO	P	GT8
	Manto Eolico. Arenas finas.	CUATERNARIO	e	GT9
	Dunas. Arenas finas mal clasificadas.	CUATERNARIO	DE	GT9
	Dunas Cementadas. Arenas finas cementadas, mal clasificadas.	CUATERNARIO	DEC	GT9
	Playa. Arenas finas con algunas gravas dispersas.	CUATERNARIO	RE	GT9
	Terraza Marina. Conglomerado de gravas calcareas y restos de conchas.	CUATERNARIO	TR1	GT4
	Terraza Marina. Arenas arcillosas con algunas gravas dispersas.	CUATERNARIO	TR2	GT5
	* Gravas y bolos poligenicos con matriz arcillosa.	PLIO-CUATERNARIO	350a	GT2
	Arenas y gravillas con matriz arcillosa.	PLIO-CUATERNARIO	350b	GT5

FIG. 3. 54.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 3

MATERIALES POSTOROGENICOS

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Arenas verdes con fosiles.	PLIOCENO	322 d	GT 10
	Arenas finas con intercalaciones de arcillas y areniscas.	PLIOCENO	322 c	GT 10
	Calizas blanquecinas pulverulentas.	PLIOCENO	322 b	GT 19
	Arenas amarillas con intercalaciones de biocalcarenitas.	PLIOCENO	322 a	GT 11
	* Biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 m	GT 12
	Calizas arenosas.	MIOCENO SUPERIOR	321 l	GT 17
	* Alternancia irregular de biocalcarenitas y arenas fosiliferas.	MIOCENO SUPERIOR	321 k	GT 11
	* Biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 j	GT 12
	* Alternancia irregular de margas y biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 i	GT 14
	* Biocalcarenitas.	MIOCENO SUPERIOR	321 h	GT12
	* Margas arenosas azules.	MIOCENO SUPERIOR	321 g	GT18
	Arenas finas amarillentas.	MIOCENO SUPERIOR	321 f	GT10
	Margas silíceas blanquecinas.	MIOCENO MEDIO - INFERIOR	321 e	GT 18

COMPLEJO TECTOSEDIMENTARIO MIOCENO

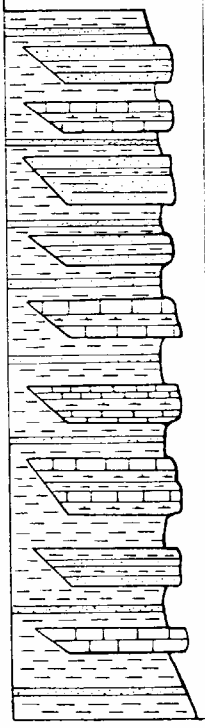
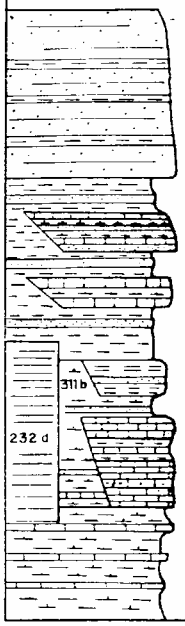
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Areniscas calcareas con intercalaciones arcillosas.	MIOCENO INFERIOR	321 d	GT13
	* Alternancia de calizas granudas, calizas bioclasticas y margas.	MIOCENO INFERIOR	321c	GT17
	Areniscas del Aljibe con intercalaciones arcillosas.	MIOCENO INFERIOR	321 b	GT15
	Areniscas y arcillas.	OLIGOCENO	313 d	GT13
	Alternancia de calizas y margas arenosas.	EOCENO	312 e	GT13
	Alternancia de calizas arenosas y margas.	EOCENO	312 a	GT 13
	Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT14
	Arcillas con intercalaciones de areniscas.	CRETACICO INFERIOR	231 d	G 14
	* Calizas.	JURASICO SUPERIOR	223	GT17
	* Arcillas con Tubotomaculum y areniscas.	MIOCENO INFERIOR	321 a	GT14

FIG. 3.54.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 3 (CONTINUACION)

SERIE DEL ALJIBE

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Areniscas del Aljibe con intercalaciones arcillosas.	MIOCENO INFERIOR	321 b	GT 15
	* Alternancia de margas, areniscas y calizas.	OLIGOCENO	313 c	GT 13
	* Alternancia de calizas y margas arenosas.	EOCENO	312 e	GT 13
	* Arcillas rojas con intercalaciones de areniscas calcareas ferruginosas.	PALEOCENO	311 i	GT 14
	Arcillas margosas con intercalaciones de areniscas.	PALEOCENO	311 e	GT 14
	* Calizas arenosas y arcillas.	PALEOCENO	311 d	GT 13
	* Calizas arenosas.	PALEOCENO	311 c	GT 17
	Margas con intercalaciones de areniscas y calizas.	PALEOCENO	311 b	GT 14
	Arcillas rojas.	CRETACICO SUPERIOR	232 d	GT 18
	* Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT 14

SERIE DE ALGECIRAS - BUJEO

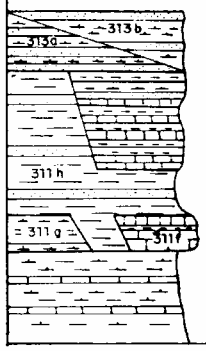
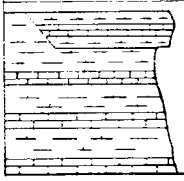
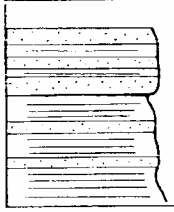
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Alternancia irregular de margas y areniscas micaceas.	OLIGOCENO	313 b	GT16
	* Alternancia irregular de areniscas micaceas siliceas y margas.	OLIGOCENO	313 a	GT16
	* Arcillas, limolitas, calizas y areniscas.	EOCENO	312 f	GT14
	* Alternancia tipo flysch de calizas y arcillas.	EOCENO	312 d	GT13
	* Arcillas y areniscas.	PALEOCENO	311 h	GT14
	Arcillas argilíticas y margas.	PALEOCENO	311 g	GT18
	* Calizas con intercalaciones arcillosas.	PALEOCENO	311 f	GT13
	* Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT14

FIG. 3.54.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 3 (CONTINUACION)

SERIE DE ALMARCHAL

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Alternancia tipo flysch de margas y calizas.	EOCENO	312 c	GT 14
	* Arcillas margosas y calizas de Almarchal	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT 14

SERIE DEL TAMBOR

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Areniscas con intercalaciones esporadicas de arcillas.	CRETACICO INFERIOR	231 b	GT 16
	* Arcillas con intercalaciones de areniscas.	CRETACICO INFERIOR	231 a	GT 14

SUBBETICO

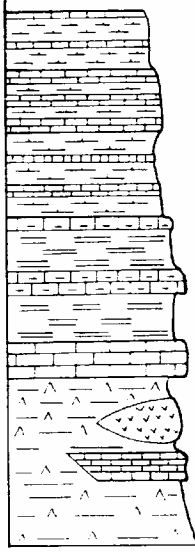
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Alternancia de margas y calizas.	EOCENO	312 b	GT 14
	Alternancia irregular de calizas y margas.	PALEOCENO	311 a	GT 13
	Margas blanquecinas con intercalaciones de calizas.	CRETACICO SUPERIOR	232 a	GT 19
	Alternancia irregular de margocalizas y margas blanquecinas.	CRETACICO INFERIOR	231 c	GT 19
	Calizas, dolomias y margas.	JURASICO INFERIOR	221	GT 17
	Ofitas.	TRIASICO SUPERIOR	213 c	GT 20
	Dolomias.	TRIASICO SUPERIOR	213 b	GT 17
	Arcillas, yesos y areniscas.	TRIASICO SUPERIOR	213 a	GT 21

FIG. 3.54.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 3 (CONTINUACION)

COLUVION, (c1)

- Litología

  Grupo constituido por limos, arenas y arcillas, con cantos y bloques angulosos dispersos, de naturaleza poligénica. La proporción de cantos y bloques con respecto a la matriz es muy variable. Su potencia es inferior a los 3.0 m.

- Estructura

  Depósitos masivos y caóticos, que se adaptan a la superficie topográfica sobre la que se depositan (Figura 3.55).



Figura 3.55. Aspecto de los materiales del grupo (c1), al pie de la ladera sur de la Sierra de la Plata. En este caso la fracción gruesa es bastante abundante. (Hoja:1077-4).

- Geotecnia

  La permeabilidad es media y la escorrentía superficial varía de media a alta, en función de la topografía. Son materiales poco compactos, ripables y erosionables. La capacidad de carga es baja-media y pueden originar asientos diferenciales importantes.

  Los taludes de excavación en estos materiales es recomendable que no superen los 35° de pendiente. En el caso de que el coluvión quede colgado en el talud, la pendiente en estos materiales tendría que ser más tendida que la del resto del desmonte.

MASAS DESLIZADAS, (C2)

- Litología

  Este grupo está constituido por bloques y cantos de areniscas silíceas mayoritariamente, trabados por una matriz arcillosa de tonos claros.

  La potencia de este grupo es superior a los 5.0 m.

- Estructura

  Son materiales deslizados por procesos de solifluxión, cuyo movimiento tiene lugar cuando se saturan en agua y por gravedad se acumulan al pie de las sierras de areniscas. Presentan dos tipos de morfología: la primera de ellas es la típica de estos materiales, es decir, acumulaciones caóticas a modo de orlas rodeando los relieves montañosos. La segunda morfología corresponde a una especie de plataforma más o menos horizontal, dispuesta en la zona de inicio de la masa deslizada, y que debe de corresponder a antiguos niveles de base de los valles. En la primera morfología los sedimentos no presentan estructura interna alguna, sin embargo, en la segunda aparecen con una cierta estratificación, englobando grandes bloques pétreos (Figura 3.56).



Figura 3.56. Detalle, en corte, de los materiales del grupo (C2), en un desmonte de la carretera N-340, situado hacia el P.K.94,500. En la Figura puede apreciarse la estratificación grosera que este grupo presenta en algunas zonas.

- Geotecnia

La característica fundamental de estos materiales corresponde a la posibilidad de que se produzcan deslizamientos cuando se ejecuten acciones sobre ellos, tanto de excavación de desmontes como de apoyo de grandes terraplenes, al variar la pendiente de equilibrio límite que ahora tienen. También es conveniente taquear grandes bloques inestables que aparecen a lo largo de las laderas.

La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles elevados, tanto por la composición de la matriz como por el posible reordenamiento interno de los bloques. La permeabilidad es baja y activa la escorrentía superficial. Son materiales ripables por métodos convencionales.

En la zona donde presentan morfología de plataforma, se han observado taludes artificiales estables, de altura media y con inclinaciones de 30° a 35°.

Los ensayos de identificación y clasificación realizados en estos materiales aportan los siguientes resultados:

- Clasificación USCS= CS-MH
- Clasificación H.R.B.= A-2-4 (0) y A-7-5 (22)
- Límite líquido (LL)= 21.9 - 50.3
- Límite plástico (LP)= 13.8 - 30.8
- Indice de plasticidad (IP)= 8.1 - 19.5
- P.N. (Densidad/Humedad)= 1.10/12.2 - 1.47/26.4

CONO DE DEYECCION GRUESO, (D2)

- Litología

Cantos y bloques de areniscas englobados en una matriz arcillo-limosa de tonos claro.

- Estructura

El mecanismo principal de depósito de estos materiales es por procesos de fluencia de coladas de barro que engloban grandes bloques. Su estructura es masiva y caótica, originadas por la superposición de lóbulos y coladas de barro sucesivas (Figura 3.57).

- Geotecnia

Son materiales poco permeables y con un drenaje superficial medio, fundamentalmente por escorrentía más que por percolación. La capacidad portante es baja y los asientos que pueden originarse son altos, debido a la poca compacidad de sus elementos. Se excavan mecánicamente y son erosionables.

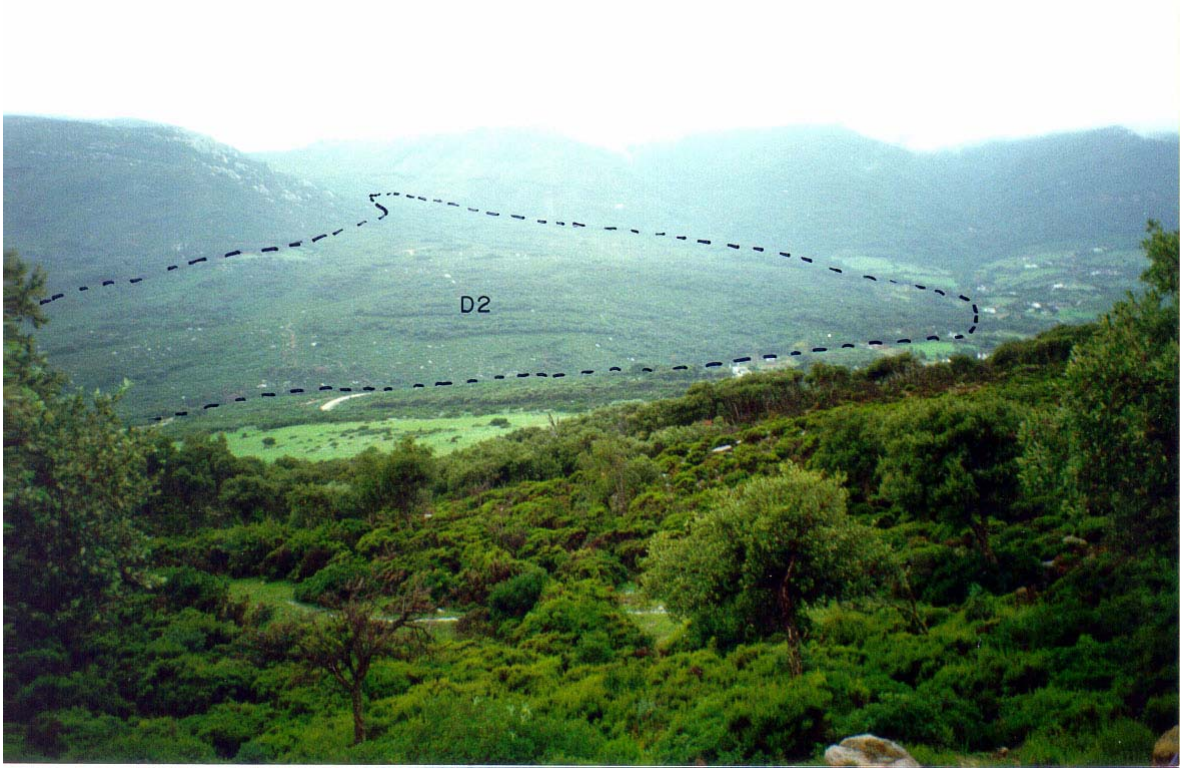


Figura 3.57. Panorámica de un cono de deyección situado entre las Sierras de Salaviciosa y de Enmedio (Hoja:1077-1).

No se han observado taludes de interés, pero los taludes de excavación no deberían superar pendientes mayores de 30º-35º.

RAÑA, (350a)
BIOCALACARENITAS, (321m)

Estos dos grupos se han descrito en la Zona 1, al ser más representativos de la misma.

ALTERNANCIA IRREGULAR DE BIOCALCARENITAS Y ARENAS FOSILÍFERAS (321k) Y BIOCALCARENITAS (321j)

- Litología

Esta formación está compuesta por una alternancia irregular de biocalcarenitas amarillentas y arenas grisáceas, constituidas por granos calcáreos y fragmentos de conchas. Hacia la base aparece, aunque no de forma continua, un banco de biocalcarenitas amarillentas, cuya potencia es del orden de 20 m aproximadamente (Figura 3.58).



Figura 3.58. Desprendimiento en un talud excavado en los materiales del grupo (321i). Camino asfaltado que sube a la Muela, por su lado Este.

- Estructura

El conjunto aparece plegado según series monoclinales de buzamientos suaves, o bien en estructuras sinclinales cerradas, debido a la existencia de terminaciones periclinales en ambos sentidos de su eje. Este último caso se parecía claramente en el sinclinal colgado de La Muela.

- Geotecnia

Grupo ripable y muy permeable debido a su alta porosidad. El drenaje superficial es bueno por percolación. La capacidad portante es media en líneas generales, pero puede disminuir considerablemente en los niveles no cementados (arenas). Los asientos diferenciales se estiman bajos, aunque para tensiones elevadas pueden ser significativos por reordenamiento y rotura de los fragmentos fosilíferos.

Son materiales aptos para utilizarlos de préstamo en obras de carreteras, aunque de difícil acceso.

Los taludes artificiales de alturas medias son inestables, por desmoronamientos de los niveles arenosos, con inclinaciones de 65º.

ALTERNANCIA DE MARGAS Y BIOCALCARENITAS, (321i)

- Litología

Alternancia irregular de margas amarillentas y calcarenitas bioclásticas. Las margas presentan una estratificación masiva y se disponen en bancos de 3 a 4 m de espesor. Las biocalcarenitas tienen estratificación cruzada y aparecen en niveles de 0.2 m a 1.0 m de espesor aproximadamente (Figura 3.59).

- Estructura

Este grupo aparece suavemente plegado en una estructura de sinclinal en La Muela y en un anticlinal en el monte de Vejer.

- Geotecnia

Son materiales excavables por medios mecánicos y con una escorrentía superficial muy activa, debido a las fuertes pendientes topográficas que presenta. La capacidad de carga es de tipo medio y los asientos esperados, en las margas, también medios.

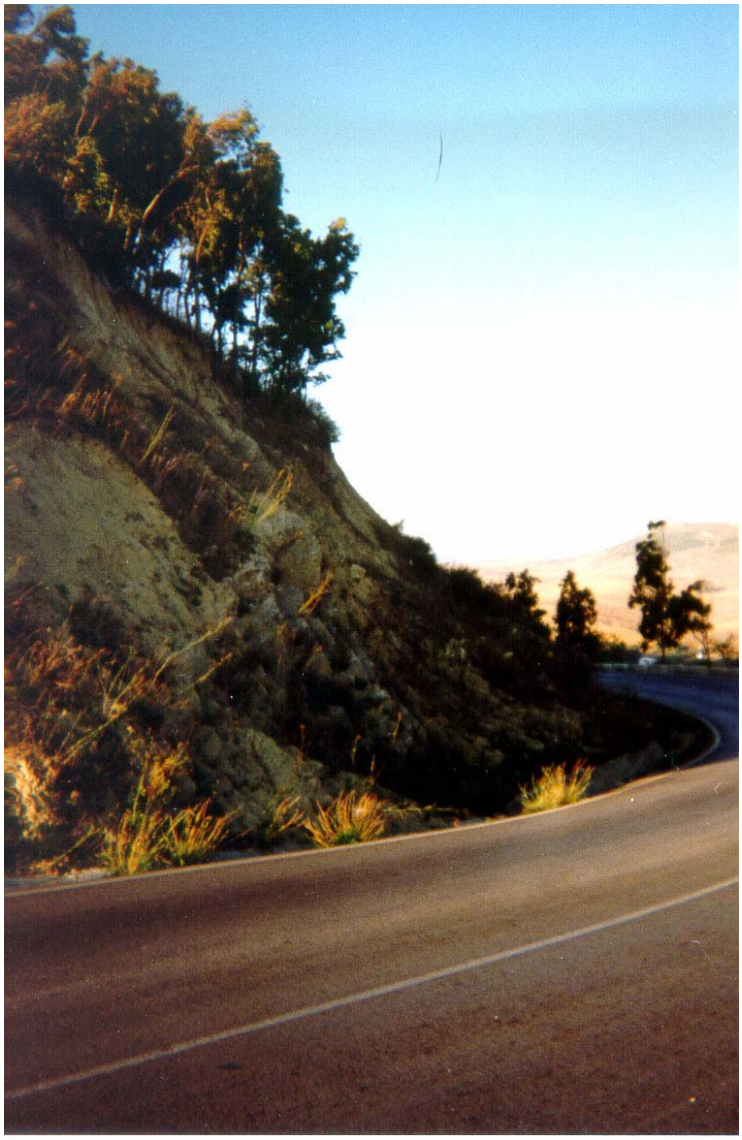


Figura 3.59. Desmonte en los materiales del grupo (321j), en la carretera que asciende a Veger de la Frontera desde la N-340. En este talud se producen desprendimientos por descalce de los niveles competentes.

Se han observado taludes de excavación de alturas medias, inestables por desprendimientos de los niveles competentes de biocalcarenitas por erosión diferencial, y con inclinaciones comprendidas entre 45° y 55°. En los casos observados la estratificación buza en sentido contrario a la del talud.

MARGAS ARENOSAS AZULES (321g) CON INTERCALACIONES ESPORADICAS DE BIOCALCARENITAS, (321h).

Este grupo ha sido descrito en la Zona 1.

CALIZAS GRANUDAS, CALIZAS BIOCLASTICAS Y MAGAS, (321c).

Este grupo ha sido descrito en la Zona 2

ARENISCAS DEL ALJIBE CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS, (321b)

- Litología

  Grupo compuesto por areniscas silíceas, de tonos amarillentos y blanquecinos, dispuestas en bancos cuya potencia oscila de orden centimétrico a métrico, y con intercalaciones irregulares de arcillas, que contienen proporciones elevadas de caolinita (Figura 3.60).

  El contenido en cuarzo se estima de un 90 %, los granos son de tamaño grueso, puntualmente conglomeráticos, de formas redondeadas, sin apenas matriz y cementadas muy desigualmente por un cemento silíceo.

- Estructura

  Esta formación constituye el techo del manto del Aljibe, perteneciente, desde el punto de vista estructural, al manto más alto del Complejo del Campo de Gibraltar. Las areniscas del Aljibe también aparecen en forma de grandes bloques dentro de las arcillas del Complejo Tectosedimentario.

  Las areniscas se presentan estructuradas en una sucesión de escamas apiladas, intensamente plegadas, con capas que llegan a la inversión, y afectadas por un gran numero de cabalgamientos y fallas. El tipo de plegamiento que muestran induce a pensar que han tenido un comportamiento relativamente "dúctil".



Figura 3.60. Intercalaciones arcillosas entre las areniscas del Aljibe. Talud en las inmediaciones de Zahara, en la carretera hacia Barbate.

- Geotecnia

  Estos materiales son los que dan lugar y alimentan a las masas deslizadas del grupo (C2), debido a la conjugación de cuatro factores fundamentales: tectónica activa, relieve montañoso, litología y clima templado-húmedo.

Son materiales desigualmente cementados, factor que unido a los cambios de espesor de los estratos confiere al conjunto una excavabilidad muy heterogénea, variando desde ripable a no ripable. En los taludes actuales no se han observado signos de voladura para su excavación. El drenaje superficial es bueno, tanto por escorrentía, debida al alto gradiente topográfico, como por percolación. En zonas poco cementadas son altamente erosionables (Figura 3.61).

La capacidad portante es elevada y los asientos bajos, aunque estos valores varían desfavorablemente en los tramos poco cementados y en los que abundan los niveles arcillosos.

La estabilidad de los taludes artificiales dependerá del buzamiento y orientación de los estratos y diaclasas con respeto a la de los desmontes.

Se han observado taludes de excavación de alturas medias, inestables por caída de cuñas y bloques, y con inclinaciones de 60° a 70°, y taludes de alturas medias, aunque con signos acentuados de erosión, y con inclinaciones de 30° a 35°.

Los resultados de los ensayos son:

- Clasificación USCS= GM
- Clasificación H.R.B.= A-2-4(0)
- Límite líquido (LL)= -
- Límite plástico (LP)= -
- Indice de plasticidad (IP)= N.P.(No plástico)
- P.N.(Densidad/Humedad)= 1.91/9.4



Figura 3.61. *Erosión en los bancos de areniscas del Aljibe, en un talud situado en el P.K. 49,000, de la carretera N-340. Las oquedades y hendiduras se suelen rellenar con bloques de biocalcarenitas.*

ARCILLAS CON TUBOTOMACULUM Y ARENISCAS, (321a)

Este grupo ha sido descrito en la Zona 2, al ser más representativo de la misma.

MARGAS, ARENISCAS Y CALIZAS, (313c)

- Litología

Grupo constituido por una alternancia irregular de margas ocres, areniscas micáceas de tonos marrones y calizas microcristalinas grisáceas, laminadas internamente y estratificadas en bancos de 0.2 m a 0.4 m de espesor (Figura 3.62).



Figura 3.62. Pequeño afloramiento de los niveles calcáreos del grupo (311c), localizado al sur del cerro Benitez.(Hoja:1077-4)

- Estructura

El conjunto presenta una estructura muy compleja, debido a que se halla afectado por un intenso plegamiento y un sistema importante de fracturas. Las capas, que en algunos puntos aparecen invertidas, presentan buzamientos superiores a los 30º.

- Geotecnia

  El drenaje superficial es activo y la mayor parte del mismo se realiza por escorrentía superficial, y, en menor medida, por infiltración. La capacidad portante es elevada y los asientos previsibles pequeños. No es necesario el uso de explosivos para su excavación.

  No se han observado taludes de excavación significativos. La estabilidad de los mismos dependerá fundamentalmente de la orientación de los desmontes con respecto a la de los estratos, así como de la magnitud del buzamiento y sentido de buzamiento de los mismos.

MARGAS Y ARENISCAS MICACEAS, (313b)

- Litología

  Alternancia irregular de margas grises nodulosas, con intercalaciones de areniscas micáceas cementadas por carbonatos. Las areniscas se disponen muy irregularmente, desde niveles aislados de 0.5 m de espesor hasta bancos de 30 m de potencia (Figura 3.63).

- Estructura

  Presentan un plegamiento homogéneo según una dirección estructural NE-SW y buzamientos del orden de 45° hacia el SE.

- Geotecnia

  Los materiales de este grupo presentan una gran disparidad en cuanto a su ripabilidad. Los tramos alternantes de margas y areniscas finas sí son ripables, mientras que los bancos potentes de areniscas presentan una ripabilidad marginal o es preciso el uso de explosivos para su excavación. El drenaje superficial se realiza en su mayoría por la buena escorrentía superficial que muestran, y en los tramos areniscosos también por infiltración. La disposición de los materiales da lugar a la formación de un acuífero multicapa, donde los tramos más o menos permeables de areniscas se hallan divididos por los niveles margosos poco permeables. La capacidad de carga varía de media en los tramos margosos a alta en los de areniscas, y los asientos previsibles varían de bajos y medios a nulos respectivamente.



Figura 3.63. Paisaje típico que origina los materiales del grupo (313b). Vista desde el P.K. 91,000 hacia el Sur. Al fondo, las costas de Marruecos.

Los taludes de excavación se recomienda que las pendientes no superen los 45º, aunque cabe la posibilidad de que se originen desplomes de bloques de areniscas por erosión diferencial de las margas.

ARENISCAS MICACEAS, ARENISCAS SILICEAS Y MARGAS, (313a)

- Litología

  Alternancia irregular de areniscas micáceas con cemento calcáreo, areniscas silíceas similares a las del Aljibe y margas grises nodulosas. Las areniscas micáceas se disponen en niveles que oscilan desde 0.2 m a 20 m de espesor, y las silíceas desde bancos métricos aislados hasta secuencias decamétricas. La distribución espacial de los niveles es muy irregular, de modo que hay zonas en que predominan las areniscas y otras donde predominan las margas.

- Estructura

  El conjunto aparece en el núcleo de la estructura cerrada que limitan los grupos (311e) y (312d). La deformación que muestran es similar a la de aquellos grupos, es decir, una sucesión de sinclinales y anticlinales apretados, afectados por numerosas fallas.

- Geotecnia

La morfología abrupta de este grupo facilita el drenaje a través de una escorrentía superficial activa (Figura 3.64).

El drenaje por percolación puede ser importante en las areniscas, tanto por la porosidad como por la fracturación de las mismas. La capacidad de carga es muy variable, desde media en las margas a alta en los dos tipos de areniscas. Asimismo los asientos previsibles en las margas oscilan desde medios hasta altos, éstos últimos en niveles superficiales alterados, y nulos en las areniscas. La ripabilidad se estima marginal y no ripable en los tramos de areniscas, y fácilmente ripable en las margas.



Figura 3.64. Panorámica de grupo (313a) en el cerro del Tesoro, visto hacia el Norte desde el P.K. 89 de la N-340.

Los taludes de excavación no presentan un comportamiento homogéneo. Se han observado taludes de alturas medias estables, con dos bermas intermedias (de unos 2.0 m de anchura cada una) y pendientes, entre bermas, de 35º (Figura 3.65). La estabilidad de los desmontes dependerá de la orientación del corte con respecto a la de los estratos.

ARCILLAS, LIMOLITAS, CALIZAS Y ARENISCAS, (312f)

- Litología

  Grupo compuesto por una alternancia irregular de arcillas rojas, limolitas verdosas, calizas grisáceas y areniscas, dispuestas en niveles centimétricos (Figura 3.66).



Figura 3.65. Desmonte excavado en los materiales del grupo (313a), con dos bermas intermedias, situado en la variante de Tarifa de la N-340.

- Estructura

  Conjunto tectónicamente complejo, afectado por numerosas fallas y cabalgamientos.

  Geotecnia

  Es un grupo escasamente permeable y con un drenaje superficial aceptable por escorrentía, aunque puntualmente puede ser malo debido a la presencia de zonas de topografía poco pronunciada. La capacidad portante y los asientos se consideran de tipo medio. El conjunto es ripable.

Se han observado taludes de alturas medias, inestables y con pendientes de 70º.



Figura 3.66. Desprendimientos en un talud gunitado, excavado en los materiales del grupo (312f). Carretera local que bordea la costa de Algeciras a Punta Carnero (Hoja:1078-4).

CALIZAS Y MARGAS ARENOSAS, (312e)

- Litología

Conjunto constituido por una alternancia irregular de calizas bioclásticas y margas arenosas, estratificado en niveles de 0.1 a 0.5 m de espesor.

- Estructura

En el Complejo Tectosedimentario aparecen en afloramientos aislados de formas alargadas y con buzamientos no superiores a los 60º generalmente. Por el contrario, en la Serie del Aljibe muestran un plegamiento intenso (estructura sinclinal en la Sierra de la Higuera. Hoja n 1077-4) y afectado por un gran número de fracturas (Figura 3.67).



Figura 3.67. Pequeño afloramiento de los materiales del grupo (312e), en la Sierra de la Higuera. (Hoja:1077-4)

- Geotecnia

Este grupo se excava por medios mecánicos normales y tiene una capacidad de carga media y unos asientos bajos. La permeabilidad es media y el drenaje superficial es bueno por escorrentía.

Los taludes excavados en estos materiales admitirán pendientes pronunciadas, excepto en el caso que el desmonte discurra paralelo a la dirección de las capas y éstas bucen en el mismo sentido que el talud. La incidencia de este grupo en el trazado de futuras vías de comunicación es escasa.

ALTERNANCIA DE CALIZAS Y ARCILLAS, (312d)

- Litología

  Este grupo corresponde al llamado Flysch calcáreo de la Unidad de Algeciras y está formado por una alternancia centimétrica de calizas microcristalinas, de color gris claro, y arcillas rojas (Figura 3.68).

- Estructura

  La estructura de este grupo es muy compleja debido a que se halla afectado por numerosos pliegues, fallas y cabalgamientos. Los valores de los buzamientos, normales e invertidos, suelen estar comprendidos entre los 30° y los 60°.

- Geotecnia

  Son excavables fácilmente y tanto la capacidad de carga como los asientos se consideran de tipo medio. La permabilidad es baja debido a que los niveles arcillosos impiden el paso fluido del agua. La escorrentía superficial es buena a causa de la topografía favorable que presentan.

  Aunque la estabilidad de los taludes depende de la estructura de los materiales, se han observado taludes de alturas medias, estables y con inclinaciones de 45°. En tramos donde las capas tengan buzamientos muy pronunciados pueden producirse procesos de toppling y de pandeo.



Figura 3.68. Detalle de la estratificación de los materiales del grupo (312d), en una cantera abandonada situada en el P.K.86,000, de la carretera N-340.

En este grupo existen numerosas canteras, actualmente abandonadas, para la utilización de los niveles de caliza como roca ornamental.

ARCILLAS ROJAS Y ARENISCAS, (311i)

- Litología

Conjunto constituido por arcillas de tonos rojizos con intercalaciones esporádicas de areniscas. Las arcillas son masivas, aunque en algunas zonas la compactación ha producido una seudoestratificación en niveles centimétricos o una disyunción concoidea. La areniscas son de composición calcárea, de grano fino, de color rojo ferruginoso y estratificadas en bancos no superiores a 1.0 m de espesor.

- Estructura

  Normalmente se sitúan en la base de la mayoría de las sierras montañosas, aunque son poco visibles debido al carácter arcilloso de la formación y a los coluviones que las recubren. La estructura del grupo puede llegar a ser muy compleja, debido a que constituyen el nivel de despegue más frecuente de los cabalgamientos (Figura 3.69).

- Geotecnia

  Debido a su composición mayoritariamente arcillosa la permeabilidad es muy baja. La escorrentía superficial varía de alta a media, en función de la posición topográfica que ocupe. La excavabiliad es fácil, y la capacidad de soporte se estima baja globalmente y los asientos previsibles altos.

  Los taludes excavados en estos materiales pueden producirse deslizamientos para inclinaciones superiores a los 30° o 35°. Asimismo, si la concentración de niveles de areniscas son importantes, es de esperar la aparición de desplomes de los niveles competentes, por erosión diferencial de las arcillas.

  Los resultados de los ensayos realizados en estos materiales son los siguientes:

  - Clasificación USCS: CL
  - Clasificación H.R.B.= A-7-5(23)
  - Límite líquido (LL)=43.7
  - Límite plástico (LP)= 20.9
  - Indice de plasticidad (IP)= 22.8
  - P.N.(Densidad/Humedad)= 1.58/18.7



Figura 3.69. Detalle de los niveles de areniscas del grupo (311i), en un pequeño afloramiento localizado al pie de cerro La Goma (Hoja:1074-3).

ARCILLAS Y ARENISCAS, (311h)

- Litología

  Este grupo está formado por arcillas margosas de colores grises oscuros y verdosos, con intercalaciones de areniscas calcáreas. El conjunto presenta un aspecto de tipo flysch, dispuesto en capas centimétricas (Figura 3.70).



Figura 3.70. Talud, con una berma intermedia, excavado en los materiales del grupo (311h), en la variante de Tarifa de la carretera N-340. Obsérvese el aspecto tipo flysch que presentan en este afloramiento.

- Estructura

  Esta formación presenta dos tipos de plegamientos: uno complejo, plegado en una serie de anticlinales y sinclinales de dirección E-W, y otro uniforme de orientación NE-SW y buzamientos comprendidos entre 30º y 60º hacia el SE.

- Geotecnia

  Son materiales fácilmente excavables y con buena escorrentía superficial favorecida por las pendientes topográficas pronunciadas que presentan. La capacidad de carga es baja y los asiento previsibles medios-altos.

  Se han observado taludes de alturas medias, estables, con una berma intermedia y pendientes de 35º.

CALIZAS CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS, (311f)

- Litología

  Se trata de una banda de calizas arenosas, de tonos grisáceos y estratificadas en niveles de 0.5 m a 1.0 m de espesor, alternándose con niveles de arcillas rojas y verdes.

- Estructura

  Forma parte de una estructura compleja, constituida por una sucesión de sinclinales y anticlinales fallados, de dirección aproximada E-W, cuyo flanco norte aparece invertido.

- Geotecnia

  Presentan un buen drenaje superficial por escorrentía, aunque parte del mismo también se realiza por percolación a través de los niveles calcáreos. Son materiales ripables, y puntualmente ripables marginalmente. La capacidad de carga es elevada, excepto en los niveles arcillosos que es baja y pueden producirse asientos diferenciales significativos.

  Los taludes excavados en estos materiales admiten pendientes pronunciadas, aunque lógicamente la estabilidad de los mismos dependerá de la estructura (dirección y buzamiento) de los estratos.

CALIZAS ARENOSAS Y ARCILLAS, (311d)

- Litología

  Corresponde a un nivel intermedio localizado entre las calizas del grupo (311c) y que aparece de forma muy esporádica. Está constituido por una alternancia irregular de calizas arenosas grisáceas y arcillas de tonos marronáceos, estratificado todo el conjunto en niveles inferiores a los 0.5 m de espesor (Figura 3.71).



Figura 3.71. Afloramiento parcialmente recubierto del grupo (311d), en Sierra de la Higuera (Hoja:1077-4)

- Estructura

  La banda cartografiada tiene una orientación E-W y WNW-ESE y buzamientos de 40 º al S.

- Geotecnia

  Son materiales ripables y poco permeables. La capacidad de carga es media y los asientos previsibles bajos, excepto en los niveles arcillosos, que pueden ser significativos.

  No se han observado taludes de interés.

CALIZAS ARENOSAS, (311c)

- Litología

  Se trata de calizas arenosas de aspecto granudo, microcristalinas, de tonos grisáceos y estratificadas en niveles de 0.2 m a 1.0 m de espesor. Las superficies de estratificación son alabeadas debidas a procesos de deformación hidroplástico (Figura 3.72).



Figura 3.72. Detalle de la estratificación alabeada de las calizas del grupo (311c). Sierra de la Higuera.

- Estructura

  Corresponde a una banda que se sitúa entre la base de la serie del Aljibe y las facies de Almarchal. Su estructura es compleja con direcciones y sentidos de buzamientos variables, en función de la orientación de los esfuerzos principales. La magnitud del buzamiento es del orden de los 40°.

- Geotecnia

  Es un grupo ripable a pesar de su litología compacta, debido al escaso espesor de las capas. El drenaje superficial es de tipo medio y se realiza por infiltración y por escorrentía. La capacidad portante es alta y los asientos previsibles insignificantes. En los taludes naturales se producen desprendimiento de bloques de caliza, al quedar descalzados por erosión diferencial de los materiales subyacentes.

ARCILLAS MARGOSAS Y CALIZAS DE ALMARCHAL, (232b)

Este grupo ha sido descrito en la Zona 2.

ARENISCAS Y ARCILLAS, (231b)

- Litología

  Areniscas de grano fino, de tonos marrones, amarillentos y verdosos, con granoclasificación y laminación paralela, estratificadas en bancos métricos, y con intercalaciones esporádicas de arcillas grisáceas.

- Estructura

  El conjunto aparece plegado en una estructura de sinclinal, de dirección NNW-SSE y buzamientos comprendidos entre 60° y 90°. El afloramiento está incluido dentro de los materiales de la Serie Algeciras-Bujeo, y se halla limitado, tanto a muro como a techo, por sendos cabalgamientos.

- Geotecnia

  Son materiales permeables, a excepción de los niveles arcillosos que compartimentan a la formación en diferentes acuíferos desconectados entre sí. El drenaje es bueno, tanto por escorrentía superficial favorecida por la topografía abrupta, como por percolación a través de diaclasas y de la porosidad. La ripabilidad varía de difícilmente a no ripable, la capacidad de carga es elevada y los asientos en general prácticamente nulos.

  No se han observado taludes de interés, pero pueden admitir pendientes pronunciadas en función de la disposición de los materiales.

ARCILLAS Y ARENISCAS, (231a)

- Litología

  La naturaleza de la litología de este grupo es similar a la del grupo anterior (231b), únicamente varía la proporción de los materiales. En este caso predominan las arcillas de tonos grisáceos, mientras que las areniscas aparecen intercaladas en niveles de 0.5 a 1.0 m espesor.

- Estructura

  Presenta la misma estructura que la del conjunto (231b), siendo el contacto concordante entre ambas unidades.

- Geotecnia

  Los tramos arcillosos son fácilmente ripables, mientras que los niveles de areniscas son difícilmente ripables cuando se concentran en bancos de cierto espesor. El drenaje se realiza por escorrentía superficial y, además, por infiltración en los bancos areniscosos. La permeabilidad es variable y compleja, ya que alternan niveles impermeables con permeables, dando origen a acuíferos colgados y cautivos. La capacidad portante es baja y los asientos altos, excepto en los niveles de areniscas, donde mejoran considerablemente dichos parámetros geotécnicos.

  No se han observado taludes de interés, pero en los desmontes excavados en ellos se recomienda cuidar el drenaje de los niveles permeables, a fin de que la circulación de agua no introduzca inestabilidades ni desperfectos en el talud. También es presumible que se produzcan desplomes de los niveles rocosos por erosión diferencial de los tramos blandos (margosos).

CALIZAS, (223)

- Litología

  Calizas microcrisalinas de tonos blanquecinos, estratificadas en niveles centimétricos y con intercalaciones esporádicas de margas.

- Estructura

  Este bloque jurásico incluido dentro de las arcillas del grupo (321a), aparece muy fracturado y plegado según una orientación NW-SE y con buzamientos inferiores a los 60° hacia el NE (Figura 3.73).

- Geotecnia

Son materiales ripables, con una capacidad de carga media-alta y asientos bajos o nulos. Su drenaje es bueno, por escorrentía superficial y por infiltración en la vertical a través de discontinuidades.

No se han observado taludes de interés. La incidencia de este grupo en el Tramo es muy escasa, dada la reducida extensión que presenta.



Figura 3.73. Resalte morfológico constituido por las calizas del grupo (223), en las inmediaciones del paraje Las Caheruelas, junto a la ladera sur de la sierra de Ojen (Hoja:1077-1).

3.4.5. Grupos geotécnicos

Teniendo en cuenta los diferentes grupos litológicos definidos en este Zona 3, así como sus respectivas características geotécnicas, se han definido los siguientes "grupos geotécnicos":

- GT1. Limos, arcillas, arenas y gravas

  Son materiales con niveles freáticos a escasa profundidad e inundables en épocas de avenida. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. En la Zona 3, este grupo lo constituyen las formaciones (A1) y (a2).

- GT2. Gravas y bolos poligénicos con matriz arcillosa

  Conjunto con una permeabilidad baja y un drenaje superficial deficiente. La capacidad de carga es baja y los asientos altos. Se recomienda que los taludes de excavación no sean superiores a los 40º. La formación (350a) en la representante de este grupo en la Zona 3.

- GT7. Limos, arcillas, arenas , bloques y cantos

  Grupo constituido por granulometrías muy heterométricas, formado , en su gran mayoría, por masas deslizadas a partir de procesos de solifluxión, y por coladas de barro. Materiales en situación de equilibrio límite, inestables normalmente bajo la acción del hombre. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Los taludes de excavación no de deben de sobrepasar los 35º de inclinación. En la Zona 3, constituyen este grupo las formaciones (c1), (C2) (D2).

- GT11. Alternancia irregular de biocalacarenitas y arenas fosilíferas

  Grupo ripable, permeable y con un buen drenaje superficial por percolación. La capacidad portante es media, aunque puede disminuir en los niveles no cementados. Los asientos son bajos, pero para tensiones elevadas pueden ser importantes por reordenamiento y rotura de los fragmentos fosilíferos. Los taludes observados son inestables para pendientes de 65º. En la Zona 3, la formación (321k) constituye este grupo.

- GT12. Biocalcarenitas

  Materiales ampliamente utilizados como materiales de préstamo en la construcción de carreteras. Permeables y ripables por medios mecánicos convencionales. La capacidad de carga es alta, aunque para tensiones puntuales elevadas pueden surgir asientos, por rotura y reordenamiento de los fragmentos fosilíferos. Los taludes son estables para pendientes pronunciadas (75º-80º). En la Zona 3, este grupo está compuesto por las formaciones (321m), (321j) y (321h).

- GT13. Alternancia de areniscas, calizas, arcillas y margas

  Este grupo se caracteriza por estar constituido por una alternancia irregular de niveles competentes y permeables (areniscas y calizas) y niveles incompetentes e impermeables. El espesor de los estratos es pequeño, y en algunos casos tienen aspecto de flysch. La escorrentía superficial es activa debido a la topografía alomada de los afloramientos. La capacidad portante varía de baja a alta y los asientos de bajos a altos, éstos últimos en los niveles arcillo-margosos. La inestabilidad en los taludes se puede originar por descalce de los niveles cementados al erosionarse los niveles blandos, y por la disposición desfavorable entre la orientación de los taludes y la de los estratos. En tramos de buzamiento fuerte de los estratos pueden producirse fenómenos de toppling y de pandeo. En la Zona 3, las formaciones (313c), (312e), (312d), (311f) y (311d) constituyen este grupo.

- GT14. Alternancia de arcillas, margas, limolitas, areniscas y calizas

  En este grupo predominan las litologías poco competentes (arcillas y margas) sobre las competentes (areniscas y calizas). El grupo (321a) presenta esporádicamente niveles de yesos. La permeabilidad del conjunto suele ser baja, donde únicamente los niveles pétreos pueden contener agua. La capacidad portante varía de baja a media y los asientos estimados de medios a altos. Las arcillas del grupo (321a) son expansivas y también puntualmente agresivas en los tramos donde aparecen niveles de yesos. La escorrentía superficial depende de la topografía de los afloramientos. En zonas llanas existen problemas de drenaje a causa de la poca permeabilidad del conjunto. Los taludes suelen ser inestables a partir de los 30° de pendiente, asimismo presentan signos de erosión diferencial y acarcavamiento. Este grupo está representado en la Zona 3 por las formaciones (321i), (321a), (312f), (311i), (311h), (232b) y (231a).

- GT15. Areniscas del Aljibe con intercalaciones arcillosas

  Este grupo se caracteriza por constituir las sierras más abruptas del Estudio. El drenaje es alto, tanto por escorrentía superficial como por infiltración. La ripabilidad varía desde ripable a presumiblemente no ripable. Normalmente la capacidad de carga es alta y los asientos nulos, aunque estos valores pueden variar desfavorablemente en los tramos poco cementados y donde se intensifique la presencia de niveles arcillosos. En zonas poco cementadas se erosionan fácilmente. Suelen originar en su base importantes masas deslizadas. La estabilidad de los taludes depende fundamentalmente del grado de fracturación y de la orientación de las discontinuidades (posible formación de bloques y cuñas) con respecto a la de los desmontes. Se han observado taludes de alturas medias, inestables y con inclinaciones de 60° a 70°; en algunos taludes las pendientes se han tendido hasta los 30°. Este grupo se compone únicamente de la formación (321b).

- GT16. Areniscas micáceas, areniscas silíceas, margas y arcillas

  Aunque la distribución de los materiales es irregular, en este grupo suelen predominar los niveles competentes, que llegan a tener potencias decamétricas, sobre los blandos. Son formaciones con un buen drenaje superficial y con una permeabilidad limitada a los niveles areniscosos. La ripabilidad varía desde marginal a no ripable en los tramos rocosos, a fácilmente ripable en los tramos margosos y arcillosos. La capacidad de carga es alta y los asientos nulos en las areniscas, mientras que los tramos margosos y arcillosos tienen una capacidad de baja a media y unos asientos de medios a altos. Los taludes observados precisan de bermas para su estabilidad. Forman este grupo, en la Zona 3, las formaciones (313b) (313a) (231b).

- GT17. Calizas, calizas arenosas, calizas granudas, calizas bioclásticas y niveles de margas

  Grupo calcáreo con una capacidad portante media-alta y asientos nulos o bajos. Son ripables a causa del escaso espesor de los estratos. Buen drenaje tanto en la horizontal como en la vertical. Los taludes tienden a ser inestables por caída de bloques y cuñas. En la Zona 3, este grupo está compuesto por las formaciones (321c), (311c) y (223).

- GT18. Margas areno-limosas

  Conjunto erosionable, alterable y ripable. Permeabilidad baja y con un drenaje que se realiza exclusivamente por escorrentía superficial, la cual es alta. La capacidad de carga suele ser baja y los asientos previsibles altos. Los taludes son inestables para pendientes de 30° y se recomienda protegerlos de la erosión. En la Zona 3, solo la formación (321g) representa a este grupo.

3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

Los problemas más importantes que presenta la Zona 3 son de carácter topográfico, derivados del relieve tan acusado que presenta. Las carreteras proyectadas según una orientación E-W encuentran numerosas dificultades debido a que tienen que salvar verdaderas barreras orográficas, algunas de ellas dispuestas en sentido transversal al desplazamiento. Por otro lado, las masas deslizadas y acumuladas al pie de las sierras plantean grandes problemas de estabilidad, tanto a la hora de excavar desmontes como apoyar terraplenes a media ladera, debido a que la mayoría de dichos sedimentos se hallan en un estado de equilibrio límite. Los problemas de drenaje no son frecuentes, ya que la escorrentía superficial es muy activa; sin embargo, éste último hecho proporciona una erosión intensa e incisiva a los arroyos cerca de sus cabeceras.

En esta zona pueden plantearse problemas de ripabilidad en algunos de los grupos rocosos existentes (calizas y areniscas); puntualmente puede ser necesario el uso de explosivos para excavar los tramos rocosos sanos y poco fracturados.

La litología alternante que presentan numerosas formaciones condiciona un comportamiento heterogéneo de las mismas, de tal modo que las características geotécnicas son muy varia-

bles dentro de un mismo grupo. Un factor a tener cuenta es la expansividad y los niveles esporádicos de yesos que presentan las arcillas del grupo (321a).

Por último, los taludes excavados es suelos arcillosos son inestables, o bien presentan una estabilidad muy precaria. En los materiales rocosos y en las formaciones de litología alternante la inestabilidad de los taludes se debe a factores muy diversos, como son caída de bloques y cuñas, erosión diferencial, deslizamientos, toppling, etc., sin embargo, la estabilidad está condicionada fundamentalmente por la orientación del desmonte con respecto a las discontinuidades (estratificación, diacladas, etc.).

3.5. ZONA 4: ZONA DEL LITORAL

3.5.1. Geomorfología

La Zona 4 se extiende por todas la Hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional que abarca el presente estudio, a excepción de las Hojas: 1073 (Vejer de la Frontera) cuadrante n 1, 1074 (Tahivilla) cuadrante 3 y 1077 (Tarifa) cuadrante 1. De los cuadrantes que ocupa en ningún caso llega a cubrir alguno en su totalidad. En la Figura 3.74 se muestra la ubicación de la Zona 4 dentro del Tramo, así como la situación de un bloque-diagrama realizado en la misma.

Los rasgos geomorfológicos más destacables del litoral resultan de la confluencia de cuatro factores fundamentales: Situación geográfica, Marco geológico, Dinámica litoral y Variaciones del nivel del mar durante el Cuaternario.

El primer factor determina su situación latitudinal, alrededor de los 36° de latitud Norte, es decir, en la zona meridional de las latitudes medias, que corresponde a la franja donde se produce la transición entre los climas semiáridos y los templados oceánicos.

En el contexto estructural destaca el contacto con la Placa Africana, de gran actividad neotectónica que origina cambios paleogeográficos en la costa durante el Cuaternario.

La dinámica litoral es la responsable de la erosión y acreción costera, así como de los rangos mareales.

Por último, las variaciones del nivel del mar durante el Cuaternario han marcado los rasgos geomorfológicos más característicos, ya que controlan la mayor o menor extensión de los sedimentos marinos o continentales.

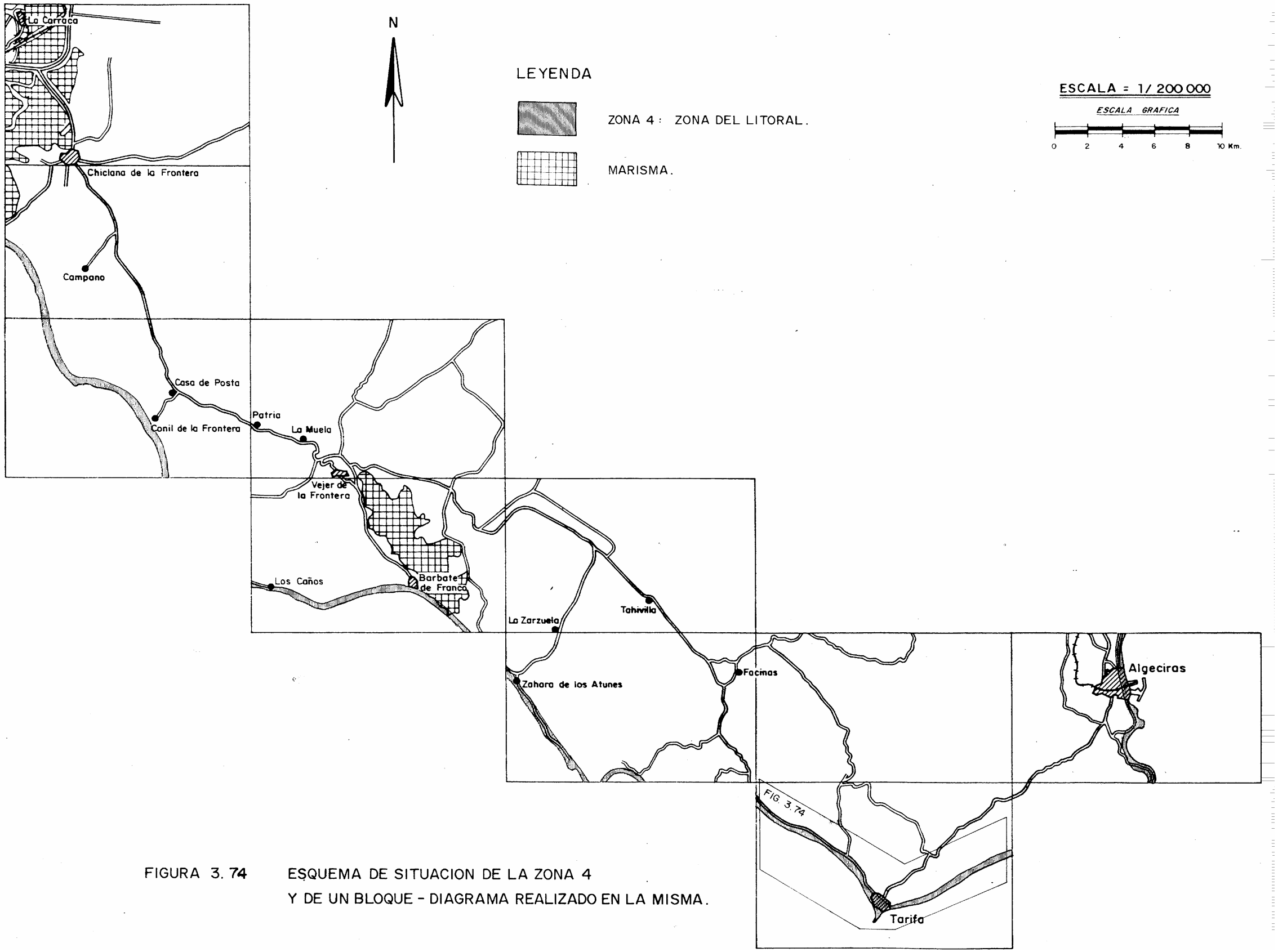


FIGURA 3. 74 ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA 4
Y DE UN BLOQUE - DIAGRAMA REALIZADO EN LA MISMA.

El área del Golfo de Cádiz que nos ocupa presenta tres tipos de relieves contrastados: el primero de ellos abarca desde el sur de Cádiz hasta aproximadamente Barbate; en este subtramo predominan las playas sobre los acantilados, y se caracteriza porque el relieve existente sobre los acantilados es de tipo tabular, a modo de altiplanice. El segundo tipo de relieve diferenciado abarca desde Barbate hasta Tarifa; en este caso la costa es heterogénea, alternando zonas de playa con acantilados rocosos, provocados por la llegada hasta la costa de sierras montañosas, como las de Retín y la Plata. Por último, entre Tarifa y Algeciras el relieve es muy accidentado y la costa que aparece es de carácter acantilada rocosa.

Como se verá en el capítulo siguiente, esta diferencia de relieve se debe a la existencia en el Tramo de dos dominios tectónicos de las Béticas: el Subbético y las Unidades del Campo de Gibraltar.

A parte de la tectónica, la dinámica litoral juega un papel muy importante en el control morfológico de la costa. Actualmente la dinámica costera está condicionada por una prominente deriva, debida a la coincidencia de vientos dominantes y al sistema de bajas presiones del Atlántico, lo cual origina un claro transporte de sedimento hacia el Este y Sureste.

Las formas geomorfológicas más características son:

- Las marismas

Se trata de la llanuras mareales que constituyen las zonas más bajas de la costa. Son áreas amplias, de escasa profundidad y energía de oleaje, donde las concentraciones anómalas de salinidad permite solo el desarrollo de una fauna y flora característica. Las llanuras están recorridas por multitud de canales (denominadas "caños" o "esteros") por donde entra y sale el agua de la marea. Dentro de la marisma se distinguen dos zonas desde el punto de vista geomorfológico: la alta marisma o schorre, que corresponde a la zona supramareal y que solamente se inunda en las mareas vivas (dos veces al mes), y la marisma baja o slikke que atañe a la llanura intermareal y que se inunda dos veces al día durante las pleamares. En ocasiones la diferencia de cotas entre las dos marismas es inferior a medio metro. Las marismas más importantes en el área de estudio se localizan en la Bahía de Cádiz y en la desembocadura del río Barbate.

- Depósitos eólicos

Las dunas y los mantos eólicos son los depósitos eólicos más característicos que aparecen repartidos por la costa del Golfo de Cádiz. Las dunas más antiguas aparecen cementadas, son de edad Pleistoceno Superior y se asocian al ciclo marino regresivo Ouljiense del último Interglaciar. En el Estudio las acunulaciones de arenas más significativas aparecen entre Los Caños de Meca y Barbate y en la ensenada de Bolonia.

- Terrazas marinas

Estos materiales tienen su origen en las distintas oscilaciones del nivel mar, y son depósitos testigos de zonas con tendencias a la elevación, durante la tectónica cuaternaria. A lo largo del litoral se han distinguido entre cuatro y siete episodios marinos, y la línea de costa mejor conservada, dada su desarrollo espacial, es la correspondiente al Ouljiense.

3.5.2. Tectónica

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, la zona del litoral de Cádiz que nos ocupa presenta dos tipos de relieves contrastados, que obedecen a la existencia de dos dominios morfoestructurales de las Bética: el dominio Subbético y el dominio de los Mantos alóctonos del Campo de Gibraltar. La evolución geodinámica de este litoral es paralela a la de las Cordilleras Béticas.

Los accidentes tectónicos más importantes que influyen en el modelado costero actual son:

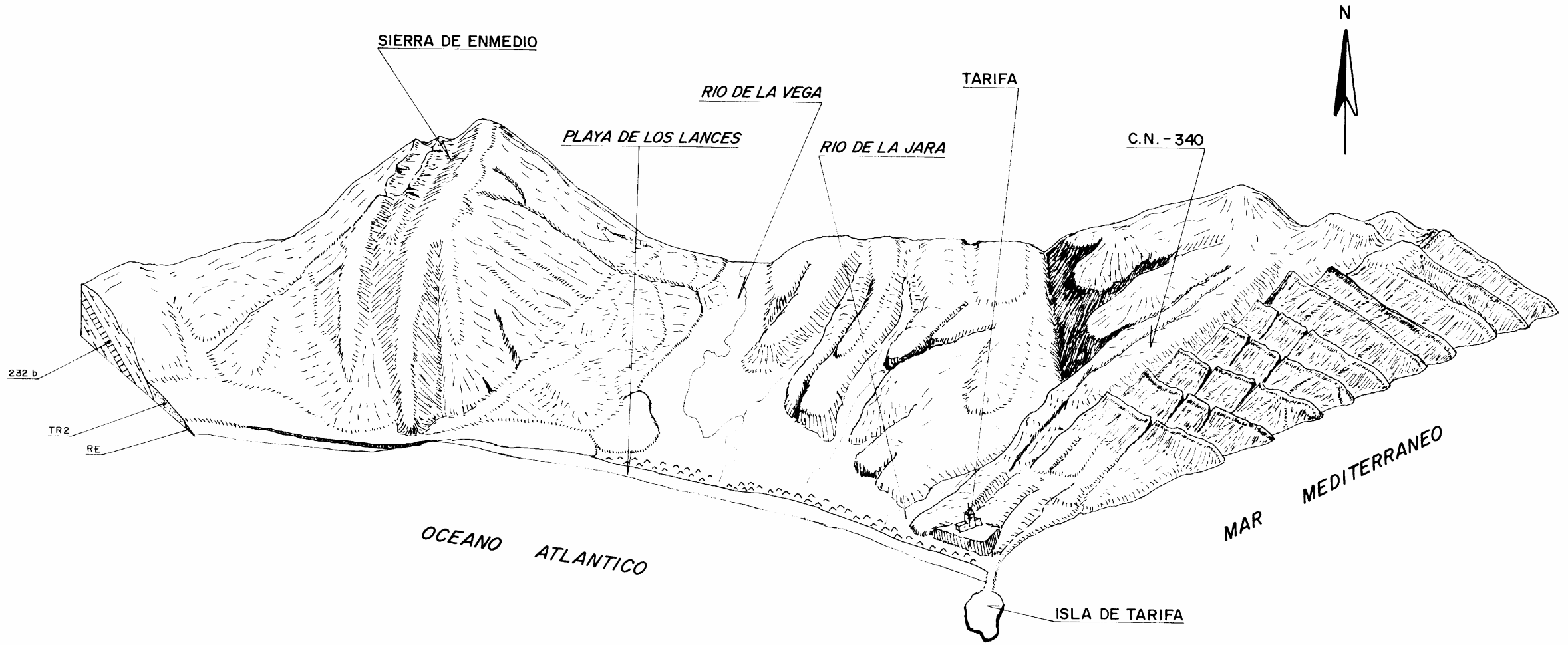
- Los accidentes que delimitan y permiten la pervivencia de la Bahía de Cádiz y el de Cabo Roche, en parte responsable por la inflexión que sufre la costa en este punto, ya que se trata de una falla que no solo funciona en la vertical, sino también en la horizontal con componente dextral.

- El accidente de Tarifa WSW-ENE, cuya componente en la vertical determina la posición anómala actual, de los niveles marinos entre Tarifa y Algeciras.

- La Bahía de Algeciras, cuya morfología es debida al rejuego de la gran falla N-S del río Guadarranque, que dirige el trazado del borde occidental de la Bahía. El borde oriental es de creación reciente, ya que la comunicación con el promontorio calizo del Peñón de Gibraltar se realiza mediante un tómbolo de edad holocena.

Por último, el acercamiento de la placa europea y africana que se produce durante el Cuaternario se traduce en una inestabilidad del sector, puesta de manifiesto en las distintas alturas que, en una misma línea de costa, aparecen los máximos transgresivos. Si se proyectan éstos últimos, tanto en España como en Marruecos, para la línea de costa ouljiense, se observa un levantamiento de un borde y otro del Estrecho al menos desde el Pleistoceno Superior.

En la Figura 3.75 se muestra un bloque diagrama característico de esta Zona 4 y en la Figura 3.76 varios cortes geológicos-esquemáticos que sintetizan la distribución de los niveles marinos cuaternarios del litoral de Cádiz.



LEYENDA

RE : PLAYA. ARENAS FINAS CON ALGUNAS GRAVAS DISPERSAS.

TR2 : TERRAZA MARINA. ARENAS ARCILLOSAS CON ALGUNAS GRAVAS DISPERSAS.

232 b : ARCILLAS MARGOSAS Y CALIZAS DE ALMARCHAL.

FIGURA 3.75 BLOQUE DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA ZONA 4

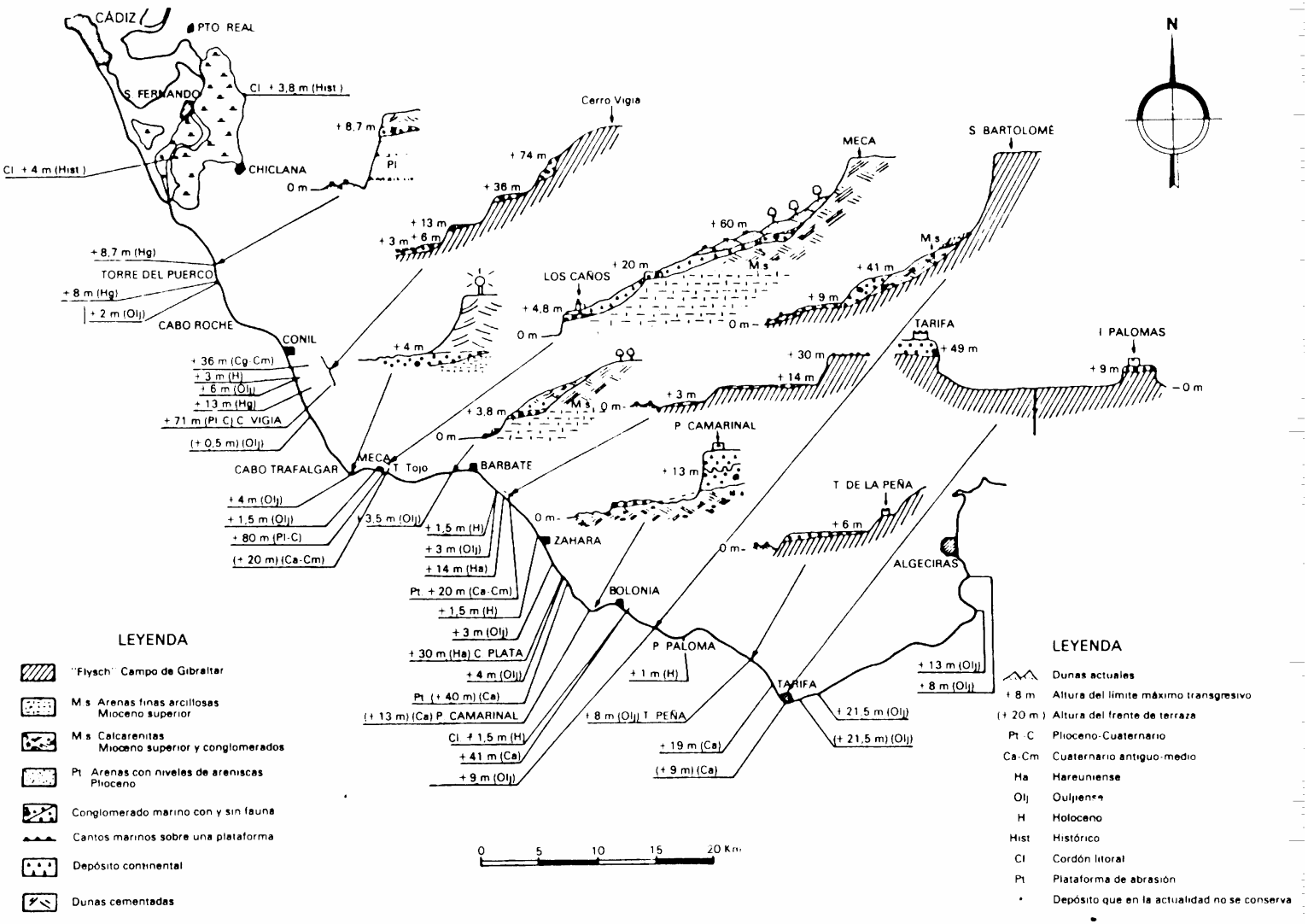


FIG. 3.76.- DISTRIBUCION DE LOS NIVELES MARINOS CUATERNARIOS DEL LITORAL DE CADIZ (CORTES MAS SIGNIFICATIVOS)

SEGUN C. ZAZO 1980 Y C. ZAZO EN MENANTEAU ET AL., 1983

3.5.3. Columna estratigráfica

Los grupos señalados con el asterisco (*) en la Figura 3.77 son los existentes en la Zona 4.

3.5.4. Grupos litológicos

ALUVIAL FINO, (A1)

Este grupo ha sido descrito en la Zona 1.

COLUVION, (c1)
MASAS DESLIZADAS, (C2)
CONO DE DEYECCION GRUESO, (D2)

Estos grupos han sido descritos en la Zona 3.

ABANICO ALUVIAL, (AA)

- Litología

  Abanicos aluviales formados por arenas arcillosas de tonos rojizos y marrones, con cantos subredondeados dispersos, de naturaleza poligénica.

- Estructura

  Son depósitos que presentan una morfología bastante llana y un aspecto interno masivo (Figura 3.78).

- Geotecnia

  En un grupo fácilmente ripable, con un drenaje superficial deficiente y una permeabilidad baja-media. La capacidad de carga es baja y puede originar asientos importantes a causa de su baja compacidad.

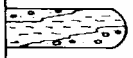
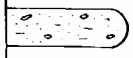
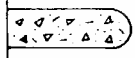
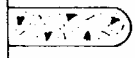
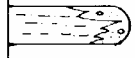
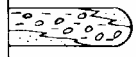
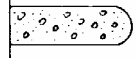
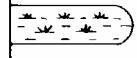
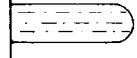
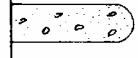
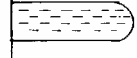
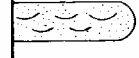
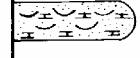
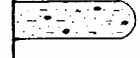
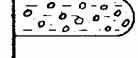
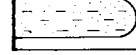
CUATERNARIO Y PLIO-CUATERNARIO				
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Aluvial. Limos, arcillas, arenas y gravas.	CUATERNARIO	A1	GT1
	Aluvial. Gravas y bolos poligenicos con matriz areno-limosa.	CUATERNARIO	a2	GT1
	Eluvial. Arenas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	v	GT6
	Aluvio-Coluvial. Arenas limosas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	ac	GT6
	* Coluvion. Limos, arenas, arcillas, cantos y bloques.	CUATERNARIO	c1	GT7
	* Masas Deslizadas. Bloques y cantos con matriz arcillosa.	CUATERNARIO	C2	GT7
	Cono de Deyeccion. Limos, arenas, arcillas y cantos.	CUATERNARIO	d1	GT6
	* Cono de Deyeccion. Cantos y bloques con matriz arcillo-limosa.	CUATERNARIO	D2	GT7
	* Abanico Aluvial. Arenas arcillosas con cantos dispersos.	CUATERNARIO	AA	GT6
	Lacustre. Arcillas grises.	CUATERNARIO	L	GT8
	Terraza Fluvial. Gravas poligenicas con matriz areno-limosa.	CUATERNARIO	ta	GT2
	* Marisma. Limos, arcillas y arenas con abundante materia organica.	CUATERNARIO	M	GT3
	* Nivel Marino. Limos y arcillas con niveles arenosos.	CUATERNARIO	r1	GT3
	* Cordon Litoral. Arenas, gravas y conchas, parcialmente cementadas.	CUATERNARIO	r2	GT4
	* Depositos Litorales. Arenas finas.	CUATERNARIO	R3	GT9
	* Palustre. Arcillas, limos y arenas.	CUATERNARIO	P	GT8
	* Manto Eolico. Arenas finas.	CUATERNARIO	e	GT9
	* Dunas. Arenas finas mal clasificadas.	CUATERNARIO	DE	GT9
	* Dunas Cementadas. Arenas finas cementadas, mal clasificadas.	CUATERNARIO	DEC	GT9
	* Playa. Arenas finas con algunas gravas dispersas.	CUATERNARIO	RE	GT9
	* Terraza Marina. Conglomerado de gravas calcareas y restos de conchas.	CUATERNARIO	TR1	GT4
	* Terraza Marina. Arenas arcillosas con algunas gravas dispersas.	CUATERNARIO	TR2	GT5
	* Gravas y bolos poligenicos con matriz arcillosa.	PLIO-CUATERNARIO	350a	GT2
	* Arenas y gravillas con matriz arcillosa.	PLIO-CUATERNARIO	350b	GT5

FIG. 3.77. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 4

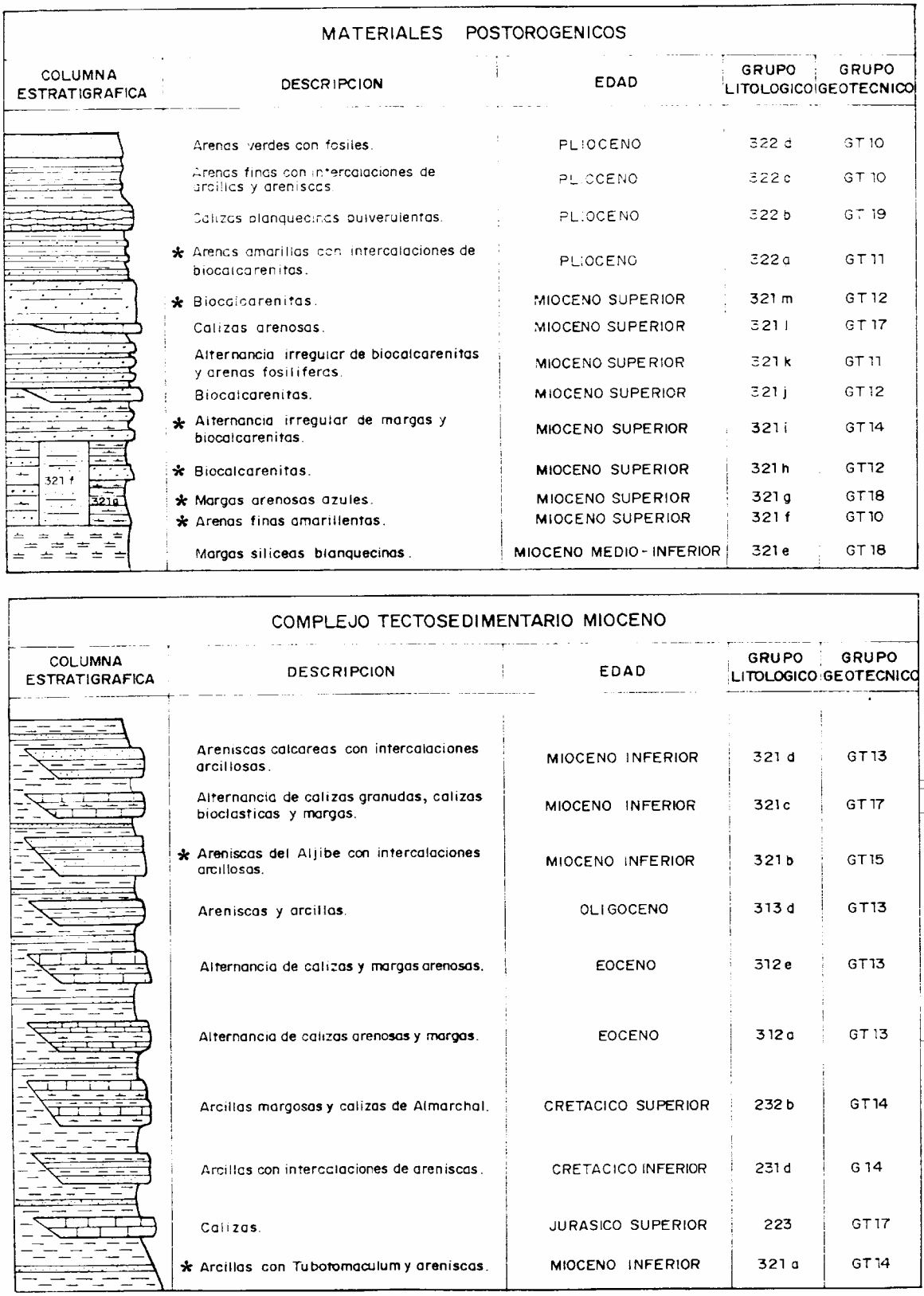
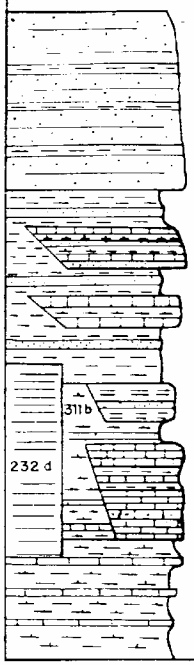


FIG. 3. 77. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 4 (CONTINUACION)

SERIE DEL ALJIBE

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Areniscas del Aljibe con intercalaciones arcillosas.	MIOCENO INFERIOR	321 b	GT 15
	Alternancia de margas, areniscas y calizas.	OLIGOCENO	313 c	GT 13
	Alternancia de calizas y margas arenosas.	EOCENO	312 e	GT 13
	Arcillas rojas con intercalaciones de areniscas calcareas ferruginosas.	PALEOCENO	311 i	GT 14
	Arcillas margosas con intercalaciones de areniscas.	PALEOCENO	311 e	GT 14
	Calizas arenosas y arcillas.	PALEOCENO	311 d	GT 13
	Calizas arenosas.	PALEOCENO	311 c	GT 17
	Margas con intercalaciones de areniscas y calizas.	PALEOCENO	311 b	GT 14
	Arcillas rojas.	CRETACICO SUPERIOR	232 d	GT 18
	Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT 14

SERIE DE ALGECIRAS - BUJEO

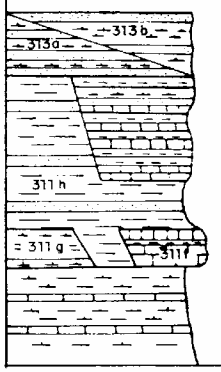
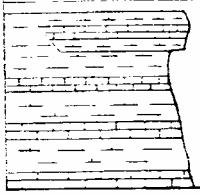
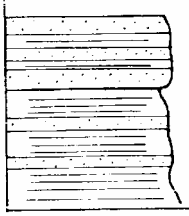
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* Alternancia irregular de margas y areniscas micaceas.	OLIGOCENO	313 b	GT16
	* Alternancia irregular de areniscas micaceas siliceas y margas.	OLIGOCENO	313 a	GT16
	* Arcillas, limolitas, calizas y areniscas.	EOCENO	312 f	GT14
	* Alternancia tipo flysch de calizas y arcillas.	EOCENO	312 d	GT13
	Arcillas y areniscas.	PALEOCENO	311 h	GT14
	* Arcillas argiliticas y margas.	PALEOCENO	311 g	GT 18
	Calizas con intercalaciones arcillosas.	PALEOCENO	311 f	GT13
	* Arcillas margosas y calizas de Almarchal.	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT14

FIG. 3. 77. - COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 4 (CONTINUACION)

SERIE DE ALMARCHAL

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Alternancia tipo flysch de margas y calizas.	EOCENO	312 c	GT 14
	* Arcillas margosas y calizas de Almarchal	CRETACICO SUPERIOR	232 b	GT 14

SERIE DEL TAMBOR

COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Areniscas con intercalaciones esporadicas de arcillas.	CRETACICO INFERIOR	231 b	GT 16
	Arcillas con intercalaciones de areniscas.	CRETACICO INFERIOR	231 a	GT 14

SUBBETICO

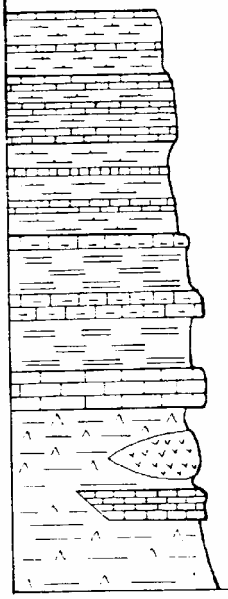
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	Alternancia de margas y calizas.	EOCENO	312 b	GT 14
	Alternancia irregular de calizas y margas.	PALEOCENO	311 a	GT 13
	Margas blanquecinas con intercalaciones de calizas.	CRETACICO SUPERIOR	232 a	GT 19
	Alternancia irregular de margocalizas y margas blanquecinas.	CRETACICO INFERIOR	231 c	GT 19
	Calizas, dolomias y margas.	JURASICO INFERIOR	221	GT 17
	Ofitas.	TRIASICO SUPERIOR	213 c	GT 20
	Dolomias.	TRIASICO SUPERIOR	213 b	GT 17
	Arcillas, yesos y areniscas.	TRIASICO SUPERIOR	213 a	GT 21

FIG. 3.77.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA ZONA 4 (CONTINUACION)



Figura 3.78. En primer término, aspecto de un abanico aluvial, al norte de Facinas.

MARISMA, (M)

- Litología

  Son depósitos de transición, ya que en su sedimentación participan tanto aguas continentales como marinas. Litológicamente están compuestos por limos, arcillas y arenas, con alto contenido en materia orgánica. En las zonas de canal predominan las arenas sobre los limos y las arcillas, mientras que en las superficies mareales ocurre lo contrario (Figura 3.79)

  Estos sedimentos son importantes en las desembocaduras de los ríos Guadalete (donde existen numerosas salinas) y Barbate.



Figura 3.79. Marismas en la Bahía de Cádiz. Al fondo, Chiclana.

- Estructura

  Dado sus condiciones de afloramiento es difícil de determinar la estructura de este grupo. Los depósitos de canal suelen presentar sets de estratificación cruzada, de escala pequeña y grande, y niveles lenticulares de limos y arcillas. Sobre la superficie mareal lo más característico suele ser la estratificación lenticular y flaser y lentejones de arenas intercalados entre limos y arcillas.

- Geotecnia

  Este grupo se caracteriza por tener un alto contenido en materia orgánica y por estar sujeto a inundaciones periódicas de agua. Su capacidad de carga es muy baja y los asientos que pueden originarse son altos. Estos aspectos repercuten directamente en la cimentación de estructuras y en los asientos de terraplenes. En el caso de la construcción de terraplenes en estas zonas de marisma hay que tener en cuenta que los núcleos de los terraplenes normalmente estarán sumergidos bajo el agua, en cuyo caso los suelos utilizados para dicho núcleo quedan restringidos, al menos, a suelos adecuados.

NIVEL MARINO, r1

- Litología

  Se trata de un nivel que bordea la marisma y se halla elevado respecto a ella de 1 a 3 m aproximadamente. Está constituido por limos y arcillas de tonos marrones, y lechos arenosos en escasa proporción. Este nivel aparece cultivado y no se inunda con las mareas altas (Figura 3.80).

  La potencia máxima de este grupo es de 3.0 m.



Figura 3.80. En primer término, nivel marino que bordea la marisma, al oeste de Chiclana.

- Estructura

  Presenta las mismas estructuras sedimentarias que las zonas de superficies mareales de las marismas; es decir, estratificación lenticular y flaser, y arenas dispuestas en lentejones.

- Geotecnia

  La característica fundamental de este grupo es su baja capacidad de carga y los asientos presumiblemente altos a que pueden dar lugar. La permeabilidad es baja, el drenaje superficial deficiente y los niveles freáticos se sitúan a escasa profundidad.

CORDON LITORAL, (r2)

Litología.- Grupo compuesto por arenas, gravas calcáreas y restos de conchas, cementados parcialmente por carbonatos.

El espesor del grupo se estima inferior a los 5.0 m.

- Estructura

  Tienen una representación muy escasa a lo largo del Tramo y son materiales que presentan una disposición alargada, paralela a la línea de costa y que normalmente constituyen una barrera entre la marisma y la playa. Internamente presentan un aspecto masivo, sin estratificación aparente alguna.

- Geotecnia

  Son materiales con una permeabilidad alta y un drenaje superficial aceptable por percolación. Tanto la capacidad de carga como los asientos a que pueden dar lugar son variables, en función del grado de cementación que presentan. Son excavables por medios mecánicos.

  No se han observado taludes excavados en estos materiales.

DEPOSITOS LITORALES, (r3)

- Litología

  Son sedimentos de flechas litorales, y posiblemente dunas degradadas, compuestos por arenas finas mal clasificadas y ligeramente limosas.

- Estructura

  Las estructuras internas más frecuentes son la estratificación cruzada y los ripples.

- Geotecnia

  Plantean la problemática de los suelos arenosos mal clasificados, es decir: difícil compactación y capacidad de carga baja y asientos importantes a corto plazo.

PALUSTRE, (P)

- Litología

  Son depósitos que presentan una extensión muy reducida y se localizan entre Los Caños de Meca y el Faro de Trafalgar. Se trata de sedimentos pantanosos constituidos por arcillas y limos, y en menor proporción arenas, con abundante materia orgánica.

- Estructura

  Depósitos masivos sin estructura interna definida.

- Geotecnia

  Son materiales con problemas de expansividad debido al carácter vértico de estos suelos. El drenaje superficial es muy deficiente debido a su horizontalidad topográfica y composición litológica. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Posiblemente pertenecen a la categoría de suelos inadecuados por su alto contenido en materia orgánica y expansividad.

MANTO EOLICO,(e)

Este grupo ha sido descrito en la Zona 1, al ser más representativo de la misma.

DUNAS (DE) Y DUNAS CEMENTADAS, (DEC)

- Litología

  Depósitos eólicos asociados a las costas pero que en muchos casos se adentran bastante hacia el interior. Se trata de arenas blanquecinas limpias, de grano fino y muy homométricas (mal clasificadas). En el sector comprendido entre Barbate y Meca (Hoja: 1073-2) aparece un sistema de dunas cuya características fundamental es la de hallarse cementadas débilmente por carbonatos (Figura 3.81).

  La potencia observada del grupo es de hasta 7.0 m.

- Estructura

  Morfológicamente son dunas longitudinales que en algunos casos aparecen fijadas y otros son todavía móviles. Las estructuras internas más comunes y típicas que presentan son los ripples y la estratificación cruzada.

- Geotecnia

  La característica fundamental de estos materiales es su imposibilidad para compactarlos debido a la homogeneidad de sus granos. La capacidad de carga es baja y a corto plazo pueden originar asientos altos e irregulares. En el caso de las dunas cementadas los asientos pueden ser más imprevisibles debido a la existencia de zonas desigualmente cementadas. La permeabilidad vertical es muy elevada.

  En las obras de carreteras pueden utilizarse para suelo-cemento y para la fabricación de hormigones.

  Se han observado taludes artificiales de alturas medias, estables y con inclinaciones de 30° (Figura 3.82).



Figura 3.81. *Detalle, en corte, de unas dunas cementadas en un talud situado junto al puerto deportivo de Barbate. Los niveles superiores, los cuales quedan en voladizo por erosión diferencial, están mucho más cementados que los inferiores.*



Figura 3.82. Talud excavado en dunas, en la carretera de Vejer a Barbate.

PLAYA, (RE)

- Litología

  Este ambiente de sedimentación limitado por la acción del oleaje, está constituido por arenas finas mal clasificadas, y en algunos casos, con gravas dispersas (Figura 3.83).

- Estructura

  Las estructuras de estos depósitos corresponden a ripples originados por las olas y laminaciones cruzadas de tipo planar de pequeño ángulo.



Figura 3.83. Playa , en la que se observan algunas gravas dispersas, situada al sur de Barbate. Las rocas que aparecen a la izquierda, en el agua, corresponden a niveles de areniscas del grupo (321a).

- Geotecnia

  Debido a la posición que ocupa y a su reducida extensión, la incidencia de este grupo sobre la construcción de futuras vías de comunicación es más bien escasa. Se trata de materiales sueltos, con una capacidad de carga baja y asientos altos a corto plazo. Evidentemente son sedimentos con niveles freáticos muy superficiales.

TERRAZA MARINA GRUESA, (TR1)

- Litología

  A lo largo del litoral de Cádiz se han distinguido hasta siete episodios marinos correspondientes a oscilaciones eustáticas del nivel del mar. En este estudio se han distinguido dos grupos de terrazas marinas en función de su litología: terrazas gruesas y terrazas finas, sin tener en cuenta su posición estratigráfica.

  Las terrazas marinas gruesas están constituidas por conglomerados de gravas de caliza y restos de conchas, trabados por una matriz arenosa de grano medio y cementados por carbonatos. Las gravas son de formas esféricas y de diámetro generalmente inferior a los 10 cm. En algunas terrazas, como ocurre en las situadas en el puerto de la Almadraba cerca de Conil, hacia el techo disminuye la proporción de gravas y aumenta la fracción arenosa, que seguramente corresponden a episodios de dunas o de playas (Figura 3.84).

  La potencia observada de este grupo es de 8.0 m.

- Estructura

  Los tramos compuestos por gravas tienen un aspecto masivo, mientras que los areniscosos presentan estratificación cruzada.

- Geotecnia

  Son materiales difícilmente ripables y con una capacidad de carga alta, aunque ésta última puede disminuir puntualmente si existen acumulaciones importantes de conchas.

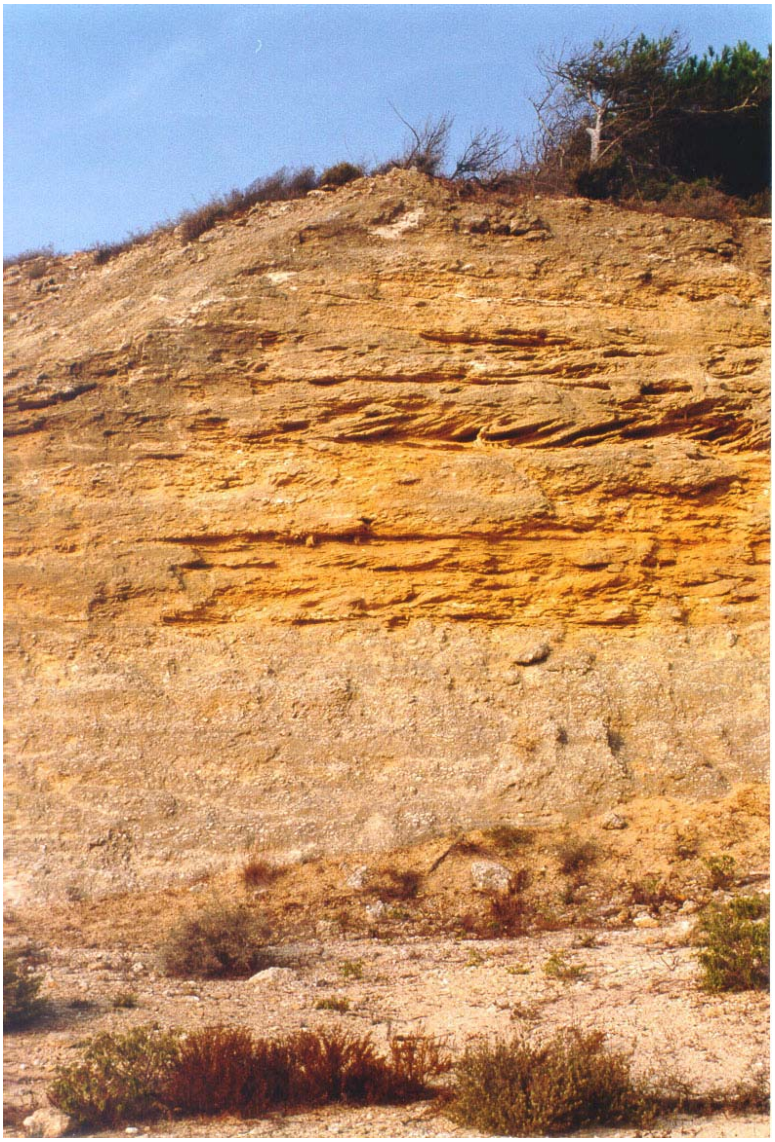


Figura 3.84. *Detalle, en corte, de una terraza marina del grupo TR1, en el puerto de la Almadraba de Barbate. En la Figura se aprecia como hacia el techo del talud disminuye la proporción de gravas y aumentan las de areniscas, que posiblemente corresponden a episodios de dunas o de playas.*

Los taludes excavados en estos materiales admiten pendientes subverticales, aunque pueden presentar problemas puntuales por desgajamiento de bloques. En las zonas próximas a la costa se observan frecuentes desprendimientos de grandes bloques, por socavación de la acción del oleaje de los materiales subyacentes (Figura 3.85).

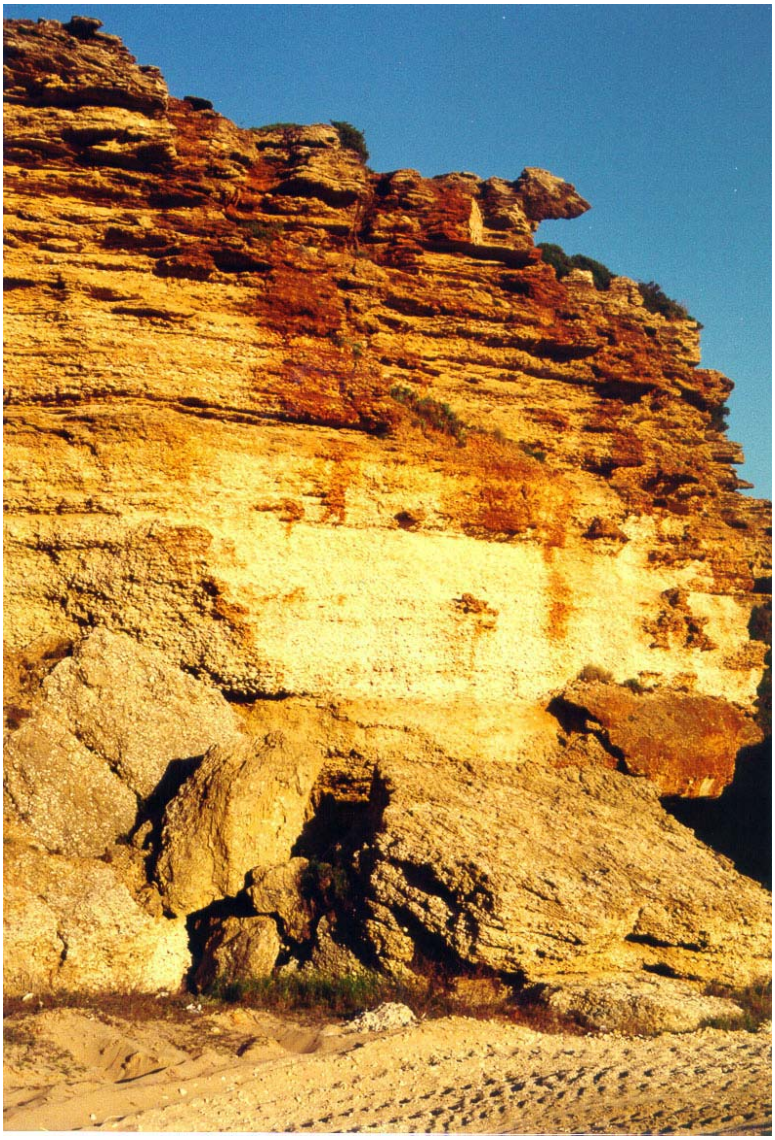


Figura 3.85. Terrazas marinas en el puerto de la Almadraba, en Barbate. Obsérvese, al pie del acantilado, los grandes bloques desprendidos.

Puntualmente se han explotado como yacimiento granular.

TERRAZA MARINA FINA, (TR2)

- Litología

  Este grupo de terrazas está compuesto por arenas arcillosas de tonos rojizos, con algunas gravas dispersas.

- Estructura

  Depósitos masivos sin estructura interna definida.

- Geotecnia

  Sedimentos fácilmente ripables, erosionables y con un drenaje superficial aceptable por percolación. La capacidad portante es baja y pueden dar lugar a asientos diferenciales altos.

  No se han observado taludes de interés.

RAÑA, (350a)
ARENAS ARCILLOSAS ROJAS, (350b)
ARENAS AMARILLAS Y BIOCALCARENITAS, (322a)
BIOCALCARENITAS, (321m)

Estos grupos han sido descritos en la Zona 1, al ser más representativos de la misma.

ALTERNANCIA DE MARGAS Y BIOCALCARENITAS, (321i)

Este grupo se ha descrito en la Zona 3

MARGAS ARENOSAS AZULES (321g) CON INTERCALACIONES ESPORADICAS DE BIOCALACARENITAS, (321h)

Estos grupos se ha descrito en la Zona 1.

ARCILLAS ARGILITICAS Y MARGAS (311g)

Este grupo se ha descrito en la Zona 2.

ARENAS FINAS AMARILLENTAS, (321f)

- Litología

  Arenas de grano fino, calcáreas, de tonos amarillentos y blanquecinos, estratificadas groseramente en niveles que oscilan desde unos pocos centímetros hasta 0.5 m de espesor (Figura 3.86).

- Estructura

  Estos materiales presentan una disposición horizontal. Corresponden a un cambio lateral de facies de los materiales del grupo (321f).

- Geotecnia

Este grupo es permeable y presenta un buen drenaje superficial por percolación. La capacidad portante es de tipo medio y los asientos previsibles oscilan de bajos a medios. Su excavabilidad es fácil y son erosionables.

Los taludes observados son subverticales y estables para alturas bajas, aunque la erosión que presentan debido a la acción del oleaje han producido, por socavación, desplomes de bloques cementados de la terraza marina suprayacente.

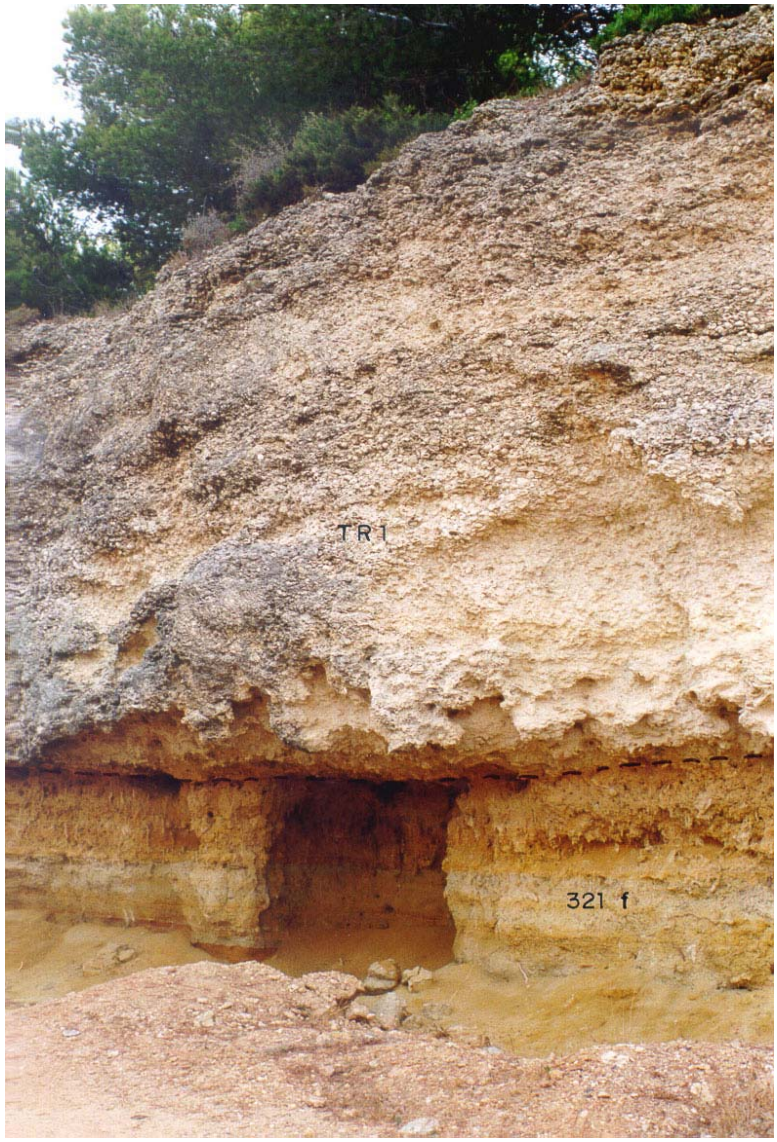


Figura 3.86. Aspecto de los materiales del grupo (321f), en el puerto de la Almadraba de Barbate. El nivel superior de terraza queda descalzado por erosión de los materiales arenosos subyacentes.

ARENISCAS DEL ALJIBE CON INTERCALACIONES ARCILLOSAS, (321b)

Este grupo se ha descrito en la Zona 3

ARCILLAS CON TUBOTOMACULUM Y ARENISCAS, (321a)

Este grupo se describe en la Zona 2

MARGAS Y ARENISCAS MICACEAS, (313b)
ARENISCAS MICACEAS, ARENISCAS SILICEAS Y MARGAS, (313a)
ARCILLAS, LIMOLITAS, CALIZAS Y ARENISCAS, (312f)
ALTERNANCIA DE CALIZAS Y ARCILLAS, (312d)

Estos grupos han sido descritos en la Zona 3.

ARCILLAS ARGILITICAS Y MARGAS, (311g)
ARCILLAS MARGOSAS Y CALIZAS DE ALMARCHAL, (232b)

Estos grupos se han descrito en la Zona 2.

3.5.5. Grupos geotécnicos

Teniendo en cuenta los diferentes grupos litológicos definidos en esta Zona 4, así como sus respectivas características geotécnicas, se han definido los siguientes "grupos geotécnicos":

- Grupo geotécnico GT1

  Limos, arcillas, arenas y gravas. Son materiales con niveles freáticos a escasa profundidad e inundables en épocas de avenida. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. En esta Zona 4, este grupo lo constituye la formación (A1).

- Grupo geotécnico GT2

  Gravas y bolos poligénicos con matriz arcillosa. Conjunto con una permeabilidad baja y un drenaje superficial deficiente. La capacidad de carga es baja y los asientos altos. Se recomienda que los taludes de excavación no sean superiores a los 40°. La formación (350a) en la representante de este grupo en la Zona 4.

- Grupo geotécnico GT3

  Limos, arcillas y arenas. Formaciones con capacidad de carga baja y asientos altos. La mayor parte de ellos están sometidos a inundaciones periódicas de agua. Presencia abundante de materia orgánica. En esta Zona 4, constituyen este grupo las formaciones (M) y (r1).

- Grupo geotécnico GT4

Conglomerados calcáreos (desigualmente cementados) y fragmentos de conchas. Grupo desde fácil a difícilmente ripable y con una capacidad de carga que varía de baja a elevada, en función del grado de cementación de los materiales de la unidad (r2). Los asientos varían inversamente proporcionales al valor de la capacidad portante. En zonas de acumulaciones importantes de conchas la capacidad de carga puede disminuir y aumentar los asientos. Los materiales del grupo TR1 dan lugar a desprendimientos de bloques por erosión diferencial de los sedimentos subyacentes. Los taludes, en el grupo TR1, admiten pendientes subverticales, pero pueden producirse caída de bloques por desgajamiento de los mismos.

En esta Zona 4, constituyen este grupo las formaciones (r2) y (TR1).

- Grupo geotécnico GT5

Arenas arcillosas con algunas gravas dispersas. Son materiales permeables y ripables por medios mecánicos convencionales. La capacidad de carga varía de baja a media y los asientos previsibles de medios a altos. Los taludes excavados en los materiales del grupo (350b) admiten pendientes pronunciadas a corto plazo, aunque a largo plazo se desmoronan y originan aterramientos de cunetas. Constituyen este grupo las formaciones (TR2) y (350b).

- Grupo geotécnico GT6

Arenas arcillosas con cantos subredondeados dispersos. Conjunto con una capacidad de carga baja y unos asientos altos. La permeabilidad varía de baja a media. Son materiales fácilmente ripables. El drenaje depende exclusivamente de la permeabilidad, ya que la escorrentía superficial es deficiente, a causa de la horizontalidad topográfica. La formación (AA) constituye este grupo en la Zona 4.

- Grupo geotécnico GT7

Limos, arcillas, arenas , bloques y cantos. Grupo constituido por granulometrías muy heterométricas, formado, en su gran mayoría, por masas deslizadas a partir de procesos de solifluxión, y por coladas de barro. Materiales en situación de equilibrio límite, inestables normalmente bajo la acción del hombre. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Los taludes de excavación no deben de sobrepasar los 35° de inclinación. En la Zona 3, constituyen este grupo las formaciones (c1), (c2) y (d2).

- Grupo geotécnico GT8

  Arcillas y limos, con escasa fracción arenosa y abundante materia orgánica.- Conjunto con problemas de expansividad y un drenaje superficial deficiente. Capacidad de carga baja y asientos previsibles elevados. Constituye este grupo, en la Zona 4, la unidad (P).

- Grupo geotécnico GT9

  Arenas finas mal clasificadas, ocasionalmente cementadas. Materiales con una capacidad de carga baja y asientos altos a corto plazo. En las dunas cementadas la capacidad es algo mayor y disminuye la magnitud de los asientos, aunque su comportamiento es más imprevisible debido a la presencia de zonas desigualmente cementadas. Difíciles de compactar debido a la granulometría homogénea de sus granos. Los taludes de excavación son estables para pendientes de 30°. En esta Zona forman este grupo las formaciones (R3), (e), (DE), (DEC) y (RE).

- Grupo geotécnico GT10

  Arenas de grano fino. Grupo permeable, ripable y erosionable. La capacidad de carga es media y los asientos oscilan de bajos a medios. Los taludes observados, los cuales plantean problemas de erosión, son estables, para alturas bajas, con pendientes subverticales. La formación (321f) constituye este grupo en la Zona 4.

- Grupo geotécnico GT11

  Arenas con intercalaciones de biocalcarenitas. Son materiales permeables y ripables. La capacidad de carga es media y los asientos estimados bajos. Los taludes admiten pendientes pronunciadas (70°) sin signos de inestabilidad. En esta Zona 1, la formación (322a) constituye este grupo.

- Grupo geotécnico GT12

  Biocalcarenitas. Materiales ampliamente utilizados como materiales de préstamo en la construcción de carreteras. Permeables y ripables por medios mecánicos convencionales. La capacidad de carga es alta, aunque para tensiones puntuales elevadas pueden surgir asientos, por rotura y reordenamiento de los fragmentos fosilíferos. Los taludes son estables para pendientes pronunciadas (75°-80°). Este grupo está compuesto por las formaciones (321m) y (321h) en la Zona 4.

- Grupo geotécnico GT13

  Alternancia de calizas y arcillas. Conjunto excavable y con una capacidad de carga y asientos de tipo medio. A pesar de que la estabilidad de los taludes dependerá de la orientación del corte con respecto a la de los estratos, se han observado taludes de altura medias, estables y con inclinaciones de 45º. Cuando los buzamientos de los estratos son fuertes pueden darse fenómenos de toppling y de pandeo en los taludes. Forma este grupo, en la Zona 4, la unidad (312d).

- Grupo geotécnico GT14

  Alternancia de arcillas, margas, limolitas, areniscas, biocalacarenitas y calizas. En este grupo predominan las litologías poco competentes (arcillas y margas) sobre las competentes (areniscas y calizas). El grupo (321a) presenta esporádicamente niveles de yesos. La permeabilidad del conjunto suele ser baja, donde únicamente los niveles pétreos pueden contener agua. La capacidad portante varía de baja a media y los asientos estimados de medios a altos. Las arcillas del grupo (321a) son expansivas y también puntualmente agresivas en los tramos donde aparecen niveles de yesos. La escorrentía superficial depende de la topografía de los afloramientos. En zonas llanas existen problemas de drenaje a causa de la poca permeabilidad del conjunto. Los taludes suelen ser inestables a partir de los 30º de pendiente; asimismo presentan signos de erosión diferencial y acarcavamiento. Las formaciones (321i), (321a),(312f) y (232b), son las que componen este grupo en la Zona 4.

- Grupo geotécnico GT15

  Areniscas del Aljibe con intercalaciones arcillosas. Este grupo se caracteriza por constituir las sierras más abruptas del Estudio. El drenaje es alto, tanto por escorrentía superficial como por infiltración. La ripabilidad varía desde ripable a presumiblemente no ripable. Normalmente la capacidad de carga es alta y los asientos nulos, aunque estos valores pueden variar desfavorablemente en los tramos poco cementados y donde se intensifique la presencia de niveles arcillosos. En zonas poco cementadas se erosionan fácilmente. Suelen originar en su base importantes masas deslizadas. La estabilidad de los taludes depende fundamentalmente del grado de fracturación y de la orientación de las discontinuidades (posible formación de bloques y cuñas) con respecto a la de los desmontes. Se han observado taludes de alturas medias, inestables y con inclinaciones de 60º a 70º; en algunos taludes las pendientes se han tendido hasta los 30º. Este grupo se compone únicamente de la formación (321b).

- Grupo geotécnico GT16

  Areniscas micáceas, areniscas silíceas y margas. Aunque la distribución de los materiales es irregular, en este grupo suelen predominar los niveles competentes, que llegan a tener potencias decamétricas, sobre los blandos. Son formaciones con un buen drenaje superficial y con una permeabilidad limitada a los niveles areniscosos. La ripabilidad varía desde marginal a no ripable en los tramos rocosos, a fácilmente ripable en los tramos margosos y arcillosos. La capacidad de carga es alta y los asientos nulos en las areniscas, mientras que los tramos margosos y arcillosos tienen una capacidad de baja a media y unos asientos de medios a altos. Los taludes observados precisan de bermas para su estabilidad. Forman este grupo, en la Zona 4, las formaciones (313b) y (313a).

- Grupo geotécnico GT18

  Margas areno-limosas, arcillas argilíticas y margas. Conjunto erosionable, alterable y ripable. Permeabilidad baja y con un drenaje que se realiza exclusivamente por escorrentía superficial, la cual varía de media a baja. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Los taludes son inestables para pendientes de 30° y se recomienda protegerlos de la erosión. En la Zona 4, la formación (321g) representa a este grupo.

3.5.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

La zona de costa presenta problemas de índole muy diverso, debido a que en esta franja de terreno se conjugan factores y procesos de carácter marítimo y continental.

Como se ha visto en el apartado de Geomorfología, los problemas topográficos aumentan progresivamente de Chiclana hacia Algeciras, siendo realmente importantes entre Tarifa y Algeciras. En este último subtramo, cualquier vía de comunicación exigiría la ejecución sucesiva de desmontes y viaductos de importancia considerable. En cuanto a la litología, los aspectos negativos más significativos corresponden a la fracción yesífera de las arcillas con Tubotomaculum y a la presencia de materia orgánica de los sedimentos de marisma y palustres, además del carácter expansivo de éstos últimos sedimentos junto con las arcillas del grupo (321a), tanto por el desarrollo de suelos vérticos como por la presencia de montmorillonita respectivamente. El drenaje es deficiente en áreas llanas ocupadas por sedimentos arcillosos pertenecientes a los grupos (P), (321a) y (232b). Existen numerosos grupos con capacidad portante baja y asientos altos, entre los que se encuentran todos los cuaternarios, excepto algunos tramos de los conglomerados de las terrazas marinas, y los terciarios de composición arcillosa y margosa. En los taludes

de los desmontes los problemas más reseñables corresponden a la erosión y deslizamientos en los materiales arcillo-margosos, a los desprendimientos, caída de bloques y cuñas, en los taludes excavados en roca, y a los deslizamientos, procesos de toppling y pandeo en las series de litología alternante, dependiendo de la naturaleza de los materiales excavados. Dentro de este aspecto cabe destacar la inestabilidad manifiesta que presentan las masas deslizadas, sobre todo al pie de la sierra de la Plata; si se proyectan carreteras en zonas próximas a estos deslizamientos habría que tener en cuenta la posibilidad de taquear bloques inestables, así como la colocación de barreras dinámicas para frenar la posible caída de bloques a la calzada.

En cuanto a la influencia negativa del medio marítimo se manifiesta, principalmente, en dos aspectos: una es el oleaje, que origina numerosos desprendimientos de bloques por erosión de la base de los acantilados, y la otra son las mareas, que dan lugar en las marismas a los cambios periódicos del nivel del agua, con los problemas geotécnicos que ello conlleva.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRAFICOS

De las cuatro zonas en que se ha dividido el Tramo Chiclana de la Frontera - Los Barrios, la Zona 3 es la que plantea los problemas topográficos más importantes y generalizados.

Las sierras y montes localizados en esta Zona 3 originan barreras naturales que entorpecen y encarecen el desarrollo de futuras vías de comunicación. A pesar de que las cotas absolutas no son extremadamente elevadas (786 m es la máxima de todo el Tramo), los desniveles relativos que hay que salvar sí son acusados, ya que no hay que olvidar que el Tramo parte a nivel del mar (cota 0.0 m.).

Los accidentes topográficos más significativos, o por lo menos los más difíciles de salvar, corresponden al paso entre los montes de La Muela y de Vejer, y al subtramo último del Estudio, es decir a partir de Facinas y hasta Algeciras, donde las sierras dispuestas en sentido seudotransversal al Tramo llegan hasta la costa, siendo imposible vadearlas. La escasa vías de comunicación que existen en esta área se han emplazado aprovechando valles desarrollados entre las sierras, y que en cierto modo las comunican entre sí.

La Zona 2 plantea problemas puntuales debido a la presencia de lomas y montes de escasa altitud, y al encajamiento de red de drenaje. La ventaja de esta Zona es que la gran mayoría de los obstáculos topográfico son relativamente fáciles de sortear.

La Zona 4 plantea problemas topográficos en el enlace entre las antiplanicies y las zonas de playa, en el paso de los valles de ríos y arroyos, y, por último, atravesar las sierras del Retín, la Plata y de Enmedio.

La Zona 1 no plantea problemas de tipo topográfico, excepto los que puntualmente puedan derivarse por la presencia de los valles de los ríos y arroyos de la red de drenaje.

4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS

Los problemas geomorfológicos que presenta el Tramo de Estudio están estrechamente relacionados con la topografía del mismo, ya que ambos aspectos guardan una estrecha conexión.

A continuación se describen los problemas geomorfológicos que pueden presentarse en cada una de las Zonas en que se ha dividido el Estudio.

En la Zona 1 los problemas geomorfológicos son relativamente escasos, debido a que el relieve que presenta es suavemente alomado y las pendientes topográficas no sobrepasan el 7 %. Sin embargo, las zonas llanas sí presentan problemas de drenaje, fundamentalmente cuando el sustrato es impermeable y dan lugar a áreas proclives a encharcarse. Estas áreas corresponden a las ocupadas por materiales de composición arcillosa (arcillas con Tubotomaculum, triásicas y raña) y a la laguna de la Janda. Por último, los aluviales de los ríos están sujetos a inundaciones en épocas de crecida.

La Zona 2 muestra, dentro de su morfología alomada, una topografía muy irregular, en parte condicionada por la heterogeneidad litológica que presenta. Los problemas geomorfológicos que pueden plantearse se localizan en zonas de pendiente acusada (vertientes) y litología arcillosa o margosa, donde el bajo ángulo de rozamiento interno de estos materiales, unido al horizonte de alteración superficial que suelen presentar, pueden dar lugar, en un momento determinado, a deslizamientos, agrietamientos y reptación en las laderas.

La red de drenaje es un factor de inestabilidad en las zonas de cabecera de los arroyos, debido al alto poder erosivo de las aguas y a la incisión lineal que originan. En el curso bajo o cerca de su desembocadura, los problemas que se plantean son los típicos correspondientes a la dinámica fluvial y ya señalados en la Zona 1, es decir, a las inundaciones y cambios de curso en épocas de crecida.

La Zona 3 es la que plantea, desde el punto de vista geomorfológico, los mayores problemas del Tramo, derivados del relieve montañoso y de las fuertes pendientes topográficas que presenta. Estos dos hechos, unido al clima y a la naturaleza de los materiales,

han originado grandes masas deslizadas que se acumulan al pie de los relieves mencionados. Estos depósitos se encuentran en posición de equilibrio límite, y pueden deslizar en cuanto se modifiquen las condiciones actuales, tanto por causas naturales como por la acción del hombre (desmontes, terraplenes, etc.). Por otro lado, la alteración y meteorización de los crestones de las sierras de areniscas del Aljibe, siguen originando desplomes y caídas de grandes bloques, que quedan en las laderas en posición, algunas veces, inestable.

Los cursos de agua tienen, en esta Zona, un alto poder erosivo y de arrastre, como demuestra la presencia de conos de deyección depositados por coladas de barro.

La Zona 4 presenta distintos problemas geomorfológicos en función del tipo de costa. En la costa de acantilados los fenómenos más característicos son los numerosos desplomes que se originan por la erosión del oleaje. Este fenómeno es muy claro en la costa entre el cabo Roche y Barbate. La articulación entre los acantilados y las playas son a menudo problemáticas, debido a que el paso se realiza prácticamente sin transición y a que las pendientes topográficas son muy pronunciadas. Un claro ejemplo corresponde a la zona de Los Caños de Meca, cuyo pico, Meca, muy próximo a la costa, alcanza los 162 m de altitud.

La costa donde llegan las sierras del Retín, la Plata y de Enmedio, plantea los mismos problemas que los descritos en la Zona 3, es decir, pendientes pronunciadas, masas deslizadas y caída de grandes bloques.

Las zonas de costa llana y de playa no plantean problemas geomorfológicos, sin embargo las desembocadura de los ríos son problemáticas debido a que algunos de ellos forman marismas de gran extensión, como la del río Barbate y la Bahía de Cádiz.

Los ríos que discurren por zonas de altiplanacie y desembocan en el mar originan valles muy angostos, cuyo paso exigirá la construcción de viaductos de alturas considerables: un ejemplo típico de este tipo de valle corresponde al del río Roche.

4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTECNICOS

Los materiales que aparecen en el Tramo van a plantear los siguientes problemas geotécnicos:

DESLIZAMIENTOS

En los taludes excavados en el Tramo se han observado varios tipos de inestabilidades, dependiendo de la litología de los mismos.

En los materiales que predominan la proporción arcillosa y margosa, los taludes excavados son inestables, observándose numerosos deslizamientos, que en la mayoría de los casos comienzan por la capa superficial alterada.

En los taludes excavados en rocas (calizas, dolomías y areniscas), la inestabilidad proviene del deslizamiento de bloques y cuñas, delimitadas por las distintas discontinuidades de la roca.

Los materiales compuestos por sucesiones alternantes de litologías competentes e incompetentes, suelen plantear problemas de caída de bloques por descalce de los mismos, así como deslizamientos de bloques y cuñas. También pueden producirse, de manera ocasional, procesos de toppling y de pandeo de estratos.

Por último, hay que hablar de la inestabilidad latente que presentan los sedimentos constituidos por las "masas deslizadas" (C2). Estos sedimentos se hallan prácticamente en condiciones de equilibrio límite, y pueden entrar en movimiento si se varían dichas condiciones, bien por causas naturales (lluvias por ejemplo), como por la acción del hombre (desmontes, terraplenes, presas, etc.).

CAPACIDAD PORTANTE Y ASIENTOS

Los problemas de capacidad portante y de asientos aparecen en las siguientes formaciones:

- En todos los depósitos cuaternarios y pliocuaternarios, a causa de su baja compacidad. Se exceptúan los sedimentos de terrazas marinas y cordones litorales cementados.

- En los materiales compuestos mayoritariamente por arcillas, margas y margocalizas (grupos geotécnicos G14, G18 y G19), así como las intercalaciones margosas de algunos grupos de litologías alternantes (313a y 313b). A la baja resistencia de estos materiales se añade, además, los horizontes alterados que normalmente presentan.

NATURALEZA LITOLÓGICA

Los problemas derivados de la composición litológica se centran en los yesos existentes en las formaciones arcillosas triásicas (213a) y terciarias (321a), presencia de montmorillonita en las arcillas terciarias (321a) últimas mencionadas y en la gran cantidad de materia orgánica que contienen los depósitos de marisma (M), nivel marino (r1), lacustre (L) y palustre (P).

EROSIÓN

Los taludes con signos de erosión, y que se recomienda protegerlos de la mismas, son todos aquellos excavados en materiales que tengan un comportamiento de suelo o de rocas blandas, y que en líneas generales corresponden a las formaciones pertenecientes a los grupos geotécnicos GT14, GT18 y GT21.

RIPABILIDAD

Aunque en el tramo no se han observado "cañas" de voladura en los taludes excavados, se considera que pueden presentar puntualmente problemas de excavación las areniscas de los grupos (321b), (313a) y (313b), así como las calizas y dolomías triásicas y jurásicas.

NIVEL FREÁTICO

Los niveles freáticos a escasa profundidad se localizan en los aluviales de los ríos, y en la base de materiales granulares (terrazas), en este último caso siempre y cuando el sustrato lo constituyan materiales impermeables.

INUNDABILIDAD

Las zonas con problemas de inundación corresponden a las marismas y a aluviales en épocas de avenida.

EXPANSIVIDAD

Dos son los tipos de materiales que plantean problemas de expansividad: las arcillas del grupo (321a), debido a la presencia de montmorillonita en su composición, y los depósitos cuaternarios palustres (P), por el carácter vértico de sus suelos.

4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

Una vez analizadas las características topográficas, geomorfológicas y geotécnicas del Tramo, y teniendo en cuenta el trazado de las carreteras actuales y la distribución de las poblaciones dentro del mismo, se llega a la consideración de una serie de corredores que enlazan los sectores de Chiclana de la Frontera y Los Barrios.

Se ha considerado un corredor principal ("Corredor 1"), que coincide en su totalidad con el trazado de la actual carretera N-340, a partir del cual salen ramales y variantes, que en algunos casos mejoran y acortan la carretera actual. El "Corredor 1" tiene su inicio al

Norte de Chiclana, en el origen de la N-340 , la cual parte de la autovía N-IV; evidentemente, la conexión del Tramo hacia el Norte y hacia el Oeste (Cádiz) se realiza a través de dicha autovía. Este corredor sigue la N-340 hasta unos dos kilómetros al norte de Chiclana (en este subtramo ya desdoblada), donde se desvía hacia el SE para aprovechar la variante de Chiclana, ya en funcionamiento, y retornar al trazado de la N-340 unos dos kilómetros al Sur de dicha localidad. A partir de aquí el trazado básico considerado es el mismo de la N-340, incluyendo la variante de La Muela, hasta enlazar en Algeciras con la N-340 ya desdoblada. En este corredor se plantean problemas topográficos puntuales en los pasos de los valles de los ríos Iro, Salado y Barbate. En éste último punto el desdoblamiento de la carretera actual exigiría desmontes de grandes alturas en biocalcarenitas.

El tramo entre Tarifa y Algeciras plantea problemas topográficos y geotécnicos serios, donde un desdoblamiento de la carretera actual exigirá la realización de desmontes, terraplenes y viaductos de gran altura. En este último tramo se deberá tener especial cuidado en el diseño de los desmontes para evitar posibles deslizamientos, sobre todo en los subtramos que discurran sobre los materiales blandos de los grupos (321i) y (232b), y de las masas deslizadas del grupo (C2).

Las variantes u opciones que se plantean al trazado básico son las siguientes:

La opción V-1a parte de la variante de Chiclana y toma una dirección SE hacia el paraje de Las Lagunetas; a partir de aquí gira en sentido Sur hasta enlazar con la carretera N-340 antes de comenzar el descenso al valle del río Salado. Esta variante no plantea problemas topográficos dignos de mención.

La variante V-1b parte de la anteriormente mencionada y se prolonga hacia el SE hasta bajar al valle del río Salado, y una vez cruzado el río enlazar con la N-340 a la altura de la variante de La Muela. Este corredor plantea problemas topográficos en el descenso de la altiplanicie (cota 80 m) hasta el aluvial del río Salado (cota 10 m), así como el paso de pequeñas lomas triásicas en el margen izquierdo de dicho río. El primer descenso mencionado puede paliarse aprovechando el valle del arroyo Jandilla, que discurre entre montes de areniscas del Aljibe.

La tercera variante contemplada es la V-1c, que parte de la variante V-1b una vez cruzado el río Salado. Esta variante gira en sentido NE y bordea los montes de La Muela y Nájara, para seguidamente dirigirse hacia el SE, y una vez pasado el paraje Las Lomas, cruzar la depresión de la laguna de la Janda y enlazar con la N-340 a la altura de Tahivilla. Los problemas topográficos que se plantean corresponden a las lomas que bordean el margen izquierdo del río Salado. Por otro lado, atravesar la laguna de la Janda plantea problemas de asientos, presencia de materia orgánica en los terrenos, posibilidad de extensas áreas encharcadas y la necesidad de gran aporte de materiales de préstamo para

la construcción de los terraplenes, por donde deberá discurrir la calzada. Asimismo, gran parte de dicha laguna corresponde a una Explotación Agrícola Experimental, con los consiguientes problemas de permisos y expropiaciones que ello plantea.

El paso del río Barbate, en el sector denominado Barca de Vejer, para salvar el cañón por donde discurre el trazado actual, se propone una pequeña variante (V-1d), desplazada un kilómetro hacia el Norte, y aprovechar nuevamente el valle abierto por el río Barbate.

A partir de Facinas y hasta Algeciras no se han propuesto alternativas al trazado básico, a pesar de que, como se observa en el mapa, estos dos municipios se hallan situados prácticamente en el mismo paralelo, y la carretera actual baja hasta la costa. Esto es debido a que cualquier trazado sugerido en sentido W-E, tendría que atravesar importantes sierras montañosas, las cuales configuran el terreno más accidentado de todo el tramo, con los consiguientes problemas topográficos que ello acarrea (altos desmontes y terraplenes, viaductos, túneles, etc.). Se podría intentar buscar paso a aprovechando valles interiores, pero esto supondría que gran parte de la calzada se apoyaría sobre las masas deslizadas depositadas a media ladera, con los problemas geotécnicos que ello supone, fundamentalmente de estabilidad de las laderas y caída de bloques. Por último, otro problema añadido corresponde a que un hipotético corredor que siguiera este trazado atravesaría parte del Parque Natural de los Alcornocales, de alto valor ecológico. Debido a las razones esgrimidas, creemos que un trazado de esta naturaleza requiere un análisis detallado y profundo, que cae fuera del ámbito de un Estudio Previo de Terrenos.

Los demás corredores sugeridos corresponden a aquellos que enlazan el Tramo con otros sectores o con poblaciones importantes dentro del mismo.

El enlace de este corredor con los sectores situados hacia el NE se pueden realizar a través de varios corredores, entre los que destacamos: "Corredor-2", que sigue el trazado de la carretera comarcal C-346 y que se dirige a Medina-Sidonia; este trazado plantea problemas geotécnicos correspondientes a los derivados de los arcillas y yesos triásicos, ya que gran parte del mismo discurre por ellos. El "Corredor-3", que aprovecha el trazado de la C-343, aunque el paso del Puerto de Medina plantea problemas topográficos. Este último puede evitarse si se sigue el "Corredor 4", el cual antes de llegar a dicho puerto gira en sentido E y sigue el trazado de una carretera local que se dirige a la pedanía de Santo Tomás de Villanueva (más conocido como Cantarranas).

Hacia el Sur los corredores sugeridos son aquellos que enlazan el trazado básico con las poblaciones de la costa. El "Corredor-5" parte de Chiclana y se dirige a Sancti Petri, el "Corredor-6" enlaza Conil de la Frontera y , por último, el "Corredor-7" tiene un recorrido

cerrado y enlaza Vejer de la Frontera, Barbate de Franco y Zahara de los Atunes. Este corredor planea problemas en Zahara de los Atunes, por la proximidad de la Sierra del Retín, que exigirá la ejecución de desmontes importantes en las areniscas del Aljibe, planteándose problemas de ripabilidad y estabilidad de taludes en roca.

De lo anteriormente expuesto, se deduce que desde el inicio del Tramo hasta Facinas, los condicionantes topográficos son puntuales, de tal modo que no limitan el trazado a una sola alternativa, sin embargo, a partir de Facinas y hasta el final del mismo, el trazado está enteramente condicionado y limitado la topografía y a los problemas geotécnicos específicos de esta zona, de tal modo que el corredor sugerido queda restringido al que ocupa en la actualidad la carretera N-340.

Los siete corredores sugeridos (numerados del 1 al 7), así como las distintas variantes (numeradas de la V-1a a la V-1d), se muestran en la Figura 4.1.

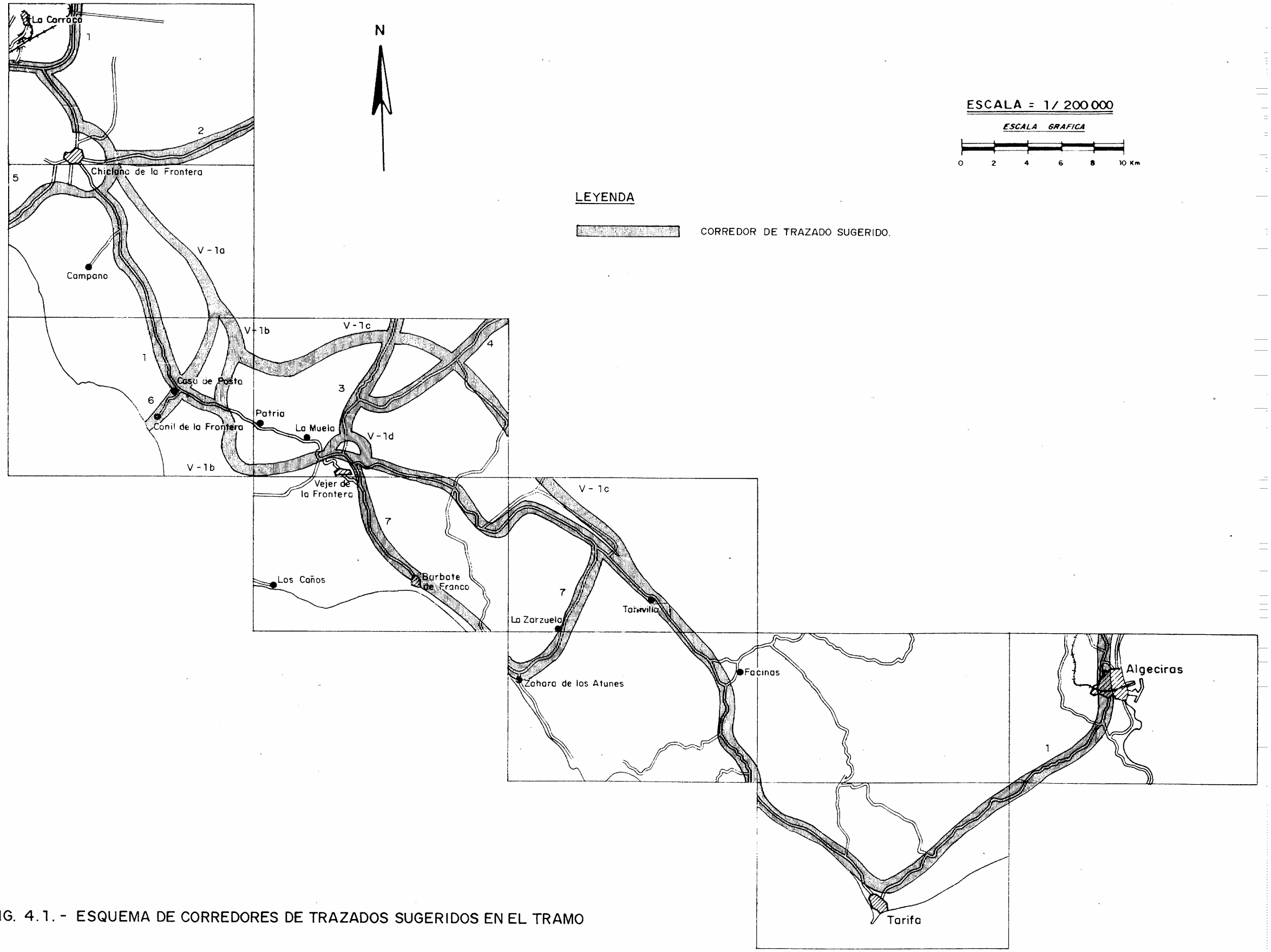


FIG. 4.1.- ESQUEMA DE CORREDORES DE TRAZADOS SUGERIDOS EN EL TRAMO

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

A pesar de que en este Estudio Previo de Terrenos no se hace un análisis detallado, ya que desborda el ámbito del mismo, de los yacimientos de roca y granulares para su utilización en obras de carreteras, se ha considerado conveniente dar una visión breve y resumida de los yacimientos y canteras existentes en el Tramo.

5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

Los materiales rocosos que se han utilizado en el Tramo para obras de carreteras son los siguientes:

Las dolomías triásicas (213b) y las calizas y dolomías jurásicas (221) son los únicos grupos utilizados para áridos de machaqueos en la construcción de las carreteras del Tramo.

Los demás grupos calcáreos no se han explotado, excepto el grupo (311a), debido a que los afloramientos presentan dimensiones reducidas, accesibilidad difícil o alternancias de litología (margas) no aptas para su aprovechamiento.

Las areniscas del Aljibe se han explotado en el Tramo con fines ornamentales, a pesar de que el ensayo realizado, que a continuación se adjunta, ha permitido clasificar a estos materiales como suelos seleccionados. Las canteras abiertas en este grupo se localizan en las proximidades de Algeciras. También se han utilizado con estos fines ornamentales los niveles de calizas del grupo (312d).

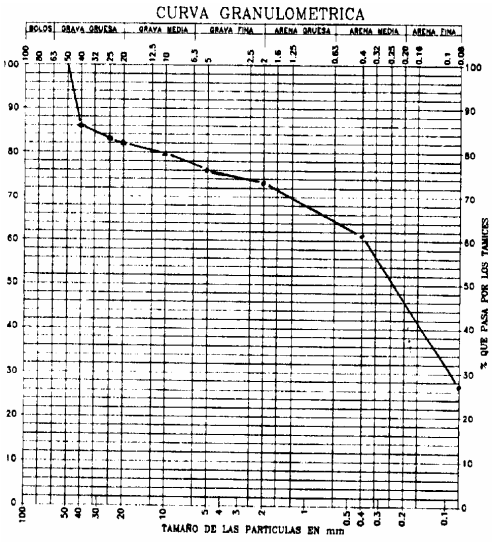
Las ofitas tienen una extensión tan reducida que no es aconsejable su explotación, a pesar de ser una roca muy apreciada por su utilización en las capas de rodaduras del firme de las carreteras. Las Figuras de 5.1 a 5.3 muestran distintos aspectos de explotaciones de materiales rocosos.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LAS ARENISCAS DEL ALJIBE (321b)

Granulometría	
Tamices ASTM	**% Pasa**
50	100.0
40	86.0
25	83.0
20	82.0
10	79.0
5	76.0
2	73
0.4	61
0.08	27

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido: -
Límite plástico: -
Índice de plasticidad: N.P.

PRÓCTOR NORMAL

Densidad máxima (t/m^3): 1.91
Humedad óptima (%): 9.4

C.B.R.: 22.1

CLASIFICACIÓN

USCM: GM
H.R.B.: A-1-b
A-2-4 (0)
PG-4/88: Suelo adecuado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.1. *Cantera abandonada de El Berrueco, donde se explotaban las calizas y dolomías jurásicas del grupo (221).*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.2. *Explotación abandonada de dolomías triásicas, del grupo (213b), situada al NE del cerro El Berrueco.*



Figura 5.3. *Cantera activa de calizas y dolomías del grupo (221), situada en el P.K.102,400 de la CN-340, en Algeciras.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

En el Tramo se han explotado una serie de materiales granulares pertenecientes a las formaciones pliocenas y cuaternarias, que corresponden a los grupos (322a), (322d), (TR1) y (EDC). La formación más interesante corresponde a las arenas amarillas con biocalcarenitas, grupo (322a), tanto por la extensión como por la potencia de sus afloramientos (Figuras 5.4 a 5.6). Los ensayos consultados, que se adjuntan a continuación, muestran que estos materiales constituyen desde suelos tolerables a suelos seleccionados.

En cuanto a las terrazas marinas, solamente se ha inventariado una gravera, situada junto a las ruinas de Baelo Claudia, en Bolonia. Estos depósitos tienen dos inconvenientes: el primero es que la gran cementación que presentan dificultan enormemente su extracción y posterior tratamiento, y el segundo se debe a la acumulaciones importantes, aunque puntuales, de fragmentos de conchas.

En la zona de dunas cementadas situada al Oeste de Barbate, existen areneros abandonados, que posiblemente se utilizaban para la fabricación de hormigones.

Las arenas verdes con ostreidos del grupo (322d), al igual que las terrazas marinas, solamente presentan un punto de explotación, en parte debido a la escasa representación que tienen en el Tramo.

Otros materiales con posibilidades de ser aprovechados, aunque por su reducido espesor o extensión no son aconsejables para su explotación a gran escala, son:

- Terrazas fluviales (ta)

  Los sedimentos más importantes se localizan en el valle del arroyo Almodóvar. Este emplazamiento presenta el inconveniente de que parte de ellos se hallan dentro del Parque Natural de los Alcornocales.

- Aluviales gruesos (a2)

  Para su aprovechamiento habrá que retirar los bolos mayores de 15 cm.

- Alternancia de biocalcarenitas y arenas, (321k)

- Arenas finas amarillentas (321f)

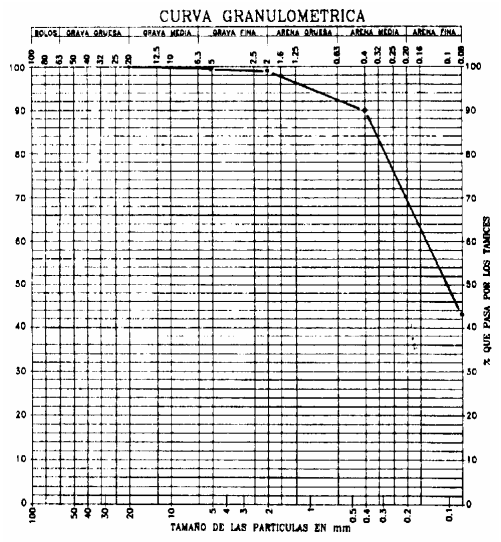
  Son materiales poco extensos y de difícil explotación

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LAS ARENAS AMARILLAS CON BIOCALCARENITAS, (322ª)

Granulometría	
Tamices ASTM	**% Pasa**
¾ “	100.0
Nº 4	99.4
Nº 10	97.1
Nº 40	90.0
Nº 200	42.9

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido: -
Límite plástico: -
Índice de plasticidad: N.P.

PRÓCTOR NORMAL

Densidad máxima (t/m^3): 1.847
Humedad óptima (%): 12.9

C.B.R.: 10.8

CLASIFICACIÓN

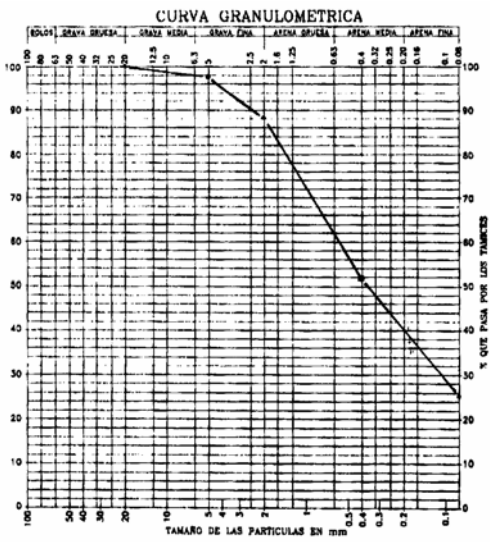
USCM: SM
H.R.B.: A-4
PG-4/88: Suelo tolerable

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LAS ARENAS AMARILLAS CON BIOCALCARENITAS, (322ª)

Granulometría	
Tamices ASTM	**% Pasa**
¾ “	100.0
Nº 4	97.7
Nº 10	88.5
Nº 40	52.7
Nº 200	25.0

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido: -
Límite plástico: -
Índice de plasticidad: N.P.

PRÓCTOR NORMAL

Densidad máxima (t/m^3): 1.899
Humedad óptima (%): 12.2

C.B.R.: 16.0

CLASIFICACIÓN

USCM: SM
H.R.B.: A-2-4
PG-4/88: Suelo seleccionado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.4. *Explotación abandonada de las arenas amarillas con intercalaciones de biocalcarenitas, grupo (322a), situada al N de Chiclana, en el valle del arroyo Guerra.*



Figura 5.5. *Explotación abandonada del grupo (322a), en el valle del río Barbate, al SW de Jandilla.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.6. Explotación activa de las arenas del grupo (322a), situada al E de Vejer, en las inmediaciones de la marisma del río Barbate.

5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

Para terraplenes y pedraplenes podrán utilizarse los materiales expuestos anteriormente, excepto las arenas de dunas, debido a su prácticamente imposible compactación.

A estos hay que añadir las biocalcarenitas del grupo (321m), que corresponden a los áridos naturales más aprovechados en el área de estudio. Presentan buenas características de drenaje para su utilización en rellenos y subbases de carreteras, debido a que son materiales detríticos, porosos y permeables; por otro lado, tienen la ventaja de que no necesitan el uso de explosivos para su excavación (Figura 5.7 a 5.9). Como posibles yacimientos canterables se consideran los grupos litológicos (321j) y (321h).

Para pedraplenes se podrán aprovechar, además, los procedentes de las excavaciones de los grupos pétreos calcáreos (223), (321l), (321c) y (311c), las ofitas y los tramos potentes de areniscas de los grupos (313a), (313b) y (231b).

Los materiales plio-cuaternarios pueden utilizarse para terraplenes, controlando el tamaño de los bolos y la plasticidad de la matriz.

En cuanto a los sedimentos cuaternarios, a excepción de los ya mencionados, no podrán utilizarse en terraplenes por constituir la mayoría suelos inadecuados, tanto por su plasticidad como la gran cantidad de finos que contienen.

Tampoco son aptos para terraplenes las formaciones de composición mayoritariamente arcillosa y margosa, que son aquellas que integran los grupos geotécnicos GT-14 y GT-18.

Como materiales de préstamos podrán utilizarse los procedentes de las excavaciones de los demás grupos constituidos por litologías alternantes (flysch, etc.) y rocas blandas (margocalizas, etc.), siempre y cuando cumplan las condiciones exigidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras (PG-4/88).

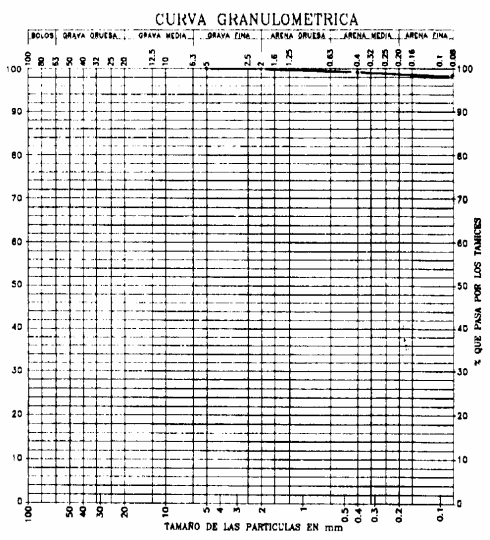
A continuación se muestran algunos ensayos realizados en los materiales del Tramo.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL ALUVIAL FINO, (A1)

Granulometría	
Tamices ASTM	**% Pasa**
Nº 4	100.0
Nº 10	99.9
Nº 40	99.4
Nº 200	98.6

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido:	44.6
Límite plástico:	24.4
Índice de plasticidad:	20.2

Materia orgánica (%) 1.298

Sulfatos (%) 0.084

CLASIFICACIÓN

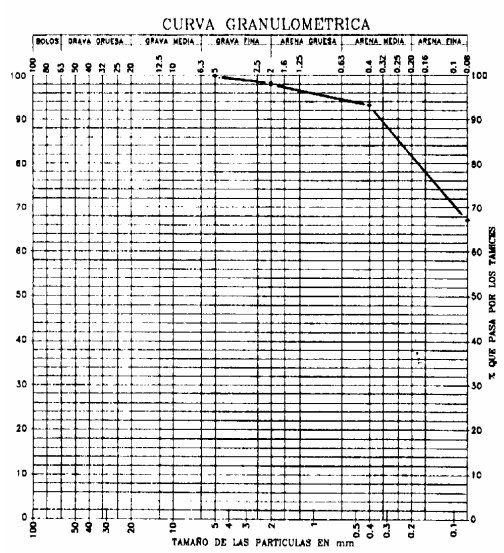
USCM: CL
H.R.B.: A-7-6
PG-4/88: Suelo inadecuado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL ALUVIO-COLUVIAL, (ac)

Granulometría	
Tamices ASTM	**% Pasa**
Nº 4	100.0
Nº 10	98.5
Nº 40	93.2
Nº 200	67.6

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido:	45.9
Límite plástico:	15.8
Índice de plasticidad:	30.1

Materia orgánica (%) 2.067

CLASIFICACIÓN

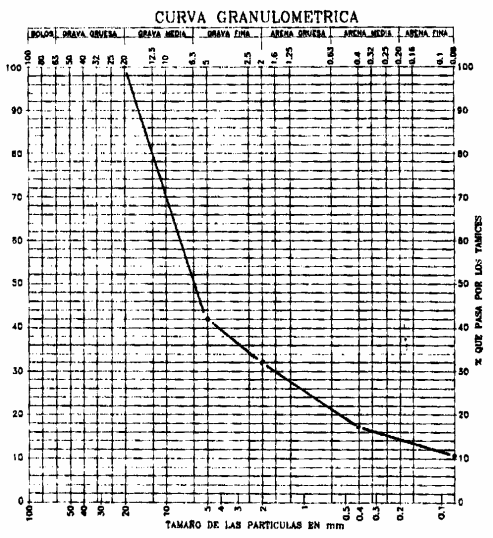
USCM:	CL
H.R.B.:	A-7-6
PG-4/88:	Suelo inadecuado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LAS BIOCALCARENITAS DEL GRUPO (321 m), CANTERA LOS GUIJOS (ALGECIRAS)

Granulometría	
Tamices ASTM	**% Pasa**
¾ “	100.0
Nº 4	42.0
Nº 10	32.4
Nº 40	17.7
Nº 200	10.3

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



LÍMITES DE ATTERBERG

Límite líquido:	22
Límite plástico:	17
Índice de plasticidad:	5

Equivalente de arena (%) 23

CLASIFICACIÓN

USCM:	GC-GM-GP
H.R.B.:	A-1-A (0)
PG-4/88:	-

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.7. *Explotación activa de biocalcarenitas del grupo (321m), frente a la Ermita de la Oliva.*



Figura 5.8. *Explotación activa de biocalcarenitas, en las inmediaciones de una carretera local de Algeciras a Los Barrios*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.9. Explotación abandonada de biocalcarenitas, del grupo (321m), en el P.K.41 de la CN-340.

5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE

Con vistas al emplazamiento de nuevas explotaciones o a la puesta en marcha de las ya existentes, se recomienda estudiar con más detalle los yacimientos indicados en la Figura 5.10. Asimismo, se adjunta un Cuadro Resumen con las características más sobresalientes de los yacimientos mencionados.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

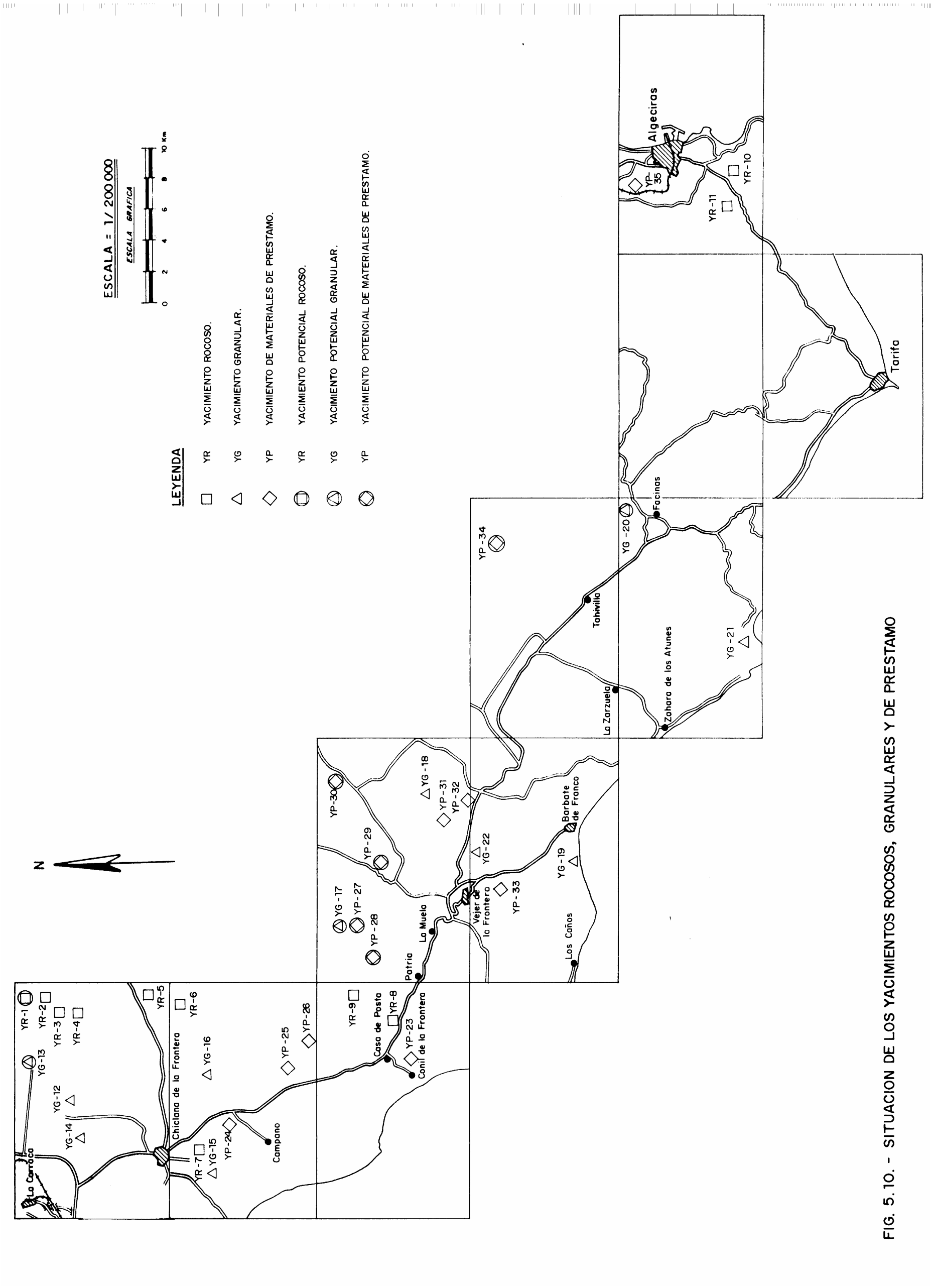


FIG. 5.10. - SITUACION DE LOS YACIMIENTOS ROCOSOS, GRANULARES Y DE PRESTAMO

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

YACIMIENTO	COORDENADAS UTM		GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS	ESTADO ACUTAL DE LA EXPLOTACIÓN
	X	Y				
YR-1(*)	$7_{65,3}$	$40_{41,5}$	221	Calizas, dolomías y margas	Pistas hacia el cerro Calerone de Barcia, al N de Chiclana	
YR-2	$7_{66,3}$	$40_{40,2}$	213b	Dolomías	Camino desde la cantera el Berrueco	Abandonada
YR-3	$7_{65,6}$	$40_{39,2}$	213b	Dolomías	Pista desde la cantera el Berrueco	Abandonada
YR-4	$7_{65,5}$	$40_{38,2}$	213b	Dolomías	Ctra. acondicionada desde el P.K. 11 de la CC-346	Abandonada
YR-5	7_{66}	$40_{36,1}$	213b	Dolomías	Ctra. C-346. P.K. 10,5	Abandonada
YR-6	$7_{65,2}$	$40_{34,6}$	213b	Dolomías	Camino desde el P.K. 10,3 de la CC-346 al Cortijo el Corbacho	Abandonada
YR-7	7_{56}	40_{33}	311a	Calizas y margas	Inmediaciones de Chiclana	Abandonada
YR-8	$7_{65,2}$	40_{20}	213b	Dolomías	CN-340. P.K. 24,8	Abandonada
YR-9	$7_{67,2}$	$40_{21,5}$	213b	Dolomías	Pista que parte desde el P.K. 24,8	Abandonada
YR-10	$2_{78,5}$	$39_{98,6}$	221	Calizas, dolomías y margas	CN-340. P.K. 102,4	Activa
YR-11	2_{77}	$39_{98,3}$	321b	Areniscas del Aljibe	Ctra. Local desde P.K. 101 de la CN-340	Abandonada

Los yacimientos reseñados con (*) se recomienda estudiar con mas detalle por su interés potencial.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES Y DE MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

YACIMIENTO	COORDENADAS UTM		GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS	ESTADO ACUTAL DE LA EXPLOTACIÓN
	X	Y				
YG-12	$7_{59,3}$	$40_{41,5}$	322a	Arenas amarillas y biocalcarenitas	Ctra. Local y pistas al N de Chiclana. Cerro de los Caracoles	Abandonada
YG-13(*)	7_{62}	40_{43}	ta	Gravas con matriz limo-arenosa	Pista asfaltada a los Llanos de Guerra	
YG-14	7_{57}	$40_{39,1}$	322a	Arenas amarillas y biocalcarenitas	Al N de Chiclana, por camino de tierra	Abandonada
YG-15	$7_{55,5}$	$40_{30,4}$	322a	Arenas amarillas y biocalcarenitas	Pistas desde Chiclana hacia el W del paraje Espartosa	Abandonada
YG-16	$7_{63,5}$	$40_{32,6}$	322d	Arenas verdes fosilíferas	Camino al Cortijo La Mesa, desde el P.K. 7 de la CC-346	Abandonada
YG-17(*)	$2_{31,5}$	$40_{22,5}$	321k	Biocalcarenitas y arenas	Pista de acceso a La Muela	
YG-18	$2_{38,7}$	40_{18}	322a	Arenas amarillas y biocalcarenitas	Próximo al camino de Jandilla	Abandonada
YG-19	$2_{34,2}$	$40_{9,8}$	EDC	Arenas cementadas	Ctra. de Barbate a Los Caños	Abandonada
YG-20(*)	2_{58}	40_{05}	ta	Gravas con matriz limo-arenosa	Ctra. Local de Facinas a Los Barrios. Parte del yacimiento está en el PN Los Alcornocales	

Los yacimientos reseñados con (*) se recomienda estudiar con mas detalle por su interés potencial.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

YACIMIENTO	COORDENADAS UTM		GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS	ESTADO ACUTAL DE LA EXPLOTACIÓN
	X	Y				
YG-21	$2_{49,4}$	39_{98}	TR1	Gravas y conchas cementadas	Pista asfaltada del Lentiscar a la Urbanización Atlanterra	Abandonada
YG-22	$2_{36,5}$	$40_{14,6}$	322a	Arenas amarillas y biocalcarenitas	Pista desde el P.K. 39,500 de la CN-340	Activa
YP-23	$7_{62,2}$	$40_{18,8}$	321m	Biocalcarenitas	Conil de la Frontera	Abandonada
YP-24	$7_{56,8}$	40_{30}	321m	Biocalcarenitas	Caminos y pistas desde Chiclana al cerro Espartosa	Activa
YP-25	$7_{63,5}$	$40_{26,9}$	321m	Biocalcarenitas	Ctra. Local de Chiclana al paraje Las Lagunetas	Abandonada
YP-26	$7_{64,5}$	$40_{26,5}$	321m	Biocalcarenitas	Ctra. Local y pistas de Chiclana al puerto del Hierro. P.K. 24,8 de la CN-340	Activa
YP-27(*)	$2_{31,5}$	$40_{21,9}$	321m	Biocalcarenitas	Pistas de acceso a La Muela	
YP-28(*)	$2_{67,9}$	$40_{21,5}$	321j	Biocalcarenitas	Camino desde La Muela	
YP-29(*)	$2_{35,1}$	$40_{21,5}$	321h	Biocalcarenitas	CC-343. Puerto de Medina	
YP-30(*)	2_{41}	40_{23}	321m	Biocalcarenitas	Cantarranas. Ctra. Local de CN-340 a Benalup	
YP-31	$2_{38,4}$	40_{17}	321m	Biocalcarenitas	Camino desde el P.K. 41 de la CN-340	Abandonada
YP-32	$2_{39,2}$	$40_{15,5}$	321 m	Biocalcarenitas	CN-340. P.K. 41	Abandonada
YP-33	$2_{34,4}$	40_{13}	321 m	Biocalcarenitas	Pista desde la CC-343, frente a Ermita de la Oliva	Activa
YP-34(*)	$2_{54.5}$	$40_{11,15}$	321 m	Biocalcarenitas	Pista al cortijo Las Habas	
YP-35	$2_{78,5}$	40_{04}	321 m	Biocalcarenitas	Ctra. Local de Algeciras a Los Barrios	Activa

Los yacimientos reseñados con (*) se recomienda estudiar con mas detalle por su interés potencial.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CORRALES, I. y col. (1977).- Estratigrafía.

- FERNANDEZ-LUANCO, M.C. (1971).- Sedimentología de las Unidades del sector meridional del Campo de Gibraltar (Provincia de Cádiz). I. Congr. Hisp. Luso-Amer. Geol. Econom. Secc. 1 (Geol) 1, pp 171-182.

- GUTIERREZ ELORZA, M. y col. (1994).- Geomorfología de España.

- I.G.M.E. (1974).- Mapa geotécnico de España a escala 1:200.000. Hoja n 87. Algeciras.

- I.G.M.E. (1975).- Mapa geotécnico de España a escala 1:200.000. Hoja n 87. Cádiz.

- I.T.G.E. (1994).- Mapa geológico de España a escala 1:200.000. Hoja n 87. Algeciras.

- I.T.G.E. (1990).- Mapa geológico de España a escala 1:50.000. 2 Serie. Hoja n 1069. Chiclana de la Frontera.

- I.T.G.E. (En edición).- Mapa geológico de España a escala 1:50.000. 2 Serie. Hoja n 1078. La Línea.

- I.T.G.E. (1990).- Mapa geológico de España a escala 1:50.000. 2 Serie. Hoja n 1074. Tahivilla.

- I.T.G.E. (1990).- Mapa geológico de España a escala 1:50.000. 2 Serie. Hoja n 1077. Tarifa.

- I.T.G.E. (1990).- Mapa geológico de España a escala 1:50.000. 2 Serie. Hoja n 1073/1076. Vejer de la Frontera.

- JUBILAR, J.M. RIOS, (1983).- Geología de España. Tomo II.

- MARTINEZ DIAZ, (C). (1973).- Corte de Vejer de la Frontera. XIII Coloquio Europeo Micropal. España, E.N.A.D.I.M.S.A. pp 271-273.

- PENDON, J.G. (1976).- Rasgos sedimentológicos de las areniscas en las Unidades de Algeciras y del Aljibe (Campo de Gibraltar). Cuadernos Geol. 5 pp 101-115.

- PENDON, J.G. (1978).- Sedimentación turbidítica en las Unidades del Campo de Gibraltar. Secre. Publi. Univ. Granada pp 249).

- PITA CARPENTER, A. (1968).- Clima y vegetación arbórea. Servicio Meteorológico Nacional.

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras (PG-4/88).

- ZAZO, C. (1980).- El Cuaternario marino continental y el límite Plio-Pleistoceno en el litoral de Cádiz. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

- ZAZO, C. y OVEJERO, G. (1976).- Niveles marinos cuaternarios en el litoral de la provincia de Cádiz, Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario. 5. pp 141-145.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO (1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350

** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

NEOGENO 2

2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense

1** MIOCENO
- Superior: Messinense, Tortoniense — Pontiense — Pantiense s.str., Vallesense
- Medio: Serravallense, Langhiense — Helvetiense — Vindoboniense
- Inferior: Burdigaliense, Aquitaniense

PALEOGENO 1

3** OLIGOCENO: Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense

2** EOCENO
- Superior: Priaboniense=Ludense=Bartonense
- Medio: Biarritzense, Luteciense
- Inferior: Cuisiense, Ilerdiense - Ypresiense, Sparnaciense

1** PALEOCENO: Thanetiense, Montiense, Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

CRETÁCICO 3

2** SUPERIOR: Maestrinchtiense, Campaniense, Santoniense, Coniaciense (2), Turonense, Cenomanense — Senonense

1** INFERIOR: Albense, Aptense, Barremiense — Facies Urgoniense; Hauteriviense, Valagieniense, ? Berriasiense=Wealdense — Neocomiense (marino) / Facies Wealdense (continental)

JURÁSICO 2

3** MALM — Superior: Portlandiense=Tithonico, Kimmeridgiense, Oxfordiense

2** DOGGER — Medio: Calloviense, Bathoniense, Bajociense, Aaleniense

1** LIAS — Inferior: Toarciense, Pliensbachiense, Sinamuriense, Hettangiense

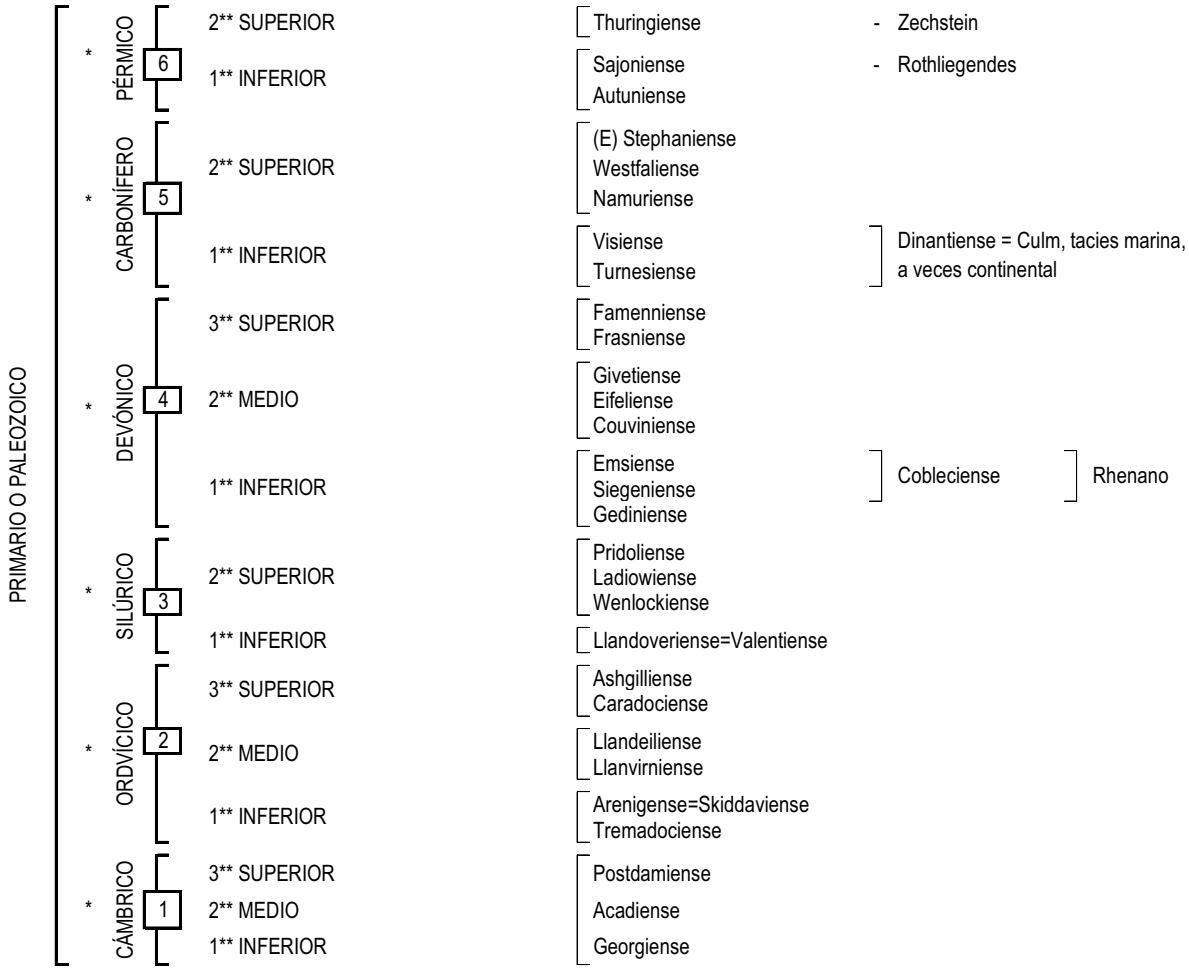
TRIÁSICO 1

3** SUPERIOR: Retiense, Noriense, Carniense — Keuper

2** MEDIO: Ladiniense, Anisiense=Virglonense — Muschelkalk

1** INFERIOR: Werfeniense — Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabiliad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.), así como algunos ensayos obtenidos en diversos informes realizados a lo largo del Tramo y sus alrededores. Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabiliad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

b) Se consideran de ripabiliad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

c) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2-3 kg/cm^2) produce asientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos de estabilidad de los taludes, asignados a los distintos materiales del Tramo, un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65°) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10°)

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien

porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

Drenaje

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

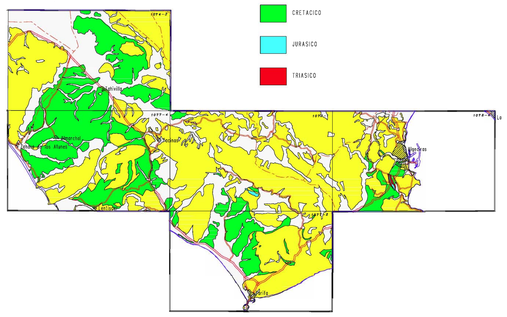
8. PLANOS

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)

ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)

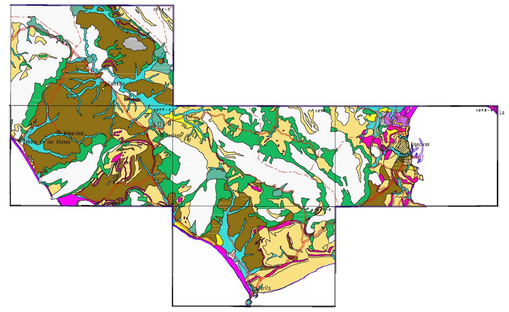


LEYENDA

- CUATERNARIO
- PLIO-CUATERNARIO
- TERCIARIO
- CRETACICO
- JURASICO
- TRIASICO

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUERO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)

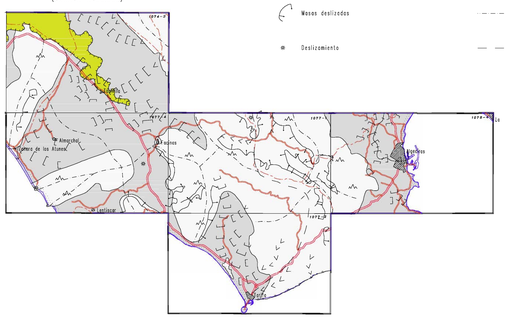


LEYENDA

- Aluviales constituidos por limos, arcillas, arenas, gravas y bolos.
- Coluviales, aluvio-coluviales y eluviales, formados por cantos y bloques poligénicos, trabados por una matriz arcillosa, limosa y/o arenosa.
- Conos de deyección y abanicos aluviales, constituidos por limos, arenas y arcillas con cantos y bloques dispersos.
- Sedimentos lacustres y palustres, integrados por arcillas y limos con abundante materia orgánica.
- Depósitos de terraza fluvial y rotos, formados por gravas y bolos poligénicos, trabados por una matriz arcillosa y arena-limosa
- Depósitos de marisma y nivel marino. Limos y arcillas con lechos arenosos. Abundante materia orgánica.
- Terrazas marinas gruesas y cordones litorales. Gravas calcáreas, restos de conchas y arenas, parcial o totalmente cementadas.
- Depósitos de playa, dunas, litorales y mantos eólicos. Suelos no cohesivos compuestos por arenas finas mal clasificadas. Fuertemente cementados.
- Terrazas marinas finas y depósitos pliocuaternarios, constituidos por arenas arcillosas, con gravillas y gravas dispersas.
- Recubrimientos parciales y someros de suelos arenosos, mayoritariamente con fragmentos de biocalcarenitas.
- Eluviales parciales y someros de composición arcillo-arenosa, detenos rojizos y con cantos englobados de biocalcarenitas.
- Suelos arena-arcillosos con cantos y bloques de areniscas silíceas dispersos.
- Recubrimientos parciales y someros de suelos arena-arcillosos con fragmentos de areniscas ferruginosas
- Eluvial constituido por arcillas, generalmente de descalcificación, con abundantes fragmentos pétreos de naturaleza calcárea. Recubre parcialmente a la formación subyacente.
- Recubrimientos parciales y someros de arcillas margosas, que engloban a fragmentos líticos de naturaleza poligénica.
- Recubrimientos superficiales y discontinuos de lloseulos, compuestos por fragmentos heterométricos de areniscas y matriz arcillo-margosa.
- Suelos arcillosos con fragmentos líticos dispersos. Recubrimientos de espesor reducido aunque ampliamente extendidos, ya que prácticamente recubren en su totalidad a la formación subyacente.
- Suelos arcillosos con cantos de areniscas y abundante yeso. Este último de forma dispersa o bien en fragmentos rocosos. Procedentes de la alteración de los materiales del Triásico Superior, a los que recubren totalmente.

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)

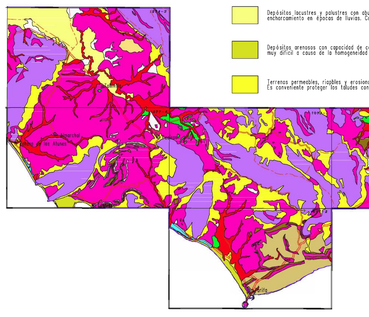


LEYENDA

- Zona de morfología llana y suavemente alomada
- Zona de morfología alomada
- Zona de sierras montañosas y relieve accidentado
- Marisma
- Laguna actual y/o desecada
- Masas deslizadas
- Deslizamiento
- Sierra montañosa
- Valle de fondo plano
- Valle en "V"
- Costa llana o playa
- Costa acantilada
- Divisoria de aguas
- Divisoria de vertiente

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

- Aluviales. Zona con niveles freáticos a escasa profundidad y problemas derivados de la dinámica fluvial. Capacidad de carga baja-media y asientos previsibles medios y altos.
- Depósitos granulares con una permeabilidad que oscila de baja a alta en función de la naturaleza de la matriz. La capacidad de carga es baja-media y los asientos previsibles medios. Se recomienda que los taludes no superen los 45 grados de pendiente.
- Depósitos de marisma. Suelos con abundante materia orgánica y sujetos a inundaciones periódicas. Capacidad de carga baja y asientos altos.
- Conglomerado de gravas calcáreas y fragmentos de conchas desigualmente cementadas. Permeable por percolación. La capacidad de carga, los asientos y la excavabilidad del mismo dependen del grado de cementación del mismo.
- Depósitos arena-arcillosos permeables por percolación. Capacidad de carga baja-media y asientos medios-altos. Los taludes de excavación son estables a corto plazo para pendientes provisionales.
- Depósitos coetaneos con capacidad de carga baja y asientos altos. Materiales fácilmente excavables y con un drenaje superficial deficiente.
- Depósitos de granulometría muy heterogénea, originados mayoritariamente por masas deslizadas y coladas de barro. Riesgo de deslizamiento tanto en condiciones naturales como bajo la acción del hombre. Capacidad de carga baja y asientos altos.
- Depósitos lacustres y palustres con abundante materia orgánica. Drenaje superficial deficiente y riesgo de encharcamiento en épocas de lluvias. Capacidad de carga baja y asientos altos.
- Depósitos arenosos con capacidad de carga baja y asientos altos e irregulares a corto plazo. Su compactación es muy difícil a causa de la homogeneidad del tamaño de grano.
- Terrenos permeables, rizables y erosionables. La capacidad y los asientos previsibles varían de bajos a medios. Es conveniente proteger los taludes contra la erosión.
- Terrenos con niveles freáticos a escasa profundidad y problemas derivados de la dinámica fluvial. Capacidad de carga baja-media y asientos previsibles medios y altos. Estos últimos fundamentalmente en las zonas de borde de valle.
- Depósitos granulares con una permeabilidad que oscila de baja a alta en función de la naturaleza de la matriz. La capacidad de carga es baja-media y los asientos previsibles medios. Se recomienda que los taludes no superen los 45 grados de pendiente.
- Depósitos de marisma. Suelos con abundante materia orgánica y sujetos a inundaciones periódicas. Capacidad de carga baja y asientos altos.
- Conglomerado de gravas calcáreas y fragmentos de conchas desigualmente cementadas. Permeable por percolación. La capacidad de carga, los asientos y la excavabilidad del mismo dependen del grado de cementación del mismo.
- Depósitos arena-arcillosos permeables por percolación. Capacidad de carga baja-media y asientos medios-altos. Los taludes de excavación son estables a corto plazo para pendientes provisionales.
- Depósitos coetaneos con capacidad de carga baja y asientos altos. Materiales fácilmente excavables y con un drenaje superficial deficiente.
- Depósitos de granulometría muy heterogénea, originados mayoritariamente por masas deslizadas y coladas de barro. Riesgo de deslizamiento tanto en condiciones naturales como bajo la acción del hombre. Capacidad de carga baja y asientos altos.
- Depósitos lacustres y palustres con abundante materia orgánica. Drenaje superficial deficiente y riesgo de encharcamiento en épocas de lluvias. Capacidad de carga baja y asientos altos.
- Depósitos arenosos con capacidad de carga baja y asientos altos e irregulares a corto plazo. Su compactación es muy difícil a causa de la homogeneidad del tamaño de grano.
- Terrenos permeables, rizables y erosionables. La capacidad y los asientos previsibles varían de bajos a medios. Es conveniente proteger los taludes contra la erosión.
- Materiales detríticos permeables por percolación. Capacidad de carga media y asientos previsibles bajos. La estabilidad de los taludes depende de la naturaleza de los materiales.
- Formación detrítica permeable y rizable por medios mecánicos convencionales. Capacidad de carga elevada, excepto en casos puntuales. Taludes estables para pendientes pronunciadas. Materiales inhabituales explotados como préstamos en obras de carreteras.
- Terrenos con una encornetría superficial activa, capacidad de carga media-alta y asientos estimados de bajos a medios. Inestabilidad potencial en las taludes por erosión diferencial e inclinación de los estratos.
- Terrenos escasamente permeables y con riesgo de encharcamientos en zonas de topografía llana. Erosionables y rizables por medios mecánicos convencionales. La capacidad portante, varía de baja a media y los asientos de medios a altos. Taludes inestables a partir de pendientes superiores a los 30 grados.
- Terrenos con una encornetría superficial activa y una excavabilidad que oscila desde rizable hasta no rizable. La capacidad de carga es alta, aunque variable en función del grado de cementación de los materiales. Riesgo de desplomientos de bloques y cuñas en sus taludes.
- Terrenos con unas características geotécnicas muy variables debido a la litología y espesor alternante de sus materiales. Los tramos rocosos son no rizables o tienen una capacidad media, la capacidad de carga es alta y los asientos nulos. Por el contrario, los niveles margosos y arcillosos son rizables, la capacidad de carga es baja y los asientos altos. Estabilidad de taludes variable de media a alta. La estabilidad de los taludes depende de la litología y disposición de los estratos.
- Terrenos calcáreos rígidos en zonas fracturadas y no rizables en los tramos sanos. Capacidad portante media-alta y asientos bajos a nulos. Los taludes tienden a ser inestables por caída de bloques y cuñas.
- Terrenos poco competentes con problemas de encharcamiento y alterabilidad. Drenaje deficiente en zonas de topografía llana. Capacidad de carga baja y asientos previsibles altos. Los taludes son inestables con pendientes laterales de 30 grados.
- Terrenos con problemas de capacidad portante, asientos y estabilidad de taludes. Walla escornetría superficial y existencia de rocas agresivas.

SIMBOLOGIA

- Contacto litológico
- Falla
- Falla supuesta
- Dirección y buzamiento de la estratificación (0-30°, 30-60°, 60-90°, 90°)
- Dirección y buzamiento invertido de la estratificación (0-30°, 30-60°, 60-90°)
- Anticlinal
- Sinclinal
- Anticlinal tumbado
- Sinclinal tumbado
- Cabalgamiento
- Deslizamiento
- Cicatriz de desprendimiento
- Cantera activa
- Cantera inactiva

L E Y E N D A

DEPOSITOS RECIENTES

- **A1** Aluviales constituidos por limos, arcillas y arenas, con intalaciones de gravas intercaladas. Disposición horizontal y estructura interna laminar. Suelos poco permeables, fácilmente excavables, con niveles freáticos a escasa profundidad e inundables en épocas de avenida. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Su excavabilidad es fácil. (Cuaternario. P.a.: 2 a 8 m).
- **a2** Aluviales compuestos gruesos y bolos de naturaleza poligénicas, trabados por una matriz arena-limosa de tonos marrones. Disposición horizontal en lechos heterométricos, con estratificación cruzada y cicatrices de erosión. Son terrenos inundables en épocas de avenidas, permeables por percolación y con niveles freáticos a escasa profundidad. La capacidad de carga es baja y los asientos estimados altos. Su excavabilidad es fácil. (Cuaternario. P.a.: < 5 m).
- **Ac** Aluvio-coluviales constituidos fundamentalmente por arenas limosas, con cantos subangulosos dispersos de naturaleza calcárea y arenisca. No presentan una estructura interna definida, y no disponen horizontes o granoclasificaciones apreciables. Son terrenos con una baja permeabilidad y con una permeabilidad media a una drenaje superficial aceptable por percolación. Son rizables y fácilmente excavables. La capacidad portante es baja y los asientos altos. (Cuaternario. P.a.: 2 a 4 m).
- **c1** Coluvión constituido por limos, arenas y arcillas, con cantos y bloques angulosos dispersos, de naturaleza poligénica. La proporción de cantos y bloques con respecto a la matriz es muy variable. Disposición masiva y caótica. La permeabilidad es media y la escorrentía superficial varía de media a alta, en función de la topografía. Son materiales poco compactos, rizables y erosionables. La capacidad de carga es baja-media y los asientos previsibles medios. Los taludes estables en pendientes de hasta 30 grados de inclinación. Si estos materiales quedan situados en la cabecera de un deslomo, es conveniente que su pendiente sea más tendida que la del resto del talud. (Cuaternario. P.a.: < 3 m).
- **c2** Masas deslizadas por procesos de solifluxión, compuestas por bloques y cantos de areniscas silíceas mayoritariamente, trabados por una matriz arcillosa de tonos claros. Disposición caótica si por los relieves mamelonares, o bien en plataformas de morfología subhorizontal y estratificación groseramente. Terrenos en estado de equilibrio límite, de modo que constituyen focos inestables ante modificaciones naturales como bajo la acción del hombre. Capacidad de carga baja y asientos previsibles elevados. La permeabilidad es baja, y la escorrentía superficial media. Son rizables y fácilmente excavables. Los taludes son inestables en morfología de plataforma, no han observado taludes artificiales estables. W-30-35 grados.(Cuaternario. P.a.: 5 m).
- **d1** Conos de deyección constituidos por limos, arenas y arcillas, con cantos subredondeados y subangulosos de naturaleza poligénica. Estructura interna masiva o estratificación groseramente. Son terrenos rizables, erosionables y con un drenaje deficiente tanto en la vertical como en la horizontal. La capacidad portante es baja y los asientos a que pueden dar lugar son de tipo medio-alto. (Cuaternario. P.a.: < 4 m).
- **D2** Conos de deyección constituidos por cantos y bloques de areniscas, englobados en una matriz arcillo-limosa de tonos claros. Estructura masiva y caótica, originada por la superposición de lóbulos y coladas de barro sucesivas. Materiales poco permeables y con un drenaje superficial medio, principalmente por escorrentía más que por percolación. Depósitos rizables y erosionables. La capacidad portante es baja y los asientos previsibles altos. En los taludes de excavación se recomienda no superar los 30-35 grados de inclinación. (Cuaternario. P.a.: > 5 m).
- **AA** Abanicos aluviales formados por arenas arcillosas de tonos rojizos y marrones, con cantos subredondeados dispersos, de naturaleza poligénica. Estructura masiva. Materiales fácilmente rizables, con un drenaje superficial deficiente y una permeabilidad baja-media. Capacidad de carga baja y asientos altos. (Cuaternario. P.a.: > 5 m).
- **L** Depósitos lacustres compuestos por arcillas grises oscuras, prácticamente negras. Ligeramente margosos y ricos en materia orgánica. Estructura masiva. Problemas de encharcamiento debido a su baja permeabilidad y al drenaje superficial deficiente que presentan. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. (Cuaternario. P.a.: > 8 m).
- **Ta** Terrazas fluviales formadas por gravas redondeadas de naturaleza poligénica, empastadas por una matriz arena-limosa de tonos marrones. Disposición horizontal en lechos heterométricos con estratificación cruzada y cicatrices erosivas. Depósitos rizables y erosionables. Son permeables por percolación y existe un drenaje superficial de tipo medio. Capacidad de carga alta y asientos previsibles bajos en todos los casos, a no ser que existan suponibles en los mismos. Son susceptibles de ser explotados como áridos. Los taludes son inestables en morfología de plataforma, no han observado taludes artificiales estables. W-30-35 grados.(Cuaternario. P.a.: 5 m).
- **M** Marismas constituidas por limos, arcillas y arenas, con alta contenido en materia orgánica. Disposición horizontal terrenos, sujetos a inundaciones periódicas de agua. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. (Cuaternario. P.a.: indeterminado).
- **RB** Depósitos litorales compuestos por arenas finas mal clasificadas y ligeramente limosas. Interamente presentan estratificación cruzada y rizados. Suelos permeables y de difícil compactación. La capacidad de carga es baja y los asientos altos e irregulares a corto plazo. (Cuaternario. Indeterminada).
- **e** Mantos eólicos formados por arenas finas de tonos claros, mal clasificadas y sin matriz arcillosa, interamente presentan rizados y estratificación cruzada. Suelos no cohesivos y de muy difícil compactación. Permeabilidad alta. La capacidad de carga es baja y los asientos altos a corto plazo. (Cuaternario. P.a.: < 3 m).
- **DE** Dunas formadas por arenas blanquecinas limpias, de grano fino y mal graduado. Interamente presentan estructuras de rizado y estratificación cruzada. Son materiales fácilmente excavables y con buena escorrentía superficial. La capacidad de carga baja y asientos altos e irregulares. Inicialmente para suelo-cemento y la fabricación de hormigones. Taludes artificiales estables: W-30 grados. (Cuaternario. P.a.: > 5 m).
- **RC** Depósitos de playa constituidos por arenas finas mal clasificadas, con graves dispersas ocasionalmente. Estructuras internas de tipo rizos y laminación cruzada planar. Sedimentos sueltos, con una capacidad de carga baja y asientos altos a corto plazo. Niveles freáticos muy superficiales. (Cuaternario. P.a.: Indeterminado).

FORMACIONES DETRITICAS

- **TR1** Terrazas marinas compuestas por conglomerados de gravas de cuarzo y restos de conchas, trabados por una matriz arenosa de grano medio a cementación con carbonatos. Hacia techo disminuye el grosor, aumenta el grano y aumentan la fracción brechoide, que seguramente corresponden a episodios de lluvias de piedra. Estructura masiva en los niveles de gravas, de naturaleza poligénica. Estructura masiva. Materiales fácilmente rizables, con un drenaje superficial deficiente y una permeabilidad baja-media. Capacidad de carga baja y asientos altos. (Cuaternario. P.a.: 5 m).
- **TR2** Terrazas marinas constituidas por arenas arcillosas de tonos rojizos, con algunas gravas dispersas. Disposición horizontal en lechos heterométricos groseramente estratificados. Son terrenos impermeables por percolación. Baja capacidad portante y asientos previsibles altos. (Cuaternario. P.a.: 3 m).

FORMACIONES DETRITICAS

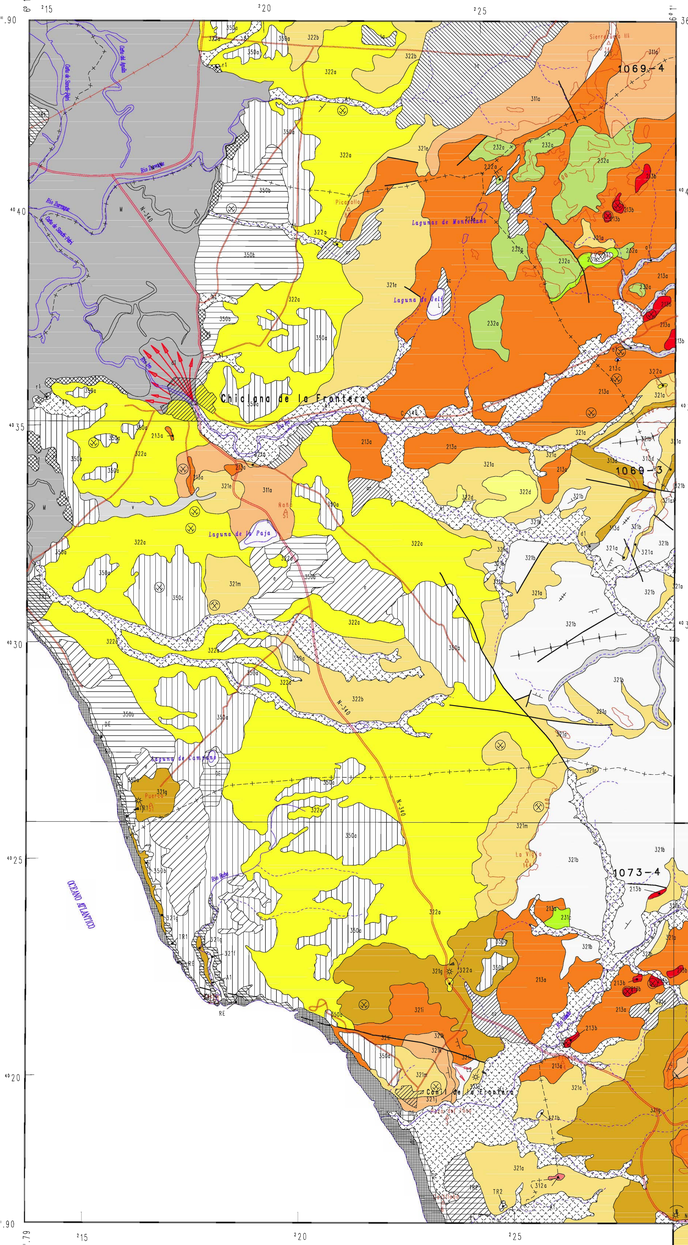
- **350a** Gravas y bolos de naturaleza poligénica, trabados por una matriz matriz arcillosa de tonos rojizos y pardos ocres. Estructura interna lenticular y con paleocanales, tanto la permeabilidad como la escorrentía superficial son deficientes. Excavables por medios mecánicos. La capacidad portante es baja y los asientos previsibles altos. Taludes artificiales estables: 0-40 grados. (Plio-cuaternario. P.a.:<3 m).
- **322c** Arenas ocres de grano fino, con delgadas intercalaciones de arcillas de color oscuro, dispuestas en bancos groseros de hasta 1 m de espesor. Estructura interna masiva o bien con laminación cruzada de pequeña escala. Las arenas son bastante duras y en algunos tramos aparecen ligeramente cementadas por arcillas. Disposición horizontal multiepisódica. Son materiales excavables por medios mecánicos y erosionables. La capacidad de carga es media y los asientos previsibles suelen ser medios o bajos. La permeabilidad es alta, siendo en todo caso difícultosa por los niveles arcillosos, los cuales pueden dar lugar a la formación de horizontes freáticos colgados a escasa profundidad. Taludes artificiales estables: W-35 grados. Inestables a partir de 50 grados. (Mioceno Superior. P.a.: < 50 m).
- **321m** Calcarenitas bioclásticas de grano grueso y muy groseras, de tonos amarillentos marronáceos y con abundantes fragmentos de macroforaminíferos bentónicos. Bien organizadas en bancos potenciales de hasta 2 m, aunque aparecen paquetes en tercio menos potentes y lenticulares, con frecuentes alteraciones a los niveles arcillosos portentes y a los niveles de gravas. Son materiales poco competentes, fácilmente excavables y con buena escorrentía superficial. Elevadas pendientes en superficies no superiores a los 20 grados en los taludes de excavación, así como medios aportanos para protegerlos de la erosión. (Cretácico Superior. P.a.: indeterminado).
- **321a** Arcillas rojas y verdes, de aspecto saltinado y esquistoso, con nódulos de azufre y puntualmente yeso. Es frecuente la presencia de niveles centimétricos de areniscas calcáreas o de limolitas ferruginosas, así como de restos de rizopodos fósiles (Fabiolomopsis). Estructura compleja debido a que este grupo ha servido de nivel de despegue, además de haber sufrido procesos de desplazamiento gravitacionales. Materiales con una permeabilidad baja y con drenaje superficial deficiente de que se producen encharcamientos en zonas de topografía llana. Capacidad de carga baja y asientos altos. Excavables por medios mecánicos convencionales. Taludes inestables a partir de pendientes superiores a los 30 grados, no han observado taludes artificiales estables. W-20 grados, no recomienda proyectos de la erosión. (Cretácico Inferior. P.a.: indeterminado).
- **311i** Arcillas rojas masivas o ocasionalmente con niveles centimétricos, que intercalan capas de arenas calcáreas, en bancos de hasta 1 m de espesor. Constituyen el nivel de despegue más frecuente de los cabalgamientos. La permeabilidad del conjunto es baja y la escorrentía superficial varía de alta a media. Excavabilidad fácil, capacidad portante baja y asientos previsibles altos. Se recomienda en los taludes de excavación pendientes no superiores a los 35 grados, en los que se pueden concentrarse encharcamientos de niveles de arenas que pueden producirse desplomes de bloques por erosión diferencial. (Paleoceno. P.a.: indeterminado).
- **311e** Arcillas margosas de tonos rojizos y verdosos, que intercalan arenosos calcáreos de color blanquecino en corte y marrón oscuro en superficie, dispuestos en niveles de espesor inferior a los 0.4 m. El conjunto aparece plegado según direcciones que oscilan de E-W a NW-SE y buzamientos de 35 grados hacia el S-SW. Son materiales excavables por medios mecánicos, encontrando permeables y con un drenaje superficial medio por escorrentía. La capacidad de carga varía de baja a media y los asientos esperados de medios a altos. Taludes artificiales estables: 0-35 grados. (Paleoceno. P.a.: 50 a 100 m).
- **321m** Calcarenitas bioclásticas de grano grueso y muy groseras, de tonos amarillentos marronáceos y con abundantes fragmentos de macroforaminíferos bentónicos. Bien organizadas en bancos potenciales de hasta 2 m, aunque aparecen paquetes en tercio menos potentes y lenticulares, con frecuentes alteraciones a los niveles arcillosos portentes y a los niveles de gravas. Son materiales poco competentes, fácilmente excavables y con buena escorrentía superficial. Elevadas pendientes en superficies no superiores a los 20 grados en los taludes de excavación, así como medios aportanos para protegerlos de la erosión. (Cretácico Superior. P.a.: indeterminado).
- **232d** Arcillas de tonos rojo-vinosos. La alteración superficial que presentan y las condiones de afloramiento no han permitido definir la estructura del grupo. Normalmente impermeables con una escorrentía superficial de tipo medio, excepto en zonas llanas, que es mala y pueden producirse encharcamientos. La capacidad de soporte es baja y los asientos previsibles altos. Excavabilidad fácil. Ligeros de rapidación en los taludes naturales. Se recomienda pendientes no superiores a los 20 grados en los taludes de excavación, así como medios aportanos para protegerlos de la erosión. (Cretácico Superior. P.a.: indeterminado).
- **311h** Alternancia centimétrica tipo flysch de arcillas margosas, de tonos grises oscuros y verdosos, y areniscas calcáreas. En conjunto presenta tres tipos de estratificación: paralela, ondulada y con base de erosión/relleno y laminación cruzada. Son terrenos impermeables con drenaje superficial medio, excepto en zonas llanas, que es deficiente. Excavables por medios mecánicos convencionales. Capacidad de carga baja y asientos previsibles medios-altos. Taludes artificiales estables, con bermo intermedio: W-35 grados. (Paleoceno. P.a.: 800 m).
- **235b** Arcillas de tonos rojizos y grisáceos, que intercalan arenáceos de grano fino, de composición calcáreo y ferruginoso y disposición en niveles que oscilan desde unos pocos centímetros hasta 0.5 m de espesor. Ilustramentos suaves hacia el S, interiores a los 20 grados y estructurados según una dirección de W-E. Materiales con buen drenaje superficial y permeabilidad muy baja, dando solamente los niveles arenáceos posibilidad al flujo de agua. Capacidad de carga alta y asientos previsibles bajos, excepto en los niveles arcillosos, que son altos y de tipo arcilloso. Los taludes de excavación se prevén estables para pendientes diferidas a los 45 grados, aunque pueden producirse desplomes de los niveles cementados por erosión diferencial, y cárcavas en los tramos arcillosos. (Cretácico Inferior. P.a.: 300 m).
- **321a** Arcillas rojas y verdes, de aspecto saltinado y esquistoso, con nódulos de azufre y puntualmente yeso. Es frecuente la presencia de niveles centimétricos de areniscas calcáreas o de limolitas ferruginosas, así como de restos de rizopodos fósiles (Fabiolomopsis). Estructura compleja debido a que este grupo ha servido de nivel de despegue, además de haber sufrido procesos de desplazamiento gravitacionales. Materiales con una permeabilidad baja y nul drenaje superficial, posibilidad de que se produzcan encharcamientos en zonas de topografía llana. Capacidad de carga baja y asientos altos. Excavables por medios mecánicos convencionales. Taludes inestables a partir de pendientes superiores a los 30 grados, no han observado taludes artificiales estables. W-20 grados, no recomienda proyectos de la erosión. (Cretácico Inferior. P.a.: indeterminado).
- **311i** Arcillas rojas masivas o ocasionalmente con niveles centimétricos, que intercalan capas de arenas calcáreas, en bancos de hasta 1 m de espesor. Constituyen el nivel de despegue más frecuente de los cabalgamientos. La permeabilidad del conjunto es baja y la escorrentía superficial varía de alta a media. Excavabilidad fácil, capacidad portante baja y asientos previsibles altos. Se recomienda en los taludes de excavación pendientes no superiores a los 35 grados, en los que se pueden concentrarse encharcamientos de niveles de arenas que pueden producirse desplomes de bloques por erosión diferencial. (Paleoceno. P.a.: indeterminado).
- **311e** Arcillas margosas de tonos rojizos y verdosos, que intercalan arenosos calcáreos de color blanquecino en corte y marrón oscuro en superficie, dispuestos en niveles de espesor inferior a los 0.4 m. El conjunto aparece plegado según direcciones que oscilan de E-W a NW-SE y buzamientos de 35 grados hacia el S-SW. Son materiales excavables por medios mecánicos, encontrando permeables y con un drenaje superficial medio por escorrentía. La capacidad de carga varía de baja a media y los asientos esperados de medios a altos. Taludes artificiales estables: 0-35 grados. (Paleoceno. P.a.: 50 a 100 m).
- **232d** Arcillas de tonos rojo-vinosos. La alteración superficial que presentan y las condiones de afloramiento no han permitido definir la estructura del grupo. Normalmente impermeables con una escorrentía superficial de tipo medio, excepto en zonas llanas, que es mala y pueden producirse encharcamientos. La capacidad de soporte es baja y los asientos previsibles altos. Excavabilidad fácil. Ligeros de rapidación en los taludes naturales. Se recomienda pendientes no superiores a los 20 grados en los taludes de excavación, así como medios aportanos para protegerlos de la erosión. (Cretácico Superior. P.a.: indeterminado).
- **311h** Alternancia centimétrica tipo flysch de arcillas margosas, de tonos grises oscuros y verdosos, y areniscas calcáreas. En conjunto presenta tres tipos de estratificación: paralela, ondulada y con base de erosión/relleno y laminación cruzada. Son terrenos impermeables con drenaje superficial medio, excepto en zonas llanas, que es deficiente. Excavables por medios mecánicos convencionales. Capacidad de carga baja y asientos previsibles medios-altos. Taludes artificiales estables, con bermo intermedio: W-35 grados. (Paleoceno. P.a.: 800 m).

FORMACIONES DETRITICAS-CALCAREO-MARGOSAS

- **237b** Arcosas de grano fino, de tonos marrones, amarillentos y verdosos, estratificados en bancos métricos y con interposiciones esporádicas de arcillas grisáceas. Estructura en nichoid, cuyo eje tiene una dirección NNW-SSE y buzamientos de 30 grados hacia el W. Son materiales fácilmente excavables por medios mecánicos convencionales. Materiales impermeables con drenaje superficial medio. Capacidad de carga buena en todos los casos, aunque los asientos previsibles son altos debido a la compresibilidad de los niveles arcillosos. Taludes inestables a partir de pendientes superiores a los 30 grados, no han observado taludes artificiales estables. (Cretácico Inferior. P.a.: 100 m).
- **237a** Arcillas de tonos grisáceos con intercalaciones de arenosos de 0.5 m a 1.0 m de espesor. Estructura similar a la del grupo 237b), siendo el contacto concordante entre ambos terrenos. Terrenos rizables y con un drenaje superficial a favor de la escorrentía y de la infiltración en los niveles arenosos. La permeabilidad es variable en función de la naturaleza de la matriz. La capacidad de carga varía de baja a media y los asientos de medios a altos en los niveles de arcillas. Excavables por medios mecánicos convencionales. Buena estabilidad de taludes. No se han observado taludes de interés, pero pueden esperarse pendientes pronunciadas en función de la disposición de los materiales (estratificación favorable o no al talud). (Cretácico Inferior. P.a.: 100 m).
- **232b** Arcillas margosas de tonos rojizos, grises y verdosos, con intercalaciones de calizas arenosas, laminares y estratificadas en niveles desde centimétricos hasta 1 m de espesor. Los cuales se distribuyen dentro de la masa arcillosa en forma caótica. Irregular, con abundantes slumps. Son terrenos impermeables con drenajes superficiales medios a deficientes. La capacidad portante y los asientos no consienten de tipo medio, y la excavabilidad es fácil. Taludes artificiales inestables. W-15 grados. (Eoceno. P.a.: indeterminado).
- **315a** Alternancia irregular de margas ocres, arenosos micáceos y calizas microcristalinas grisáceas, estratificados en lechos de 0.3 m a 0.5 m de espesor. Estructura compacta con capas ocasionales de conglomerados. Son terrenos fácilmente excavables por medios mecánicos convencionales y con buena escorrentía superficial y en menor medida por infiltración. Son excavables mecánicamente y presentan una capacidad de carga elevada y asientos bajos. La estabilidad de los taludes dependerá fundamentalmente de que la orientación de la estratificación sea favorable o no a los desmontes. (Oligoceno. P.a.: 80 m).
- **315b** Alternancia irregular de margas grises azuladas, dispuestas en lechos desde 0.5 m hasta bancos de 30 m de espesor, y arcillas margosas, laminadas por carbonatos. Estructura homogénea de dirección W-SW y buzamientos de 45 grados hacia el SE. Son niveles los tramos diferentes de pequeño espesor, mientras que los bancos potentes son los que forman los relieves estructurales. Son materiales impermeables con drenaje superficial abundante y, además, por infiltración en los bancos de arenáceos. La disposición de los materiales da lugar a la formación de los fértiles multicapas, en conectados entre sí. La capacidad de carga varía de media en los tramos margosos a alta en los de arenáceos, y los asientos previsibles varían de bajos y medios a nulos respectivamente. Se recomienda taludes de excavación con pendientes no superiores a los 35 grados, aunque con la posibilidad de que se originen desplomes de bloques de arenáceos por erosión diferencial en los margas. (Oligoceno. P.a.: 600 m).
- **315a** Alternancia irregular de arenáceos micáceos en niveles de 0.2 m a 20 m de espesor, arenáceos silíceos dispuestos en bancos de hasta 1 m de espesor, y margas arenosas micáceas, estratificados en lechos de 0.1 m a 0.5 m de espesor. Estructura interna de tipo flysch, en la que los arenáceos son los que predominan los arenáceos y en otras los margas. El conjunto aparece plegado en una sucesión sinclinal-anticlinal-sinclinal, a lo ser que afectado por numerosas fallas. Son terrenos con buena escorrentía superficial y con una infiltración en los niveles arenáceos poco importante. Los arenáceos, dan lugar a porosidad tanto primaria como secundaria, de modo que la capacidad de carga media en los arenáceos, sobre todo si porosidad tanto primaria como secundaria, de modo que la capacidad de carga media en los arenáceos, sobre todo si presentan una cementación importante, es alta en los niveles superficiales alterados, baja-media en los arenosos. Los bancos de arenáceos son rizables mayoritariamente o excavables si uso de explosivos para su excavación, y los margas son excavables por medios mecánicos convencionales. Taludes de excavación estables, con bermos intermedios W-35 grados (entre bermos). (Oligoceno. P.a.: 150 m).
- **312f** Alternancia irregular en lechos centimétricos de arcillas rojas, limolitas verdosas, calizas grisáceas y areniscas calcáreas, estratificados en lechos desde centimétricos hasta 1 m de espesor. Los cuales se distribuyen dentro de la masa arcillosa en forma caótica. Irregular, con abundantes slumps. Son terrenos impermeables con drenajes superficiales medios a deficientes. La capacidad portante y los asientos no consienten de tipo medio, y la excavabilidad es fácil. Taludes artificiales inestables. W-15 grados. (Eoceno. P.a.: indeterminado).
- **315c** Alternancia irregular de margas ocres, arenosos micáceos y calizas microcristalinas grisáceas, estratificados en lechos de 0.3 m a 0.5 m de espesor. Estructura compacta con capas ocasionales de conglomerados. Son terrenos fácilmente excavables por medios mecánicos convencionales y con buena escorrentía superficial y en menor medida por infiltración. Son excavables mecánicamente y presentan una capacidad de carga elevada y asientos bajos. La estabilidad de los taludes dependerá fundamentalmente de que la orientación de la estratificación sea favorable o no a los desmontes. (Oligoceno. P.a.: 80 m).
- **315b** Alternancia irregular de calizas arenosas grisáceas y arcillas margosas, estratificados en lechos de 0.3 m a 0.5 m de espesor. Ilustración en estructuras alargadas de dirección E-W a WNW-ESE y buzamientos de 40 grados al S. Materiales rizables y poco permeables. Excepto en los niveles arcillosos donde se pueden dar encharcamientos, la capacidad de carga es media y los asientos previsibles bajos. No se han observado taludes de interés. (Paleoceno. P.a.: 30 m)
- **315a** Alternancia irregular de arenáceos micáceos en niveles de 0.2 m a 20 m de espesor, arenáceos silíceos dispuestos en bancos de hasta 1 m de espesor, y margas arenosas micáceas, estratificados en lechos desde 0.1 m a 0.5 m de espesor. Estructura interna de tipo flysch, en la que los arenáceos son los que predominan los arenáceos y en otras los margas. El conjunto aparece plegado en una sucesión sinclinal-anticlinal-sinclinal, a lo ser que afectado por numerosas fallas. Son terrenos con buena escorrentía superficial y con una infiltración en los niveles arenáceos poco importante. Los arenáceos, dan lugar a porosidad tanto primaria como secundaria, de modo que la capacidad de carga media en los arenáceos, sobre todo si presentan una cementación importante, es alta en los niveles superficiales alterados, baja-media en los arenosos. Los bancos de arenáceos son rizables mayoritariamente o excavables si uso de explosivos para su excavación, y los margas son excavables por medios mecánicos convencionales. Taludes de excavación estables, con bermos intermedios W-35 grados (entre bermos). (Oligoceno. P.a.: 150 m).
- **312f** Alternancia irregular en lechos centimétricos de arcillas rojas, limolitas verdosas, calizas grisáceas y areniscas calcáreas, estratificados en lechos desde centimétricos hasta 1 m de espesor. Los cuales se distribuyen dentro de la masa arcillosa en forma caótica. Irregular, con abundantes slumps. Son terrenos impermeables con drenajes superficiales medios a deficientes. La capacidad portante y los asientos no consienten de tipo medio, y la excavabilidad es fácil. Taludes artificiales inestables. W-15 grados. (Eoceno. P.a.: indeterminado).
- **315c** Alternancia irregular de margas ocres, arenosos micáceos y calizas microcristalinas grisáceas, estratificados en lechos de 0.3 m a 0.5 m de espesor. Estructura compacta con capas ocasionales de conglomerados. Son terrenos fácilmente excavables por medios mecánicos convencionales y con buena escorrentía superficial y en menor medida por infiltración. Son excavables mecánicamente y presentan una capacidad de carga elevada y asientos bajos. La estabilidad de los taludes dependerá fundamentalmente de que la orientación de la estratificación sea favorable o no a los desmontes. (Oligoceno. P.a.: 80 m).
- **315b** Alternancia irregular de calizas arenosas grisáceas y arcillas margosas, estratificados en lechos de 0.3 m a 0.5 m de espesor. Ilustración en estructuras alargadas de dirección E-W a WNW-ESE y buzamientos de 40 grados al S. Materiales rizables y poco permeables. Excepto en los niveles arcillosos donde se pueden dar encharcamientos, la capacidad de carga es media y los asientos previsibles bajos. No se han observado taludes de interés. (Paleoceno. P.a.: 30 m)
- **315a** Alternancia irregular de arenáceos micáceos en niveles de 0.2 m a 20 m de espesor, arenáceos silíceos dispuestos en bancos de hasta 1 m de espesor, y margas arenosas micáceas, estratificados en lechos desde 0.1 m a 0.5 m de espesor. Estructura interna de tipo flysch, en la que los arenáceos son los que predominan los arenáceos y en otras los margas. El conjunto aparece plegado en una sucesión sinclinal-anticlinal-sinclinal, a lo ser que afectado por numerosas fallas. Son terrenos con buena escorrentía superficial y con una infiltración en los niveles arenáceos poco importante. Los arenáceos, dan lugar a porosidad tanto primaria como secundaria, de modo que la capacidad de carga media en los arenáceos, sobre todo si presentan una cementación importante, es alta en los niveles superficiales alterados, baja-media en los arenosos. Los bancos de arenáceos son rizables mayoritariamente o excavables si uso de explosivos para su excavación, y los margas son excavables por medios mecánicos convencionales. Taludes de excavación estables, con bermos intermedios W-35 grados (entre bermos). (Oligoceno. P.a.: 150 m).
- **312f** Alternancia irregular en l

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


6° 11' 10".88
6° 30' 4".90
36° 30' 5".31
1069-4
1069-3
1073-4
1073-2
Chiclana de la Frontera
Barbate de Franco
Laguna de Montellano
Laguna de Medio
Laguna de la Paja
Laguna de Tal
Arroyo de Vejer
Arroyo de Barbate
Arroyo de Medio
Arroyo de Tal
Arroyo de Montellano
Arroyo de la Paja
Arroyo de Chiclana
Arroyo de Conil



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Tordesillas-Zamora

Tramo: Tordesillas-Zamora



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

97-03

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Tordesillas-Zamora

Tramo: Tordesillas-Zamora

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCION 4

2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGIA 7
2.2. TOPOGRAFIA 16
2.3. GEOMORFOLOGIA 16
2.4. ESTRATIGRAFÍA 18
2.5. TECTÓNICA 23
2.6. SISMICIDAD 24

3. ESTUDIO DE ZONAS 28

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 28
3.2. ZONA 1: ZONA DE MORFOLOGÍA ACCIDENTADA 28

3.2.1. Geomorfología 28
3.2.2. Tectónica 33
3.2.3. Columna estratigráfica 35
3.2.4. Grupos litológicos 35
3.2.5. Grupos geotécnicos 50
3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 52

3.3. ZONA 2. ZONA DE MORFOLOGÍA MODERADAMENTE ACCIDENTADA 53

3.3.1. Geomorfología 53
3.3.2. Tectónica 55
3.3.3. Columna estratigráfica 58
3.3.4. Grupos litológicos 58
3.3.5. Grupos geotécnicos 71
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 74

3.4. ZONA 3: ZONA DE MORFOLOGÍA LLANA Y SUAVEMENTE ALOMADA 74

3.4.1. Geomorfología 74
3.4.2. Tectónica 77
3.4.3. Columna estratigráfica 77
3.4.4. Grupos litológicos 77
3.4.5. Grupos geotécnicos 94
3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 98

ÍNDICE (cont.)

Pág.

3.5. ZONA 4. ZONA DE MORFOLOGÍA LLANA ASOCIADA A LA RED FLUVIAL PRINCIPAL 99

3.5.1. Geomorfología 99
3.5.2. Tectónica 102
3.5.3. Columna estratigráfica 102
3.5.4. Grupos litológicos 106
3.5.5. Grupos geotécnicos 113
3.5.6. Resumen de problemas geotécnicos 114

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 115

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS 115
4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS 115
4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS 116
4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 118

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS 121

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 121
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS 121
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES 123
5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES 125
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE 128

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 158

7. ANEJOS 159

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 160
7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 163

1. INTRODUCCION

El objeto del presente Estudio de Terrenos es exponer las características más sobresalientes desde los puntos de vista litológico, estructural y geotécnico, que pueden incidir directamente en una obra de carácter lineal, como es el caso de una carretera.

El Tramo Tordesillas-Zamora discurre en su totalidad por la provincia de Zamora (Figura 1.1) y comprende las siguientes Hojas y Cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Nº	Hoja	Cuadrantes
308	Villafáfila	3 (p)
340	Maganeses de la Lampreana	3 (p) y 4
369	Coreses	2 (p), 3(p) y 4 (p)
370	Toro	3 (p)
397	Zamora	1 (p)
398	Castronuño	4 (p)

(p) parte

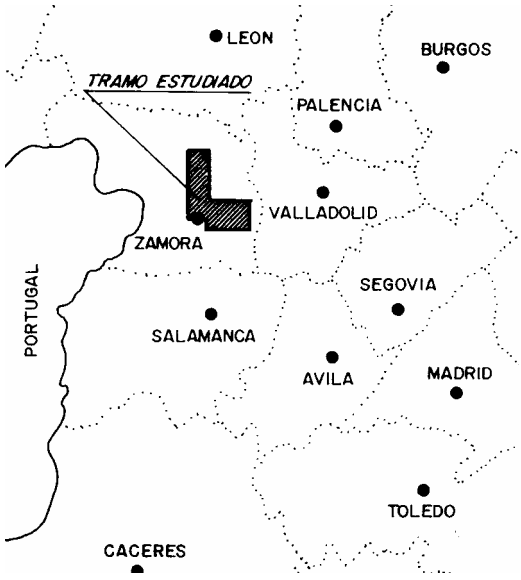


Fig.1.1. Esquema de situación del Tramo

La ejecución del Estudio se ha realizado siguiendo las siguientes fases:

- Recopilación y análisis de la bibliografía existente, tanto geológica como geotécnica, de la zona de estudio y de áreas próximas.

- Estudio fotogeológico sobre fotogramas aéreos a escala aproximada 1:33.000 del área de estudio.

- Comprobación del estudio fotogeológico, corrección del mismo y toma de datos en el campo, con la ayuda de planos a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional, los cuales han servido de base topográfica para la confección de los mapas litológico-estructurales, a escala 1:50.000, que forman parte de los Planos que se adjuntan al final de la memoria.

Lógicamente estas fases se han desarrollado paralelamente en el tiempo y solapándose entre sí.

Dadas las características del Estudio, se ha procurado tratar más intensamente aquellos aspectos que pueden incidir sobre la problemática propia de las obras públicas de carácter lineal. Igualmente han sido abordados de manera sucinta otros temas que no afectan de forma global a la problemática tratada, dadas las limitaciones de tiempo y el objeto propio del Estudio.

Los resultados finales han sido plasmados en la presente Memoria, a la que se adjunta su cartografía correspondiente. La simbología de dicha cartografía corresponde a la inserta en el Pliego de Prescripciones Técnicas para los Estudios Previos de Terrenos, de la Dirección General de Carreteras, del Ministerio de Fomento.

La Memoria aparece dividida en una serie de capítulos que a continuación se describen sucintamente:

- Capítulo 1: Introducción.

- Capítulo 2: Recoge las características generales del Tramo estudiado.

- Capítulo 3: Se divide el Tramo en Zonas de estudio, de acuerdo con los criterios geomorfológicos, y se hace un análisis pormenorizado, desde el punto de vista geológico-geotécnico, de las mismas.

- Capítulo 4: En base a los problemas topográficos, geomorfológicos y geotécnicos reconocidos en el Tramo, se sugieren aquellos corredores que parecen reunir mejores condiciones para la construcción de vías de comunicación.

- Capítulo 5: Se indican las canteras, los yacimientos de roca y granulares, y los materiales de préstamo que han sido recopilados durante la ejecución del Estudio. También se incluyen los análisis geotécnicos recogidos de diversos informes realizados en el Tramo.

- Capítulo 6: Incluye la bibliografía consultada.

- Capítulo 7: Recoge, en dos Apéndices, la simbología utilizada en las columnas estratigráficas, y los criterios empleados en las descripciones geotécnicas.

Asimismo la presente Memoria se acompaña de una cartografía consistente en dos planos geológico-estructurales, a escala 1:50.000, con sus correspondientes esquemas geológicos, geotécnicos, geomorfológicos y de suelos y formaciones de pequeño espesor, a escala 1:200.000.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Francisco Carmona Guillén
Licenciado en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. José Luis Antón Vicente
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Pedro Lorenzo Abad
Licenciado en Ciencias Geológicas

2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGIA

Para la redacción de este capítulo se han consultado las estaciones meteorológicas de: Granja de Moreruela, Zamora "Observatorio", Peleagonzalo y Pozuelo de Tábara, ésta última situada al Oeste unos 5 km fuera del Tramo, pertenecientes a la red del Instituto Nacional de Meteorología. Se ha intentado que las estaciones consultadas estén distribuidas por todo el Tramo, así como que contengan el mayor número posible de variables climáticas y que abarquen, como mínimo, periodos consecutivos de 30 años, que es el periodo estándar fijado por la Organización Meteorológica Mundial. Los cuadros del 1 al 4 muestran los datos resumen de dichas estaciones.

Las estaciones mencionadas muestran que las lluvias se reparten de manera irregular en el Tramo. Las dos estaciones situadas más al Norte, Granja de Moreruela y Pozuelo de Tábara, tiene una pluviometría semejante entre ellas, 469.9 mm y 472.1 mm respectivamente, pero sensiblemente superior a las situadas más al sur, correspondientes a Zamora "Observatorio" (350 mm) y Peleagonzalo (325 mm). En cualquier caso, las lluvias registradas son inferiores a la media nacional.

Los meses más lluviosos suelen ser Diciembre, Noviembre, Mayo y Octubre, excepto en la estación de Granja, que son Noviembre, Febrero, Diciembre y Abril; y los meses más secos corresponden a Agosto, Julio, Marzo y Septiembre. En los histogramas es significativo el descenso sistemático que se aprecia en el mes de Marzo. Las lluvias tienen lugar entre un promedio de 81.5 y 100.9 días al año.

La precipitación máxima en 24 horas oscila entre 58.2 mm y 95.3 mm.

La nieve se sucede desde el mes de Noviembre hasta Abril o Mayo, aunque los días de nieve al año son escasos, estando la media comprendida entre 2.3 y 4.2 días.

La niebla aparece en todo el Tramo, siendo más frecuente hacia el Sur. Por ejemplo, en las estaciones de Zamora y Peleagonzalo, la niebla llega a presentarse durante todos los meses del año, posiblemente debido a la influencia del río Duero.

En cuanto a las temperaturas, la única estación que no dispone de datos es la de Peleagonzalo.

La temperatura media anual es muy similar en todo el Tramo, oscilando entre 11.7 ^{o}C y 12.3 ^{o}C. Las mínimas medias mensuales están comprendidas entre 3.7 ^{o}C y 4.2 ^{o}C, y las máximas medias mensuales entre 21.3 ^{o}C y 22.3 ^{o}C.

La temperatura mínima extrema es de -15.2 °C y la máxima extrema de 43 °C.

En la Figura 2.1 se muestran los gráficos de precipitación y temperatura de las estaciones consultadas.

Para determinar las características climáticas del Tramo, se ha utilizado una clasificación que relaciona una serie de variables climáticas con la vegetación espontánea que aparece.

Las variables climáticas son:

1º Temperaturas medias del mes más frío
2º Precipitaciones caídas en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto
3º Precipitaciones anuales
4º Temperaturas medias del mes más cálido

Los valores de estas variables son los siguientes:

	Mes frío	**Mes cálido**	**P. verano**	**P. anual**
Granja	4º C	22.3º C	111.4 mm	469.9 mm
Pozuelo	3.7º C	21.3º C	110.0 mm	472.1 mm
Zamora	4.2º C	21.8º C	90.2 mm	350.0 mm
Peleagonzalo			85.0 mm	325.2 mm

La nomenclatura utilizada para designar a cada tipo de lima se ha intentado adaptar a la clasificación climática de Köppen, matizados con un empleo de subíndices de significado análogo a las clasificaciones numéricas de Thran. La expresión cualitativa de las modalidades climáticas estacionales o anuales se formula siguiendo, en general, la nomenclatura del ingeniero de Montes Sr. González Vázquez.

El cuadro 5 muestra la nomenclatura utilizada para designar a cada tipo de clima.
Combinando las variables climáticas pueden distinguirse tres subtipos climáticos, con las siguientes características:

$C_1 S_2 S_3 a_1$: Clima de invierno templado-frío, verano templado-cálido y subseco, y año seco (estación de Granja de Moreruela).
$C_1 S_2 S_3 b_1$: Clima de invierno templado-frío, verano templado y subseco, y año seco (estación de Pozuelo de Tábara).
$C_1 S_3 S_4 b_1$: Clima de invierno templado-frío, verano templado y seco, y año perseco (estaciones de Zamora y de Peleagonzalo).

CUADRO 1.

DATOS DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1963 - 1995), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE GRANJA DE MORERUELA

DATOS ESTACIÓN GRANJA DE MORERUELA 1963-1995

MES	PRECIPITACIÓN (mm)				Nº DE DÍAS DE									TEMPERATURA (ºC)						
														EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA 24 H	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	PRECIPITABLE SIN ESPECIFICAR	MÁXIMA	MÍNIMA	EXTREMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
ENE	47,8	156,3	0,2	36,6	9,0	1,0	0,1	0,1	5,6	0,0	0,0	0,4	0,0	17,0	-15,2	32,2	16,2	11,7	-4,5	4,0
FEB	53,3	200,1	2,8	43,2	9,1	0,9	0,4	0,1	1,4	0,0	0,0	0,4	0,0	20,0	-12,2	32,2	16,9	14,0	-2,9	5,8
MAR	27,5	100,9	0,6	24,5	7,3	0,6	0,4	0,4	0,5	0,0	0,0	0,3	0,0	25,0	-8,0	33,0	19,9	17,8	-2,1	7,9
ABR	49,4	204,0	0,9	53,5	10,0	0,1	0,5	1,6	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	30,0	-6,2	36,2	20,3	20,8	0,5	10,0
MAY	47,4	125,9	3,0	37,0	10,5	0,1	0,3	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	-2,4	40,4	25,1	29,0	3,9	14,0
JUN	35,2	84,0	1,5	42,2	7,9	0,0	0,1	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,0	2,6	36,4	23,8	31,7	7,9	18,1
JUL	17,6	83,7	0,2	44,2	4,8	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,0	4,0	39,0	26,3	36,3	10,0	22,3
AGO	11,2	37,6	0,0	26,0	3,4	0,0	0,1	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,0	5,2	36,8	26,3	35,8	9,5	21,7
SEP	30,4	97,8	0,6	46,0	6,9	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,0	-0,5	39,5	25,9	32,8	6,9	18,1
OCT	45,5	123,2	0,7	49,5	10,2	0,0	0,0	0,6	0,8	0,0	0,2	0,0	0,0	32,0	-5,0	37,0	26,4	27,8	1,4	13,1
NOV	54,2	215,8	0,4	75,5	9,0	0,3	0,1	0,2	3,0	0,0	0,4	0,1	0,0	24,2	-6,5	30,7	19,3	18,2	-1,1	8,0
DIC	50,4	205,2,0	0,0	95,3	8,7	0,6	0,2	0,1	5,2	0,0	0,0	0,3	0,1	19,2	-10,0	29,2	16,2	11,7	-4,5	4,8
ANUAL	469,9	-	-	95,3	96,8	3,6	2,2	20,5	16,5	0,0	0,7	1,6	0,1	43,0	-15,2	58,2	21,9	24,0	2,1	12,3

CUADRO 2.

DATOS DE TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1972 - 1995), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE POZUELO DE TÁBARA

ESTACIÓN POZUELO DE TÁBARA 1972-1995

MES	PRECIPITACIÓN (mm)				Nº DE DÍAS DE									TEMPERATURA (ºC)						
	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA 24 H	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	PRECIPITABLE SIN ESPECIFICAR	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
														MÁXIMA	MÍNIMA	EXTREMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
ENE	47,2	128,0	0,0	48,1	7,1	0,8	0,0	0,0	6,8	1,5	18,4	0,4	0,1	15,0	-12,0	27,0	16,6	10,4	-6,2	3,7
FEB	47,8	166,6	6,5	25,5	8,7	0,7	0,0	0,0	1,4	3,1	14,1	0,3	0,0	19,5	-11,0	30,5	18,2	13,1	-5,1	5,5
MAR	21,8	93,9	0,0	23,3	5,8	0,2	0,2	0,1	0,4	8,0	12,1	0,3	0,0	25,5	-9,5	35,0	18,2	13,1	-5,1	5,5
ABR	48,3	174,9	10,2	46,2	9,0	0,1	0,3	0,7	0,1	12,1	6,3	0,0	0,1	30,0	-6,5	36,5	20,3	20,3	0,0	9,7
MAY	51,1	107,6	5,8	36,4	9,5	0,0	0,1	2,5	0,1	17,3	1,0	0,0	0,0	33,0	-9,5	42,5	20,3	24,8	4,5	13,3
JUN	30,8	91,7	6,0	50,0	5,7	0,0	0,2	2,7	0,0	9,3	0,0	0,0	0,1	37,0	1,5	35,5	24,3	30,9	6,6	17,8
JUL	15,9	51,6	0,0	36,5	3,1	0,0	0,0	2,4	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	39,5	2,5	37,0	23,6	32,6	9,0	21,3
AGO	12,2	52,9	0,0	33,5	2,8	0,0	0,0	2,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	39,5	4,0	35,5	22,2	32,3	10,1	21,1
SEP	30,6	105,1	0,0	47,0	4,8	0,0	0,1	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	39,0	-1,0	40,0	24,0	30,1	6,1	17,9
OCT	50,8	142,0	0,8	40,5	9,0	0,0	0,0	0,3	0,8	8,7	1,7	0,0	0,0	30,0	-4,5	34,5	20,3	22,8	2,5	12,4
NOV	52,3	154,9	0,0	33,3	7,7	0,2	0,0	0,1	4,0	7,7	9,9	0,1	0,0	21,5	-7,0	28,5	16,5	15,5	-1,0	7,6
DIC	63,3	197,0	0,0	64,5	8,3	0,3	0,0	0,1	7,8	2,5	15,0	0,2	0,0	19,0	-9,0	28,0	14,6	11,4	-3,2	4,9
ANUAL	472,1	-	-	64,5	81,5	2,3	0,9	11,9	21,4	74,2	78,5	1,3	0,3	39,5	-12,0	51,5	19,9	21,4	1,5	11,7

CUADRO 3.

DATOS DE TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1909 - 1995), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE ZAMORA

ESTACIÓN POZUELO DE ZAMORA 1909-1995

MES	PRECIPITACIÓN (mm)				Nº DE DÍAS DE									TEMPERATURA (ºC)						
	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA 24 H	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	PRECIPITABLE SIN ESPECIFICAR	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
														MÁXIMA	MÍNIMA	EXTREMA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
ENE	32,2	144,7	0,0	45,8	9,9	1,2	0,1	0,0	6,8	1,3	6,2	0,4	0,2	17,0	-13,4	30,4	14,6	10,9	-3,7	4,2
FEB	29,0	126,0	0,5	33,4	9,1	1,3	0,2	0,1	3,1	1,9	3,8	0,2	0,1	23,5	-9,8	33,3	20,9	15,7	-5,2	5,9
MAR	28,3	97,8	0,0	25,4	9,8	0,5	0,2	0,1	2,0	3,0	1,5	0,1	0,0	26,3	-7,4	33,7	21,7	18,7	-3,0	8,6
ABR	29,9	81,8	0,0	39,3	10,2	0,1	0,5	0,6	1,3	2,1	0,2	0,0	0,0	30,4	-4,0	34,4	20,0	22,3	2,3	10,8
MAY	37,8	103,9	5,4	42,0	10,8	0,0	0,4	1,4	0,7	1,5	0,0	0,0	0,0	34,0	-2,1	36,1	19,8	24,9	5,1	14,3
JUN	30,4	96,3	0,0	59,1	7,1	0,0	0,2	2,2	0,4	0,8	0,0	0,0	0,0	38,0	2,4	35,6	23,5	30,3	6,8	18,6
JUL	11,3	97,3	0,0	34,1	3,6	0,0	0,1	1,7	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	41,0	5,1	35,9	23,3	33,3	10,0	21,8
AGO	10,7	55,6	0,0	39,0	3,3	0,0	0,1	1,3	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	39,2	5,0	34,2	24,5	34,8	10,3	21,5
SEP	24,7	114,6	0,0	44,3	6,3	0,0	0,1	0,9	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	38,0	1,2	36,8	26,2	32,3	6,1	18,2
OCT	35,7	107,3	0,6	58,0	9,9	0,0	0,0	0,2	2,8	3,7	0,1	0,0	0,0	31,0	-4,2	35,2	19,2	23,3	4,1	13,2
NOV	39,3	182,0	0,1	42,5	10,2	0,3	0,1	0,0	5,3	3,4	2,3	0,0	0,1	22,6	-7,5	30,1	17,4	16,5	-0,9	7,8
DIC	40,7	212,6	0,0	60,0	10,7	0,8	0,1	0,1	6,3	2,1	4,5	0,2	0,2	20,0	-10,4	30,4	15,4	12,4	-3,0	4,9
ANUAL	350,0	-	-	60	100,9	4,2	2,1	8,6	29,6	21,5	18,6	0,9	0,6	41,0	-13,4	54,4	20,5	23,0	2,4	12,5

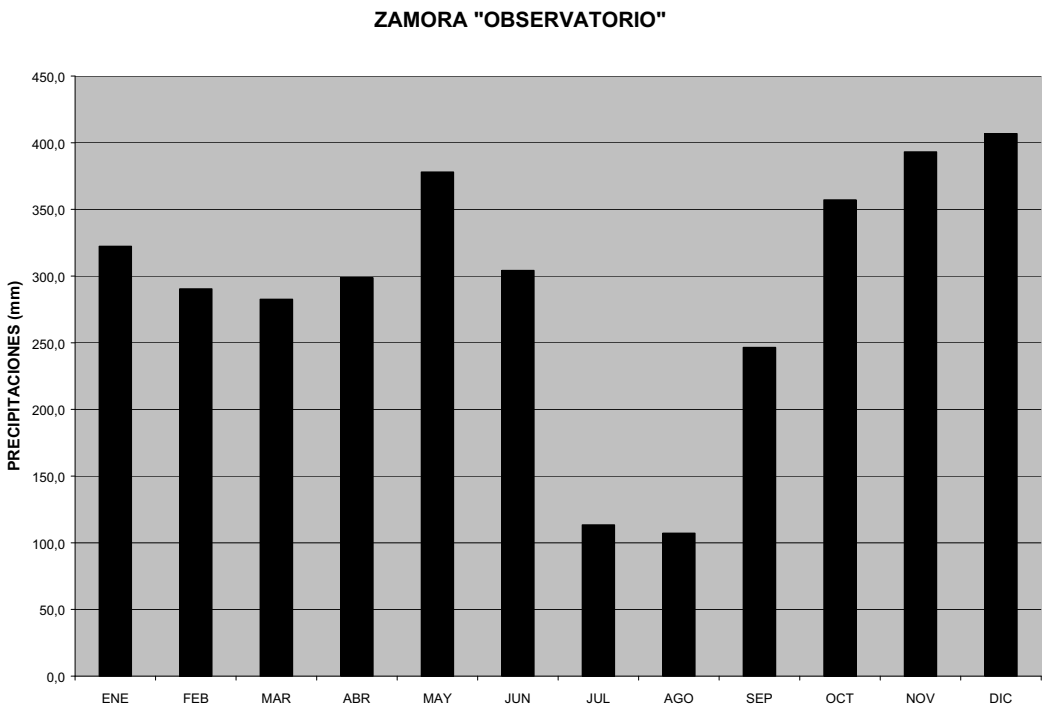
CUADRO 4.

DATOS DE TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO (PERÍODO 1961 - 1995), CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE PELEAGONZALO

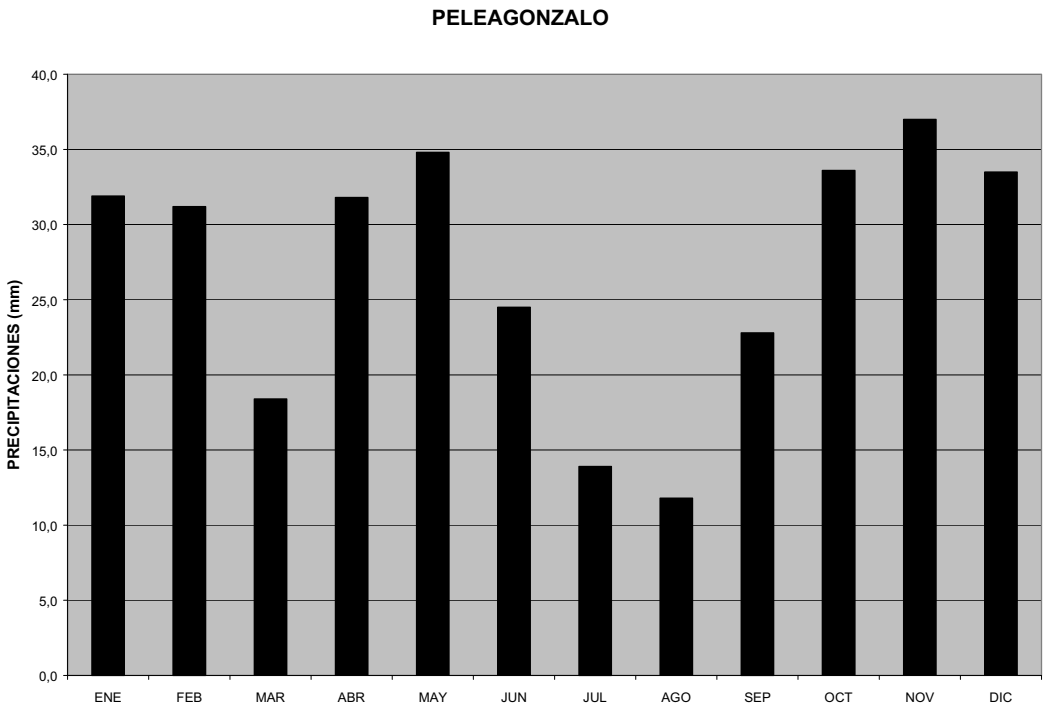
ESTACIÓN POZUELO DE PELEAGONZALO 1961-1995

MES	PRECIPITACIÓN (mm)				Nº DE DÍAS DE								
	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA 24 H	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMENTA	NIEBLA	ROCÍO	ESCARCHA	NIEVE EN EL SUELO	PRECIPITABLE SIN ESPECIFICAR
ENE	31,9	102,4	1,2	25,3	7,6	1,0	0,1	0,0	9,1	4,6	14,0	1,0	0,0
FEB	31,2	98,3	0,2	22,5	8,1	1,1	0,3	0,1	3,0	3,3	10,6	0,4	0,0
MAR	18,4	64,7	1,1	22,8	6,7	0,6	0,6	0,1	2,2	4,0	8,0	0,1	0,0
ABR	31,8	96,8	3,9	23,4	9,1	0,2	0,7	1,0	0,9	5,9	5,6	0,0	0,0
MAY	34,8	86,9	5,7	31,4	9,7	0,0	0,7	2,3	0,5	4,6	0,6	0,0	0,0
JUN	24,5	76,3	0,2	27,3	6,6	0,0	0,1	2,9	0,9	3,5	0,0	0,0	0,0
JUL	13,9	58,4	0,0	58,2	3,0	0,0	0,1	2,5	0,4	1,4	0,0	0,0	0,0
AGO	11,8	55,1	0,0	26,0	2,8	0,0	0,1	2,0	0,4	1,0	0,0	0,0	0,0
SEP	22,8	83,2	0,1	38,3	5,0	0,0	0,0	0,9	1,0	1,9	0,0	0,0	0,0
OCT	33,6	123,8	0,3	34,4	8,7	0,0	0,1	0,3	3,1	5,8	1,7	0,0	0,0
NOV	37,0	101,2	0,0	35,2	8,1	0,1	0,2	0,1	7,3	8,0	8,7	0,0	0,0
DIC	33,5	127,1	0,2	48,2	8,8	0,3	0,2	0,1	10,4	8,1	11,9	0,1	0,0
ANUAL	325,2	-	-	58,2	84,2	3,3	3,2	12,3	39,2	52,1	61,1	1,6	0,0

Figura 2.1. Gráficos de precipitación y temperaturas de las estaciones consultadas

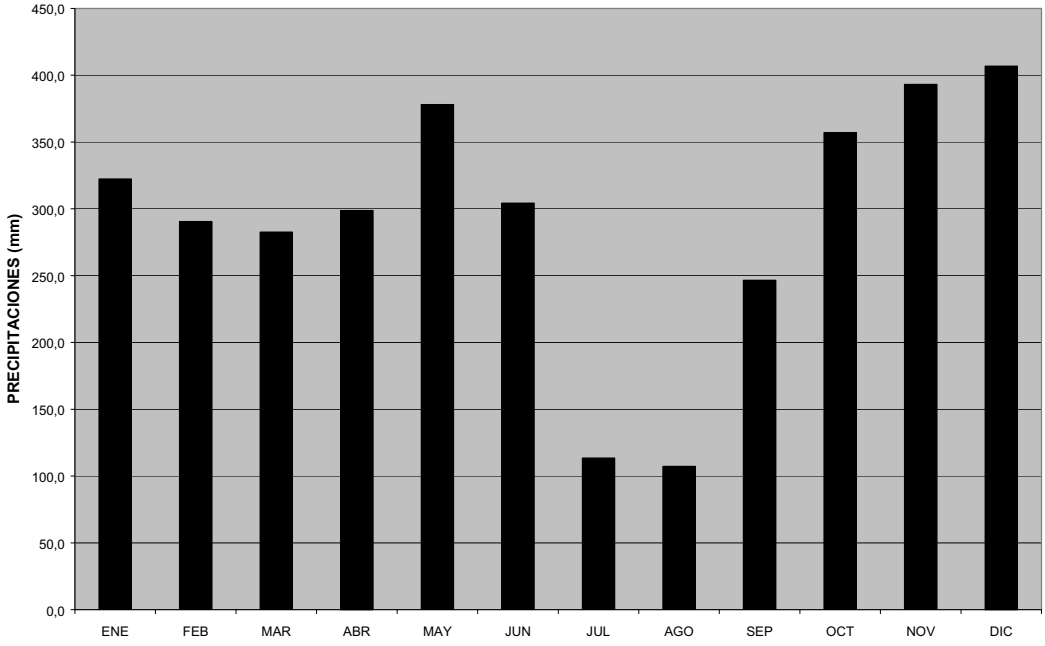


Precipitación anual = 350,0 mm
Temperatura media anual = 12,5º C



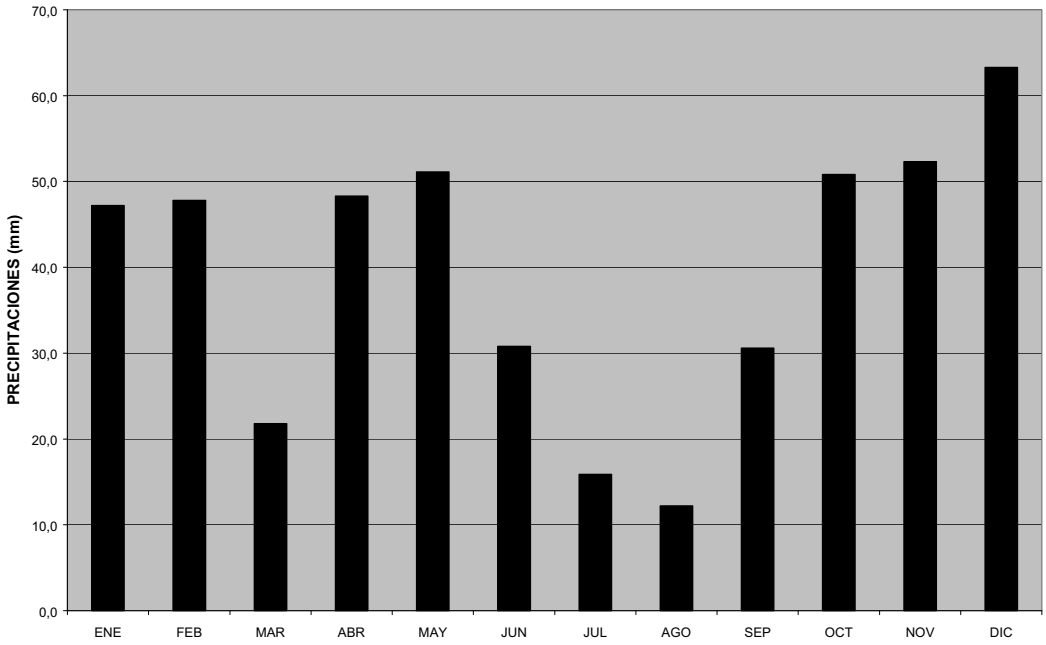
Precipitación anual = 325.2 mm

GRANJA DE MORERUELA



Prrecipitación anual = 469,9 mm
Temperatura media anual = 12,3 º C

POZUELO DE TABARA



Precipitación anual = 472,1 mm
Temperatura media anual = 11,7º C

RÉGIMEN TÉRMICO				
De invierno		Calificación estacional	De verano	
Símbolo	Temperatura mes más frío		Temperatura mes más cálido	Símbolo
	º C		º C	
-	-	Cálido	≥ 26	a_3
C_4	≥ 10	Cálido-Templado	26-24	a_2
C_3	10-7	Templado-Cálido	24-22	a_1
C_2	7-5	Templado	22-20	b_1
C_1	5-3	Templado-Frío	20-18	b_2
D_1	3-0	Frío-Templado	18-15	b_3
D_2	< 0	Frío	< 15	b_4

RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO				
De Verano		Calificación estacional	Anual	
Símbolo	Precipitaciones (mm)		Precipitaciones (mm)	Símbolo
s_5	≤ 50	Árido	≤ 300	s_5
s_4	50-75	Perseco	300-400	s_4
s_3	75-100	Seco	400-600	s_3
s_2	100-150	Subseco	600-800	s_2
s_1	150-200	Subhúmedo	800-1.000	s_1
f_1	200-300	Húmedo	1.000-1.500	f_1
f_2	> 1.500	Muy húmedo	> 1.500	f_2

CUADRO 5. NOMENCLATURA DE LOS CLIMAS

2.2. TOPOGRAFIA

El Tramo objeto de estudio corresponde a una banda en forma de "L", que comienza unos 3.5 Km al Este de Toro y finaliza a 9 Km al Sur de Benavente, y discurre , a "grosso modo", paralelamente a las carreteras N-122 y N-630.

Desde el punto de vista topográfico, el área que abarca el Estudio se caracteriza por presentar una topografía entre llana y, en menor medida, accidentada, que se desarrolla entre las cotas de 630 m y 810 m aproximadamente.

Se distinguen tres zonas topográficas: dos dentro de la depresión del Duero y otra perteneciente a los relieves precámbricos y paleozoicos de la Zona Centroibérica del Macizo Hespérico.

La primera zona diferenciada abarca desde el inicio del Tramo, en la inmediaciones de Toro, hasta aproximadamente el meridiano que une los pueblos de Algodre y Sanzoles. Corresponde una plataforma de altitud media elevada, seccionada por el río Duero. Al norte de dicho río las cotas topográficas se sitúan entre los 740 m y los 790 m que se alcanzan en el monte Mayo, creciendo la altitud hacia el W. En el otro margen del río Duero, el relieve crece progresivamente en sentido Sur, hasta alcanzar cotas alrededor de los 800 m (monte de Peñatejada, Camino del Monte, etc).

El río Duero discurre por la primera mitad del Tramo, en sentido E-W, por un pasillo que con una altitud media de 635 m, encierra las cotas más bajas de todo el Tramo.

Esta plataforma está seccionada por arroyos relativamente profundos, que quiebran la monotonía del paisaje y producen escarpes locales cuyos desniveles alcanzan los 120 m de altura.

La segunda zona aparece al Sur de Zamora y del río Duero, y se extiende hacia el Norte hasta el final del Tramo, coincidiendo aproximadamente con la N-630. Presenta una topografía llana, con cotas que oscilan entre los 660 m y 735 m aproximadamente. El terreno es relativamente homogéneo, roto por la presencia de arroyos poco profundos y algunos cerros testigo. En esta zona los desniveles no suelen superar los 40 m de altura.

Por último, la tercera zona aparece a modo de manchones por el borde occidental del Tramo. Corresponde a las sierras de cuarcitas y pizarras que emergen de los terrenos terciarios. La cota máxima de esta zona, y del Tramo, se alcanza en el monte Valmasedo, con 809 m de altitud. Los desniveles máximos que hay salvar, en espacios relativamente cotos, son inferiores a los 100 m.

2.3. GEOMORFOLOGIA

Dentro del Estudio se han podido diferenciar cuatro zonas con características geomorfológicas propias, estrechamente ligadas con la topografía y condicionadas principalmente por la litología y tectónica de los materiales, así como los procesos de erosión-sedimentación que han tenido lugar a lo largo de su historia geológica.

I) Zona metamórfica de morfología accidentada

Corresponde a los afloramientos paleozoicos que afloran en la parte occidental del Tramo. Presentan una morfología accidentada, configurada por una sucesión de sierras montañosas, cuya orientación, en sentido WNW-ESE, obedece al plegamiento de los materiales.

Las pizarras y esquistos dan lugar a cerros de cumbres suavizadas, mientras que las cuarcitas originan cerros de aspecto más agreste, debido a su mayor resistencia frente a la erosión.

La red de drenaje se encaja profundamente en estos materiales, originando valles estrechos y angostos, de paredes verticales.

II) Zona de morfología moderadamente accidentada

Se localiza en la mitad oriental del Tramo y se trata de una plataforma de altitud media elevada, que ha sido seccionada por la red de drenaje actual. El resultado es la formación de cerros tabulares y áreas llanas y alomadas, separadas por valles de fondo plano; la articulación entre el fondo de estos valles y la cima de los montes es a través de laderas muy pronunciadas, sobre todo en su parte más alta.

III) Zona de morfología llana y suavemente alomada

Esta zona se distribuye desde el sur de Zamora hasta el Norte del Tramo, y se caracteriza por tener una morfología tabular y ligeramente alomada. Las formas tabulares se deben a la existencia de un gran plano estructural constituido por los materiales paleógenos, mientras que los relieves ondulados son debidos a los materiales masivos y poco competentes de las "Facies Tierra de Campos". Posteriormente la sedimentación de la terrazas fluviales de los ríos actuales han acentuado mucho más el carácter tabular de esta Zona.

IV) Zona llana asociada a la red fluvial principal

Corresponde a los valles aluviales y terrazas asociadas a los ríos y arroyos principales del Tramo. Los aluviales y llanuras de inundación se disponen a modo de pasillos o corredores paralelos al cauce actual del río, mientras que las terrazas constituyen plataformas escalonadas en sentido transversal al mismo.

La morfología de esta zona es horizontal y los únicos resaltes morfológicos existentes se deben a antiguos meandros abandonados y a los escalones que articulan las terrazas bajas con las terrazas más elevadas.

En la Figura 2.2 se encuentran representadas esquemáticamente las zonas descritas.

2.4. ESTRATIGRAFÍA

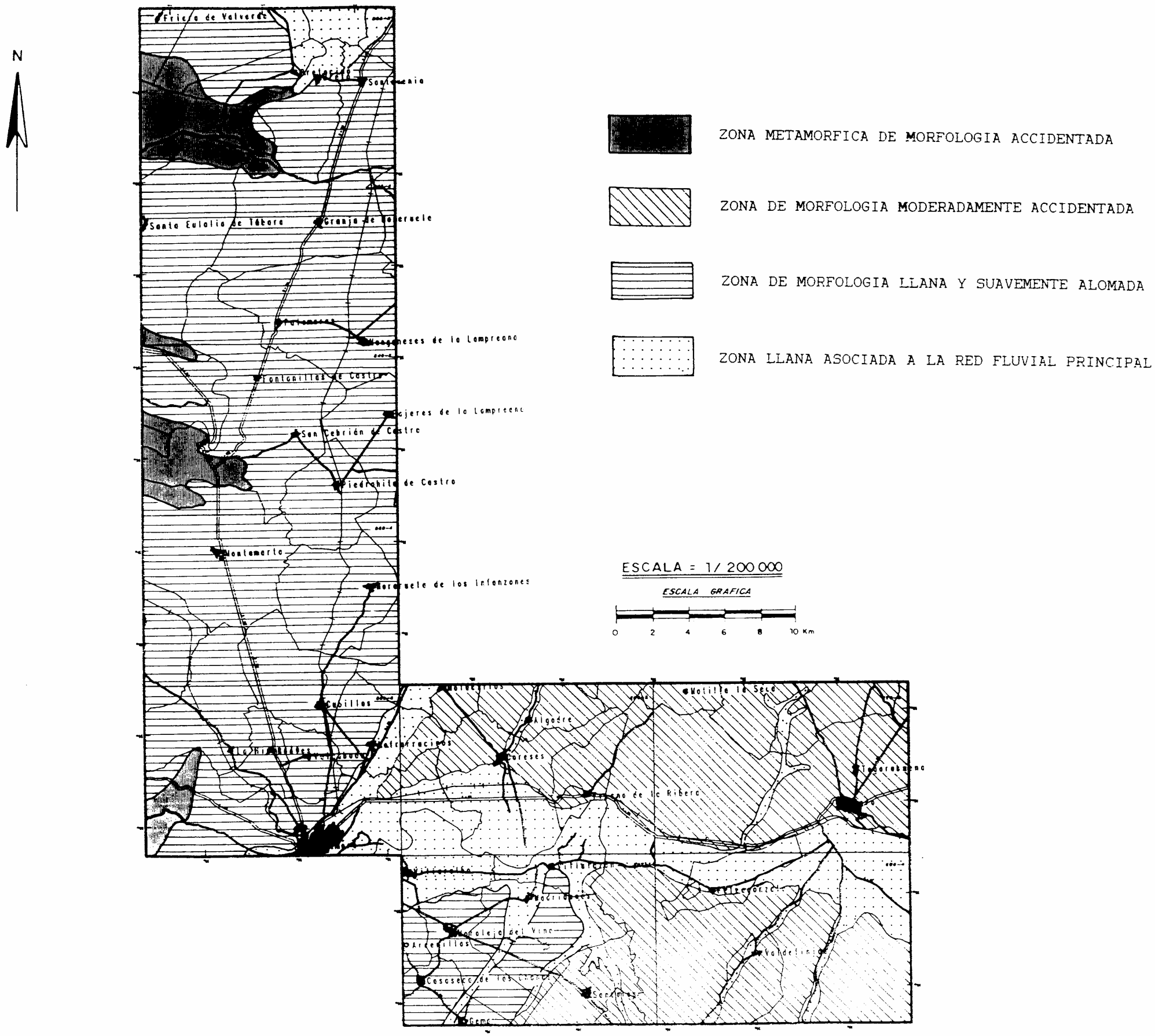
En este apartado se señalan de un modo sucinto las distintas litologías que configuran el Tramo de Estudio, así como su inserción dentro de la columna estratigráfica general.

Las distintas formaciones que aparecen en el Tramo pertenecen al Precámbico, Ordovícico, Paleoceno, Eoceno, Mioceno y Cuaternario.

Dentro del Precámbrico se han distinguido dos unidades, ambas de naturaleza metamórfica. La primera de ellas corresponde a un gneis de grandes fenocristales de feldespato, perteneciente a la formación "Ollo de sapo". La otra unidad está constituida por una sucesión de esquistos mineralizados, que intercalan diques de cuarzo.

A continuación aparece un conjunto de materiales que abarcan desde el Ordovícico Inferior hasta el Ordovícico Medio. Se trata de una litología bastante semejante y monótona, compuesta por una sucesión de pizarras, esquistos y filitas, que intercalan potentes niveles de cuarcitas.

Discordantes sobre los materiales anteriormente descritos aparecen los depósitos terciarios, en los que se han distinguido los siguientes episodios sedimentarios, todos ellos con importantes y rápidos cambios laterales de facies.



IGURA 2.2. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA GEOMORFOLOGÍA

El Paleoceno está representado por una costra conglomerática ferralítica en su base, seguida de unas arenas algo arcillosas, con lentejones intercalados de gravas. A techo se localizan una formación silicificada, compuesta por una alternancia irregular de conglomerados y areniscas. Este último tramo solo aparece en la zona de Zamora capital.

La base del Eoceno es disconforme sobre los niveles silíceos, y comienza con unos limos arenosos que intercalan niveles centimétricos de margas. Localmente esta unidad se enriquece en carbonatos hacia el techo y culmina con margas y calizas de tonos blanquecinos, de escasa continuidad lateral. Seguidamente se depositan una serie de limos, arcillitas, arenas y margas, que hacia techo presentan frecuentes intercalaciones de areniscas y conglomerados.

El Mioceno basal está representado por un conjunto detrítico grueso, constituido por gravas y bolos con matriz gredosa rojiza, denominada "Conglomerados de Toro". En algunos puntos esta serie culmina en unas calizas arenosas, cuyo proceso de formación pudo ser semejante a los suelos de caliche.

El techo del Mioceno corresponde a las arcillas algo arenosas, de tonos amarillentos y rojizos, de las "Facies Tierra de Campos".

Por último, dentro del Cuaternario se incluyen todos los depósitos recientes de terrazas, aluviales, coluviales, aluvio-coluviales, conos de deyección y mantos eólicos, que recubren parcialmente a los materiales mencionados.

En la Figura 2.3 se representa la columna general del Tramo.

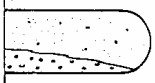
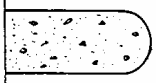
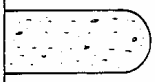
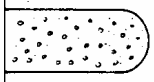
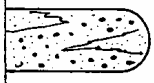
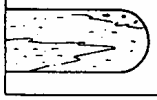
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	ALUVIAL GRUESO: GRAVAS, BOLOS Y ARENAS.	CUATERNARIO	A1	GT1
	ALUVIAL FINO: ARENAS Y ARCILLAS CON LENTEJONES DE GRAVAS.	CUATERNARIO	A2	GT2
	COLUVION: CANTOS Y BLOQUES METAMORFICOS CON MATRIZ ARENOSA O ARCILLOSA.	CUATERNARIO	c	GT3
	ALUVIO-COLUVIAL: ARCILLAS LIMOSAS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISP.	CUATERNARIO	ac	GT4
	ABANICO-ALUVIAL: ARENAS Y ARCILLAS CON GRAVILLAS DISPERSAS.	CUATERNARIO	aa	GT4
	GLACIS: ARCILLAS ARENOSAS CON GRAVAS Y BOLOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	g	GT9
	MANTO EOLICO: ARENAS FINAS LIMPIAS Y MAL CALIBRADAS.	CUATERNARIO	e	GT5
	TERRAZA BAJA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA RECUBIERTOS POR LIMOS ARENOSOS.	CUATERNARIO	T2	GT1
	TERRAZA ALTA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA.	CUATERNARIO	t1	GT6
	CONO DE DEYECCION: LIMOS ARCILLOSOS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	d	GT4

FIGURA 2.3. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL DEL TRAMO

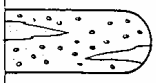
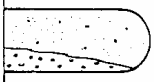
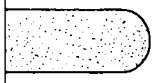
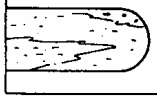
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	ALUVIAL GRUESO: GRAVAS, BOLOS Y ARENAS.	CUATERNARIO	A1	GT1
	ALUVIAL FINO: ARENAS Y ARCILLAS CON LENTEJONES DE GRAVAS.	CUATERNARIO	A2	GT2
	COLUVION: CANTOS Y BLOQUES METAMORFICOS CON MATRIZ ARENOSA O ARCILLOSA.	CUATERNARIO	c	GT3
	ALUVIO-COLUVIAL: ARCILLAS LIMOSAS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISP.	CUATERNARIO	ac	GT4
	ABANICO-ALUVIAL: ARENAS Y ARCILLAS CON GRAVILLAS DISPERSAS.	CUATERNARIO	aa	GT4
	GLACIS: ARCILLAS ARENOSAS CON GRAVAS Y BOLOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	g	GT9
	MANTO EOLICO: ARENAS FINAS LIMPIAS Y MAL CALIBRADAS.	CUATERNARIO	e	GT5
	TERRAZA BAJA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA RECUBIERTOS POR LIMOS ARENOSOS.	CUATERNARIO	T2	GT1
	TERRAZA ALTA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA.	CUATERNARIO	t1	GT6
	CONO DE DEYECCION: LIMOS ARCILLOSOS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	d	GT4

FIGURA 2.3. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL DEL TRAMO (CONT.)

2.5. TECTÓNICA

El Tramo Tordesillas-Zamora se halla ubicado en el sector occidental de la Cuenca del Duero y en la Zona Centroibérica del Macizo Hespérico, según la división realizada por Julivert et al., (1974). Por tanto, existen dos dominios con características tectónicas muy diferentes.

Los materiales precámbricos y paleozoicos pertenecientes a la Zona Centroibérica del Macizo Hespérico han sido afectados por la orogenia Hercínica, distinguiéndose las siguientes fases:

Fase I

Origina grandes estructuras de plegamientos tumbados o mantos de corrimiento hacia el E o SE. Esta fase sería de edad Wenlock.

Fase II

Da lugar a un plegamiento isoclinal vergente al NE y una esquistosidad de flujo que corresponde a la más importante que actualmente se observa en los materiales presentes en el área de estudio. Para esta fase se atribuye una edad Westfaliense.

Fase III

Origina simultáneamente un plegamiento concéntrico y similar, teniendo los pliegues una dirección NW-SE y buzamientos subverticales vergentes al NE. Esta fase pliega a los de la fase anterior, a la vez que da lugar a pliegues falla sintectónicos. La edad de esta deformación se considera Westfaliense.

Fase IV

Provoca pliegues de amplio radio de orientación NW-SE, que se traduce en grandes abombamientos que afectan a todas las estructuras creadas en fases anteriores. Esta fase puede corresponder a la Leónica o Astúrica.

Fases tardías

Las deformaciones que ocasionan son de pequeña entidad, como los "kink-bands" que afecta a las pizarras del Ordovícico Medio-Superior. La edad podría corresponder a la Saálica y la Pfálcica.

Existe una etapa distensiva que origina fallas de escasa importancia, de orientación NE-SW y que provoca pequeños desplazamientos en los ejes de los pliegues.

En cuanto a los materiales terciarios de la Cuenca del Duero, podemos decir que aparentemente presentan un marcado carácter atectónico, aunque no se descarta la posibilidad de que existan movimientos de bloques del zócalo, provocados por la reactivación alpina de fracturas hercínicas, que hayan originado modificaciones en estos materiales. Por ejemplo, algunos afloramientos paleocenos aparecen muy fracturados, lo que puede indicar movimientos de esta naturaleza. Asimismo, en las paraconformidades observadas en los sedimentos están representadas varias fases, tales como las larámicas, sávica, etc. Por último, análisis morfológicos a escala regional permiten deducir que el trazado rectilíneo de gran parte de los cursos fluviales y el paralelismo entre unos y otros, hace pensar que estén relacionados con fracturas del zócalo hercínico. Las direcciones más significativas son: NW-W y NE.

2.6. SISMICIDAD

Según la NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE (PARTE GENERAL Y EDIFICACIÓN) (NCSE-94), el Tramo: Tordesillas-Zamora se halla situado en una zona cuya aceleración sísmica básica, a_b, es de : $a_b/g < 0,04$, según puede apreciarse en el Mapa de Peligrosidad Sísmica, representado en la Figura 2.4. Este mapa suministra, para cada punto del territorio y expresada en relación al valor de la gravedad, la aceleración sísmica básica, a_b, un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un punto de retorno para quinientos años. Además suministra los valores del coeficiente de contribución K, el cual tiene en cuenta la influencia en la peligrosidad sísmica de cada punto de los distintos tipos de terremotos considerados en el cálculo de la misma.

La aceleración sísmica de calculo, a_c, se define como el producto:

$$a_c = p a_b$$

donde:

a_b: es la aceleración básica

p: es un coeficiente adimensional de riesgo cuyo valor, en función del período de vida en años, t, para el que se proyecta la construcción, viene dado por:

$$p = (t/50)^{0.37}$$

APARTADO DEROGADO

siendo a efectos de calculo:

t>= 50 años para construcciones de normal importancia.
t>= 100 años para construcciones de especial importancia.

En la tabla 1, se recogen los valores más usuales del coeficiente de riesgo p.

TABLA 1

COEFICIENTE DE RIESGO p	
Período de vida	**p**
t = 50	1,00
t = 100	1,30

En este caso se toma t=100, ya que "las principales vías de comunicación de las poblaciones" se consideran construcciones de especial importancia (Apartado 1.2.2 de la Norma).

La aceleración sísmica de cálculo, a_c, en el Tramo es de :

Para a_b = 0,04, a_c=0,05 g

En este caso no es obligatoria la aplicación de la Norma, ya que según el apartado 1.2.3. Criterios de Aplicación de la Norma, en las construcciones de normal y especial importancia es obligatoria la aplicación de esta Norma cuando la aceleración sísmica de cálculo, a_c, es igual o superior a 0,06 g, siendo "g" la aceleración de la gravedad.

APARTADO DEROGADO

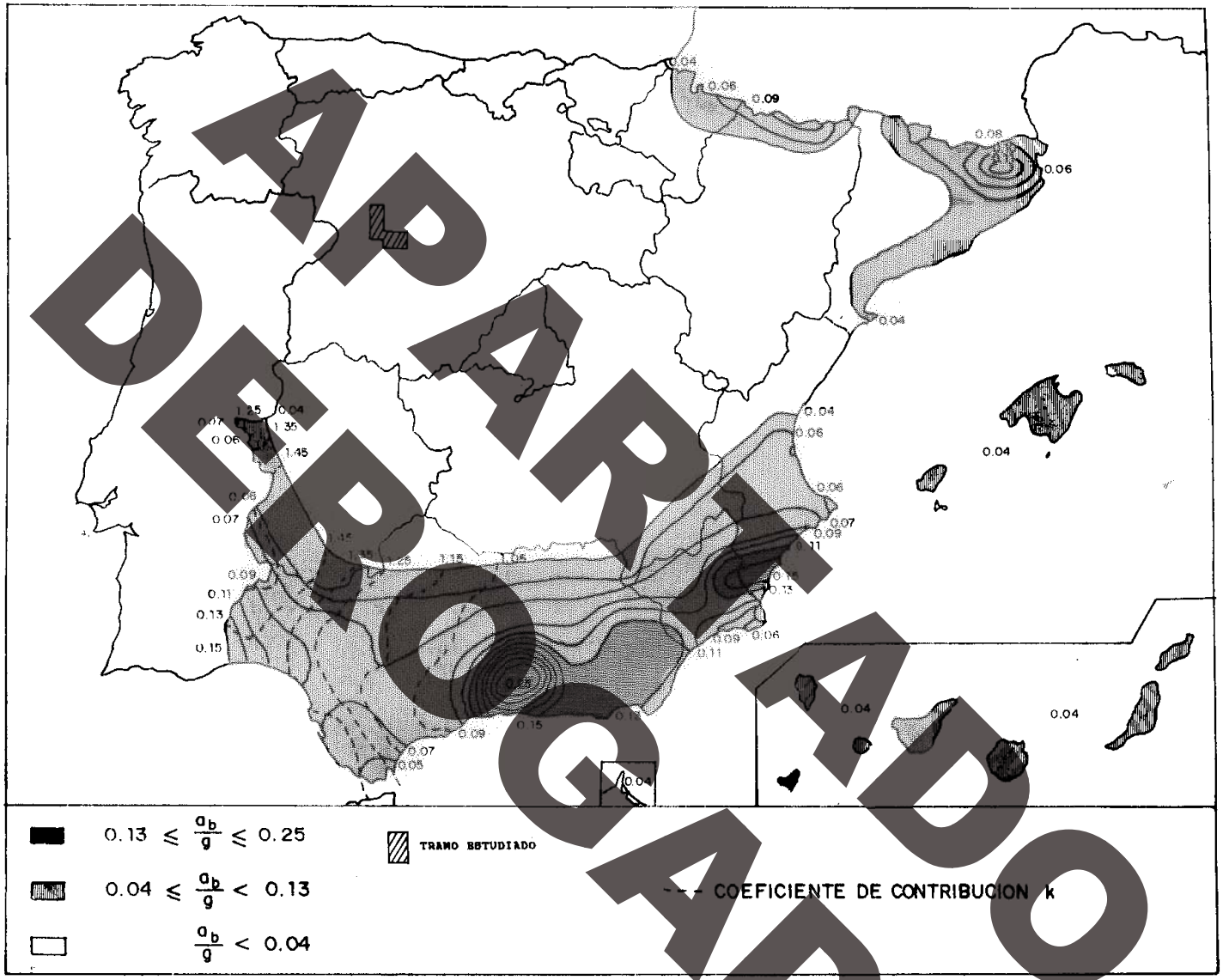


FIGURA 2.4. SITUACIÓN DEL TRAMO EN EL MAPA SISMORRESISTENTE

APARTADO DE LOGADO

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

Se ha considerado conveniente dividir el Tramo Tordesillas-Zamora en una serie de Zonas con características litológicas y geomorfológicas similares, con el fin de facilitar la exposición y comprensión de los materiales presentes en el Tramo.

En la Figura 3.1 se hallan representadas las Zonas en que se ha dividido el Tramo de Estudio. Son las siguientes:

Zona 1: Zona metamórfica de morfología accidentada

Zona 2: Zona de morfología moderadamente accidentada

Zona 3: Zona de morfología llana y suavemente alomada

Zona 4: Zona llana asociada a la red fluvial principal

En la Figura 3.2 se muestran los diversos cortes geológicos esquemáticos que se han realizado en el presente capítulo.

3.2. ZONA 1: ZONA DE MORFOLOGÍA ACCIDENTADA

3.2.1. Geomorfología

La Zona 1 ocupa las siguientes Hojas y cuadrantes del Mapa topográfico Nacional a escala 1:50.000:

Nº	Hoja	Cuadrantes
308	Villafáfila	3 (p)
340	Manganeses de la Lampreana	3 (p) y 4 (p)
369	Coreses	3 (p)

(p) parte

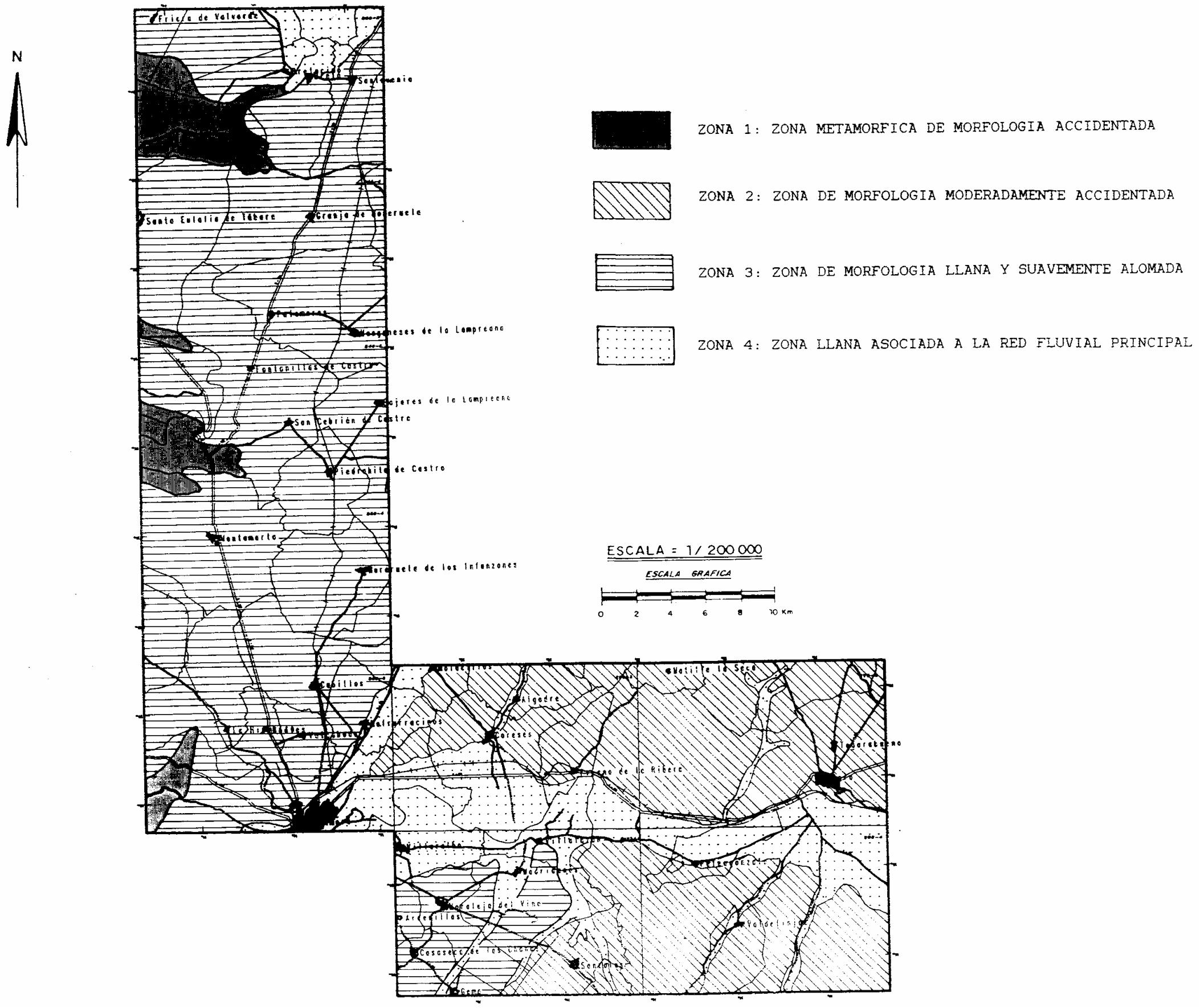


FIGURA 3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO.

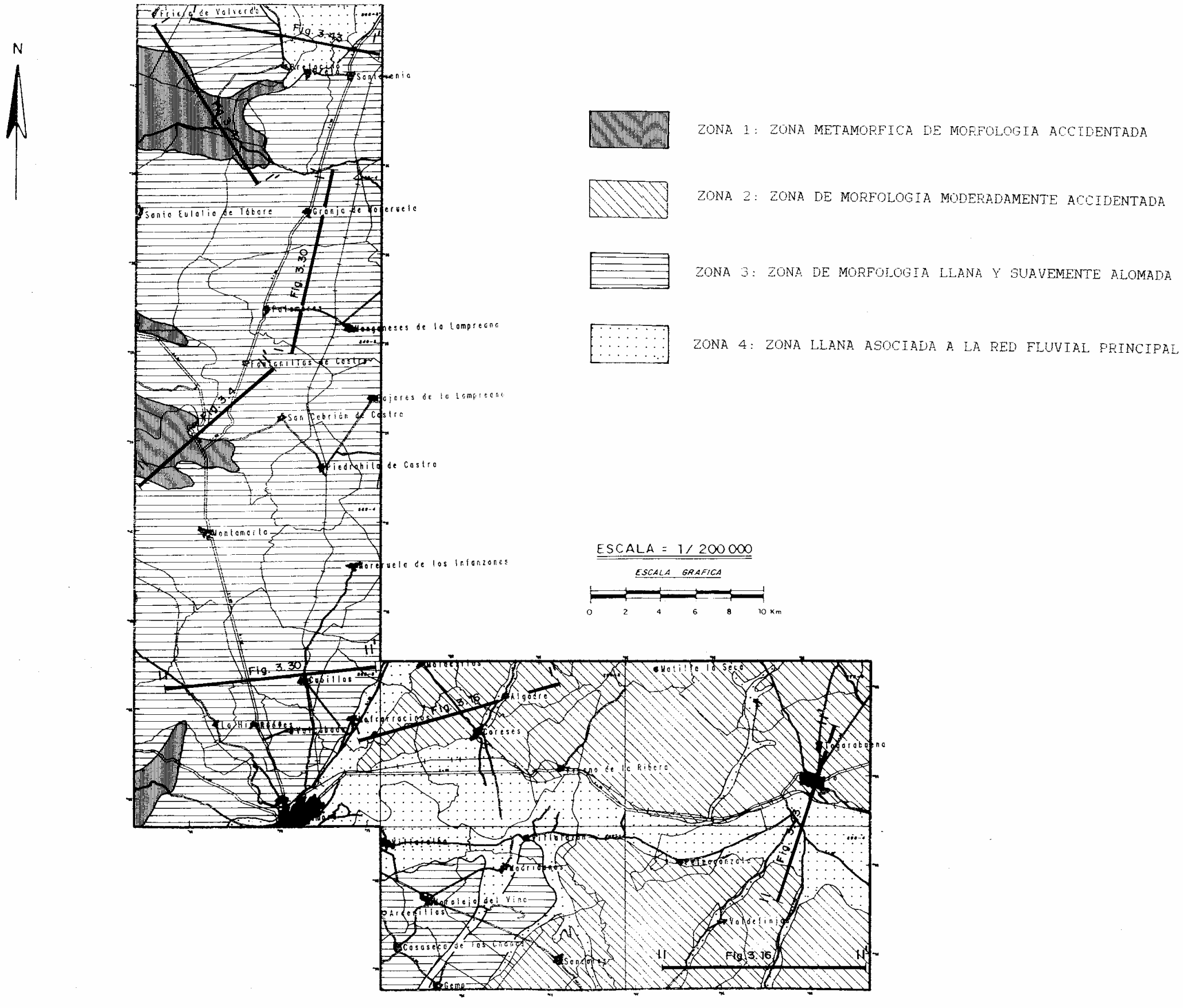


FIGURA 3.2. SITUACIÓN DE LOS CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS QUE APARECEN EN EL PRESENTE CAPÍTULO.

En la Figura 3.3 se muestra la situación de la Zona 1 dentro del Tramo, así como la ubicación de los cortes geológicos esquemáticos realizados en la misma.

Desde el punto de vista geomorfológico, la Zona 1 presenta una morfología accidentada debido a la litología y estructura de los materiales que la componen. Está formada por una sucesión de sierras montañosas, alineadas según una orientación WNW-ESE, correspondiente a la dirección estructural de sus capas. Las sierras pueden aparecer aisladamente y estar constituida por una sola “cuerda” de cumbres, o bien en conjunto y estar formadas por una sucesión de <cuerdas> paralelas entre sí.

Las elevaciones montañosas suelen presentar una morfología en “cresta” y, en menor medida, en “cuesta”. El primer caso sucede cuando el pliegue es simétrico o la serie momoclinal está próxima a la verticalidad. En el segundo caso, los pliegues están tumbados o la serie monoclinal está algo más tendida.

La mayor parte de los resaltes topográficos están originados por cuarcitas, ya que la zonas ocupadas por pizarras y filitas muestran un relieve de tipo "apalachiano", es decir, zonas arrasadas y peneplanizadas, en muchos casos ocupadas por depósitos de terraza.

La morfología accidentada de esta zona se debe, más que a su altura y desniveles importantes, a que las sierras emergen súbitamente entre una zona llana, sin tránsito gradual del relieve.

Los cursos fluviales sufren un estrangulamiento al entrar en estos materiales, como puede observarse en Bretó, y un encajamiento acusado, en muchos casos de tipo meandriforme, originados y controlados por la estructura y competencia de los materiales del zócalo.

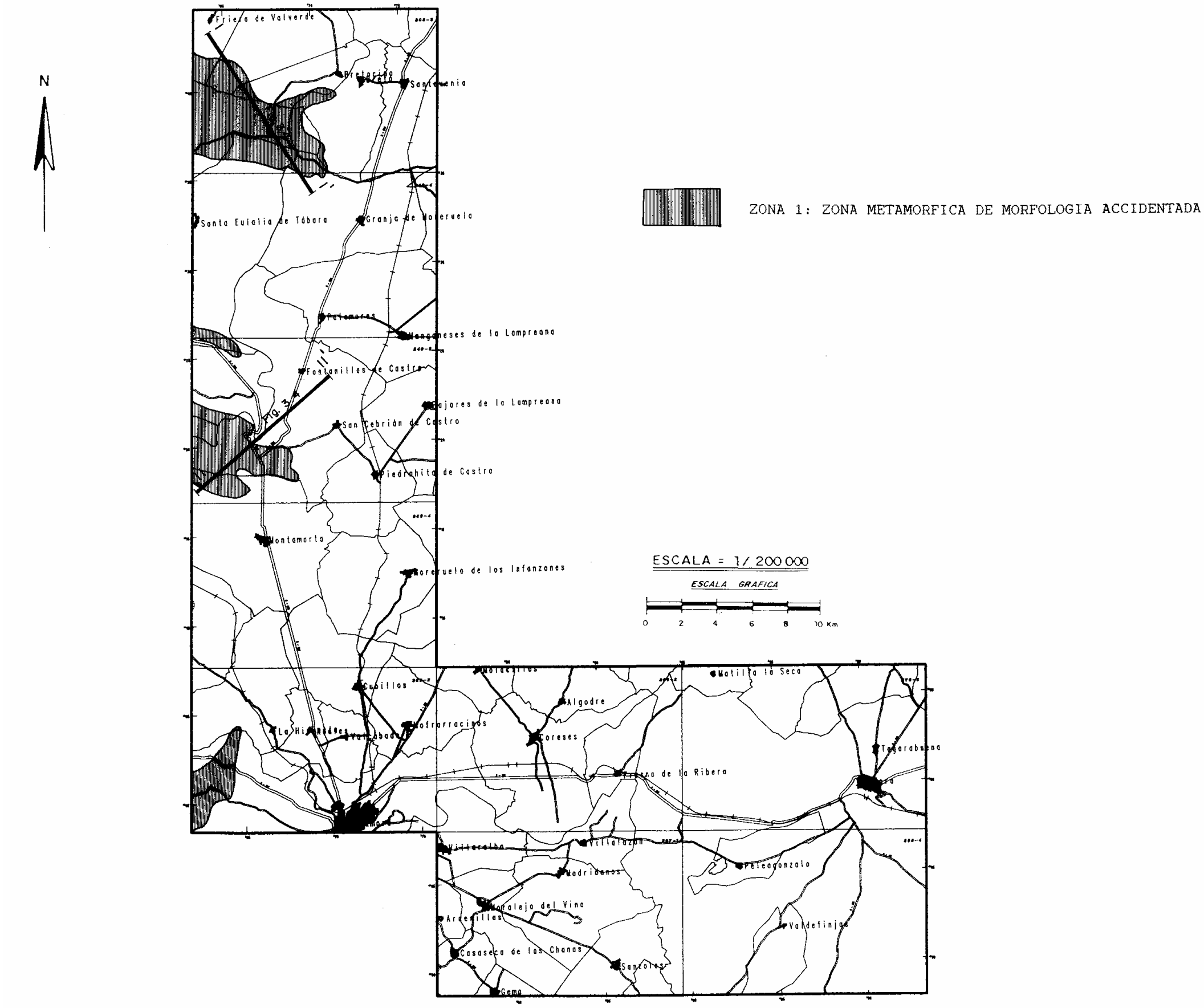


FIGURA 3.3. ESQUEMA DE SITUACIÓN DE LA ZONA 1 Y DE DOS CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS REALIZADOS EN LA MISMA.

3.2.2. Tectónica

El sustrato precámbrico y paleozoico de esta Zona se halla afectado por la orogenia Hercínica, dentro de la cual se han distinguido una serie de fases con las siguientes características.

Fase I: Formación de grandes pliegues tumbados o mantos de corrimiento hacia el E o SE.

Fase II: Formación de pliegues isoclinales vergentes al NE con esquistosidad de flujo.

Fase III: Plegamiento concéntrico y similar a la vez. Pliegues subverticales vergentes al NE y de dirección NW-SE.

Fase IV: Grandes pliegues de dirección NW-SE.

Fases tardías V: Originan deformaciones de pequeña intensidad, siendo las más características los <kink-bands>.

Por último, existe una etapa distensiva que da lugar a fallas de escasa importancia, de orientación NE-SW y que provoca pequeños desplazamientos en los ejes de los pliegues.

Las deformaciones y pliegues mejor observadas en esta zona corresponden a la Fase II. Un claro ejemplo son los pliegues isoclinales y vergentes al NE, que aparecen en el cerro Laines, en el ángulos SW del cuadrante H-340/3.

En la Figura 3.4 se muestran dos cortes geológicos esquemáticos característicos de esta Zona.

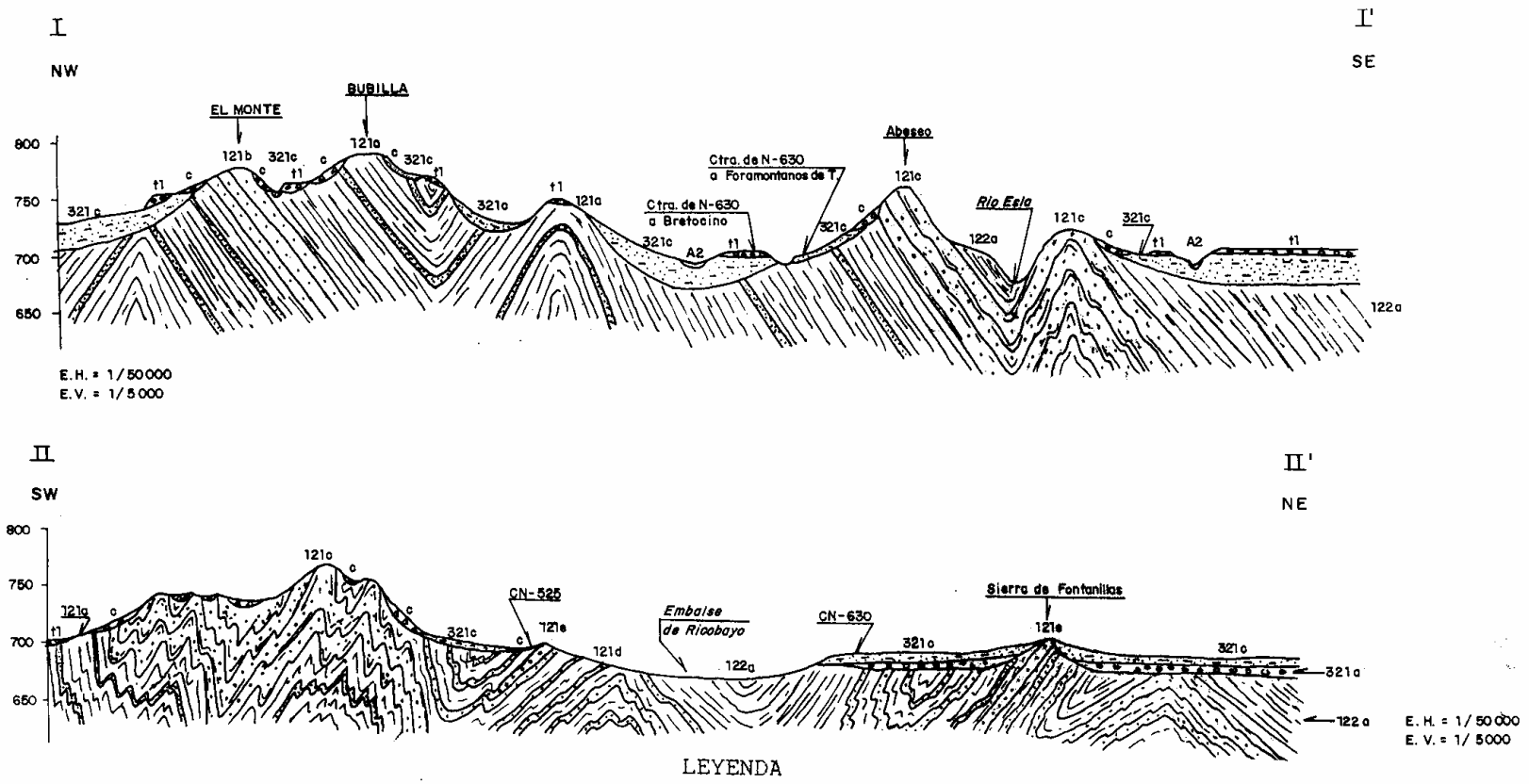


FIGURA 3.4. CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS DE LA ZONA

3.2.3. Columna estratigráfica

Los diferentes grupos litológicos presentes en la Zona 1 son los marcados con un asterisco (*) en la columna estratigráfica de la Figura 3.5.

3.2.4. Grupos litológicos

Las formaciones geológicas distinguidas en la Zona 1 son las siguientes:

ALUVIALES FINOS, (A2)

Este grupo está descrito en la Zona 4.

COLUVIÓN, (c)

- Litología

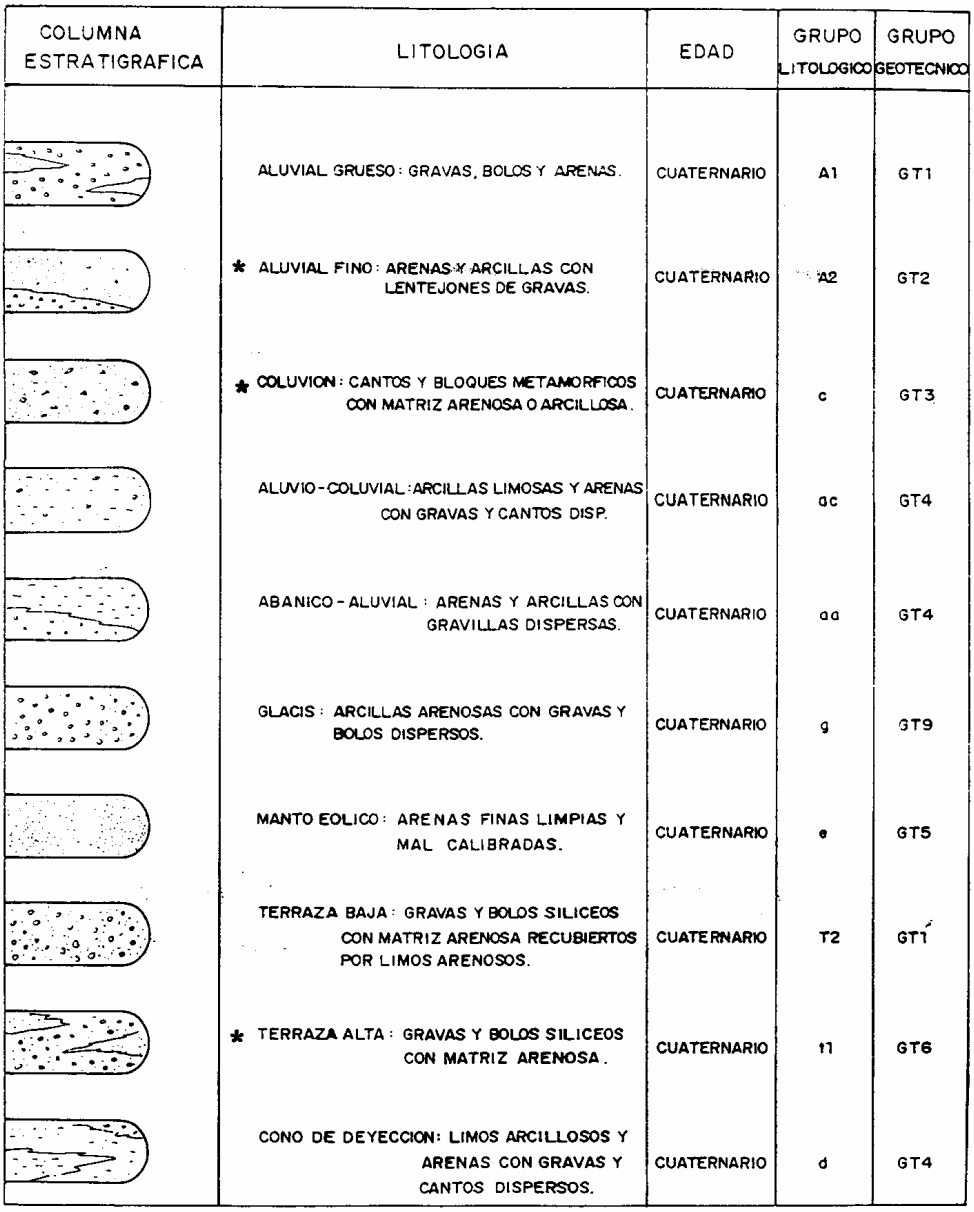
  Grupo constituido por fragmentos de rocas metamórficas, fundamentalmente de cuarcita, de formas angulosas y tamaños heterométricos, empastados por una matriz arenosa de color marrón, o arcillosa de tonos abigarrados (Figura 3.6).

- Estructura

  Son derrubios de ladera que se depositan a modo de orlas al pie de los macizos montañosos. Presenta una estructura masiva y caótica, adaptándose a la superficie topográfica sobre la que yacen. La potencia del grupo se estima del orden de 1 a 5 m.

- Geotecnia

  Son suelos con una escorrentía superficial elevada y una permeabilidad que varía desde alta, en el caso de que la matriz sea arenosa, hasta baja, cuando la matriz es arcillosa. Son materiales poco compactos, erosionables y excavables por medios mecánicos. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Cuando la matriz es de composición arenosa dan suelos tolerables o adecuados.



COLUMNA ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	ALUVIAL GRUESO: GRAVAS, BOLOS Y ARENAS.	CUATERNARIO	A1	GT1
	* ALUVIAL FINO: ARENAS Y ARCILLAS CON LENTEJONES DE GRAVAS.	CUATERNARIO	A2	GT2
	* COLUVION: CANTOS Y BLOQUES METAMORFICOS CON MATRIZ ARENOSA O ARCILLOSA.	CUATERNARIO	c	GT3
	ALUVIO-COLUVIAL: ARCILLAS LIMOSAS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISP.	CUATERNARIO	ac	GT4
	ABANICO-ALUVIAL: ARENAS Y ARCILLAS CON GRAVILLAS DISPERSAS.	CUATERNARIO	aa	GT4
	GLACIS: ARCILLAS ARENOSAS CON GRAVAS Y BOLOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	g	GT9
	MANTO EOLICO: ARENAS FINAS LIMPIAS Y MAL CALIBRADAS.	CUATERNARIO	e	GT5
	TERRAZA BAJA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA RECUBIERTOS POR LIMOS ARENOSOS.	CUATERNARIO	T2	GT1
	* TERRAZA ALTA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA.	CUATERNARIO	t1	GT6
	CONO DE DEYECCION: LIMOS ARCILLOSOS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	d	GT4

FIGURA 3.5. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 1

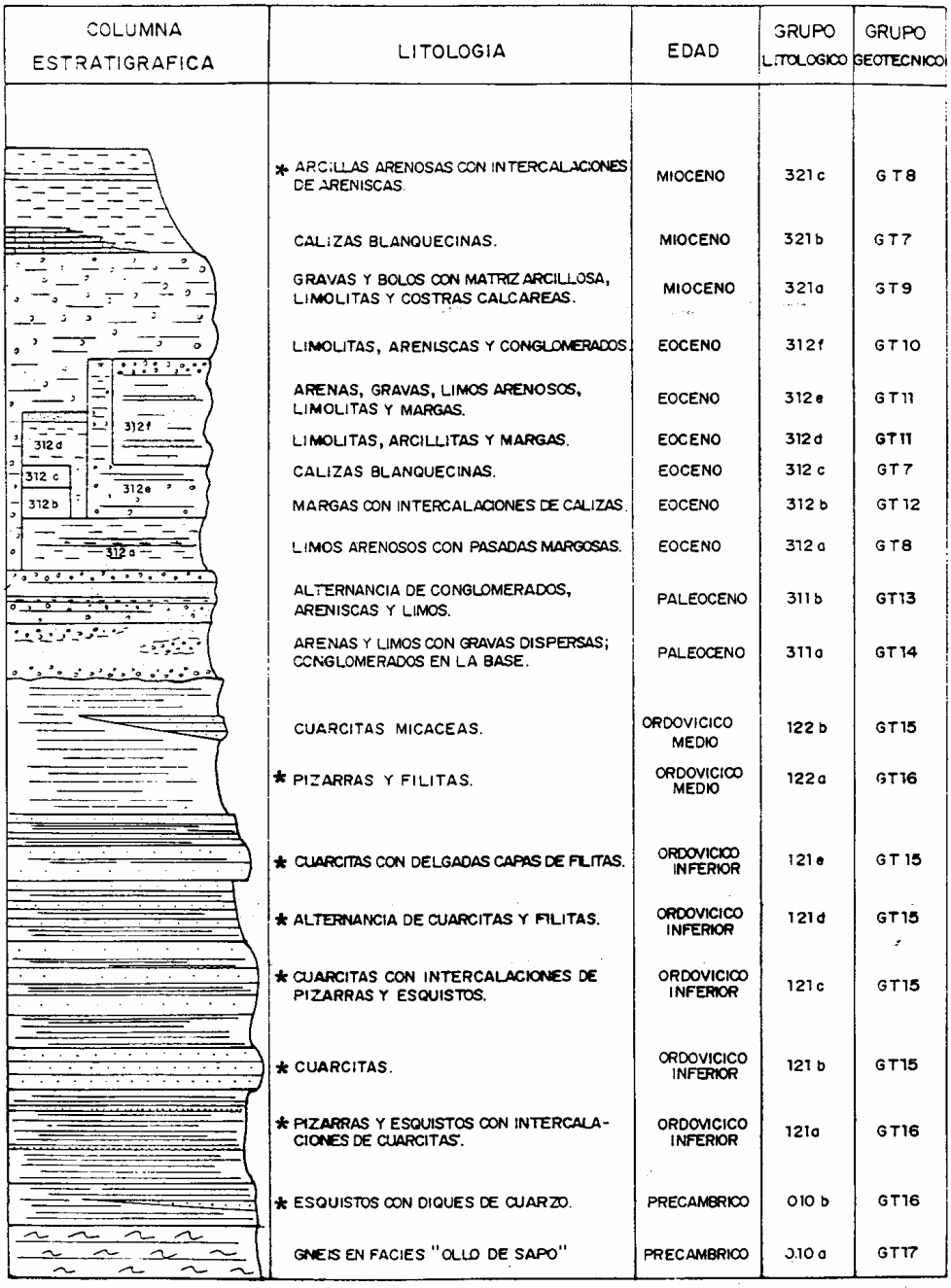


FIGURA 3.5. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 1 (CONT.)

Se han observado taludes bajos, estables y con inclinaciones de 45 º. En el caso de que los coluviales queden colgados en el talud, se recomienda que como máximo sea de 30 º la pendiente de este grupo. En este último caso hay que controlar el agua que el coluvión pueda aportar al talud.



Figura 3.6. Detalle de los materiales coluviales del grupo (c), en el collado de la sierra que atraviesa la carretera de Bretocino a Foramontanos de Tábara (H:308/3).

TERRAZA ALTA, (t1)

Este grupo está descrito en la Zona 4

ARCILLAS ARENOSAS CON INTERCALACIONES ESPORÁDICAS DE ARENISCAS, (321c)

Este grupo está descrito en la Zona 3.

PIZARRAS Y FILITAS, (122a)

- Litología

  Serie monótona constituida por una alternancia de pizarras, pizarras silíceas y filitas, de tonos grisáceos y rojizos, con cubos de pirita y dispuestas en niveles de 0.2 m a 0.5 m de espesor.

- Estructura

  Los materiales se hallan afectados por una intensa esquistosidad, muy penetrativa y de espaciado entre milimétrico y centimétrico (Figura 3.7), de orientación WNW-ESE y buzamientos de 70 º hacia el Sur.



Figura 3.7. Detalle de la estructura de las pizarras del grupo (122a), en un desmonte de la carretera local que parte de la CN-630 y se dirige a Bretocino.

- Geotecnia

  Son materiales impermeables, pero suelen tener una cierta permeabilidad secundaria a favor de los planos de discontinuidad. La escorrentia superficial varía de media a alta, son excavables por medios mecánicos y la capacidad portante es alta. Los tramos de pizarras rojizas se han utilizado para materiales de préstamo.

La estabilidad de los taludes artificiales dependerá de si las discontinuidades son desfavorables o no al talud. En zonas donde los materiales presenten fuertes buzamientos pueden producirse procesos de "toppling" en la cabecera de los desmontes. Se han observado taludes de excavación orientados perpendicularmente a la estructura, de alturas bajas y estables, con inclinaciones de 65° (Figura 3.8).

CUARCITAS CON DELGADAS INTERCALACIONES DE FILITAS, (121e)

- Litología

  Cuarcitas de tonos grisáceos, estratificadas en niveles de 0.1 m a 1.0 m de espesor y con delgadas intercalaciones de filitas. Son de grano fino, de textura granoblástica y entre los minerales accesorios figuran moscovita, opacos, clorita, circón, etc. La potencia de este grupo se estima comprendida entre 60 m y 100 m.

- Estructura

  Este conjunto aparece intercalado dentro del grupo (121d). Se presenta muy plegado, normalmente en estructuras anticlinales, con buzamientos inferiores a los 60° y orientados en sentido WNW-ESE, correspondiente a la deformación de la orogenia Hercínica.

- Geotecnia

  Este grupo no es ripable por medios mecánicos y tiene una capacidad de carga alta. Son materiales permeables solo por fisuración, y su escorrentía superficial varía desde baja, en afloramientos sin resaltes morfológicos, hasta alta en zonas de topografía abrupta y pendientes pronunciadas.

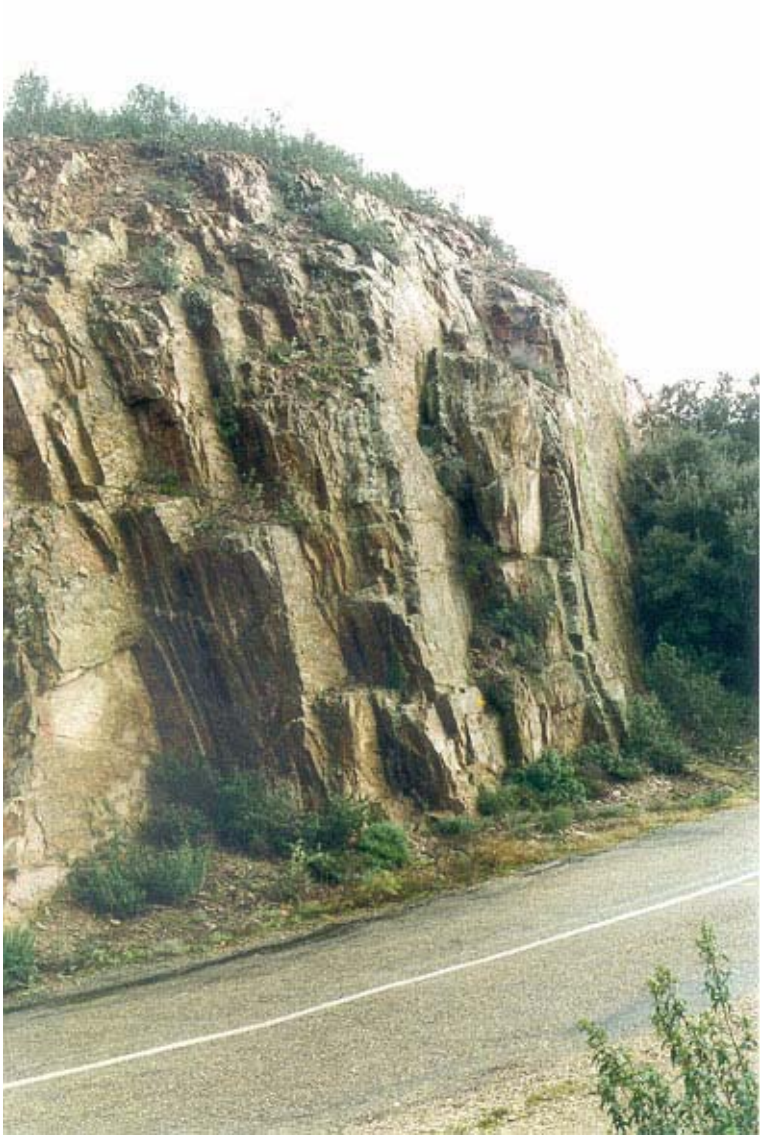


Figura 3.8. *Vista panorámica de las pizarras del grupo (122a), en un desmonte de la carretera local a Bretocino. Obsérvese los bloques y cuñas originados por la intersección de discontinuidades.*

El diseño de los taludes tendrá que realizarse en función de la orientación de la estructura y diaclasado del macizo rocoso.

Los taludes observados perpendiculares a la estructura son estables, para alturas bajas y medias, con inclinaciones comprendidas entre 60º y 75º.

CUARCITAS Y FILITAS, (121d)

- Litología

  Conjunto constituido por una alternancia rítmica de cuarcitas y filitas.

  Las cuarcitas son de tonos claros, de grano fino y dispuestas en capas de 0.2 m a 1.0 m de espesor. Muestran una microlaminación paralela, en cuyos planos es abundante la moscovita. Su textura es granoblástica o granolepidoblástica, y además del cuarzo, figura la moscovita como minerales esenciales, y opacos, circón, cloritas y turmalinas como accesorios.

  Las filitas son ricas en mica, normalmente aparecen muy alteradas y se disponen en niveles que no superan los 0.2 m de espesor.

  La potencia de esta serie es difícil de estimar al estar muy plegada, pero posiblemente alcance los 700 m.

- Estructura

  El conjunto aparece plegado en una serie de anticlinales y sinclinales, de orientación WNW-ESE y buzamientos comprendidos entre 45º y 55º hacia el SW, y 30º y 70º al NE.

- Geotecnia

  Son materiales permeables por fisuración y presentan una buena escorrentía superficial. Su excavabilidad es difícil y la capacidad de carga se considera globalmente alta, a pesar de la alteración que presentan las intercalaciones de filitas.

  La estabilidad de los taludes puede ser problemática por deslizamientos de bloques y cuñas, en condiciones desfavorables de la estructura y diaclasado.

  Se han observado taludes transversales a la estructura de alturas medias, estables y con inclinaciones de 75º.

CUARCITAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS Y ESQUISTOS SILÍCEOS, (121c)

- Litología

  Este grupo está constituido por una serie de cuarcitas de tonos claros, bien estratificadas, en algunos tramos tableada, pero generalmente dispuestas en bancos de 0.5 m a 3.0 m de espesor (Figura 3.9), con intercalaciones de pizarras micáceas plateadas y esquistos silíceos.

- Estructura

  Estos materiales se hallan muy plegados, mostrando generalmente tres tipos de estructuras. La primera de ellas corresponde a pliegues isópacos concéntricos, de plano axial subvertical, la segunda a pliegues isoclinales apretados vergente al NE, y la tercera a series monoclinales. En todos los casos la orientación estructural es WNW-ESE (Figura 3.10).

- Geotecnia

  Son materiales cuya ripabilidad varía de marginal, en los tramos tableados, a no ripable en los tramos más compactos. La capacidad de carga es alta , la permeabilidad baja por fisuración y el drenaje bueno a favor de la escorrentía superficial. Este grupo ha sido explotado para materiales rocosos de préstamo.

  El diseño de los taludes artificiales estará condicionado por la estructura y diaclasado de los materiales, estudiando en cada caso las condiciones geométricas de estabilidad.



Figura 3.9. *Detalle de los bancos de cuarcita del grupo (121c), en un desmonte de la carretera local que se dirige desde la CN-630 a Bretocino.*

Se han observado taludes de alturas medias, paralelos a la estructura pero en sentido contrario al buzamiento, estables, aunque con caídas de pequeños bloques, y con inclinaciones de 45º. Para impedir que los bloques caídos alcancen la carretera, es aconsejable dejar amplias cunetas al pie del talud.

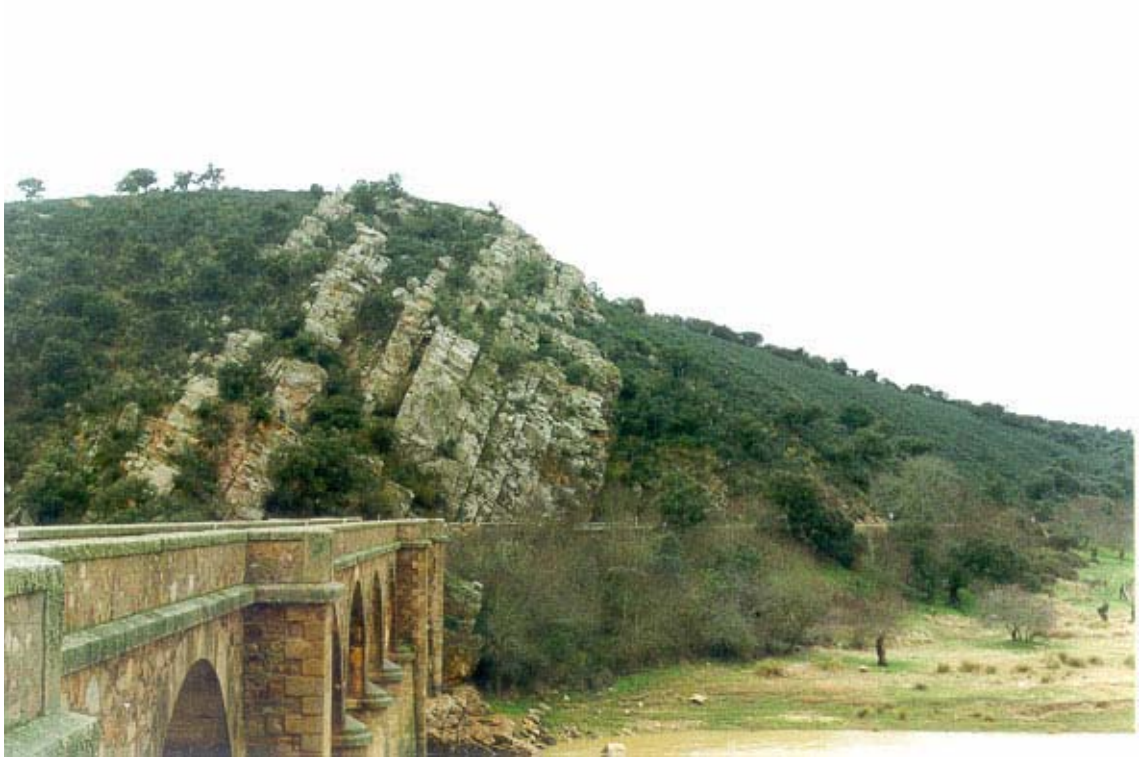


Figura 3.10. Vista panorámica de una serie monoclinal de cuarcitas del grupo (121c), junto al puente sobre el Esla, en la carretera local a Bretocino.

CUARCITAS, (121b)

- Litología

  Este grupo está intercalado dentro de las pizarras y esquistos del grupo (121a). Está definido por cuarcitas de tonos blanquecinos y grisáceos, de grano fino y estratificadas en bancos de espesor inferior a 1 m generalmente, con estructuras sedimentarias internas, siendo la más frecuente estratificación oblicua.

- Estructura

  Presentan una estructura de cuerpos lentejonares inmersos entre las pizarras y esquistos del grupo (121a), dispuestos es una serie de sierras aisladas de orientación WNW-ESE.

- Geotecnia

  Este grupo litológico posee una buena escorrentía superficial y una permeabilidad variable, condicionada por el grado de fisuración. La capacidad de carga es elevada y plantea problemas de ripabilidad por medios mecánicos convencionales.

  No se han observado taludes de interés, pero la estabilidad de los mismos dependerá de las orientaciones relativas de los desmontes con respecto a las directrices estructurales de las discontinuidades.

PIZARRAS Y ESQUISTOS CON INTERCALACIONES DE CUARCITAS, (121a)

- Litología

  Se trata de una alternancia de pizarras de tonos oscuros, amarillentos y rojizos, y esquistos silíceos arenosos, de aspecto astilloso y tonos grisáceos, con finas intercalaciones de cuarcita del mismo color. La disposición del conjunto es en niveles centimétricos (Figura 3.11).

- Estructura

  El grupo aparece afectado por una fuerte esquistosidad y replegado según las directrices de la orogenia Hercínica, con una dirección estructural WNW-ESE y buzamientos más usuales comprendidos entre 55° y 65°.

- Geotecnia

  Son materiales ripables y escasamente permeables, aunque permiten cierto paso del agua por infiltración a favor de las superficies de discontinuidades.

  La capacidad se considera alta y los asientos nulos, excepto en los estratos superficiales alterados, en los que pueden existir asientos de magnitudes moderadas.

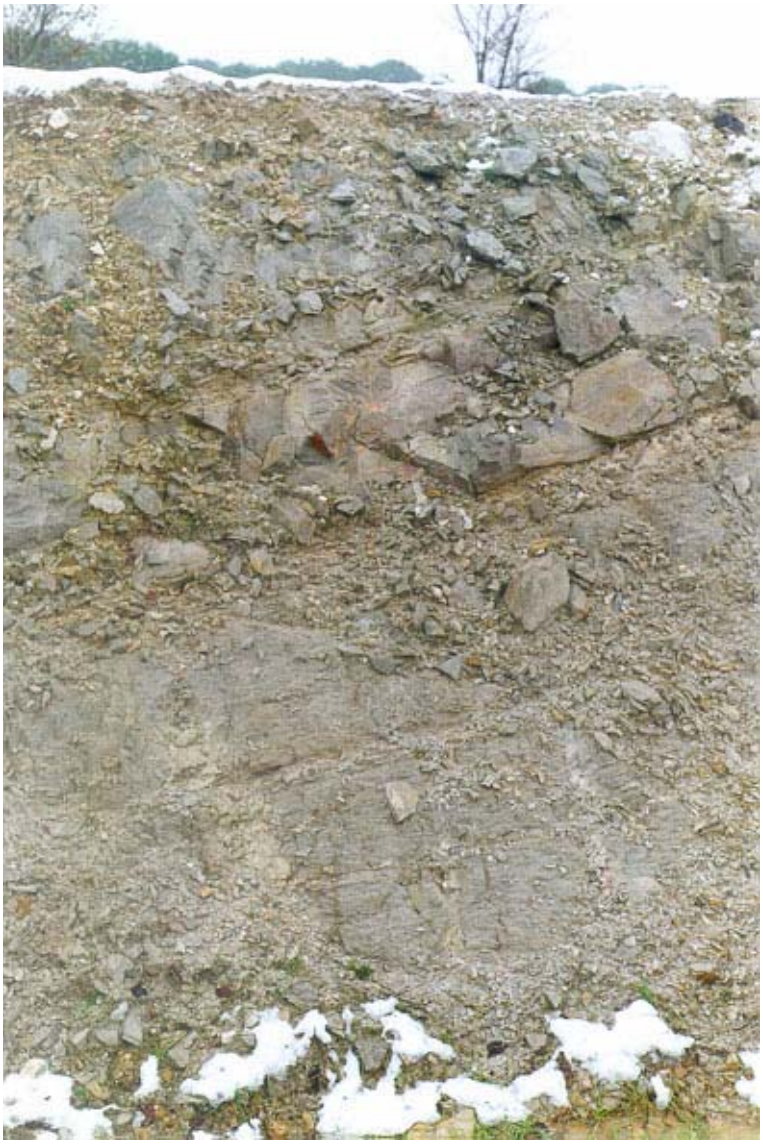


Figura 3.11. Detalle del aspecto de los esquistos silíceos del grupo (121a), en un talud de la carretera N-122. P.K.466,950.

A pesar de que se han observado taludes bajos, estables y con inclinaciones de 45º, se recomienda un estudio estadístico de las discontinuidades para el diseño de nuevos taludes (Figura 3.12).



Figura 3.12. Talud excavado en los esquistos silíceos del grupo (121a), en el P.K.466,950 de la carretera N-122. La inestabilidad que se observa en la cabecera del talud se debe a la erosión de los materiales terciarios del grupo (311a), que recubren a los esquistos.

ESQUISTOS, (010b)

- Litología

  Esquistos arcillo-micáceos de grano fino, de tono rojizos debido a procesos de alteración y minealizaciones de hierro, con diques de cuarzo lechoso, de 2 a 3 m de espesor (Figura 3.13).

- Estructura

  El conjunto aparece plegado según una orientación N 107° E y buzamientos de 50° hacia el N.

- Geotecnia

  Son materiales ripables y con una capacidad de carga alta. Su permeabilidad es baja, de tipo secundario y controlada exclusivamente por los planos de discontinuidad. Debido a la topografía de sus afloramientos el drenaje superficial varía de bajo a

medio. Parte de este grupo aparece recubierto por depósitos eluviales rojizos, de naturaleza limo-arcillosa. Estos eluviales disminuyen considerablemente la capacidad portante del grupo, a la vez que provocan asientos diferenciales significativos (Figura 3.14).



Figura 3.13. Detalle de los diques de cuarzo, emplazados a favor de la esquistosidad, en el paraje Dehesa de Valverde (H:369/3).

No se han observado taludes de interés, no obstante, la pendiente y estabilidad de los taludes de excavación dependerá de la orientación de éstos con respecto a la estructura (dirección y buzamiento) y diaclasado de los esquistos.



Figura 3.14. Detalle del eluvial limo-arcilloso rojizo que recubre a los esquistos del grupo (010b).

3.2.5. Grupos geotécnicos

Teniendo en cuenta los diferentes grupos litológicos definidos en esta Zona 1, así como sus respectivas características geotécnicas, se han definido los siguientes "grupos geotécnicos".

- Grupo geotécnico GT2

  Arenas, arcillas y gravas. Conjunto poco permeable y con un drenaje superficial deficiente. Son inundables en épocas de crecida y tienen niveles freáticos a escasa profundidad. La capacidad de carga es baja y los asientos altos. Excavabilidad fácil. Los materiales de este grupo se clasifican como suelos tolerables, adecuados y seleccionados. Constituye este grupo geotécnico el grupo litológico (A2).

- Grupo geotécnico GT3

  Bloques y cantos metamórficos con matriz arenosa o arcillosa. Materiales con una escorrentía superficial elevada y una permeabilidad que varía de baja a alta. Suelos poco compactos, erosionables y ripables. La capacidad de carga es baja y los asientos elevados. Cuando la matriz es de composición arenosa son suelos tolerables o adecuados. Para alturas bajas los taludes son estables con pendientes de 45º. Constituye este grupo geotécnico el grupo litológico (c).

- Grupo geotécnico GT6

  Gravas, bolos, arenas y arenas gruesas arcillosas. Grupo con posibles niveles freáticos a escasa profundidad. Permeabilidad media-alta y drenaje superficial por infiltración. Problemas locales de encharcamientos. Capacidad portante y asientos de tipo medio. Grupo excelente para materiales de préstamo. Este grupo geotécnico está integrado solamente por el grupo litológico (t1).

- Grupo geotécnico GT8

  Arcillas arenosas, con intercalaciones de areniscas. Grupo poco permeable y con problemas locales de endorreismo. Son materiales ripables, alterables y erosionables. Capacidad portante baja-media y asientos medios-altos, éstos últimos fundamentalmente en los niveles superficiales alterados. Son suelos inadecuados y tolerables. Los taludes observados son bajos, estables y con pendientes de 35º . Constituye este grupo geotécnico el grupo litológico (321c).

- Grupo geotécnico GT15

  Cuarcitas con intercalaciones de filitas, pizarras y esquistos silíceos. Este grupo plantea serios problemas de ripabilidad, siendo en muchos casos necesario el uso de explosivos para excavación. La permeabilidad suele ser baja y se debe exclusivamente a los planos de discontinuidad. En general la escorrentía superficial es activa, favorecida por la topografía de los afloramientos. Capacidad portante alta. La estabilidad de los taludes dependerá de la orientación de éstos con respecto a la de las discontinuidades del macizo rocoso. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (121e), (121d), (121c) (121b).

- Grupo geotécnico GT16

  Pizarras, filitas y esquistos, con intercalaciones de cuarcita y diques de cuarzo. Conjunto de materiales con una permeabilidad secundaria baja, controlada exclusivamente por las discontinuidades. Son ripables por medios mecánicos y presentan una capacidad portante alta, excepto cuando exista una montera de alteración, en cuyo caso la capacidad disminuye y pueden aparecen asientos diferenciales significativos. La estabilidad de los taludes puede ser problemática en aquellas condiciones desfavorables de estructura y diaclasado. Se recomienda un estudio estadístico de discontinuidades para caracterizar a los macizos rocosos. Este grupo geotécnico está compuesto por las formaciones (122a), (121a) y (010b).

3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

La Zona 1 está constituida, en su gran mayoría, por materiales de naturaleza metamórfica, que fundamentalmente plantean problemas de tipo topográfico, litológico y geotécnico.

Las sierras montañosas que configuran esta Zona dan lugar a barreras topográficas dispuestas en sentido W-E, que implican cierta dificultad para las carreteras proyectadas en dirección N-S. Sin embargo, las vías en sentido W-E pueden sortearlas con cierta facilidad, debido a que muchas sierras aparecen aisladas, o separadas entre sí por terrenos llanos o alomados.

Los problemas litológicos derivan de la dificultad en la excavación de las formaciones cuarcíticas, que precisan en muchos casos el uso de explosivos para su ripado.

Las dificultades geotécnicas más significativas corresponden a los deslizamientos de bloques y cuñas que pueden surgir en los taludes, sobre todo en aquellas condiciones desfavorables de estratificación, esquistosidad y diaclasado. En este aspecto, las vías en sentido N-S presentan, en principio, menos problemas que las de W-E, debido a que las primeras cortan transversalmente a la estructura de los materiales.

En esta Zona no existen problemas de capacidad portante ni de drenaje, excepto en algunos eluviales de alteración superficial y en los materiales cuaternarios y retazos terciarios que, en escasa proporción, recubren parcialmente a estas formaciones.

Por último, los materiales coluviales que aparecen en las laderas de los relieves montañosos, pueden plantear problemas de estabilidad, tanto al excavarlos para desmontes como al apoyar terraplenes sobre ellos, debido a su distribución espacial (media ladera) y, generalmente, condiciones de equilibrio límite.

3.3. ZONA 2. ZONA DE MORFOLOGÍA MODERADAMENTE ACCIDENTADA

3.3.1. Geomorfología

La Zona 2 se extiende por las siguientes Hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000:

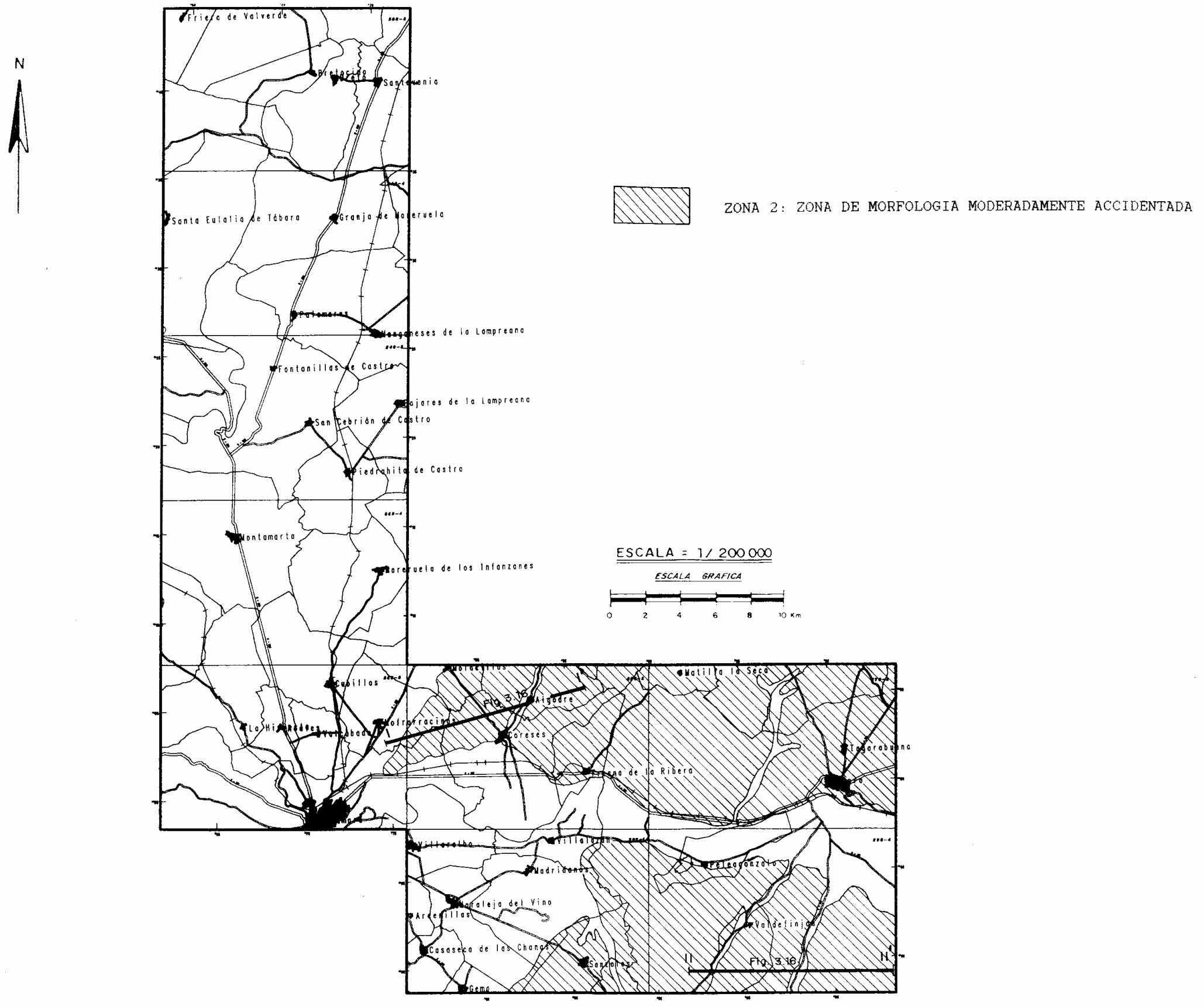
Nº	Hoja	Cuadrantes
308	Villafáfila	3 (p)
369	Coreses	2 (p) y 3 (p)
370	Toro	3 (p)
397	Zamora	1 (p)
398	Castronuño	4 (p)

(p) parte

En la Figura 3.15. se muestra la ubicación de la Zona 2, así como la situación de dos cortes geológicos esquemáticos realizados en la misma.

La Zona 2 presenta la morfología típica resultante de la acción erosiva de una red de drenaje sobre una plataforma tabular, constituida por materiales de distinta competencia. De este modo, el paisaje está configurado por una serie de altiplanicies y cerros testigos, que se hallan aislados y seccionados por valles de fondo plano y vertientes pronunciadas. La cima de las altiplanicies y tesos se encuentran coronodas por capas duras cementadas o terrazas fluviales, que las preservan de la erosión.

La disposición litológica de los estratos da lugar a la formación de tres tipos de pendientes, con las siguientes características. En la parte más alta, los niveles cementados de los cerros testigos originan escarpes muy netos y verticalizados, cuya altura depende del espesor de los estratos competentes. Bajo este escarpe arranca la "cuesta", que se prolonga hasta otro cambio de pendiente, situado antes de alcanzar el fondo del valle. Las "cuestas" tienen inclinaciones muy pronunciadas y normalmente carecen de suelos de recubrimiento, de modo que sufren una intensa erosión que se traduce en la formación de cárcavas. Por último, aparecen unas superficies de pendientes muy suaves, que enlazan las "cuestas" con los extremos del fondo de los valles. La escasa pendiente de estas superficies se debe a dos procesos fundamentales: el primero es que se labran sobre materiales poco competentes, y el segundo que normalmente se hallan tapizadas por recubrimientos de origen aluvio-coluvial.



ZONA 2: ZONA DE MORFOLOGIA MODERADAMENTE ACCIDENTADA

FIGURA 3.15. ESQUEMA DE SITUACIÓN DE LA ZONA 2 Y DE DOS CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS REALIZADOS EN LA MISMA.

3.3.2. Tectónica

La Zona 1 se localiza íntegramente en la Cuenca del Duero y sus materiales se caracterizan por presentar una disposición horizontal o subhorizontal, que denotan un marcado carácter atectónico.

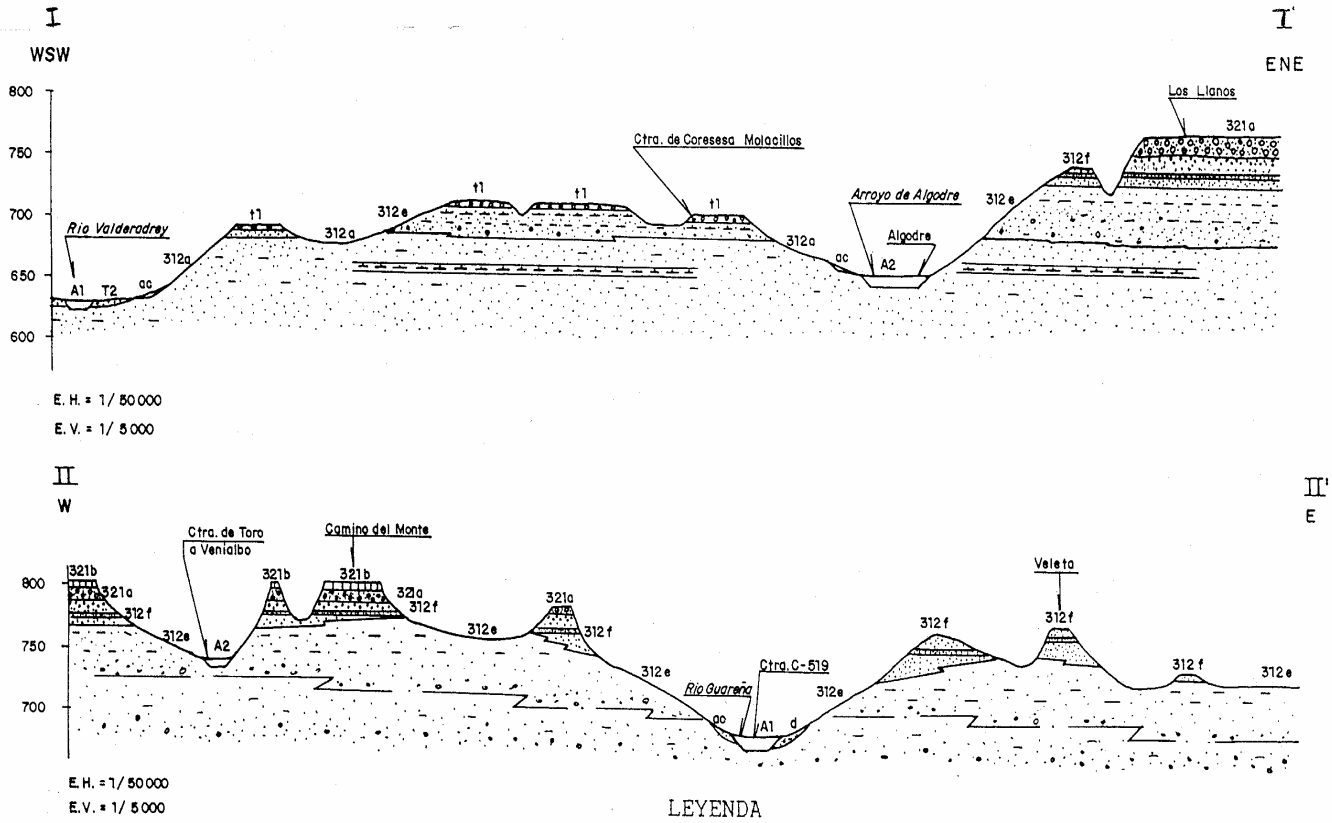
Sin embargo, algunos autores piensan que hay ciertos indicios que indican movimientos del zócalo, provocados por la reactivación de fallas hercínicas durante la orogenia Alpina.

Estos indicios o manifestaciones son:

- Fracturación de afloramientos paleocenos
- Representación de varias fases alpinas en las paraconformidades observadas
- Alineaciones en los cambios de facies
- Rectilinealidad y paralelismo entre cursos fluviales
- Asimetría en el desarrollo de las terrazas de los ríos

En la Figura 3.16 se muestran dos cortes geológicos esquemáticos representativos de esta Zona.

FIGURA 3.16. CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS DE LA ZONA 2



LEYENDA

A1: ALUVIAL GRUESO. Gravas, bolos y arenas

A2: ALUVIAL FINO. Arenas y arcillas con lentejones de gravas

ac: ALUVIO-COLUVIAL. Arcillas limosas y arenas, con gravas y cantos dispersos

T2: TERRAZA BAJA. Gravas y bolos silíceos con matriz arenosa, recubiertos por limos arenosos

t1: TERRAZA ALTA. Gravas y bolos silíceos con matriz arenosa

d: CONO DE DEYECCION. Limos arcillosos y arenas, con gravas y cantos dispersos

321b: Calizas blanquecinas

321a: Gravas y bolos con matriz arcillosa, limolitas y costras calcárea

312f: Limolitas, areniscas y conglomerados

312e: Arenas, gravas, limos arenosos, limolitas y margas

312a: Limos arenosos con pasadas margosas

3.3.3. Columna estratigráfica

Los grupos litológicos señalados con el asterisco (*) en la Figura 3.17 son los existentes en la Zona 2.

3.3.4. Grupos litológicos

En esta Zona 2 se han distinguido las formaciones geológicas siguientes

ALUVIALES FINOS, (A2)

Este grupo se describe en la Zona 3

ALUVIO-COLUVIAL, (ac)

- Litología

  Conjunto formado por arcillas limosas y arenas, con gravas y cantos dispersos de naturaleza poligénica.

- Estructura

  Son sedimentos depositados por procesos mixtos de aguas de arroyada y de gravedad. Su aspecto es masivo y se acumulan en zonas de escasa pendiente, adaptándose a la superficie subyacente (Figura 3.18). La potencia de este grupo se estima inferior a los 3 m.

- Geotecnia

  Son materiales poco permeables y con un drenaje superficial deficiente. Se excavan con facilidad y suelen ser erosionables. La capacidad portante es baja y los asientos estimados altos.

  Se recomienda que los taludes de excavación no superen los 30° ó 35° de pendiente.

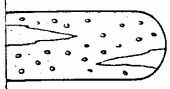
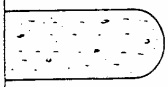
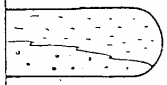
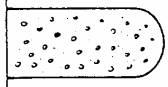
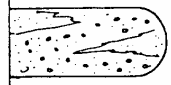
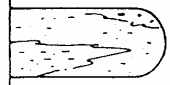
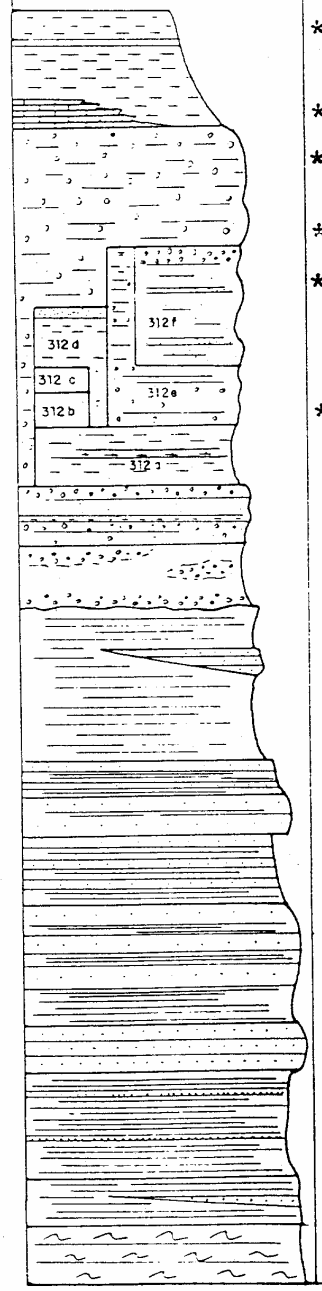
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	ALUVIAL GRUESO: GRAVAS, BOLOS Y ARENAS.	CUATERNARIO	A1	GT1
	* ALUVIAL FINO: ARENAS Y ARCILLAS CON LENTEJONES DE GRAVAS.	CUATERNARIO	A2	GT2
	COLUVION: CANTOS Y BLOQUES METAMORFICOS CON MATRIZ ARENOSA O ARCILLOSA.	CUATERNARIO	c	GT3
	* ALUVIO-COLUVIAL: ARCILLAS LIMOSAS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISP.	CUATERNARIO	ac	GT4
	* ABANICO-ALUVIAL: ARENAS Y ARCILLAS CON GRAVILLAS DISPERSAS.	CUATERNARIO	aa	GT4
	GLACIS: ARCILLAS ARENOSAS CON GRAVAS Y BOLOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	g	GT9
	* MANTO EOLICO: ARENAS FINAS LIMPIAS Y MAL CALIBRADAS.	CUATERNARIO	e	GT5
	* TERRAZA BAJA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA RECUBIERTOS POR LIMOS ARENOSOS.	CUATERNARIO	T2	GT1
	* TERRAZA ALTA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA.	CUATERNARIO	t1	GT6
	* CONO DE DEYECCION: LIMOS ARCILLOSOS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	d	GT4

FIGURA 3.17. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 2.



COLUMNA ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* ARCILLAS ARENOSAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS.	MIOCENO	321 c	G T 8
	* CALIZAS BLANQUECINAS.	MIOCENO	321 b	G T 7
	* GRAVAS Y BOLOS CON MATRIZ ARCILLOSA, LIMOLITAS Y COSTRAS CALCAREAS.	MIOCENO	321 a	G T 9
	* LIMOLITAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS.	EOCENO	312 f	G T 10
	* ARENAS, GRAVAS, LIMOS ARENOSOS, LIMOLITAS Y MARGAS.	EOCENO	312 e	G T 11
	LIMOLITAS, ARCILLITAS Y MARGAS.	EOCENO	312 d	G T 11
	CALIZAS BLANQUECINAS.	EOCENO	312 c	G T 7
	* MARGAS CON INTERCALACIONES DE CALIZAS.	EOCENO	312 b	G T 12
	LIMOS ARENOSOS CON PASADAS MARGOSAS.	EOCENO	312 a	G T 8
	ALTERNANCIA DE CONGLOMERADOS, ARENISCAS Y LIMOS.	PALEOCENO	311 b	G T 13
	ARENAS Y LIMOS CON GRAVAS DISPERSAS; CONGLOMERADOS EN LA BASE.	PALEOCENO	311 a	G T 14
	CUARCITAS MICACEAS.	ORDOVICICO MEDIO	122 b	G T 15
	PIZARRAS Y FILITAS.	ORDOVICICO MEDIO	122 a	G T 16
	CUARCITAS CON DELGADAS CAPAS DE FILITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 e	G T 15
	ALTERNANCIA DE CUARCITAS Y FILITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 d	G T 15
	CUARCITAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS Y ESQUISTOS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 c	G T 15
	CUARCITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 b	G T 15
	PIZARRAS Y ESQUISTOS CON INTERCALACIONES DE CUARCITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 a	G T 16
	ESQUISTOS CON DIQUES DE CUARZO.	PRECAMBRICO	010 b	G T 16
	GNEIS EN FACIES "OLLO DE SAPO"	PRECAMBRICO	010 a	G T 17

FIGURA 3.17. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 2 (CONT.).



Figura 3.18. En primer término, depósitos aluvio-coluviales en el valle del arroyo Algodre.

ABANICO ALUVIAL, (aa)

Este grupo está descrito en la Zona 4

MANTO EÓLICO, (e)

- Litología

  Arenas blanco-amarillentas, de grano fino, limpias y generalmente mal clasificadas (Figura 3.19).

- Estructura

  Son depósitos extensos en relación con su espesor, ya que no suelen superar los 2.0 m. Presentan estructuras internas típicamente eólicas, siendo las más frecuentes la estratificación cruzada y los ripples.



Figura 3.19. Manto eólico recubriendo a los materiales rojizos del grupo (321e), en el paraje de Monte de la Reina.

- Geotecnia

  Se trata de suelos granulares no cohesivos, altamente permeables y muy fácilmente excavables. La capacidad portante es baja y los asientos diferenciales altos a corto plazo. Normalmente son difíciles de compactar.

  Como materiales de préstamo pueden ser suelos seleccionados atendiendo a su granulometría, pero por densidad pueden llegar a ser inadecuados. Estos sedimentos pueden utilizarse para la fabricación de hormigones, suelo-cemento y para compensación de curvas granulométricas.

  No se han observado taludes de interés, pero se recomienda que los excavados en este grupo no superen los 35° de pendiente.

TERRAZA BAJA, (T2)

TERRAZA ALTA, (t)

CONO DE DEYECCIÓN, (d)

Estos tres grupos se describen en la Zona 4.

ARCILLAS ARENOSAS CON INTERCALACIONES ESPORÁDICAS DE ARENISCAS, (321c)

Este grupo está descrito en la Zona 3.

CALIZAS ARENOSAS Y CALIZAS MICRÍTICAS, (321b)

- Litología

  Se trata de calizas arenosas y calizas micríticas, de tonos blanquecinos y estratificadas irregularmente en niveles de 0.2 a 0.4 m de espesor.

- Estructura

  Son materiales dispuestos horizontalmente y cuyo proceso de formación pudo ser parecido a la de los suelos de caliche. La potencia del grupo es inferior a los 10 m (Figura 3.20).

- Geotecnia

  Este grupo puede presentar problemas puntuales de drenaje, ya que su escorrentía superficial se realiza exclusivamente por percolación. Por infiltración pueden dar lugar a acuíferos colgados, aunque no se han observado fuentes o manantiales en el contacto con la formación subyacente, que denoten la existencia y descarga de dichos acuíferos. Puntualmente puede ser difícilmente excavable, su capacidad de carga es media-alta y los asientos a que pueden dar lugar bajos o nulos. Debido a sus características litológicas, pueden existir oquedades originadas por procesos de disolución. Los taludes de excavación en estos materiales admiten pendientes pronunciadas.



Figura 3.20. Detalle de un afloramiento de las calizas del grupo (321b), en el cerro de Las Canteras, al sur de Valdefinjas (H:398/4).

GRAVAS Y BOLOS CON MATRIZ ARCILLOSA, (321a)

- Litología

  Este grupo corresponde a una unidad característica en la Tierra del Vino de Zamora, conocida como la "Facies roja de Toro". Está constituida por gravas y bolos de naturaleza silícea, trabados por una matriz arcillosa plástica, de tonos rojizos característicos y con intercalaciones de limolitas y costras calcáreas (Figura 3.21). Algunos niveles de gravas situadas cerca de la base presentan pátinas de tonos oscuros, que corresponden a tinciones de óxidos de hierro o de manganeso.

- Estructura

  Son materiales prácticamente masivos, aunque internamente se observan estratificaciones cruzadas y paleocauces. Una de las características de esta unidad es que su base llega a apoyarse sobre tres unidades distintas. La potencia máxima de este grupo se estima del orden de 50 m.



Figura 3.21. Desmonte en el grupo (321a), en la pista de tierra que recorre el cerro Camino del Monte (H:398/4).

- Geotecnia

Son materiales poco permeables debido a la naturaleza arcillosa de su matriz. El drenaje superficial es deficiente a causa de su horizontalidad, de modo que son áreas con un alto riesgo de encharcarse en épocas de lluvias. Se erosionan en zonas de pendientes pronunciadas, como ocurre en las vertientes de los valles, donde se forman profundas cárcavas (Figura 3.22); en algunos casos las cárcavas se inician en la formación subyacente y por erosión remontante alcanzan a los conglomerados superiores.

Al no estar cementados se considera que la capacidad portante es baja y los asientos previsibles altos. Se excavan por medios mecánicos convencionales. Se han observado taludes de alturas medias, estables y con inclinaciones de 35°, e inestables para pendientes de 45° (Figura 3.23).

Este grupo no se puede utilizar como materiales de préstamo, ya que son suelos inadecuados.



Figura 3.22. Al fondo, cárcavas en los materiales de los grupos (321a) y (312e), en el valle del arroyo Adalia.



Figura 3.23. Deslizamientos en un talud excavado en las gravas arcillosas del grupo litológico (321a), localizado en una curva abandonada de la carretera N-630, hacia la cola del embalse de Ricobayo.

LIMOLITAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS, (312f)

- Litología

La parte basal de este grupo está compuesto por una alternancia de limolitas y areniscas, que hacia techo desaparecen y culminan con niveles de conglomerados.

Las limolitas son arenosas, de tonos ocres y rojizos, de aspecto abigarrado y estratificadas en niveles masivos de 0.2 a 0.5 m de espesor (Figura 3.24).

Las areniscas presentan tonos blanquecinos, son de grano medio y están cementadas por carbonatos. Se disponen en bancos de 1 a 2 m de potencia, estratificados en niveles de 0.2 a 0.5 m de espesor.

Los conglomerados están constituidos por cantos de cuarcita de menos de 2 cm de diámetro, matriz arenosa y cemento calcáreo, y dispuestos en bancos de 0.5 m de espesor (Figura 3.25).

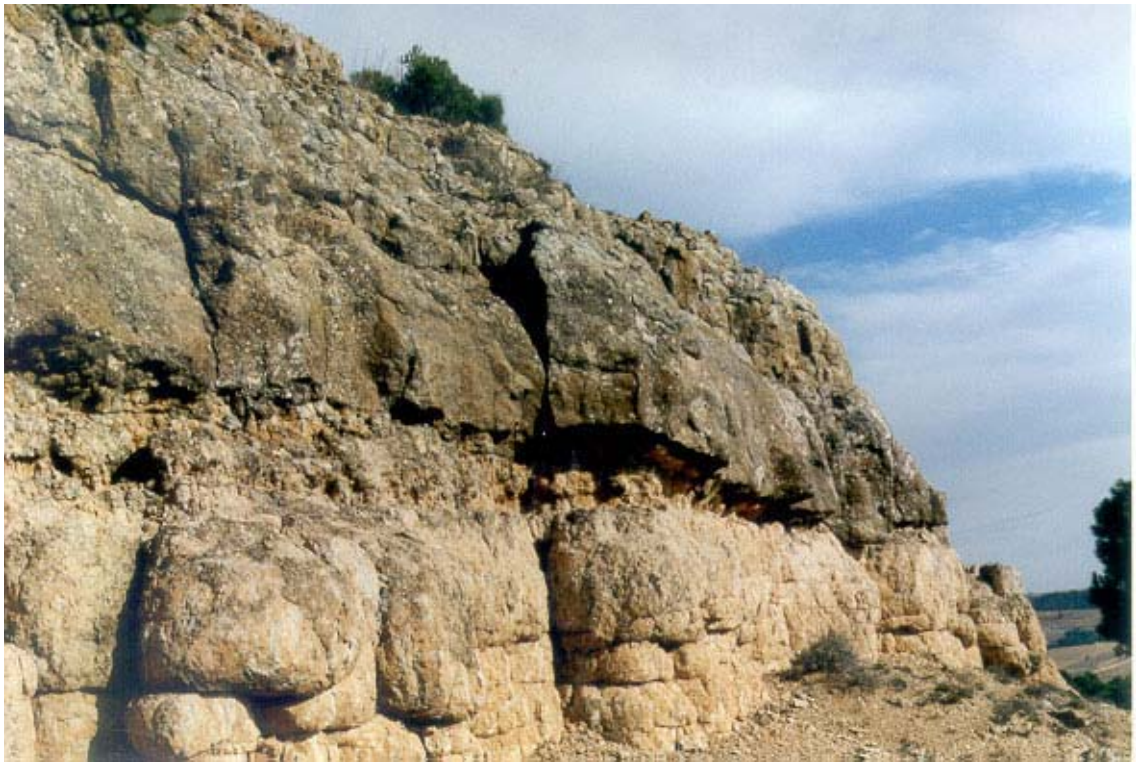


Figura 3.24. Contacto entre las limolitas arenosas, en la base, y los conglomerados fuertemente cementados, en el techo. La fotografía ha sido tomada en el cerro Camino del Monte (H:398/4).

- Estructura

  Estos materiales tienen una estructura horizontal y acuñamientos laterales locales.

- Geotecnia

  El grupo está formado por una alternancia de capas de baja permeabilidad (limolitas) con otras de mayor permeabilidad (conglomerados y areniscas). Esta disposición da lugar a la formación de un acuífero multicapa, con horizontes freáticos colgados. La escorrentía superficial es muy activa debido a las pendientes topográficas tan pronunciadas que presenta este grupo. Los tramos de limolitas y de areniscas sí son ripables, mientras que los niveles de conglomerados presentan una ripabilidad marginal o incluso puede ser necesario el uso de explosivos para su remoción. La capacidad portante varía de baja a media en las limolitas y alta en los conglomerados, y los asientos de medios a nulos respectivamente. Los taludes excavados en estos materiales admitirán pendientes pronunciadas, aunque existe el riesgo de que se produzcan desplomes de las capas competentes, por erosión diferencial de las limolitas.



Figura 3.25. Detalle de los conglomerados. Obsérvese la fuerte cementación que presentan.

ARENAS, GRAVAS, LIMOS ARENOSOS, LIMOLITAS y MARGAS, (312e)

- Litología

  Este grupo se caracteriza por presentar una gran variedad litológica y continuos cambios de facies, tanto en la vertical como en la horizontal. Está compuesta por una sucesión de arenas con gravas silíceas dispersas, limos arenosos, limolitas y, localmente, margas blanquecinas (Figura 3.26).



Figura 3.26. Pequeño talud excavado en los niveles de arenas con gravas silíceas del grupo litológico (312e), en la pista que desciende del cerro Camino del Monte a la carretera C-519.

- Estructura

  Son materiales horizontales que se apoyan de manera disconforme sobre los materiales subyacentes y, como ya se ha indicado anteriormente, con importantes cambios laterales y verticales de facies.

- Geotecnia

Es un grupo con una capacidad de carga baja-media y unos asientos de tipo medio. Es excavable por medios mecánicos y erosionable (formación de cárcavas) en los tramos de pendiente muy pronunciada (Figura 3.27). Los niveles arenosos son permeables, mientras que los limos, limolitas y margas son escasamente permeables. El drenaje superficial es bueno, por escorrentía en los tramos altos e infiltración en los inferiores. Dada su gran heterogeneidad litológica estos materiales dan suelos clasificados desde inadecuados hasta seleccionados. En la actualidad se explotan como materiales de préstamo (Figura 3.28).

Se recomienda que los taludes de excavación tengan como máximo pendientes de 40° a 45°.



Figura 3.27. Erosión de los limos arenosos del grupo litológico (312e). Escarpe en el margen derecho del río Duero, al sur de Toro.



Figura 3.28. Detalle del frente de explotación de un arenero abierto en el grupo (312e), situado al Este de Fresno de la Ribera.

LIMOS ARENOSOS CON INTERCALACIONES MARGOSAS, (312a)

Este grupo está descrito en la Zona 3.

3.3.5. Grupos geotécnicos

Teniendo en cuenta los diferentes grupos litológicos definidos en esta Zona 2, así como sus respectivas características geotécnicas, se han definido los siguientes "grupos geotécnicos".

- GT1. Gravas, bolos y arenas

  Son materiales parcialmente inundables en épocas de avenidas y con niveles freáticos a escasa profundidad. Permeabilidad variable y excavabilidad mecánica. La capacidad de carga es baja-media y los asientos previsibles medios y altos. Constituyen yacimientos granulares excelentes para materiales de préstamo. Forma este grupo geotécnico el grupo litológico (T2).

- GT2. Arenas, arcillas y gravas

  Conjunto poco permeable y con un drenaje superficial deficiente. Son inundables en épocas de crecida y tienen niveles freáticos a escasa profundidad. La capacidad de carga es baja y los asientos altos. Excavabilidad fácil. Los materiales de este grupo se clasifican como suelos tolerables, adecuados y seleccionados. Constituye este grupo geotécnico el grupo litológico (A2).

- GT4. Arcillas limosas, arcillas, limos arcillosos, arenas, cantos y gravas

  Grupo ripable, poco permeable y con un drenaje superficial deficiente. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Se estima que pueden ser suelos desde tolerables hasta seleccionados. Constituyen este grupo geotécnico los grupos litológicos (ac), (aa) y (d).

- GT5. Arenas de grano fino

  Materiales granulares altamente permeables y difíciles de compactar. Excavabilidad fácil. Capacidad portante baja y asientos diferenciales altos a corto plazo. Estos materiales por granulometría son suelos seleccionados, pero por densidad pueden ser hasta inadecuados. Se recomienda ángulos no superiores a los 35° para sus taludes de excavación. Este grupo geotécnico lo constituye el grupo litológico (e).

- GT6. Gravas, bolos, arenas y arenas gruesas arcillosas

  Grupo con posibles niveles freáticos a escasa profundidad. Permeabilidad media-alta y drenaje superficial por infiltración. Problemas locales de encharcamientos. Capacidad portante y asientos de tipo medio. Grupo excelente para materiales de préstamo. Este grupo geotécnico está integrado solamente por el grupo litológico (t1).

- GT7. Calizas arenosas y calizas micríticas

  Materiales permeables por percolación y problemas locales de escorrentía superficial. Riesgos puntuales de hundimientos o colapsos por la presencia de oquedades debidas a procesos de karstificación. Existencia probable de acuíferos colgados en su base, que den lugar a la aparición de fuentes o manantiales que afecten a la estabilidad de los desmontes. La capacidad de carga varía de media a alta y los asientos de medios a nulos. Los taludes de excavación podrán tener normalmente pendientes fuertes. Este grupo geotécnico está formado por el grupo litológico (321b).

- GT8. Arcillas arenosas y limos arenosos, con intercalaciones de areniscas y margas

  Grupo poco permeable y con problemas locales de endorreísmo. Son materiales ripables, alterables y erosionables. Capacidad portante baja-media y asientos medios-altos, éstos últimos fundamentalmente en los niveles superficiales alterados. Son suelos inadecuados, tolerables y adecuados. Los taludes observados son bajos, estables y con pendientes comprendidas entre 35º y 40º. Constituye este grupo geotécnico las formaciones (321c) y (312a).

- GT9. Gravas, bolos, limolitas y niveles carbonatados

  Son materiales que presentan una permeabilidad baja y un drenaje superficial deficiente, con riesgo de encharcamientos en zonas endorreicas. Erosionables en áreas de vertientes pronunciadas. Capacidad portante baja y asientos altos. Taludes de excavación inestables para pendientes superiores a los 35º-40º. Generalmente son suelos inadecuados. Constituye este grupo geotécnico el grupo litológico (321a).

- GT10. Limolitas, areniscas y conglomerados

  Grupo que constituye un acuífero multicapa, debido a la disposición alternante de capas permeables e impermeables. Escorrentía superficial muy activa a favor de pendientes topográficas fuertes. Ripabilidad muy variable, desde fácilmente hasta tener que utilizar posiblemente explosivos. Capacidad de carga baja-media y asientos medios en las limolitas, y capacidad portante muy alta en los conglomerados. En los taludes existe el riesgo de caída de bloques al quedar descalzados niveles competentes por erosión diferencial. Este grupo geotécnico está formado únicamente por la formación (312f).

- GT11. Arenas, gravas, limos arenosos, limolitas y margas

  Materiales con una capacidad portante y unos asientos de tipo medio, excepto en los niveles superficiales alterados, donde la capacidad de carga es baja y los asientos altos. Ripables y erosionables en zonas de pendientes pronunciadas. Debido a su heterogeneidad litológica presentan una permeabilidad y un drenaje superficial muy variable. Son suelos clasificados desde inadecuados hasta seleccionados. Se recomienda que los taludes artificiales no superen los 35º de pendiente. Constituye este grupo geotécnico la formación (312e).

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

Dada la morfología de esta Zona, correspondiente a una meseta seccionada por valles relativamente profundos, es frecuente que puntualmente existan problemas topográficos importantes. Los obstáculos orográficos que se plantean son siempre similares y repetitivos: para saltar de una zona llana a otra, hay que salvar escarpes de vertientes muy pronunciadas y alturas importantes. En esta Zona los valles fluviales tienen una orientación "desfavorable" en cuanto al desarrollo de vías de comunicación en sentido E-W, ya que al ser afluentes del río Duero tienen una dirección E-W. Por ejemplo, el paso de la Zona 2 a la Zona 3 por el sector Sur, es especialmente problemático, ya que si no se aprovecha el pasillo del Duero hay que salvar un escarpe de 120 m, el cual articula esta Zona elevada con el área llana y deprimida por la que se accede a Zamora.

Los aspectos geotécnicos más relevantes corresponden a los problemas de drenaje que surgen en las zonas llanas ocupadas por los materiales terciarios del grupo (312a) y las "Facies Tierra de Campos" y "Facies roja de Toro". También se plantean en estas formaciones, junto con las cuaternarias, problemas de capacidad portante y de asientos de consideración.

La estabilidad de los taludes más problemática, a partir de alturas medias, corresponde a las formaciones arcillosas (312a) y (321c), donde se recomienda que los taludes no tengan pendientes de más de 30° ó 35°.

No existen problemas de excavabilidad, excepto en los conglomerados del techo del grupo (312f).

Por último, existe el riesgo de erosión y formación de cárcavas en la cabecera alta de las vertientes, debido a las fuertes pendientes topográficas de esta Zona. Los materiales con problemas de erosionabilidad son los de los grupos (321a) y (312e).

3.4. ZONA 3: ZONA DE MORFOLOGÍA LLANA Y SUAVEMENTE ALOMADA

3.4.1. Geomorfología

La Zona 3 se extiende por todas las Hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional que abarca el Estudio, a excepción de las Hojas:369-2, 470-3 y 398-4. De los cuadrantes que ocupa, solamente llega a cubrir en su totalidad el cuadrante: 369-4. La Figura 3.29 muestra la distribución de esta Zona dentro del Tramo, así como la situación de dos cortes geológicos esquemáticos realizados en la misma.

La Zona 3 se caracteriza por presentar una morfología aplanada, cuya génesis presenta una cierta complejidad, debido a que dicha morfología no es atribuible a un modelado fluvial reciente. Las "Facies Tierra de Campos" no están afectadas por esta planitud. Su relieve suavemente ondulado y amarillento se modifica por otro más plano y rojizo, cuando sus afloramientos desaparecen y son sustituidos por los de las series rojas infraneógenas. Este relieve tabular corresponde a un plano estructural con retoques erosivos, construida sobre la formación roja infraneógena y previa a las "Facies Tierra de Campos", y posteriormente exhumada durante la disección.

Como ocurre en la Zona 2, también aparecen cerros testigos aislados de aspecto tabular, coronados por calizas. Los más significativos se localizan al N y E de Cubillos.

Una morfología especial dentro de esta Zona corresponde al río Esla. Este río discurre por un cauce encajado de vertientes muy pronunciadas, labrado entre materiales paleozoicos. El único accidente morfológico reseñable corresponde al propio valle, ya que una vez salvado éste, el terreno es completamente llano, ocupado por depósitos de terrazas, que en algunos casos reposan directamente sobre el sustrato metamórfico peneplanizado.

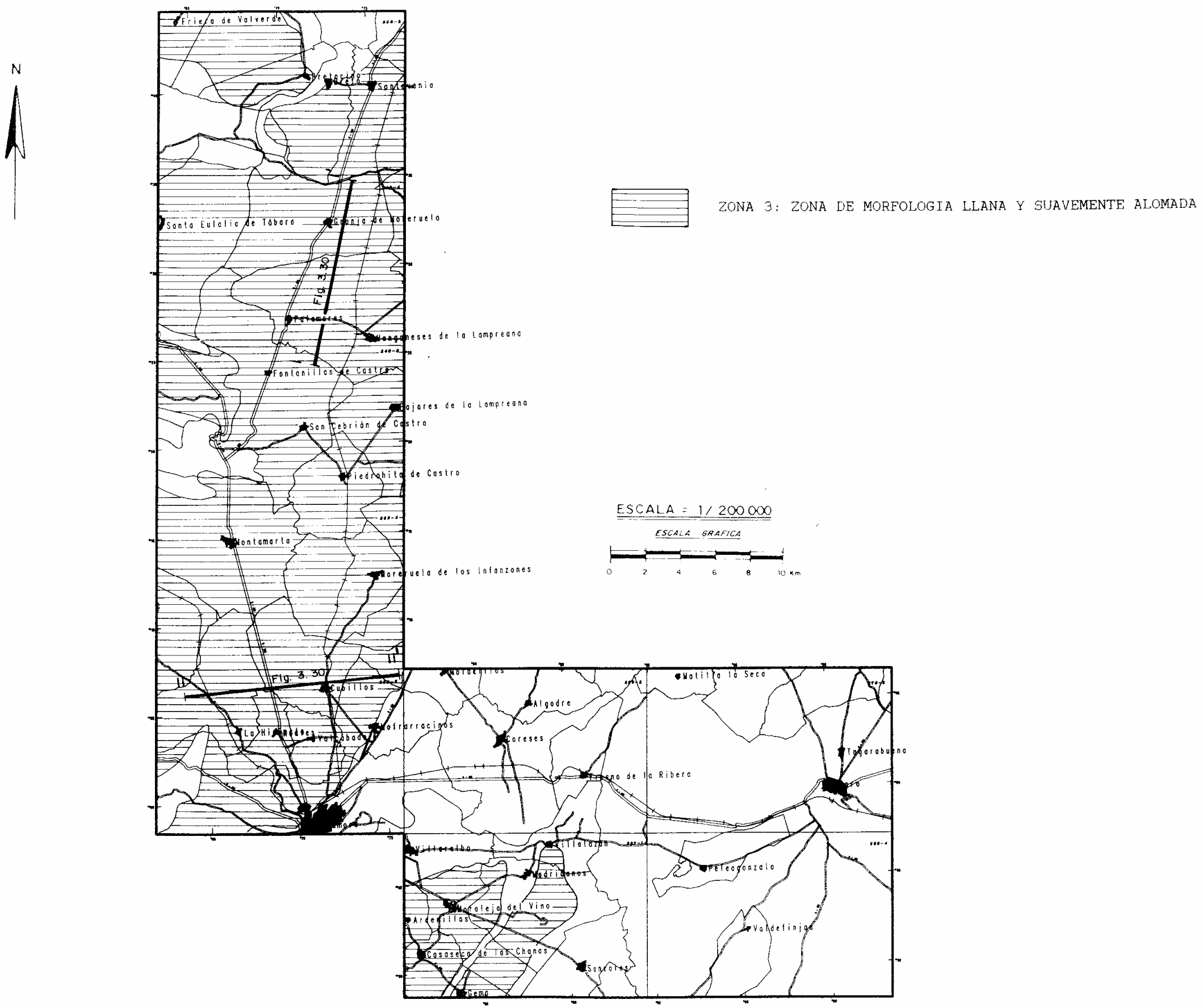


FIGURA 3.29. ESQUEMA DE SITUACIÓN DE LA ZONA 3 Y DE DOS CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS REALIZADOS EN LA MISMA.

3.4.2. Tectónica

Esta Zona presenta las mismas características tectónicas que la Zona 2, ya que su separación se ha realizado en base a criterios geomorfológicos y no tectónicos.

En la Figura 3.30 se muestran dos cortes geológicos esquemáticos característicos de esta Zona.

3.4.3. Columna estratigráfica

Los grupos señalados con el asterisco (*) en la Figura 3.31 son los existentes en la Zona 3.

3.4.4. Grupos litológicos

Los grupos litológicos distinguidos en la Zona 3 son los siguientes:

ALUVIALES FINOS, (A2)

Este grupo está descrito en la Zona 4.

COLUVIÓN, (c)

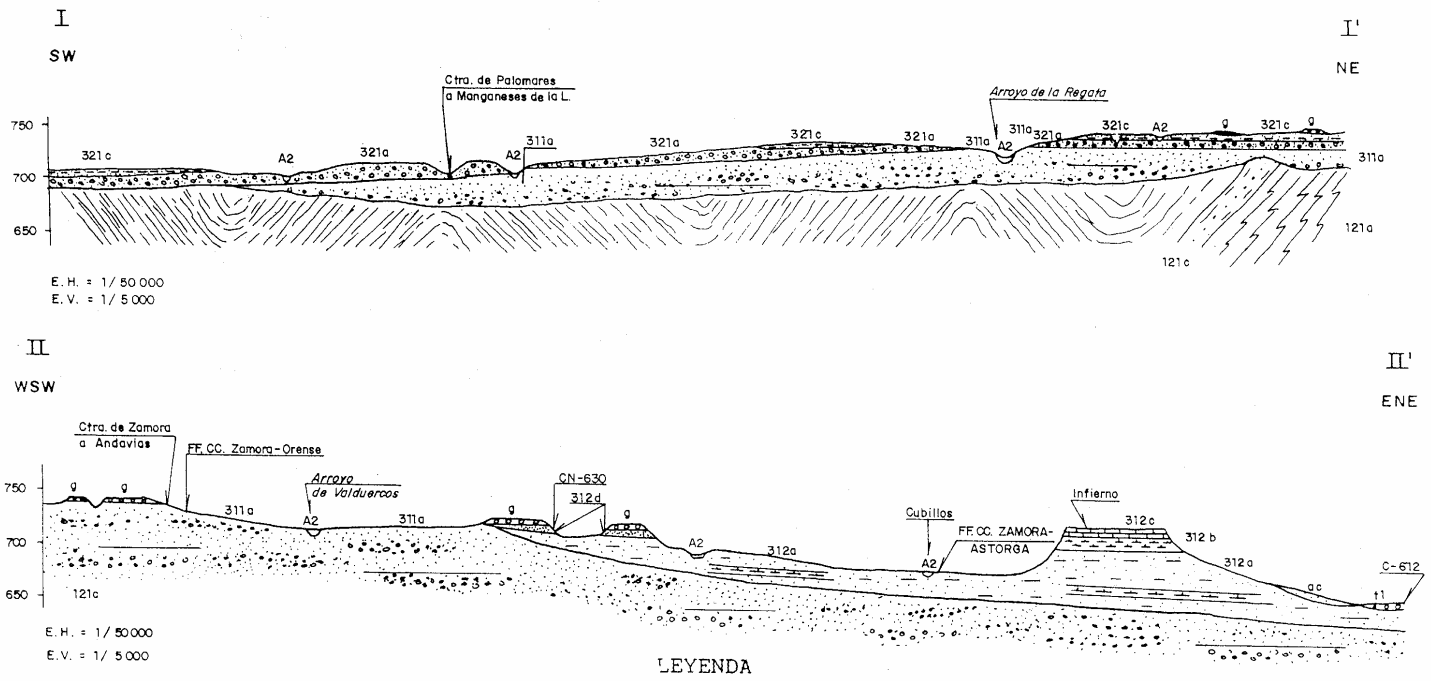
Este grupo se ha descrito en la Zona 1.

ALUVIO-COLUVIAL, (ac)

Este grupo está descrito en la Zona 2.

ABANICO ALUVIAL, (aa)

Este grupo se describe en la Zona 4.



LEYENDA

A2: ALUVIAL FINO. Arenas y arcillas con lentejones de gravas

ac: ALUVIO-COLUVIAL. Arcillas limosas y arenas, con gravas y cantos dispersos

g: GLACIS. Arcillas arenosas con gravas y bolos dispersos

t1: TERRAZA ALTA. Gravas y bolos silíceos con matriz arenosa

321c: Arcillas arenosas con intercalaciones de areniscas

321a: Gravas y bolos con matriz arcillosa, limolitas y costras calcáreas

312d: Limolitas, arcillitas y margas

312c: Calizas blanquecinas

312b: Margas con intercalaciones de calizas

312a: Limos arenosos con pasadas margosas

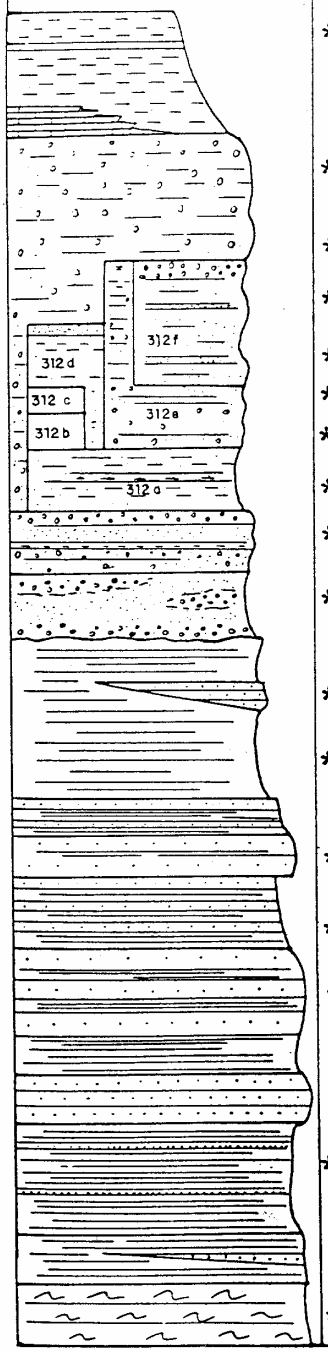
311a: Arenas y limos con gravas dispersas. Conglomerados en la base

122a: Pizarras y filitas

121c: Cuarcitas con intercalaciones de pizarras y esquistos

121a: Pizarras y esquistos con intercalaciones de cuarcitas

FIGURA 3.30. CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS DE LA ZONA 3.



COLUMNA ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* ARCILLAS ARENOSAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS.	MIOCENO	321 c	G T 8
	CALIZAS BLANQUECINAS.	MIOCENO	321 b	G T 7
	* GRAVAS Y BOLOS CON MATRIZ ARCILLOSA, LIMOLITAS Y COSTRAS CALCAREAS.	MIOCENO	321 a	G T 9
	* LIMOLITAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS.	EOCENO	312 f	G T 10
	* ARENAS, GRAVAS, LIMOS ARENOSOS, LIMOLITAS Y MARGAS.	EOCENO	312 e	G T 11
	* LIMOLITAS, ARCILLITAS Y MARGAS.	EOCENO	312 d	GT 11
	* CALIZAS BLANQUECINAS.	EOCENO	312 c	G T 7
	* MARGAS CON INTERCALACIONES DE CALIZAS.	EOCENO	312 b	G T 12
	* LIMOS ARENOSOS CON PASADAS MARGOSAS.	EOCENO	312 a	G T 8
	* ALTERNANCIA DE CONGLOMERADOS, ARENISCAS Y LIMOS.	PALEOCENO	311 b	GT 13
	* ARENAS Y LIMOS CON GRAVAS DISPERSAS; CONGLOMERADOS EN LA BASE.	PALEOCENO	311 a	G T 14
	* CUARCITAS MICACEAS.	ORDOVICICO MEDIO	122 b	GT 15
	* PIZARRAS Y FILITAS.	ORDOVICICO MEDIO	122 a	GT 16
	* CUARCITAS CON DELGADAS CAPAS DE FILITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 e	G T 15
	* ALTERNANCIA DE CUARCITAS Y FILITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 d	GT 15
	* CUARCITAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS Y ESQUISTOS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 c	GT 15
	CUARCITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 b	GT 15
	* PIZARRAS Y ESQUISTOS CON INTERCALACIONES DE CUARCITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 a	GT 16
	ESQUISTOS CON DIQUES DE CUARZO.	PRECAMBRICO	010 b	GT 16
	* GNEIS EN FACIES "OLLO DE SAPO"	PRECAMBRICO	010 a	GT 17

FIGURA 3.31. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 3.

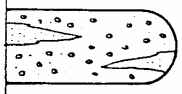
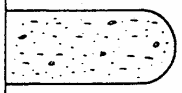
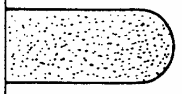
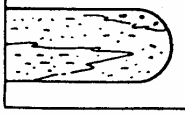
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	ALUVIAL GRUESO: GRAVAS, BOLOS Y ARENAS.	CUATERNARIO	A1	GT1
	* ALUVIAL FINO: ARENAS Y ARCILLAS CON LENTEJONES DE GRAVAS.	CUATERNARIO	A2	GT2
	* COLUVION: CANTOS Y BLOQUES METAMORFICOS CON MATRIZ ARENOSA O ARCILLOSA.	CUATERNARIO	c	GT3
	* ALUVIO-COLUVIAL: ARCILLAS LIMOSAS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISP.	CUATERNARIO	ac	GT4
	* ABANICO-ALUVIAL: ARENAS Y ARCILLAS CON GRAVILLAS DISPERSAS.	CUATERNARIO	aa	GT4
	* GLACIS: ARCILLAS ARENOSAS CON GRAVAS Y BOLOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	g	GT9
	* MANTO EOLICO: ARENAS FINAS LIMPIAS Y MAL CALIBRADAS.	CUATERNARIO	e	GT5
	TERRAZA BAJA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA RECUBIERTOS POR LIMOS ARENOSOS.	CUATERNARIO	T2	GT1
	* TERRAZA ALTA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA.	CUATERNARIO	t1	GT6
	CONO DE DEYECCION: LIMOS ARCILLOSOS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	d	GT4

FIGURA 3.31. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 3 (CONT.).

GLACIS, (g)

- Litología

  Son depósitos compuestos por arenas finas y arcillas, de tonos rojizos y con gravas y bolos dispersos de cuarcita (Figura 3.32).



Figura 3.32. Glacis constituido por gravas y bolos con matriz arcillosa, que descansan sobre los materiales del grupo (311a). Carretera de La Hiniesta a Andavías. P.K.12.

- Estructura

  Se localizan en zonas elevadas llanas o en las laderas de los cerros de escasa pendiente. Son sedimentos masivos sin estructura interna alguna. El espesor de este grupo oscila entre 1 y 3 m.

- Geotecnia

  Son terrenos de permeabilidad media y muy mala escorrentía superficial. Pueden acumular agua en su base cuando descansan sobre depósitos arcillosos. Su capacidad portante se considera baja y pueden dar lugar a asientos diferenciales altos, sobre todo en las zonas indicadas anteriormente, con niveles freáticos a escasa profundidad. Su excavabilidad es fácil. Se estima que estos materiales son suelos inadecuados (por plasticidad alta) o tolerables.

Se recomienda una pendiente media de 35° para sus taludes de excavación.

MANTO EÓLICO, (e)

Este grupo está descrito en la Zona 2

TERRAZA ALTA, (t1)

Este grupo está descrito en la Zona 4.

ARCILLAS ARENOSAS CON INTERCALACIONES ESPORÁDICAS DE ARENISCAS, (321c)

- Litología

  Este grupo pertenece a una formación típica del Mioceno castellano, denominada "Facies Tierra de Campos". Está constituida por arcillas arenosas de tonos ocres, amarillentos y rojizos, con pasadas de arcillas grisáceas plásticas e intercalaciones esporádicas de areniscas de grano muy fino (Figura 3.33).

- Estructura

  Los materiales de este grupo se disponen horizontalmente y se caracterizan por presentar cambios laterales de facies y lechos lenticulares, correspondientes a paleocanales. La potencia máxima del grupo se estima del orden de 60 m.



Figura 3.33. Detalle las arcillas amarillentas del grupo (321c), en las proximidades del cerro El Picón (H:308/3).

- Geotecnia

  El conjunto globalmente se considera poco permeable y con una escorrentía superficial mala a causa de su topografía tendida. En zonas llanas y con tendencia al endorreísmo pueden existir graves problemas de encharcamientos, de modo que será necesario llevar a cabo un drenaje eficiente de la calzada. Son materiales erosionables y ripables. La capacidad de carga se considera baja-media y los asientos previsibles medios-altos. Los asientos diferenciales pueden aumentar más de lo estimado en los niveles superficiales alterados.

  Los taludes observados son estables, de alturas bajas y con pendientes de 35º, aunque con signos evidentes de erosión. Para materiales de préstamo son inadecuados o tolerables.

GRAVAS Y BOLOS CON MATRIZ ARCILLOSA, (321a)
LIMOLITAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS, (312f)
ARENAS, GRAVAS, LIMOS ARENOSOS, LIMOLITAS y MARGAS, (312e)

Estos grupos están descritos en la Zona 2.

LIMOLITAS, ARCILLITAS Y ARENISCAS, (312d)

-

- Litología

Conjunto constituido por limolitas ligeramente margosas, de color gris-verdoso y estratificadas en niveles centimétricos, arcillitas masivas de tonos rojizos con pasadas grisáceas y ,hacia techo, areniscas blanquecinas. Estas areniscas aparecen muy desgajadas, con arcillas rojas rellenando las grietas, de tal modo que presentan un aspecto discontinuo e irregular, tipo "muñequitas". Es probable que el estado en que aparecen estas areniscas sea debido a procesos edáficos, ya que la arcillas que rellenan las grietas pueden proceder del glacis que recubre puntualmente a estos materiales (Figura 3.34).

- Estructura

Disposición horizontal, sin deformación aparente alguna. La potencia máxima del grupo es del orden de 30 m.

- Geotecnia

Son materiales poco permeables y con un drenaje superficial de medio a bajo. Son ripables y se estima que su capacidad portante es de tipo medio, excepto en los niveles superficiales alterados que es baja.

Se han observado taludes bajos, con berma intermedia en algún caso, estables y con inclinaciones de 50°.



Figura 3.34. Talud excavado en las arcillitas masivas del grupo (312d), situado e la C.N.-630. P.K.269,100.

CALIZAS BLANQUECINAS, (312c)

- Litología

  Calizas blanquecinas, micríticas, de aspecto pulverulento, estratificadas horizontalmente en capas de 0.2 a 0.4 m de espesor.

- Estructura

  Este grupo aparece instalado en la cima de los montes, protegiéndolos de la erosión. Su estructura horizontal origina la aparición de cerros testigos, de formas tabulares características.

- Geotecnia

  Se han observado la presencia de cuevas debido a procesos de karstificación, hecho que hay que tener en cuenta para evitar posibles hundimientos que afecten tanto a la calzada como a posibles obras de fábrica (Figura 3.35).



Figura 3.35. Vista general de las calizas horizontales del grupo (312c). Obsérvese la cueva que aparece en la base de los estratos, originada por procesos karsticos de disolución. Cerro situado al E de Cubillos.

Son materiales permeables por percolación y karstificación. Su escorrentía superficial es muy deficiente cuando no nula, de modo que pueden crearse localmente problemas

de drenaje, sobre todo en aquellas zonas recubiertas por arcillas de descalcificación. es posible que exista un nivel freático colgado en el contacto con las margas subyacentes, que puntualmente descargue por fuentes o manantiales, a pesar de que éstas últimas no se han observado. La capacidad de carga se considera de media a alta, excepto en los niveles superficiales alterados a arcillas, que pueden dar lugar a asientos diferenciales significativos. Generalmente los taludes de excavación podrán admitir pendientes pronunciadas.

En estos materiales existen pequeñas canteras abiertas que se han explotado para la obtención de cal, no teniéndose constancia de su utilización como préstamos en obras de carreteras.

MARGAS BLANQUECINAS CON INTERCALACIONES CALCÁREAS, (312b)

- Litología

Conjunto constituido por margas de tonos blanquecinos, con intercalaciones centimétricas de calizas del mismo color. Los niveles de calizas se distribuyen entre las margas con un espaciado que oscila ente 5 y 50 cm aproximadamente (Figura 3.36).

- Estructura

Grupo no deformado, dispuesto horizontalmente. Su potencia es del orden de 10 m.

- Geotecnia

Se trata de materiales muy poco permeables pero con buena escorrentía superficial, a causa de las pendientes topográficas tan fuertes que presenta (Figura 3.37). Se alteran rápidamente en contacto con el agua, de modo que la capa superficial meteorizada puede originar asientos de consideración . En estado sano la capacidad de carga se estima que es de tipo medio. Son excavables por medios mecánicos normales. Se recomienda pendientes de hasta 45° para los taludes de excavación.



Figura 3.36. Margas blanquecinas con intercalaciones de calizas, en un cerro localizado al E de Cubillos.



Figura 3.37. Morfología típica del grupo (312b). Al fondo, el pueblo de Cubillos.

LIMOS ARENOSOS CON INTERCALACIONES MARGOSAS, (312a)

- Litología

  Conjunto constituido por limos arenosos masivos, de tonos ocres y grisáceos, con intercalaciones centimétricas de margas blanquecinas (Figura 3.38).



Figura 3.38. Limos masivos del grupo (312a), en un pequeño talud situado en el P.K.1,5 de la carretera de Zamora a La Hiniesta.

- Estructura

  Son materiales masivos, que descansan disconformes y horizontalmente sobre los materiales subyacentes.

- Geotecnia

Es un grupo cohesivo, poco permeable y con un drenaje superficial generalmente deficiente, con problemas locales de endorreísmo. Son materiales alterables, erosionables y ripables. La capacidad de carga se considera baja y los asientos altos, fundamentalmente en los niveles superficiales alterados. Los taludes observados son de alturas baja, estables e inestables, erosionables y con inclinaciones de 40°. Para reducir la erosión, por escorrentía de las aguas en los taludes, se podría verticalizar más las pendientes, pero está solución aumenta el riesgo de que se produzcan deslizamientos, de modo que se recomienda dejar taludes tendidos y construir recogidas de aguas en coronación, que las canalicen y eviten que circulen por el paramento del talud.

Son materiales que proporcionan suelos tolerables, aunque localmente pueden ser inadecuados y adecuados.

CONGLOMERADOS, ARENISCAS Y LIMOS, (311b)

- Litología

Este conjunto está compuesto por una alternancia de conglomerados, areniscas y limos, dispuestos en ritmos de 0.5 a 1.5 m de espesor y separados por superficies erosivas.

Los conglomerados están compuestos por cantos de cuarcita de tamaño inferior a los 5 cm, matriz arenosa de grano fino-medio y cemento silíceo. Son de tonos claros, aunque presentan niveles oscuros ferruginosos.

Las areniscas son de tonos claros, de grano fino a medio y cementadas por sílice.

Los limos son masivos y de colores ocres, grises y rojizos, de aspecto abigarrado (Figura 3.39).



Figura 3.39. Vista panorámica del grupo (311b), en un talud de la carretera de Zamora a La Hiniesta. P.K.3,0.

- Estructura

  En un grupo con una estructura horizontal y una extensión muy reducida. Constituye autenticas "mesas", sobre una de las cuales se asienta Zamora capital. La potencia máxima del grupo es de 15 m.

- Geotecnia

  Son materiales con características geotécnicas dispares a causa de su litología. Los niveles de conglomerados y de areniscas tienen una capacidad portante alta, mientras que en los limos es baja y pueden dar lugar a asientos diferenciales de consideración. La permeabilidad en conjunto es baja y el drenaje superficial muy deficiente.

La infiltración de agua a través de los conglomerados y de las areniscas puede dar lugar a acuíferos colgados en el contacto con los limos, y descargar mediante pequeñas surgencias. La ripabilidad de los niveles cementados es marginal o incluso puede se necesario el uso de explosivos para su excavación, aunque en los taludes actuales no se han observado "cañas" de voladuras que confirmen dicha argumentación.

En los taludes naturales se producen desprendimientos de bloques desgajados en los bordes de las "mesas", al quedar descalzados por erosión diferencial. Los taludes artificiales admiten pendientes muy pronunciadas, aunque se producen pequeñas caídas de bloques y cuñas, que quedan colgadas al erosionarse diferencialmente los niveles de limos. En estos materiales puede ser conveniente dejar cunetas amplias en los márgenes de la calzada.

ARENAS, LIMOS, GRAVAS Y CONGLOMERADOS, (311a)

- Litología

Conjunto formado por arenas arcillosas y limos de tonos claros y rojizos, con niveles y lentejones de gravas cuarcíticas y matriz areno-arcillosa. En la base del conjunto se localiza un nivel de conglomerados silíceos, unidos por un cemento ferruginoso de color rojo oscuro característico; este conglomerado forma parte de una costra ferrálica que fosiliza un relieve paleozoico.

- Estructura

Estos materiales constituyen la base del Terciario en el Tramo de Estudio. Presentan una estructura horizontal y se apoyan discordantes sobre el sustrato paleozoico.

- Geotecnia

Son materiales con una permeabilidad media y un drenaje superficial aceptable por percolación. La capacidad portante se considera baja-media y los asientos previsibles medios y altos. Se excavan por medios mecánicos normales y son muy erosionables (Figura 3.40). Los taludes observados son de alturas bajas, estables, aunque muy erosionables, y con inclinaciones de 45°. Para evitar reducir la erosión de los taludes puede ser recomendable excavarlos con pendientes más fuertes, aunque cabe el riesgo de que se produzcan deslizamientos.



Figura 3.40. Detalle de la erosión en un talud excavado en los materiales del grupo (311a), situado en el P.K.466+500 de la CN-122.

CUARCITAS MICÁCEAS, (122b)

- Litología

  Grupo litológico constituido por cuarcitas micáceas de grano fino, tonos grisáceos y microlaminación paralela. Aparecen intercaladas dentro de las pizarras del grupo (122a). Se disponen en estratos de 0.2 a 0.5 m de espesor, y se hallan en bancos aislados o bien se concentran en tramos de potencia variable.

- Estructura

  El conjunto presenta acuñamientos laterales y aparece plegado por la orogénica Hercínica, según una orientación WNW-ESE. La potencia estimada es del orden de 30 m.

- Geotecnia

  Esta formación se caracteriza por no ser ripable, a excepción de los niveles aislados y tableados. La escorrentía superficial es de tipo medio y la permeabilidad baja, debida únicamente a las discontinuidades de la roca. La capacidad de carga es elevada y los asientos nulos. Grupo válido para utilizarlo como materiales de préstamo. El diseño de los taludes artificiales tendrá que realizarse en función de las orientaciones y características de las discontinuidades de la roca.

PIZARRAS Y FILITAS, (122a)

CUARCITAS CON INTERCALACIONES DE FILITAS, (121a)

CUARCITAS Y FILITAS, (121b)

CUARCITAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS Y ESQUISTOS SILÍCEOS, (121c)

PIZARRAS Y ESQUISTOS CON INTERCALACIONES DE CUARCITAS, (121a)

Estos grupos están descritos en la Zona 1.

GNEIS, (010a)

- Litología

  Gneis de grano grueso, de tonos marrones-grisáceos y con grandes fenocristales de plagioclasa, que llegan a alcanzar hasta 10 cm. Este grupo pertenece a las facies de megacristales de "Ollo de Sapo" (Figura 3.41).

- Estructura

  Este grupo ha sufrido un intenso metamorfismo que ha generado una fuerte esquistosidad de dirección N 90° E y 55° al Sur de buzamiento, a la vez que ha orientado los fenocristales de plagioclasa con su eje mayor paralelo a dicha esquistosidad.

- Geotecnia

  La característica principal de estos materiales es la intensa meteorización que presentan sus afloramientos, hasta tal punto que son rocas excavables por medios mecánicos convencionales. La capacidad de carga es media y los asientos estimados de bajos a medios. Su permeabilidad es baja y se han observado surgencias en el contacto entre estos materiales y las terrazas fluviales suprayacentes. Su utilidad como materiales de préstamo depende de su grado de evolución, ya que si están muy evolucionados la proporción de arcillas puede ser alta por alteración de los feldespatos y de las micas. Se supone que pueden ser suelos tolerables y adecuados, y podrán utilizarse para la fabricación de suelo-cemento. Los taludes artificiales podrán excavarse con pendientes de hasta 45°.



Figura 3.41. Detalle de los gneises en una pequeña excavación en Olmillos de Valverde (H:308/3).

3.4.5. Grupos geotécnicos

Teniendo en cuenta los diferentes grupos litológicos definidos en esta Zona 3, así como sus respectivas características geotécnicas, se han definido los siguientes "grupos geotécnicos".

- GT2. Arenas, arcillas y gravas

  Conjunto poco permeable y con un drenaje superficial deficiente. Son inundables en épocas de crecida y tienen niveles freáticos a escasa profundidad. La capacidad de carga es baja y los asientos altos. Excavabilidad fácil. Los materiales de este grupo se clasifican como suelos tolerables, adecuados y seleccionados. Constituye este grupo geotécnico el grupo litológico (A2).
- GT3. Bloques y cantos metamórficos con matriz arenosa o arcillosa

Materiales con una escorrentía superficial elevada y una permeabilidad que varía de baja a alta. Suelos poco compactos, erosionables y ripables. La capacidad de carga es baja y los asientos elevados. Cuando la matriz es de composición arenosa son suelos tolerables o adecuados. Para alturas bajas los taludes son estables con pendientes de 45º. Constituye este grupo geotécnico el grupo litológico (c).

- GT4. Arcillas limosas, arcillas, limos arcillosos, arenas, cantos y gravas

  Grupo ripable, poco permeable y con un drenaje superficial deficiente. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Se estima que pueden ser suelos desde tolerables hasta seleccionados. Este grupo está constituido por los grupos litológicos (ac) y (aa).

- GT5. Arenas de grano fino

  Materiales granulares altamente permeables y difíciles de compactar. Excavabilidad fácil. Capacidad portante baja y asientos diferenciales altos a corto plazo. Estos materiales por granulometría son suelos seleccionados, pero por densidad pueden ser hasta inadecuados. Se recomienda ángulos no superiores a los 35º para sus taludes de excavación. Este grupo geotécnico lo constituye el grupo litológico (e).

- GT6. Gravas, bolos, arenas y arenas gruesas arcillosas

  Grupo con posibles niveles freáticos a escasa profundidad. Permeabilidad media-alta y drenaje superficial por infiltración. Problemas locales de encharcamientos. Capacidad portante y asientos de tipo medio. Grupo excelente para materiales de préstamo. Este grupo geotécnico está integrado solamente por el grupo litológico (t1).

- GT7. Calizas arenosas y calizas micríticas

  Materiales permeables por percolación y problemas locales de escorrentía superficial. Riesgos puntuales de hundimientos o colapsos por la presencia de oquedades debidas a procesos de karstificación. Existencia probable de acuíferos colgados en su base, que den lugar a la aparición de fuentes o manantiales que afecten a la estabilidad de los desmontes. La capacidad de carga varía de media a alta, excepto en los niveles superficiales alterados a arcilla de decalcificación, que es baja y pueden aparecer asientos a considerar. Los taludes de excavación podrán tener normalmente pendientes fuertes.

Este grupo está formado por el grupo litológico (312c).

- GT8. Arcillas arenosas y limos arenosos, con intercalaciones de areniscas y margas

  Grupo poco permeable y con problemas locales de endorreísmo. Son materiales ripables, alterables y erosionables. Capacidad portante baja-media y asientos medios-altos, éstos últimos fundamentalmente en los niveles superficiales alterados. Son suelos inadecuados, tolerables y adecuados. Los taludes observados son bajos, estables y con pendientes comprendidas entre 35º y 40º. Este grupo geotécnico está formado por las formaciones (321c) y (312a).

- GT9. Gravas, bolos, arcillas arenosas, arcillas, limolitas y niveles carbonatados

  Son materiales que presentan una permeabilidad baja y un drenaje superficial deficiente, con riesgo de encharcamientos en zonas endorreicas. Posibilidad de que existan acuíferos a escasa profundidad en el caso del grupo (g). Erosionables en áreas de vertientes pronunciadas. Capacidad portante baja y asientos altos. Taludes de excavación inestables para pendientes superiores a los 35º-40º. Generalmente son suelos inadecuados. Constituyen este grupo geotécnico los grupos litológicos (g) y (321a).

- GT10. Limolitas, areniscas y conglomerados

  Grupo que constituye un acuífero multicapa, debido a la disposición alternante de capas permeables e impermeables. Escorrentía superficial muy activa a favor de pendientes topográficas fuertes. Ripabilidad muy variable, desde fácilmente hasta tener que utilizar posiblemente explosivos. Capacidad de carga baja-media y asientos medios en las limolitas, y capacidad portante muy alta en los conglomerados. En los taludes existe el riesgo de caída de bloques, al quedar descalzados niveles competentes por erosión diferencial. Este grupo geotécnico está compuesto únicamente por la formación (312f).

- GT11. Arenas, gravas, limos arenosos, limolitas, areniscas y margas

  Materiales con una capacidad portante y unos asientos de tipo medio, excepto en los niveles superficiales alterados, donde la capacidad de carga es baja y los asientos altos. Ripables y erosionables en zonas de pendientes pronunciadas. Debido a su heterogeneidad litológica presentan una permeabilidad y un drenaje superficial muy variable. Son suelos clasificados desde inadecuados hasta seleccionados. Se recomienda que los taludes artificiales no sobrepasen los 35º de pendiente. Constituyen este grupo litológicos las formaciones (312d) y (312e).

- GT12. Margas con delgadas intercalaciones de caliza

  Materiales poco permeables pero con buena escorrentía superficial. Ripables y alterables en contacto con el agua. La capacidad portante es moderada, excepto en los niveles superficiales meteorizados, donde la capacidad es baja y los asientos diferenciales importantes. Se recomienda como máximo pendientes de hasta 45º para los taludes de excavación. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico (312b).

- GT13. Conglomerados, areniscas y limos

  La capacidad portante varía de baja en los niveles limosos hasta alta en los niveles de arenisca y conglomerados. El conjunto es poco permeable y pueden acumularse niveles freáticos en el contacto con los horizontes limosos. Los niveles cementados pueden puntualmente necesitar de explosivos para su excavación. En los bordes escarpados de las "mesas" que constituyen estos materiales se producen desprendimientos de bloques, al quedar descalzados por erosión diferencial. Los taludes artificiales admiten pendientes pronunciadas, aunque se originan pequeños deslizamientos de bloques y cuñas, que quedan descalzadas por el mismo proceso que ocurre en los taludes naturales. Este grupo geotécnico está formado únicamente por el grupo litológico (311b).

- GT14. Arenas, limos gravas y conglomerados

  Conjunto muy erosionable y ripable por medios mecánicos convencionales. Medianamente permeables y con un drenaje superficial aceptable por percolación. Capacidad portante baja-media y asientos previsibles medios-altos. Se estima que como materiales de préstamos son suelos tolerables o adecuados. Los taludes observados son de alturas bajas, estables y con inclinaciones de 45º. Este grupo geotécnico está constituido por la formación (311a).

- GT15. Cuarcitas con intercalaciones de filitas, pizarras y esquistos silíceos

  ºEste grupo plantea serios problemas de ripabilidad, siendo en muchos casos necesario el uso de explosivos para excavación. La permeabilidad suele ser baja y se debe exclusivamente a los planos de discontinuidad. En general la escorrentía superficial es activa, favorecida por la topografía de los afloramientos. Capacidad portante alta. La estabilidad de los taludes dependerá de la orientación de éstos con respecto a la de las discontinuidades de macizo rocoso. Constituyen este grupo geotécnico los grupos litológicos (122b), (121e), (121d) y (121c).

- GT16. Pizarras, filitas y esquistos, con intercalaciones de cuarcita y diques de cuarzo

  Conjunto de materiales con una permeabilidad secundaria baja, controlada exclusivamente por las discontinuidades. Son ripables por medios mecánicos y presentan una capacidad portante alta, excepto cuando exista una montera de alteración, en cuyo caso la capacidad disminuye y pueden aparecen asientos diferenciales significativos. La estabilidad de los taludes puede ser problemática en aquellas condiciones desfavorables de estructura y diaclasado. Se recomienda un estudio estadístico de discontinuidades para caracterizar a los macizos rocosos. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (122a) y (121a).

- GT17. Gneis en facies "Ollo de Sapo"

  Materiales rocosos excavables por medios mecánicos normales, debido a la alteración tan intensa que presentan. Permeabilidad baja y surgencia de manantiales en el contacto de este grupo con los materiales suprayacentes. Capacidad portante media y asientos de bajos a moderados. Se estima que pueden ser adecuados para su utilización como materiales de préstamo. Se recomienda taludes de excavación con pendientes en torno a los 45º. Este grupo geotécnico está formado exclusivamente por el grupo (010a).

3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

Los aspectos más significativos que presenta la Zona 3 son de tipo hidrogeológico, geotécnico y litológico, ya que los problemas de índole topográficos que pueden aparecer son muy locales y específicos.

Existen numerosas áreas que presentan una permeabilidad muy baja y que además tienen una morfología llana o ligeramente endorreica, originándose de este modo zonas de muy deficiente drenaje y propensas a encharcarse en épocas de lluvia. Estas áreas corresponden a las de composición arcillosa y también a las terrazas del grupo (t2), cuando tienen un espesor reducido y el sustrato es impermeable.

Dentro de los problemas geotécnicos, cabe destacar como más significativos los derivados de una capacidad portante baja y asientos altos, que se plantean en las formaciones cuaternarios y en las terciarias de composición limosa, en esté último caso agravada por la posible presencia de agua, debida a los mecanismos anteriormente expuestos.

Los taludes presentan problemas de erosionabiliad, siendo importantes los excavados en el grupo (311a), y pueden plantear problemas de estabilidad, a partir de alturas medias, los correspondientes a los grupos (321c) y (312a). Localmente pueden desprenderse bloques que culminan plataformas cementadas, por erosión diferencial de los niveles subyacentes.

Desde el punto de vista litológico, la formación más problemática corresponde a la del grupo (321a), debido a la plasticidad tan alta que presenta su matriz arcillosa.

Los problemas topográficos que surgen son de carácter muy local, como pueden ser valles de arroyos o la presencia de cerros testigo; en éste último caso fácilmente salvables, dada su escasa continuidad. Especial mención merece el valle del río Esla cuando atraviesa esta Zona, debido a dos características peculiares. La primera de ellas es el encajamiento acusado en los materiales paleozoicos, y la segunda la anchura de cauce tan grande que presenta, o puede presentar, a causa de la regulación del embalse de Ricobayo, dado que este tramo del río es la cola de dicho embalse.

3.5. ZONA 4. ZONA DE MORFOLOGÍA LLANA ASOCIADA A LA RED FLUVIAL PRINCIPAL

3.5.1. Geomorfología

La Zona 4 se extiende por las siguientes Hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000:

Nº	Hoja	Cuadrantes
308	Villafáfila	3 (p)
369	Coreses	2 (p) y 3 (p)
370	Toro	3 (p)
397	Zamora	1 (p)
398	Castronuño	4 (p)

En la Figura 3.42 se muestra la ubicación de la Zona 4, así como la situación de dos cortes geológicos esquemáticos realizados en la misma.

La Zona 4 presenta una morfología llana típica de los sedimentos fluviales, formada a través de diversos ciclos de erosión-sedimentación. Se distinguen dos sistemas geomorfológicos: uno el relativo a la terraza baja o llanura de inundación, y otro el correspondiente a las terrazas altas.

La terraza baja o llanura de inundación se dispone a modo de pasillo o corredor paralelo al río, flanqueando el cauce actual. Su morfología, como ya se ha dicho, es llana, y los únicos pequeños resaltes que se observan corresponden a las huellas dejadas por antiguos canales de divagación y meandros abandonados.

Las terrazas altas se sitúan por encima de la terraza baja, y son plataformas horizontales, que se disponen de manera escalonada, en sentido transversal al río. La articulación entre ellas se realiza mediante escarpes, que originalmente son nítidos y escarpados, aunque en la actualidad muchos de ellos se hallan degradados. Entre los escarpes aflora, en algunos casos, el sustrato terciario.

El río principal del Tramo es el río Duero, al que le siguen el Esla, Tera, Valderaduey y Guareña.

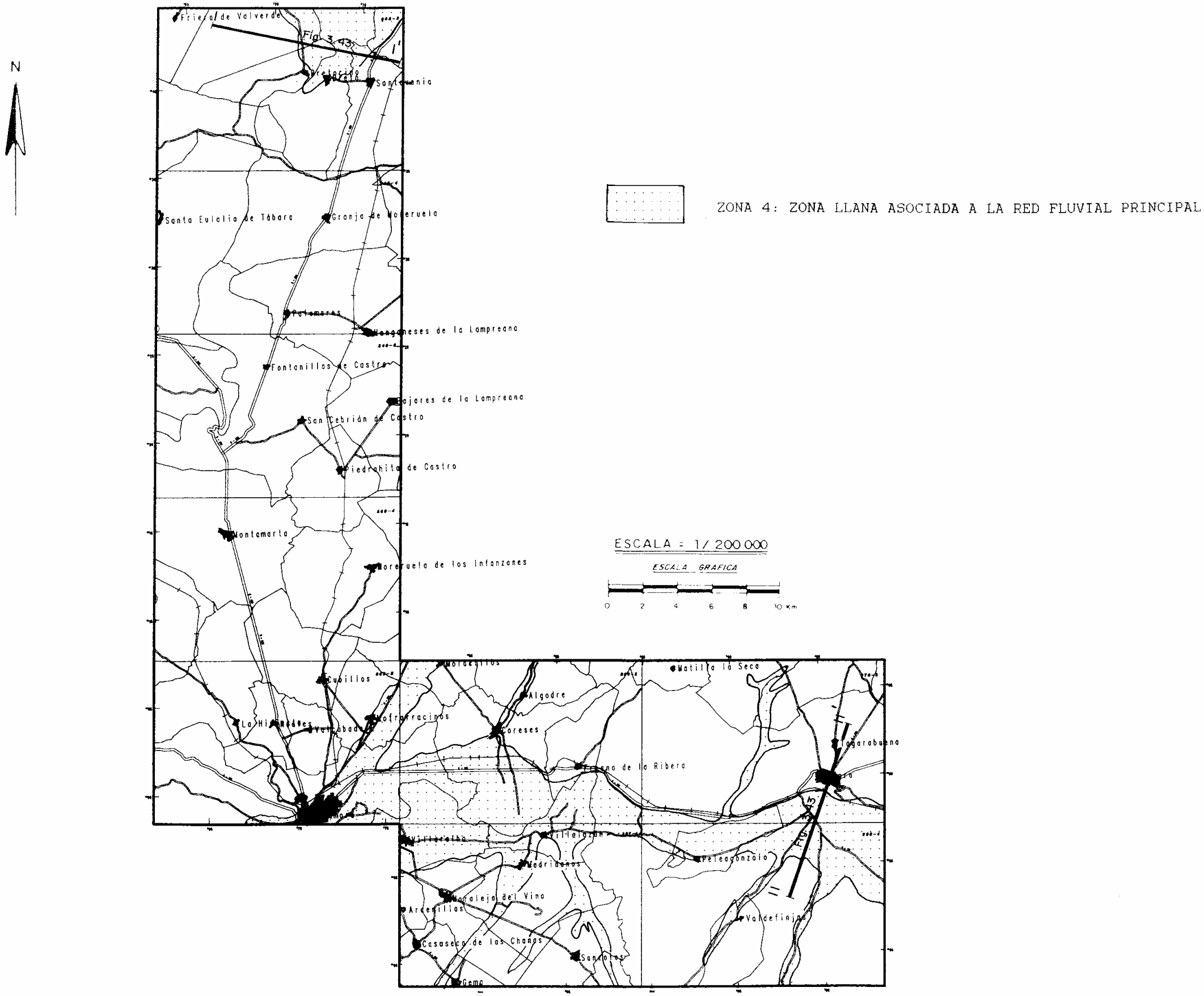


FIGURA 3.42. ESQUEMA DE SITUACIÓN DE LA ZONA 4 Y DE DOS CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS REALIZADOS EN LA MISMA.

3.5.2. Tectónica

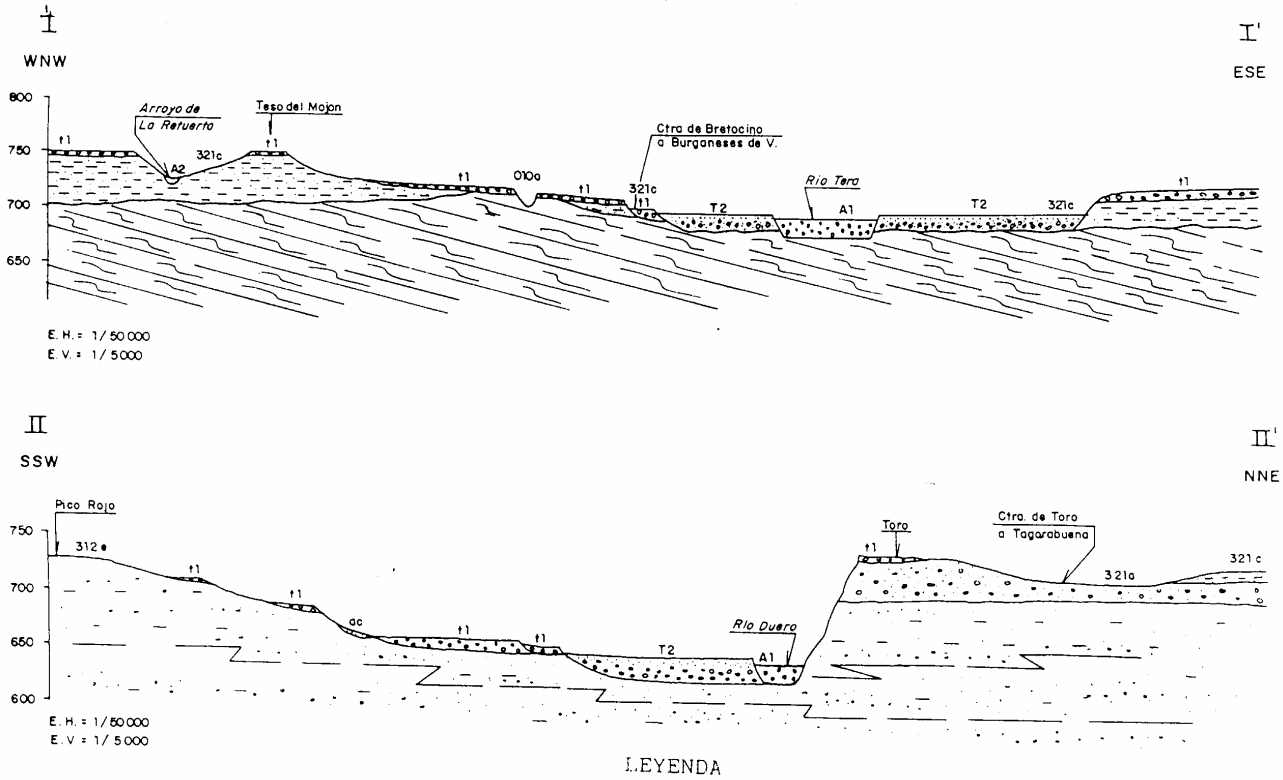
La Zona 4 está constituida por sedimentos cuaternarios sin actividad tectónica alguna.

Sin embargo, las orientaciones y paralelismo de algunos ríos pueden deberse a antiguas fracturas del zócalo, reactivadas por la orogenia Alpina. Esta hipótesis puede tener su ratificación en la asimetría de la práctica totalidad de los sistemas fluviales de terrazas.

En la Figura 3.43 se hallan representados dos cortes geológicos esquemáticos característicos de esta Zona.

3.5.3. Columna estratigráfica

Los grupos señalados con el asterisco (*) en la Figura 3.44 son los existentes en la Zona 4.



LEYENDA

A1 ALUVIAL GRUESO. Gravas, bolos y arenas

A2 ALUVIAL FINO. Arenas y arcillas con lentejones de gravas

ac ALUVIO-COLUVIAL. Arcillas limosas y arenas, con gravas y cantos dispersos

T2 TERRAZA BAJA. Gravas y bolos siliceos con matriz arenosa, recubiertos por limos arenosos

t1 TERRAZA ALTA. Gravas y bolos siliceos con matriz arenosa

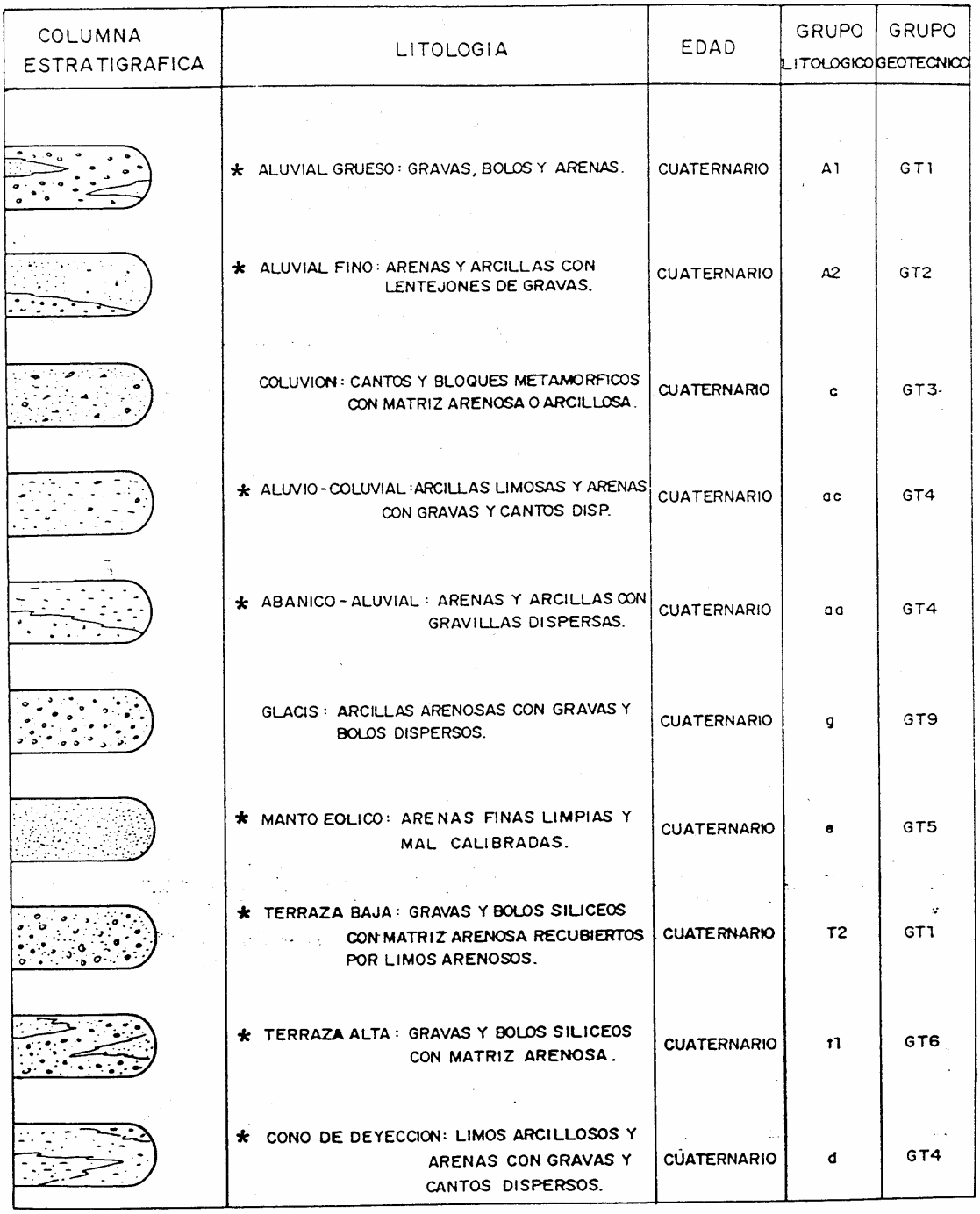
321c: Arcillas arenosas con intercalaciones de areniscas

321a: Gravas y bolos con matriz arcillosa, limolitas y costras cal

312e: Arenas, gravas, limos arenosos, limolitas y margas

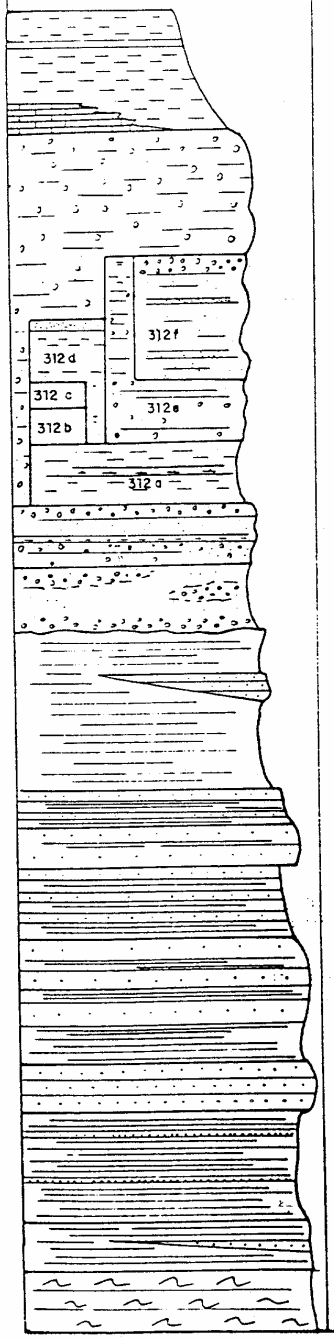
010a: Gneis en facies "Ollo de sapo"

FIGURA 3.43. CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS DE LA ZONA 4.



COLUMNA ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	* ALUVIAL GRUESO: GRAVAS, BOLOS Y ARENAS.	CUATERNARIO	A1	GT1
	* ALUVIAL FINO: ARENAS Y ARCILLAS CON LENTEJONES DE GRAVAS.	CUATERNARIO	A2	GT2
	COLUVION: CANTOS Y BLOQUES METAMORFICOS CON MATRIZ ARENOSA O ARCILLOSA.	CUATERNARIO	c	GT3
	* ALUVIO-COLUVIAL: ARCILLAS LIMOSAS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISP.	CUATERNARIO	ac	GT4
	* ABANICO-ALUVIAL: ARENAS Y ARCILLAS CON GRAVILLAS DISPERSAS.	CUATERNARIO	aa	GT4
	GLACIS: ARCILLAS ARENOSAS CON GRAVAS Y BOLOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	g	GT9
	* MANTO EOLICO: ARENAS FINAS LIMPIAS Y MAL CALIBRADAS.	CUATERNARIO	e	GT5
	* TERRAZA BAJA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA RECUBIERTOS POR LIMOS ARENOSOS.	CUATERNARIO	T2	GT1
	* TERRAZA ALTA: GRAVAS Y BOLOS SILICEOS CON MATRIZ ARENOSA.	CUATERNARIO	t1	GT6
	* CONO DE DEYECCION: LIMOS ARCILLOSOS Y ARENAS CON GRAVAS Y CANTOS DISPERSOS.	CUATERNARIO	d	GT4

FIGURA 3.44. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 4.



COLUMNA ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	ARCILLAS ARENOSAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCAS.	MIOCENO	321 c	G T 8
	CALIZAS BLANQUECINAS.	MIOCENO	321 b	G T 7
	GRAVAS Y BOLOS CON MATRIZ ARCILLOSA, LIMOLITAS Y COSTRAS CALCAREAS.	MIOCENO	321 a	G T 9
	LIMOLITAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS.	EOCENO	312 f	G T 10
	ARENAS, GRAVAS, LIMOS ARENOSOS, LIMOLITAS Y MARGAS.	EOCENO	312 e	G T 11
	LIMOLITAS, ARCILLITAS Y MARGAS.	EOCENO	312 d	G T 11
	CALIZAS BLANQUECINAS.	EOCENO	312 c	G T 7
	MARGAS CON INTERCALACIONES DE CALIZAS.	EOCENO	312 b	G T 12
	LIMOS ARENOSOS CON PASADAS MARGOSAS.	EOCENO	312 a	G T 8
	ALTERNANCIA DE CONGLOMERADOS, ARENISCAS Y LIMOS.	PALEOCENO	311 b	G T 13
	ARENAS Y LIMOS CON GRAVAS DISPERSAS; CONGLOMERADOS EN LA BASE.	PALEOCENO	311 a	G T 14
	CUARCITAS MICACEAS.	ORDOVICICO MEDIO	122 b	G T 15
	PIZARRAS Y FILITAS.	ORDOVICICO MEDIO	122 a	G T 16
	CUARCITAS CON DELGADAS CAPAS DE FILITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 e	G T 15
	ALTERNANCIA DE CUARCITAS Y FILITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 d	G T 16
	CUARCITAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS Y ESQUISTOS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 c	G T 15
	CUARCITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 b	G T 15
	PIZARRAS Y ESQUISTOS CON INTERCALACIONES DE CUARCITAS.	ORDOVICICO INFERIOR	121 a	G T 16
	ESQUISTOS CON DIQUES DE CUARZO.	PRECAMBRICO	010 b	G T 16
	GNEIS EN FACIES "OLLO DE SAPO"	PRECAMBRICO	010 a	G T 17

FIGURA 3.44. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 4 (CONT.).

3.5.4. Grupos litológicos

Los grupos litológicos distinguidos en la Zona 4 son los siguientes:

ALUVIAL GRUESO, (A1)

- Litología

  Pertenecen a este grupo los aluviales de los principales ríos del Tramo, y están constituidos por gravas y bolos de naturaleza silícea, trabados por una matriz arenosa.

- Estructura

  Son depósitos horizontales y con una estructura interna lentejonar, debido a una sedimentación en barras. La potencia de este grupo es superior a los 4 m.

- Geotecnia

  Las zonas donde se emplaza este grupo están sujetas a la dinámica fluvial, es decir, que pueden ser inundadas en épocas de avenidas (Figura 3.45).



Figura 3.45. Aluvial del río Tera, en Olmillos de Valverde. En primer término, dique para evitar inundaciones en épocas de crecida.

Son materiales muy permeables, fácilmente excavables y con niveles freáticos a escasa profundidad. La capacidad portante es baja y los asientos previsibles altos. Constituyen yacimientos granulares excelentes para materiales de préstamo.

ALUVIALES FINOS, (A2)

- Litología

Los aluviales de los arroyos que constituyen la red de drenaje de menor orden están compuestos por arenas y arcillas, con lentejones intercalados de gravas poligénicas (Figura 3.46).



Figura 3.46. En primer término, aluvial del arroyo Adalía.

- Estructura

Son suelos en disposición horizontal y con diversas estructuras sedimentarias internas, tales como lechos lenticulares, cicatrices de erosión, laminación cruzada, etc.

Se estima que la potencia de estos depósitos puede oscilar entre 1 y 5 m.

- Geotecnia

  Son materiales inundables en épocas de avenidas y con niveles freáticos a escasa profundidad. Su permeabilidad es escasa y presentan una escorrentía superficial muy deficiente. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles elevados. Debido a la heterogeneidad litológica que presentan, son materiales que se clasifican desde tolerables hasta seleccionados.

ALUVIO-COLUVIAL, (ac)

Este grupo está descrito en la Zona 2.

ABANICO ALUVIAL, (aa)

- Litología

  Grupo compuesto por arenas y arcillas de tonos marrones, con escasas gravillas dispersas de composición silícea principalmente.

- Estructura

  Depósitos de topografía muy llana y aspecto interno masivo, sin estructuras sedimentarias observables. La potencia máxima de este grupo se estima que es de 3.0 m.

- Geotecnia

  Son materiales erosionables y excavables por medios mecánicos convencionales. La capacidad de carga es baja y los asientos esperados altos. Tanto su permeabilidad como su drenaje superficial son deficientes, de modo que son áreas propensas a encharcarse. De acuerdo con los ensayos realizados en este grupo e incluidos en el capítulo 5, estos materiales dan suelos tolerables, adecuados y seleccionados.

Para los taludes de excavación se recomienda pendientes entre 30° y 35°.

MANTO EÓLICO, (e)

Este grupo está descrito en la Zona 2.

TERRAZA BAJA, (T2)

- Litología

  Están constituidas por gravas y bolos de naturaleza silícea principalmente, empastadas por una matriz arenosa de tonos marrones. Este grupo aparece recubierto por una capa limo-arenosa, depositada en sucesivas épocas de crecida (Figura 3.47).



Figura 3.47. Vista panorámica de la terraza baja del río Duero, vista desde Toro.

- Estructura

  Son depósitos horizontales dispuestos en plataformas paralelas al cauce de los ríos. Internamente presentan una estructura lenticular, con numerosas cicatrices de erosión. La potencia de grupo es superior a los 5.0 m.

- Geotecnia

  Son materiales que pueden inundarse parcialmente en épocas de grandes avenidas, permeables y con una capacidad de carga y asientos de tipo medio. Sin embargo, la capa superficial limosa puede originar encharcamientos a causa de su baja permeabilidad y mal drenaje superficial, a la vez que disminuye el valor de la capacidad portante y aumenta los asientos. Constituyen importantes yacimientos granulares y son excelentes materiales de préstamos.

TERRAZA ALTA, (t1)

- Litología

  Más arriba de la terraza baja se han identificado numerosos niveles de terrazas pertenecientes a los ríos Duero, Tera, Esla y Valderaduey, pero dada su similitud litológica se han reunido en un mismo grupo.

  Litológicamente están compuestas por gravas y bolos de naturaleza poligénica, aunque predominan las de cuarcita, trabadas por una matriz arenosa, con lentejones intercalados de arenas gruesas arcillosas de tonos rojizos (Figura 3.48).

- Estructura

  Son materiales que ocupan zonas llanas, dispuestas escalonadamente en sentido transversal al cauce. Las estructuras internas más características corresponden a la disposición lentejonar de los niveles y a las cicatrices de erosión. Aunque en casos excepcionales la potencia del grupo puede alcanzar los 10 m, normalmente se mantiene entre 1 y 3 m.



Figura 3.48. Detalle de la estructura lentejonar del grupo (t2), en el paraje de Cuestamala, al NW del Tramo (H:308/3).

- Geotecnia

Es un grupo que tiene una permeabilidad de medio a alta, sin embargo se han observado fenómenos de encharcamientos en épocas de fuertes lluvias (Figura 49); esto puede ser debido a un enriquecimiento de la matriz en arcilla, o bien a un adelgazamiento excesivo de estos materiales en zonas de sustrato muy poco permeable, como por ejemplo las "Facies Tierra de Campos" (Figura 3.50). En este último caso, es decir, cuando el sustrato es impermeable o poco permeables, es frecuente que tengan un nivel freático en su base, hecho a tener en cuenta si la terraza queda colgada en un desmonte, ya que debe drenarse para evitar deterioros y deslizamientos en el talud.

La capacidad de carga y los asientos son de tipo medio. Ahora bien, puede ocurrir que en zonas donde el espesor de este grupo sea pequeño, el bulbo de presiones afecte al sustrato, en cuyo caso, y si éste es impermeable, puede existir un horizonte freático en el contacto, que influya negativamente en los valores de asientos y de capacidad portante. Son depósitos que se explotan abundantemente, debido a que constituyen excelentes yacimientos granulares como materiales de préstamo.



Figura 3.49. Encharcamiento en el grupo (t2), junto a la CN-630, en las proximidades de Fontanillas de Castro. El sustrato corresponde a las "Facies Tierra de Campos".



Figura 3.50. Balsa de agua en una gravera abandonada del grupo (t2). En este caso, el sustrato corresponde a un nivel de margas del grupo (312e). Cerro El Bejucal, al NW de Coreses.

CONO DE DEYECCIÓN, (d)

- Litología

  Limos arcillosos y arenas, con gravas y cantos subredondeados dispersos, de naturaleza poligénica.

- Estructura

  Se localizan a la salida de pequeños arroyos y tienen una morfología triangular en planta, y ligeramente convexa en corte (Figura 3.51). Presentan un aspecto masivo o bien una estratificación grosera. La potencia se estima inferior a los 3 m.

- Geotecnia

  Son materiales medianamente cohesivos y con una permeabilidad de baja a moderada. Se caracterizan por su alta erosionabilidad, fácil ripabilidad y baja capacidad portante, con asientos de tipo alto. Los taludes de excavación no deben superar pendientes mayores de 30º-40º.



Figura 3.51. Aspecto general de un pequeño cono de deyección, en el arroyo Adalia.

3.5.5. Grupos geotécnicos

Teniendo en cuenta los diferentes grupos litológicos definidos en esta Zona 1, así como sus respectivas características geotécnicas, se han definido los siguientes "grupos geotécnicos".

- Grupo geotécnico GT1

  Gravas, bolos y arenas. Son materiales inundables en épocas de avenidas y con niveles freáticos a escasa profundidad. Permeabilidad variable y excavabilidad mecánica. La capacidad de carga es baja-media y los asientos previsibles medios y altos. Constituyen yacimientos granulares excelentes para materiales de préstamo. Forman este grupo geotécnico los grupos litológicos (A1) y (T2).

- Grupo geotécnico GT2

  Arenas, arcillas y gravas. Conjunto poco permeable y con un drenaje superficial deficiente. Son inundables en épocas de crecida y tienen niveles freáticos a escasa profundidad. La capacidad de carga es baja y los asientos altos. Excavabilidad fácil. Los materiales de este grupo se clasifican como suelos tolerables, adecuados y seleccionados. Constituye este grupo geotécnico el grupo litológico (A2).

- Grupo geotécnico GT4

Arcillas limosas, arcillas, limos arcillosos, arenas, cantos y gravas. Grupo ripable, poco permeable y con un drenaje superficial deficiente. La capacidad de carga es baja y los asientos previsibles altos. Se estima que pueden ser suelos desde tolerables hasta seleccionados. (ac), (aa) y (d).

- Grupo geotécnico GT5

  Arenas de grano fino. Materiales granulares altamente permeables y difíciles de compactar. Excavabilidad fácil. Capacidad portante baja y asientos diferenciales altos a corto plazo. Estos materiales por granulometría son suelos seleccionados, pero por densidad pueden ser hasta inadecuados. Se recomienda ángulos no superiores a los 35° para sus taludes de excavación. Este grupo geotécnico lo constituye el grupo litológico (e).

- Grupo geotécnico GT6

  Gravas, bolos, arenas y arenas gruesas arcillosas. Grupo con posibles niveles freáticos a escasa profundidad. Permeabilidad media-alta y drenaje superficial por infiltración. Problemas locales de encharcamientos. Capacidad portante y asientos de tipo medio. Grupo excelente para materiales de préstamos. Este grupo geotécnico está integrado solamente por el grupo litológico (t1).

3.5.6. Resumen de problemas geotécnicos

En función de las áreas que ocupa esta Zona y de los materiales que la componen, podemos decir que los problemas planteados son de dos tipos: de carácter geotécnico y los derivados de la dinámica fluvial.

Al ser materiales cuaternarios los que configuran esta Zona, los principales problemas se derivan de la baja capacidad portante y de los altos asientos diferenciales que muestran estos sedimentos. Por otro lado, los de granulometría fina, y por tanto poco permeables, presentan problemas de escorrentía superficial, dada la escasa o nula pendiente de estos terrenos.

Los problemas derivados de la dinámica fluvial son los relativos a la presencia de niveles freáticos a escasa profundidad y los que potencialmente pueden aparecer en caso de grandes avenidas (socavación, arrastres, aterramientos, etc).

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS

Desde el punto de vista topográfico, el Tramo de Estudio presenta algunas dificultades de carácter moderado, localizadas principalmente en las Zonas 1 y 2, de la cuatro en que se ha dividido el Estudio.

Las sierras de litología metamórfica, situadas en la parte occidental del Tramo y que forman la Zona 1, constituyen barreras naturales para los corredores que se desplazan en sentido N-S. Los problemas que plantean se ven paliados, en cierta medida, por la reducida extensión que esta área ocupa en el Estudio y por las formas de afloramientos que presenta, ya que en muchos casos son sierras aisladas y de escasa continuidad longitudinal, que pueden ser vadeables.

En la Zona 2 los problemas son más generalizados, ya que en cualquier sentido que se proyecte un corredor, éste tiene que salvar los desniveles existentes entre las altiplanicies y los valles encajados. Este problema puede en parte subsanarse si para el ascenso y descenso de las plataformas se aprovechan los valles excavados por los arroyos tributarios de la red principal.

4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS

Los problemas geomorfológicos ligados a la topografía y a la geodinámica externa que se observan en el Tramo son los siguientes:

En la Zona 1, los problemas más significativos derivados de la fuertes pendientes se producen en las áreas ocupadas por coluviones. Estos materiales son sedimentos que suelen estar en condiciones de equilibrio límite, siendo muy peligroso tanto descalzarlos para excavar desmontes, como cargarlos con terraplenes a media ladera, por el riesgo que tienen a deslizar en cualquier momento. Lógicamente, el grado de inestabilidad crece cuanto más inclinada sea la pendiente natural.

En la Zona 2, los principales problemas surgen en la cabecera de las vertientes, donde las aguas de arroyada actúan enérgicamente y originan una erosión remontante muy intensa.

Asimismo, en las zonas de "cuesta" donde predominan hacia techo los niveles cementados, existe el riesgo, localmente, de desprendimientos de bloques competentes, al quedar descalzados por erosión diferencial de los niveles menos competentes.

En la Zona 3, los problemas geomorfológicos aparecen en las zonas llanas o endorreicas, por deficiencias en la escorrentía superficial que originan encharcamientos. Este problema no es solo geomorfológico, sino que también es litológico, porque esto sucede cuando la zona está ocupada por materiales de baja permeabilidad.

Como en el caso de la Zona 2, también existe el riesgo de caída de bloque en los bordes de las "mesas", por erosión diferencial de los materiales subyacentes.

En la Zona 4, los problemas más importantes son los potencialmente derivados de la dinámica fluvial (crecidas del río, divagación del curso, apertura de nuevos cauces, etc).

En cuanto a la red de drenaje principal, diremos que los dos grandes ríos que aparecen en el Tramo actúan de barreras en el trazado de corredores. En la primera mitad del Tramo, el río Duero se interpone a los trazados en sentido N-S; y a partir de Montamarta, hasta el final del Tramo por el Norte, el río Esla intercepta a los corredores que se desplazan en sentido E-W.

4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

Los materiales que aparecen en el Tramo plantean los siguientes problemas geotécnicos:

DESLIZAMIENTOS

En el Tramo no se han observado grandes deslizamientos, en parte debido a que los taludes actuales no tienen mucha entidad. Sin embargo, en los taludes artificiales pueden darse los siguientes tipos de inestabilidad, en función de la naturaleza de los materiales.

En los materiales terciarios de composición limosa, como son los grupos 321c y 312a, para taludes a partir de alturas medias es recomendable no excavarlos con más de 35°, ya que pueden surgir deslizamientos de tipo rotacional.

Los materiales con litologías alternantes de niveles competentes e incompetentes, grupos (312f) y (311b), admiten taludes pronunciados, aunque se ha observado la caída de bloques, que quedan descalzados por erosión diferencial.

Se recomienda especial atención a los taludes que en coronación queden colgados materiales cuaternarios pertenecientes a terrazas altas y coluviones. En estos casos, es conveniente que el talud tenga doble pendiente, más tenuidad en coronación que en el resto del mismo. También hay que tener en cuenta la posibilidad de que existan niveles freáticos colgados que aporten agua al talud.

Los taludes excavados en materiales metamórficos pueden ser muy problemáticos en condiciones desfavorables de estructura y diaclasado. En zonas de pizarra con esquistosidad subvertical pueden darse casos de "toppling" en la coronación de los desmontes. Se recomienda en cada caso un estudio estadístico de discontinuidades, antes de diseñar los taludes de excavación.

CAPACIDAD PORTANTE Y ASIENTOS

Los problemas de capacidad portante y asientos surgen en los siguientes materiales:

- Los sedimentos cuaternarios, en general, presentan una capacidad baja y unos asientos previsibles altos, a causa de su baja compacidad.

- En los materiales terciarios no cementados se estima que pueden producirse asientos entre magnitudes moderadas y altas. Estos problemas se deben a diversa causas y circunstancias, como pueden ser composición litológica, baja compacidad, alteración superficial, presencia de agua, etc.

- En los gneises de la formación "Ollo de Sapo", debido a la alteración superfcial tan intensa que presentan.

EROSIÓN

Pueden aparecer problemas de erosionabilidad en los taludes excavados en los materiales cuaternarios y en la mayoría de los terciarios, dada su composición litológica y escasa cementación de los mismos. Dentro de los terciarios, se recomienda especial atención a los materiales de los grupos (311a), (312a) y (321c).

RIPABILIDAD

Se plantean problemas sistemáticos de excavabilidad en los materiales cuarcíticos del grupo geotécnico (GT15).

Puntualmente en los niveles cementados de los grupos terciarios (311b) y (312f).

PRESENCIA DE NIVELES FREÁTICOS

La presencia de niveles freáticos que pueden incidir en el trazado de un corredor, surgen en los siguientes casos:

- En los aluviales y terrazas bajas de los ríos

- En la base de materiales permeables (terrazas, glacis, calizas karstificadas, etc), cuando el sustrato es impermeable

- En las formaciones de litología alternante, dentro de los horizontes más permeables

KARSTIFICACIÓN

Estos problemas son muy reducidos y prácticamente de carácter testimonial en el Tramo. Se han observado oquedades por karstificación en las calizas del grupo (312c), y es probable que también puedan existir en las rocas carbonatadas del grupo (321b), dada la similitud litológica entre ambos grupos.

LITOLOGÍA

Los problemas litológicos más reseñables corresponden a la alta plasticidad que presentan la matriz arcillosa de los materiales "Facies roja de Toro", grupo (321a).

4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

Una vez analizadas las características topográficas, geomorfológicas y geotécnicas del Tramo, se han considerado una serie de corredores alternativos, que enlazan los sectores de Toro, Zamora y norte del Estudio. También se han sugerido otros corredores, que partiendo de los principales, enlazan con las poblaciones y carreteras actuales del Tramo.

Los corredores considerados, convenientemente numerados, se representan esquemáticamente en la Figura 4.1.

El primer corredor propuesto (C-1) coincide en su totalidad con las carreteras actuales que enlazan los sectores objeto de estudio, primero con la N-122 y posteriormente con la N-630, exceptuando las variantes correspondientes a cada población.

El corredor C-1 parte al Este de Toro en la carretera N-122, bordea por el Norte a esta población, desciende al valle del arroyo Adalia y siguiendo el curso de éste, por su margen derecho, enlaza nuevamente con la carretera N-122, ya en el valle del río Duero. A partir de aquí, sigue el trazado de esta carretera hasta alcanzar a la N-630, habiendo bordeado previamente a Fresno de la Ribera y Zamora, siempre por el Norte. Sorteada Zamora, el corredor coincide hasta el final con el trazado actual de la N-630, excepto en las sucesivas variantes de los pueblos.

En este corredor se plantean problemas topográficos puntuales en los pasos de los arroyos y ríos, siendo los más importantes el del arroyo Adalia, que es el descenso de la altiplanicie de Toro al valle del Duero, el río Valderaduey, parte de la cola del embalse de Ricobayo y el arroyo de la Regata, en Granja de Moreruela.

Este trazado es conflictivo, en algunos puntos, en cuanto a las vías de comunicación ya existentes, por ejemplo, en las variantes de Toro y Zamora hay que salvar varias carreteras comarcales, aunque estos pasos también son comunes para el siguiente corredor propuesto;

entre Toro y Zamora se cruza cuatro veces la vía férrea Zamora-Medina del Campo y una el ferrocarril Zamora-Astorga.

El segundo corredor propuesto (C-2), sigue en su comienzo el mismo itinerario que el corredor C-1 hasta la variante de Toro. A continuación cruza el valle del arroyo Adalia y discurre por una plataforma elevada ocupada por la "Facies roja de Toro", hasta que desciende de ella a la altura de Freno de la Ribera, para desplazarse hasta Zamora paralelamente a la carretera N-122. Una vez se ha pasado Zamora, este corredor sigue un trazado paralelo a la N-630, situado entre esta carretera y el ferrocarril Zamora-Astorga.

Los obstáculos topográficos más significativos corresponden al valle escarpado del arroyo Adalia y al río Valderaduey. La bajada de la altiplanicie al valle del Duero, a la altura de Fresno de la Ribera, se puede realizar por un valle secundario situado al Norte del monte Parcelas, que reduce considerablemente la pendiente de esta zona. A partir de Zamora, los resaltes topográficos se reducen en comparación con el corredor C-1, debido a que se cruzan menos arroyos, y cuando se cruzan los mismos de antes, ahora se hace más cerca de su cabecera, reduciéndose la profundidad del valle.

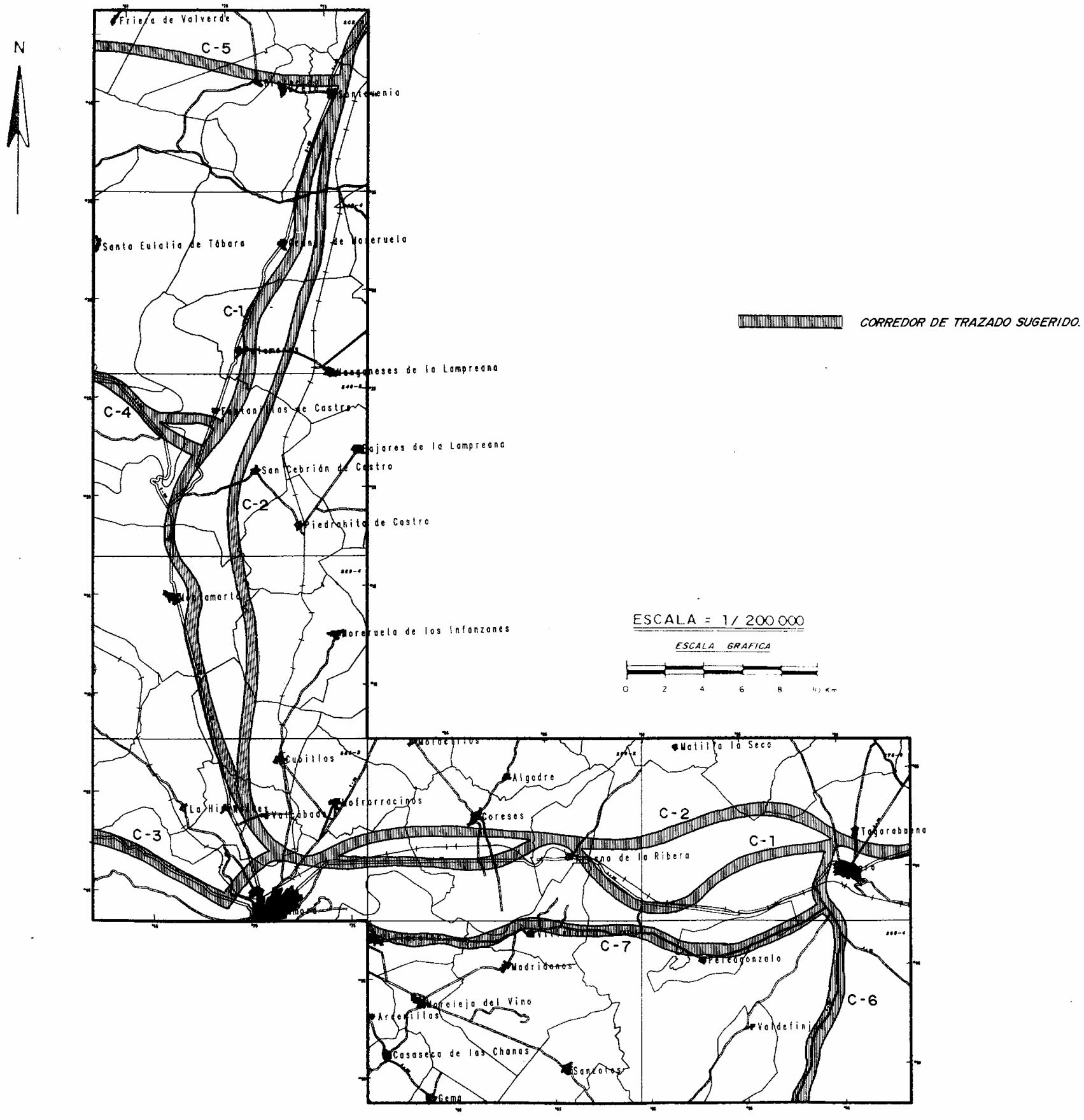
Los corredores que se proponen a continuación son aquellos que enlazan el Tramo con otros sectores o poblaciones importantes.

El enlace con Portugal puede realizarse a través del corredor (C-3), que sigue el itinerario de la carretera N-122. Los aspectos topográficos más significativos son los valles de los arroyos de Valderrey y de la Fresneda.

Hacia Galicia se propone el corredor (C-4), que puede partir de dos puntos de la N-630, situados unos 0.5 y 1.5 Km, respectivamente, al Sur de Fontanillas de Castro. Este corredor cruza el río Esla, que requiere un viaducto de consideración, y sigue el trazado de la carretera N-525. También se sugiere el corredor (C-5), que parte hacia el Oeste desde Santovenia y cruza el río Esla a la altura de Bretó y Bretocino, antes de encajarse en el sustrato metamórfico.

Hacia el Sur, se propone el corredor (C-6), que una vez cruzado el río Duero sigue el recorrido de la carretera C-519.

Por último, se sugiere el corredor C-7, que enlaza a las poblaciones que hay en el margen izquierdo del río Duero, hasta Zamora. Este corredor se proyecta por la carretera local actual existente, ya que hacia el Sur el relieve es escarpado.



CORREDOR DE TRAZADO SUGERIDO.

FIGURA 4.1. ESQUEMA DE CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS EN EL TRAMO.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

A pesar de que en este Estudio Previo de Terrenos no se hace un análisis detallado de los yacimientos de roca y granulares existentes en el Tramo, se ha considerado conveniente dar una visión breve y resumida de los yacimientos y canteras inventariados durante la ejecución del mismo, y que pueden ser aptos para su utilización en obras de carreteras.

Al final de este capítulo se incluyen una serie de ensayos geotécnicos de algunos de los materiales presentes en el Tramo, recopilados de diversos informes de carreteras realizados dentro del ámbito del Estudio.

5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

En el Tramo de estudio los únicos materiales rocosos válidos para la obtención de áridos para carreteras corresponden a los grupos cuarcíticos del Paleozoico. Estos grupos litológicos son: (122b), (121e), (121c) y (121b), retirando, en todos los casos, las intercalaciones de filitas, pizarras y esquistos.

Las areniscas del grupo (311a) se han explotado en pequeñas canteras para roca ornamental.

Las calizas del grupo (312c) se han extraído para la obtención de cal.

Las Figuras 5.1 y 5.2 muestran distintos aspectos de explotaciones abandonadas de estos materiales.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.1. *Explotación abandonada de cuarcitas del grupo (121c), localizada en la intersección de las carreteras CN-630 y CN-525.*



Figura 5.2. *Vista panorámica de pequeñas explotaciones de las calizas del grupo (312c) para la obtención de cal, localizadas en un cerro al NE de Cubillos.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

El Tramo de estudio presenta excelentes y abundantes materiales granulares para su utilización para áridos de carreteras, muchos de los cuales se explotan en la actualidad.

Estos materiales pertenecen a los grupos litológicos (A1), (T2) y (t1). Los ensayos que se adjuntan al final del capítulo, muestran que, en la mayoría de los casos, cumplen las características de zahorra natural y son suelos seleccionados (Figuras 5.3, 5.4 y 5.5).



Figura 5.3. Explotación abandonada del grupo (t1), situada en el cerro de El Gamonal, al W de Coreses.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.4. *Explotación de gravas del grupo (t1), junto a la carretera C-112, en el P.K.23.3.*



Figura 5.5. *Gravera abandonada en el grupo (t1), localizada hacia el P.K.30 de la carretera a Valdefinjas.*

Las arenas eólicas del grupo (e) también se han explotado en el paraje de Monte de la Reina (Figura 5.6). Estos materiales pueden utilizarse para la fabricación de hormigones, suelo-cemento y compensación de curvas granulométricas. Según los ensayos realizados son suelos seleccionados, aunque muy difíciles de compactar.



Figura 5.6. Explotación de las arenas eólicas del grupo (e). Paraje de Monte de la Reina.

5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

Los materiales que pueden utilizarse para la construcción de terraplenes y pedraplenes son los mismos que los expuestos anteriormente, excepto las arenas eólicas, que pueden no ser aptos por su difícil compactación.

Para la construcción de terraplenes se podrán aprovechar, además de los ya mencionados, los siguientes materiales:

Los sedimentos cuaternarios presentan litologías heterogéneas, ya que en base a los ensayos disponibles, muestran características desde suelos tolerables hasta suelos seleccionados. Los resultados de los grupos ensayados son:

- (A2): Suelo tolerable, adecuado y seleccionado
- (c): Suelo tolerable o adecuado (coluvión con matriz arenosa)
- (aa): Suelo tolerable, adecuado y seleccionado
- (e): Suelo seleccionado

En general, los materiales cuaternarios se podrán utilizar para núcleos de terraplén.

Se estima que los materiales de glacis, grupo (g), pueden ser localmente suelos inadecuados, debido posiblemente a una plasticidad alta de su matriz, recomendándose un control detallado del mismo.

Los materiales terciarios, al igual que los cuaternarios, también son heterogéneos, y los grupos ensayados arrojan los siguientes resultados:

- (321c): Suelo inadecuado y tolerable
- (321a): Suelo inadecuado
- (312e): Suelo inadecuado, adecuado y seleccionado
- (312a): Suelo inadecuado, tolerable y adecuado
- (311a): Suelo tolerable y adecuado

Los materiales del grupo (321a) no se podrán utilizar debido a que son suelos inadecuados. Los demás grupos se pueden, en general, aprovechar para núcleos de terraplén, aunque requerirán un riguroso control para desechar los suelos inadecuados y llevarlos a vertedero. Se estima que los materiales de los grupos: base del (312f), (312d) y (312b) pueden contener parte de suelos inadecuados (Figura 5.7).

También se consideran que pueden ser validos para terraplenes, dado su grado de alteración, los gneises del grupo precámbrico (010a). En estado sano podrían utilizarse para pedraplenes, siempre y cuando cumplan los requisitos mínimos exigidos.

Para pedraplenes podrá utilizarse el grupo litológico (121a), en caso de que cumplan los requisitos mínimos exigidos, ya que son "rocas que requieren un estudio especial", según el pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes.

Los grupos litológicos (122a), (121d) y (101b) no se consideran aprovechables, ya que son "rocas inadecuadas". Sin embargo, en el Estudio se ha explotado un tramo pizarroso del grupo (122a), (Figura 5.8).

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.7. *Explotación de arenas y gravas del grupo (312e), situada junto a al P.K. 72 de la carretera N-122.*



Figura 5.8. *Cantera en las pizarras del grupo (122a), localizada junto a la carretera que une la CN-630 con Bretocino, cerca del cruce con el río Esla.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE

Con vistas al emplazamiento de nuevas explotaciones o a la puesta en marcha de las ya existentes, se recomienda un estudio detallado de las áreas y yacimientos indicados en la Figura 5.9, ya que en algún momento han sido, o están siendo utilizados como yacimientos.

CUADRO-RESUMEN SOBRE YACIMIENTOS

Como resumen a este capítulo, se adjunta un cuadro-resumen correspondiente a los yacimientos rocosos, granulares y de materiales para terraplenes y pedraplenes, proporcionándose datos de su litología y accesos.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

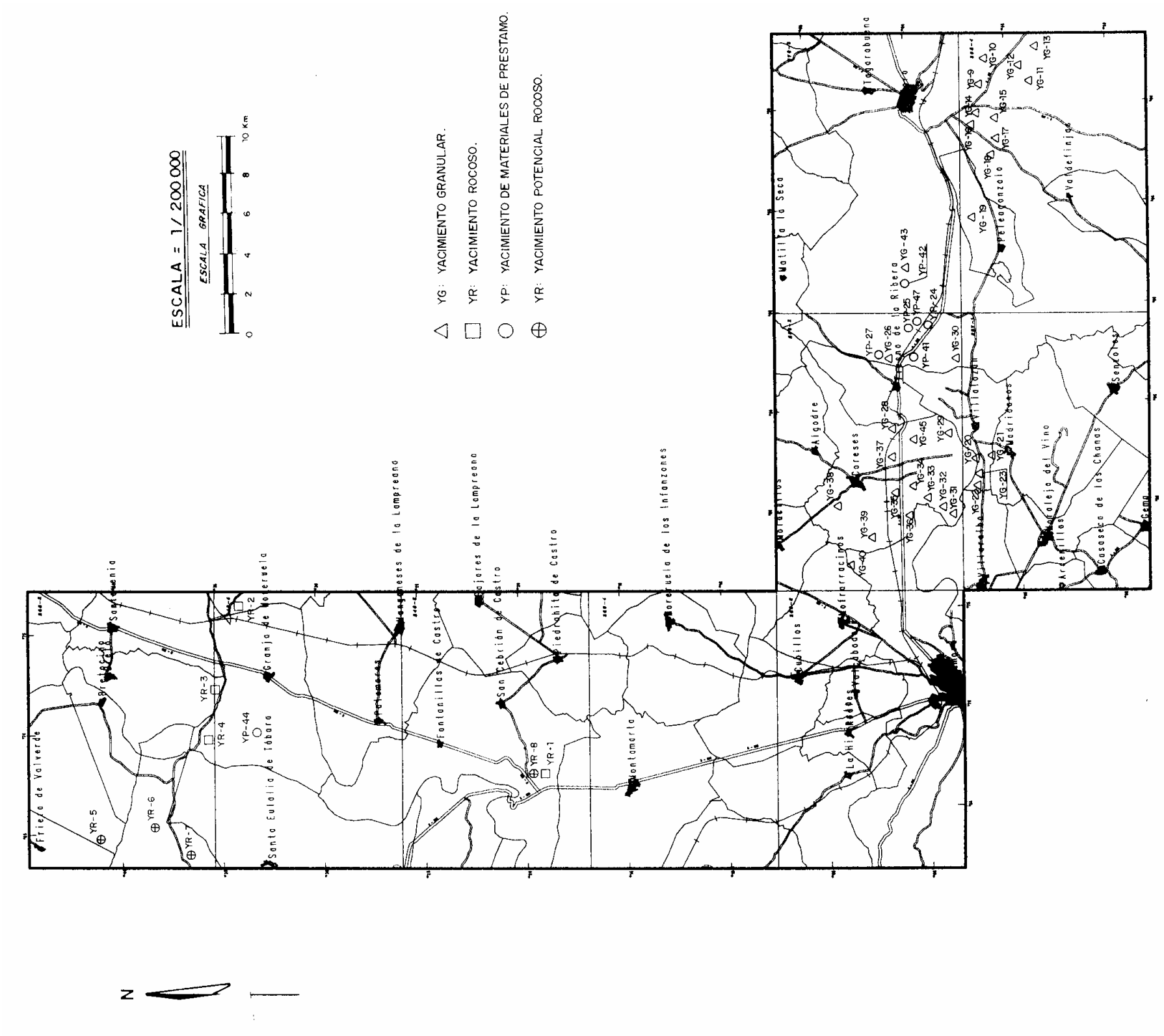


FIGURA 5.9. SITUACIÓN DE YACIMIENTOS ROCOSOS, GRANULARES Y DE MATERIALES DE PRÉSTAMO.

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

YACIMIENTO	COORDENADAS UTM	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS	ESTADO ACTUAL DE LA EXPLOTACIÓN
YR-1	X: 267.100 Y: 4.618.700	121 c	Cuarcitas, pizarras y esquisitos	Ctra. CN-630. P.k. 113.	Abandonada
YR-2	X: 276.100 Y: 4.634.060	121 c	Cuarcitas, pizarras y esquisitos	Ctra. Estación Villafáfila-Villarín de Campos.	Abandonada
YR-3	X: 271.850 Y: 4.634.900	121 c	Cuarcitas, pizarras y esquisitos	Ctra. de CN-630 a Bretocino.	Abandonada
YR-4	X: 269.200 Y: 4.636.250	122 a	Pizarras y filitas	Ctra. de CN-630 a Bretocino.	Abandonada
YR-5 (*)	X: 264.200 Y: 4.641.800	121 b	Cuarcitas	Cerro Lonjera. Cº desde Ctra. Bretocino a Foramontanos de Tábara.	Sin explotar
YR-6 (*)	X: 265.000 Y: 4.637.900	121 c	Cuarcitas, pizarras y esquisitos	Ctra. de Bretocino a Foramontanos de Tábara.	Sin explotar
YR-7 (*)	X: 263.600 Y: 4.636.800	121 c	Cuarcitas, pizarras y esquisitos	Ctra. de Bretocino a Foramontanos de Tábara.	Sin explotar
YR-8 (*)	X: 267.150 Y: 4.619.200	121 c	Cuarcitas, pizarras y esquisitos	Ctra. CN-630. P.k. 112.	Sin explotar

Los yacimientos reseñados con (*) se recomienda estudiar con mas detalle por su interés potencial.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES Y DE MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

YACIMIENTO	COORDENADAS UTM	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS	ESTADO ACTUAL DE LA EXPLOTACIÓN
YG-9	X: 301.150 Y: 4.595.950	t1	Gravas, bolos y arenas	C-112. P.k. 25,6.	Abierta
YG-10	X: 302.500 Y: 4.595.700	t1	Gravas, bolos y arenas	CC-112.P.k. 25. Camino Urb. El Gejo.	Abierta
YG-11	X: 301.450 Y: 4.594.700	t1	Gravas, bolos y arenas	CC-112.P.k. 25. Camino de la Fuente.	Abandonada
YG-12	X: 302.000 Y: 4.594.900	t1	Gravas, bolos y arenas	CC-112. P.k 24,5.	Abandonada
YG-13	X: 302.600 Y: 4.594.300	t1	Gravas, bolos y arenas	CC-112. P.k 23,4.	Abierta
YG-14	X: 299.800 Y: 4.596.600	t1	Gravas, bolos y arenas	Intersección C-519 y CC-112.	Abierta
YG-15	X: 299.600 Y: 4.595.500	t1	Gravas, bolos y arenas	CC-519. P.k. 4.	Abandonada
YG-16	X: 299.000 Y: 4.596.000	t1	Gravas, bolos y arenas	Ctra. a Valdefinjas. P.k. 30,9.	Abierta
YG-17	X: 298.150 Y: 4.595.250	t1	Gravas, bolos y arenas	Cº desde P.k. 28,8 de la Ctra. de Valdefinjas.	Abierta
YG-18	X: 297.600 Y: 4.595.950	t1	Gravas, bolos y arenas	Cº de tierra desde P.k. 29 de la carretera a Valdefinjas.	Abierta

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES Y DE MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES (CONT.)

YACIMIENTO	COORDENADAS UTM	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS	ESTADO ACTUAL DE LA EXPLOTACIÓN
YG-19	X: 293.900 Y: 4.597.100	T2	Gravas, bolos y arenas	Camino de tierra desde P.k. 22 de la Ctra. A Peleagonzalo.	Abandonada
YG-20	X: 281.100 Y: 4.596.900	t1	Gravas, bolos y arenas	Ctra. entre Villaralbo y Villalazán.	Abierta
YG-21	X: 281.200 Y: 4.596.500	t1	Gravas, bolos y arenas	Ctra. entre Villaralbo y Villalazán.	Abandonada
YG-22	X: 279.300 Y: 4.597.500	t1	Gravas, bolos y arenas	Ctra. entre Villaralbo y Villalazán.	Abandonada
YG-23	X: 280.000 Y: 4.597.400	t1	Gravas, bolos y arenas	Ctra. entre Villaralbo y Villalazán.	Abierta
YG-24	X: 288.600 Y: 4.599.700	312 e	Arenas y gravas	CN-122. P.k. 46,6.	Abandonada
YG-25	X: 288.300 Y: 4.600.400	312 e	Arenas y gravas	Camino desde P.k. 48 de la CN-122.	Abandonada
YG-26	X: 286.900 Y: 4.601.200	t1	Gravas, bolos y arenas	CC-519. P.k. 4.	Abandonada
YG-27	X: 287.000 Y: 4.601.500	312 e	Arenas y gravas	Cº de tierra desde P.k. 73 de la CN-122.	Abandonada
YG-28	X: 284.600 Y: 4.601.200	t1	Gravas, bolos y arenas	CN-122. P.k. 51.	Abierta

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES Y DE MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES (CONT.)

YACIMIENTO	COORDENADAS UTM	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS	ESTADO ACTUAL DE LA EXPLOTACIÓN
YG-29	X: 284.200 Y: 4.598.600	A1	Gravas, bolos y arenas	Pista de tierra desde P.k. 52 de la CN-122.	Abierta
YG-30	X: 287.500 Y: 4.597.700	A1	Gravas, bolos y arenas	Pista desde granja Florencia.	Abierta
YG-31	X: 279.300 Y: 4.598.500	A1	Gravas, bolos y arenas	Pista de tierra desde P.k. 55,2 de la CN-122.	Abierta
YG-32	X: 279.900 Y: 4.599.100	T2	Gravas, bolos y arenas	Pista de tierra desde P.k. 55,2 de la CN-122.	Abierta
YG-33	X: 280.300 Y: 4.600.000	T2	Gravas, bolos y arenas	Pista de tierra desde P.k. 55,2 de la CN-122.	Abierta
YG-34	X: 280.600 Y: 4.600.600	T2	Gravas, bolos y arenas	CN-122. P.k. 55,2.	Abierta
YG-35	X: 280.500 Y: 4.601.000	T2	Gravas, bolos y arenas	CN-122. P.k. 55,2.	Abandonada
YG-36	X: 279.800 Y: 4.600.700	T2	Gravas, bolos y arenas	CN-122. P.k. 56.	Abierta
YG-37	X: 282.300 Y: 4.601.500	T2	Gravas, bolos y arenas	Ctra. a Coreses.	Abandonada
YG-38	X: 280.400 Y: 4.604.000	t1	Gravas, bolos y arenas	Ctra. de Coreses a Molacillos.	Abandonada

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES Y DE MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES (CONT.)

YACIMIENTO	COORDENADAS UTM	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS	ESTADO ACTUAL DE LA EXPLOTACIÓN
YG-39	X: 278.200 Y: 4.602.800	t1	Gravas, bolos y arenas	Pista desde P.k. 4 de la Ctra. de Coreses a Molacillos.	Abandonada
YG-40	X: 277.300 Y: 4.603.800	t1	Gravas, bolos y arenas	Pista desde P.k. 4 de la Ctra. de Coreses a Molacillos.	Abandonada
YG-41	X: 287.500 Y: 4.600.200	312 e	Arenas y gravas	CN-122. P.k. 47,9.	Abierta
YG-42	X: 290.600 Y: 4.600.000	e	Arenas	Pista de Monte de la Reina.	Abandonada
YG-43	X: 291.300 Y: 4.599.900	t1	Gravas, bolos y arenas	Pista de Monte de la Reina.	Abandonada
YG-44	X: 270.150 Y: 4.633.400	311 a	Arenas y gravas	Camino de Granja de Moreruela a ruinas de convento.	Abierta
YG-45	X: 283.700 Y: 4.600.500	T2	Gravas, bolos y arenas	Pista desde P.k. 52 de la CN-122.	Abandonada
YG-46	X: 298.400 Y: 4.595.800	t1	Gravas, bolos y arenas	Camino desde P.k. 30 de la Ctra. a Valdefinjos.	Abandonada
YG-47	X: 288.800 Y: 4.599.900	312 e	Arenas y gravas	Camino de tierra desde P.k. 73 de la CN-122.	Abierta

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

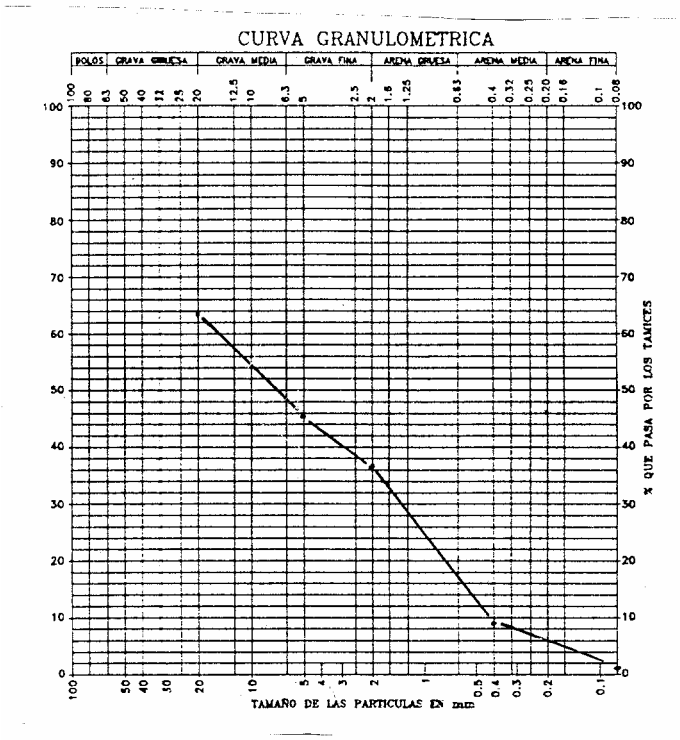
NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

A continuación se muestran los resultados de los ensayos geotécnicos, recopilados de diversos informes de carreteras realizados en el Tramo.

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (A1)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	63.69
5	45.83
2	36.65
0,4	9.24
0,08	1.12

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: -
Límite plástico: -
Indice de plasticidad: N.P.

PROCTOR MODIFICADO
Densidad máxima (t/m^3): 2.19
Humedad óptima (%): 5.24

C.B.R. (Indice al % P.M.): 69
Equivalente de arena (%): 77

CLASIFICACIÓN

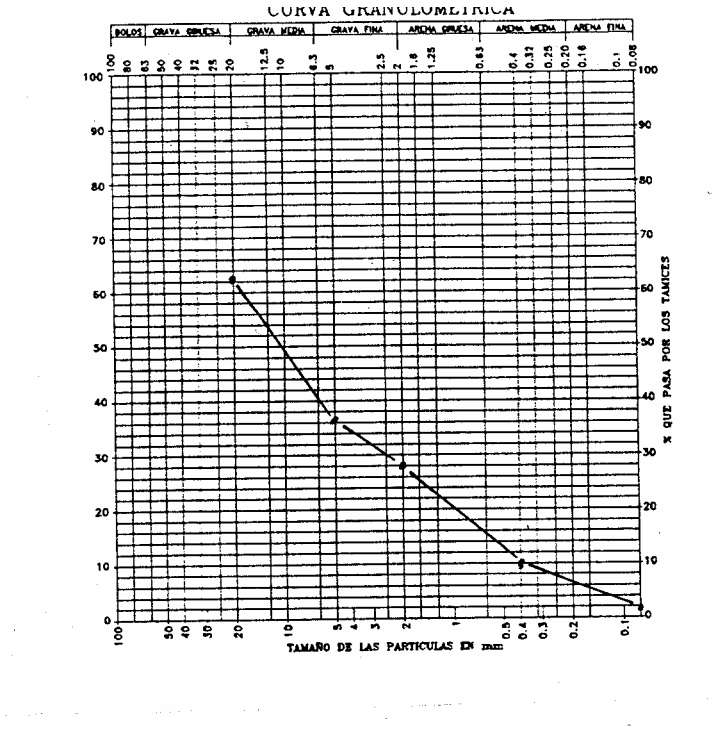
USCM: GP
H.R.B.: A-1-a (0)
PG-4/88: Zahorra natural.
Zahorra artificial (Tamaño > 40 mm)
Hormigón hidráulico
Mezclas bituminosas (capa base)

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (T2)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	62.73
5	36.67
2	28.90
0,4	8.52
0,08	1.80

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: -
Límite plástico: -
Indice de plasticidad: N.P.

PROCTOR MODIFICADO
Densidad máxima (t/m^3): -
Humedad óptima (%): -

C.B.R. (Indice al % P.M.): -

Equivalente de arena (%): 65

CLASIFICACIÓN

USCM: GP
H.R.B.: A-1-a (0)
PG-4/88: Suelo seleccionado (sin ensayo de compactación).

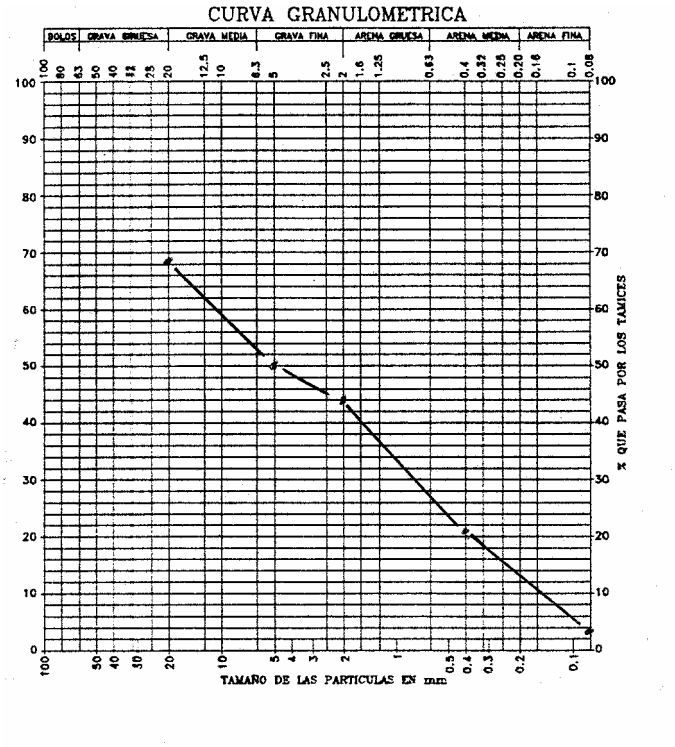
Zahorra natural (sin ensayo de compactación).

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (t1)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	68.67
5	50.92
2	44.06
0,4	21.55
0,08	3.73

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG

Límite líquido:	-
Límite plástico:	-
Indice de plasticidad:	N.P.

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3):	2.23
Humedad óptima (%):	4.70
C.B.R. (Indice al % P.M.):	135.2
Equivalente de arena (%):	59

CLASIFICACIÓN

USCM:	GP
H.R.B.:	A-1-a (0)
PG-4/88:	Zahorra natural

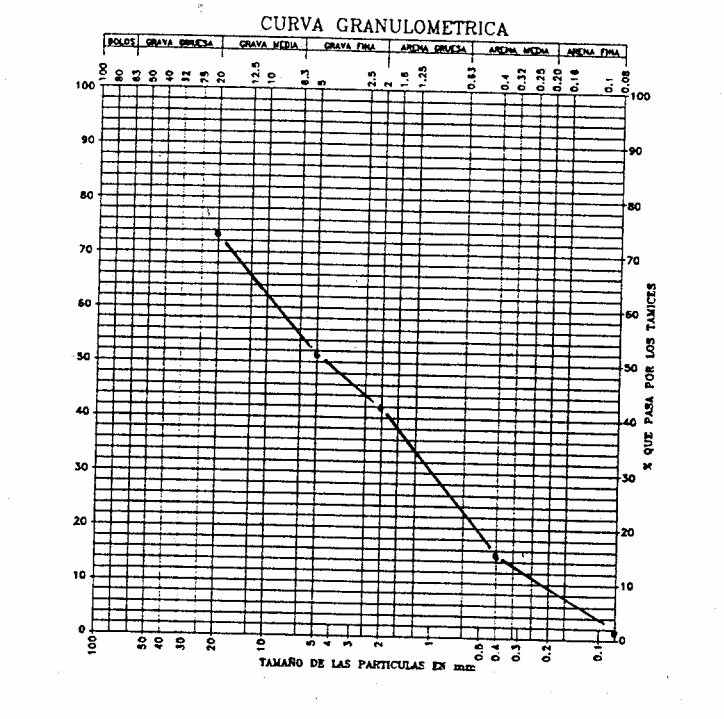
Hormigón hidráulico
Grava cemento

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (t1)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	73.53
5	51.45
2	42.56
0,4	15.24
0,08	1.56

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: -
Límite plástico: -
Indice de plasticidad: N.P.

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): 2.11
Humedad óptima (%): 6.00

C.B.R. (Indice al % P.M.): 66

Equivalente de arena (%): 63

CLASIFICACIÓN

USCM: GP
H.R.B.: A-1-a (0)
PG-4/88: Zahorra natural

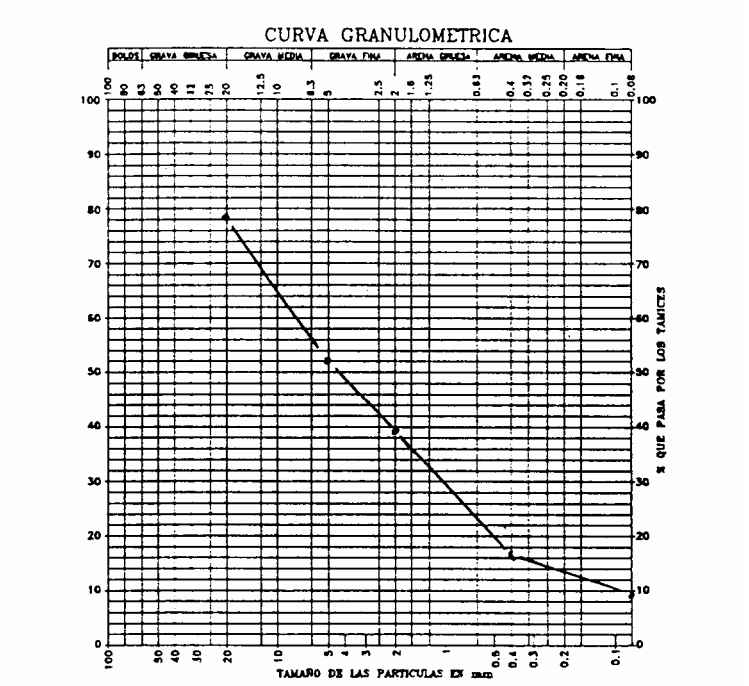
Hormigón hidráulico
Grava cemento

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (t1)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	78.51
5	52.77
2	39.21
0,4	17.84
0,08	9.30

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG

Límite líquido:	-
Límite plástico:	-
Indice de plasticidad:	N.P.

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3):	2.16
Humedad óptima (%):	7.27
C.B.R. (Indice al % P.M.):	27
Equivalente de arena (%):	21

CLASIFICACIÓN

USCM:	GW-GM
H.R.B.:	A-1-a (0)
PG-4/88:	Zahorra natural (lavar muestra)

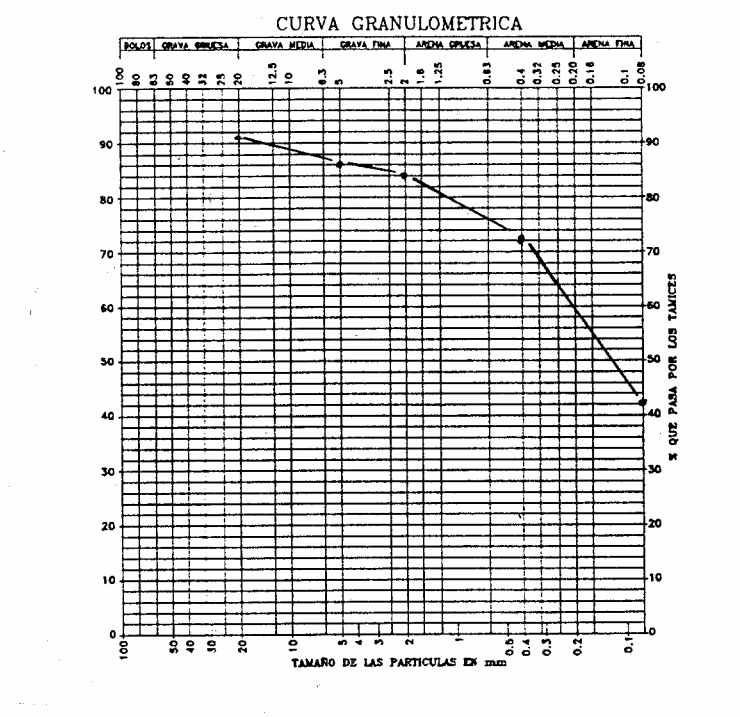
Hormigón hidráulico
Grava cemento

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (A2)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	91.26
5	86.16
2	84.54
0,4	72.08
0,08	42.06

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG

Límite líquido:	23.8
Límite plástico:	13.6
Indice de plasticidad:	10.2

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3):	-
Humedad óptima (%):	-

C.B.R. (Indice al % P.M.):	-
Equivalente de arena (%):	-

CLASIFICACIÓN

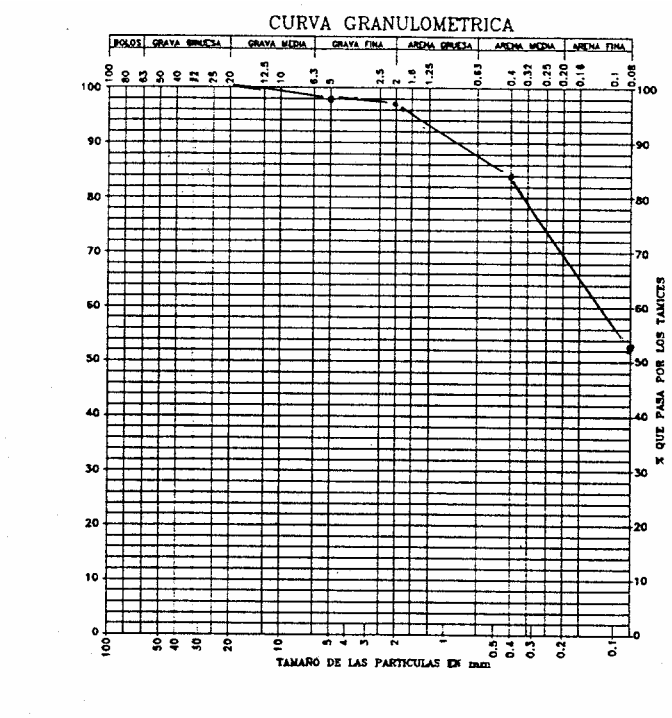
USCM:	SM-SC
H.R.B.:	-
PG-4/88:	Tolerable

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (A2)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	100.00
5	98.60
2	97.60
0,4	84.30
0,08	51.24

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: 25.1
Límite plástico: 14.3
Indice de plasticidad: 10.8

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): -
Humedad óptima (%): -

C.B.R. (Indice al % P.M.): -

Equivalente de arena (%): -

CLASIFICACIÓN

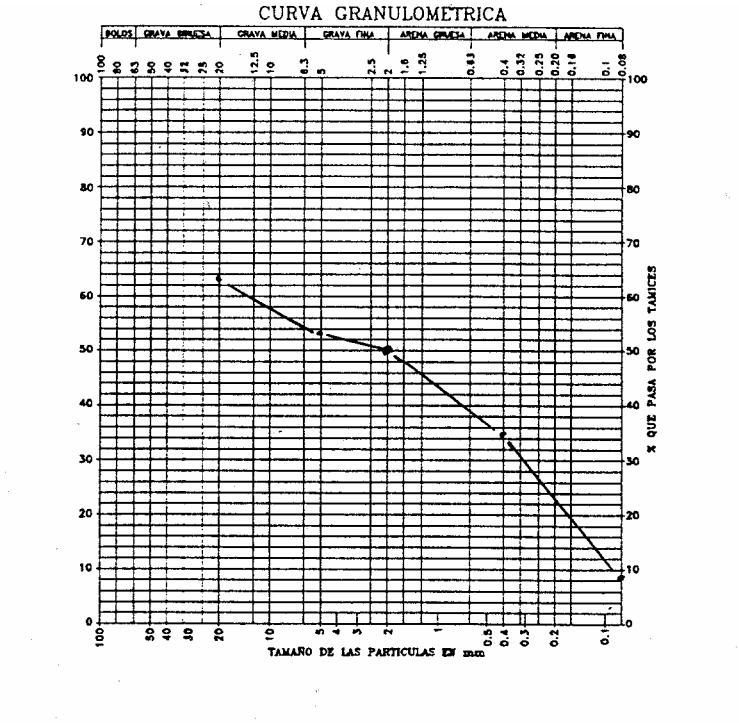
USCM: CL
H.R.B.: -
PG-4/88: Adecuado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (A2)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	63.34
5	53.50
2	50.38
0,4	35.00
0,08	8.70

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: -
Límite plástico: -
Indice de plasticidad: N.P.

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): -
Humedad óptima (%): -

C.B.R. (Indice al % P.M.): -

Equivalente de arena (%): -

CLASIFICACIÓN

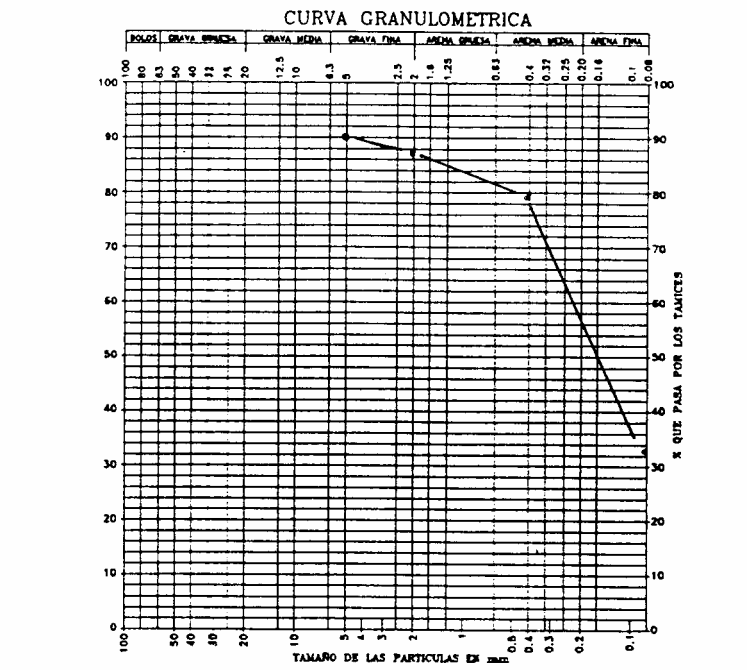
USCM: GW-GM
H.R.B.: -
PG-4/88: Seleccionado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (c)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	100.00
5	90.73
2	87.44
0,4	79.66
0,08	32.98

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: -
Límite plástico: -
Indice de plasticidad: N.P.

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): -
Humedad óptima (%): -

C.B.R. (Indice al % P.M.): -

Equivalente de arena (%): -

CLASIFICACIÓN

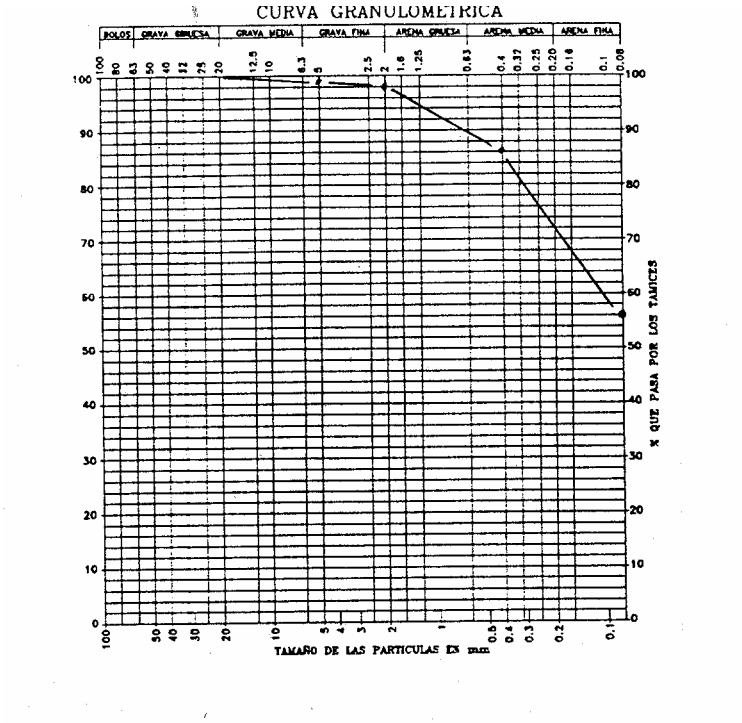
USCM: SW
H.R.B.: a-2-4 (0)
PG-4/88: Tolerable o adecuado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (aa)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	100.00
5	99.06
2	98.62
0,4	86.51
0,08	56.70

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG

Límite líquido:	30.9
Límite plástico:	16.65
Indice de plasticidad:	14.25

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3):	-
Humedad óptima (%):	-

C.B.R. (Indice al % P.M.):	-
Equivalente de arena (%):	-

CLASIFICACIÓN

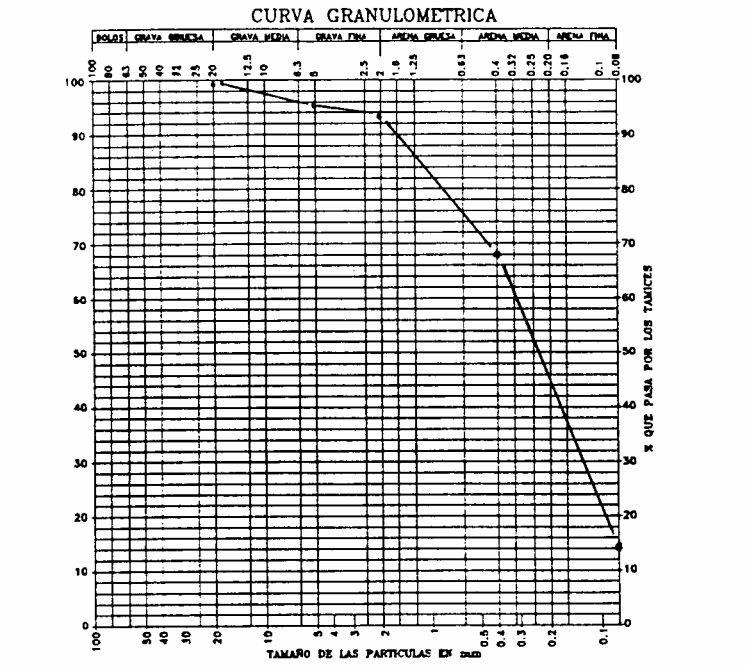
USCM:	CL
H.R.B.:	-
PG-4/88:	Tolerable

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (aa)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	99.00
5	95.25
2	93.66
0,4	68.49
0,08	14.43

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: -
Límite plástico: -
Indice de plasticidad: N.P.

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): -
Humedad óptima (%): -

C.B.R. (Indice al % P.M.): -

Equivalente de arena (%): -

CLASIFICACIÓN

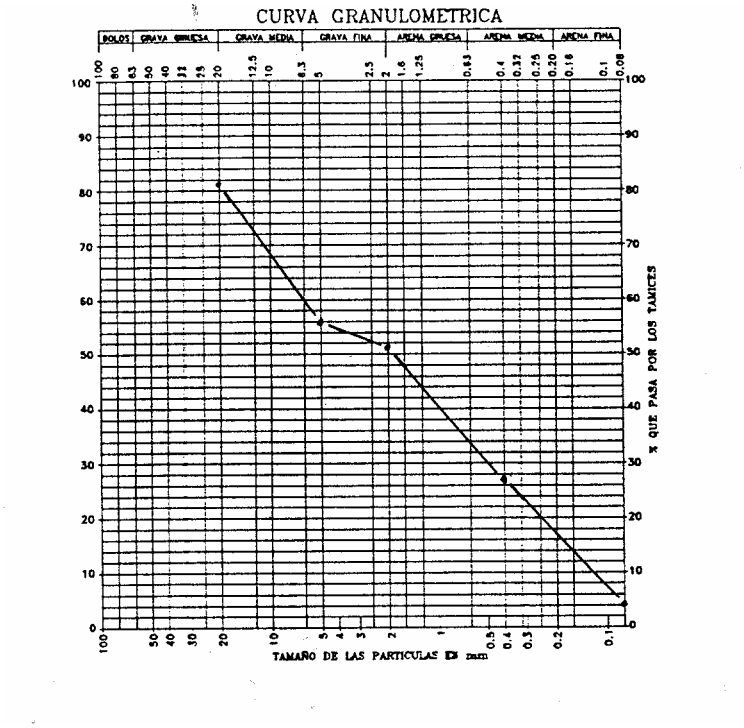
USCM: SM
H.R.B.: -
PG-4/88: Adecuado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (aa)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	81.08
5	56.79
2	51.13
0,4	27.80
0,08	4.58

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG

Límite líquido:	-
Límite plástico:	-
Indice de plasticidad:	N.P.

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3):	2.02
Humedad óptima (%):	5.4

C.B.R. (Indice al % P.M.):	29
Equivalente de arena (%):	-

CLASIFICACIÓN

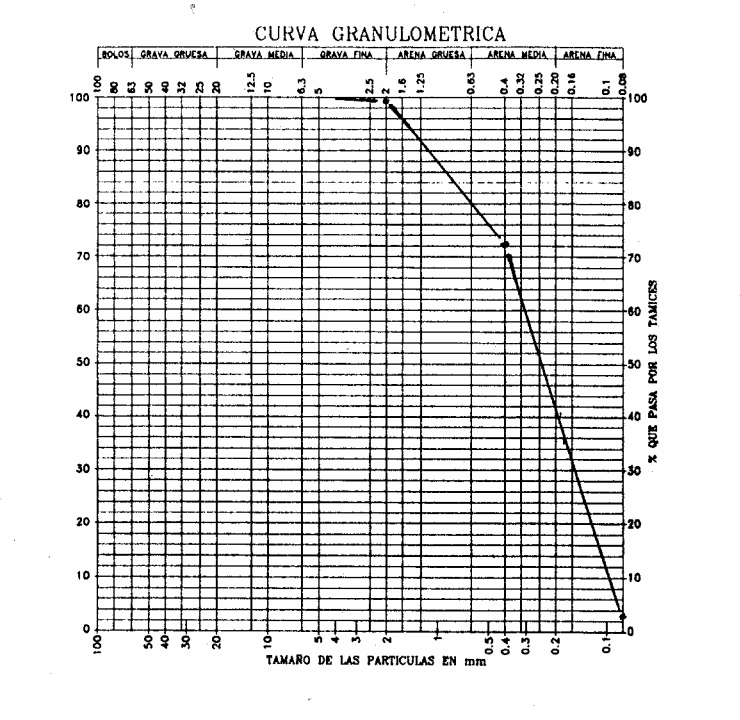
USCM:	SP
H.R.B.:	-
PG-4/88:	Seleccionado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (e)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	100.00
5	100.00
2	99.97
0,4	72.25
0,08	3.43

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: -
Límite plástico: -
Indice de plasticidad: N.P.

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): -
Humedad óptima (%): -

C.B.R. (Indice al % P.M.): -

Equivalente de arena (%): -

CLASIFICACIÓN

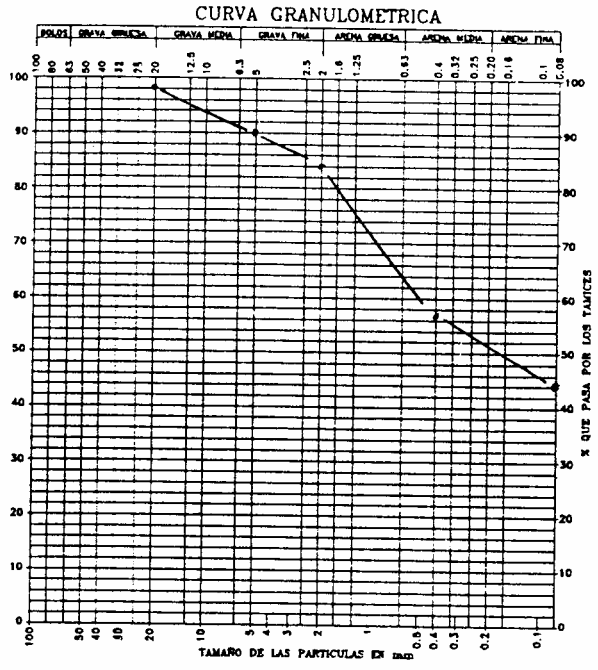
USCM: SM
H.R.B.: -
PG-4/88: Suelo seleccionado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (321 c)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	98.49
5	90.72
2	84.00
0,4	57.92
0,08	44.90

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: 63.7
Límite plástico: -
Indice de plasticidad: -

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): 2.02
Humedad óptima (%): 5.4

C.B.R. (Indice al % P.M.): -

Equivalente de arena (%): -

CLASIFICACIÓN

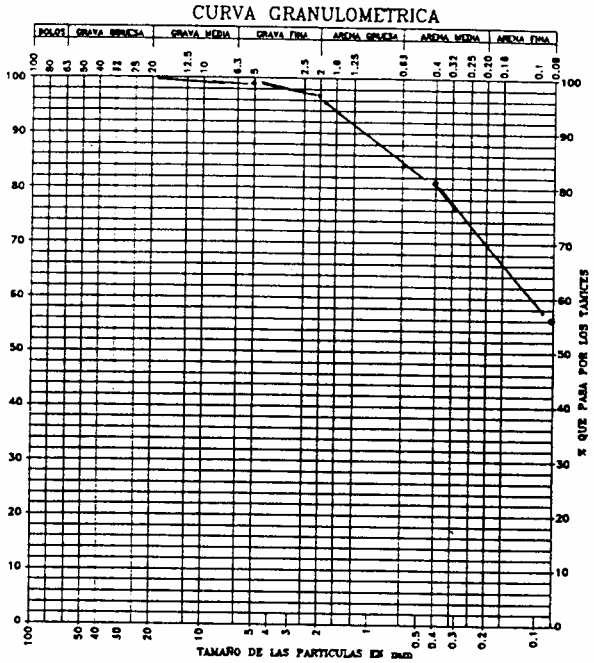
USCM: SC
H.R.B.: -
PG-4/88: Inadecuado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (aa)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	100.00
5	99.49
2	97.58
0,4	81.61
0,08	56.29

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG

Límite líquido:	30.3
Límite plástico:	18.2
Indice de plasticidad:	12.1

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3):	1.79
Humedad óptima (%):	16.02

C.B.R. (Indice al % P.M.):	39
Equivalente de arena (%):	-

CLASIFICACIÓN

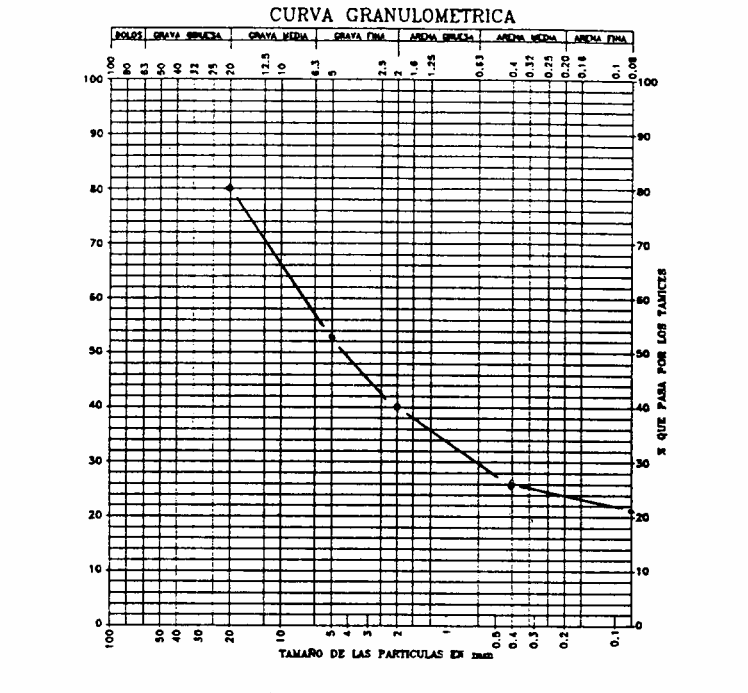
USCM:	CL
H.R.B.:	-
PG-4/88:	Tolerable

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (321 a)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	80.25
5	53.84
2	40.70
0,4	26.75
0,08	21.57

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: 81.1
Límite plástico: 42.7
Indice de plasticidad: 38.4

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): -
Humedad óptima (%): -

C.B.R. (Indice al % P.M.): -

Equivalente de arena (%): -

CLASIFICACIÓN

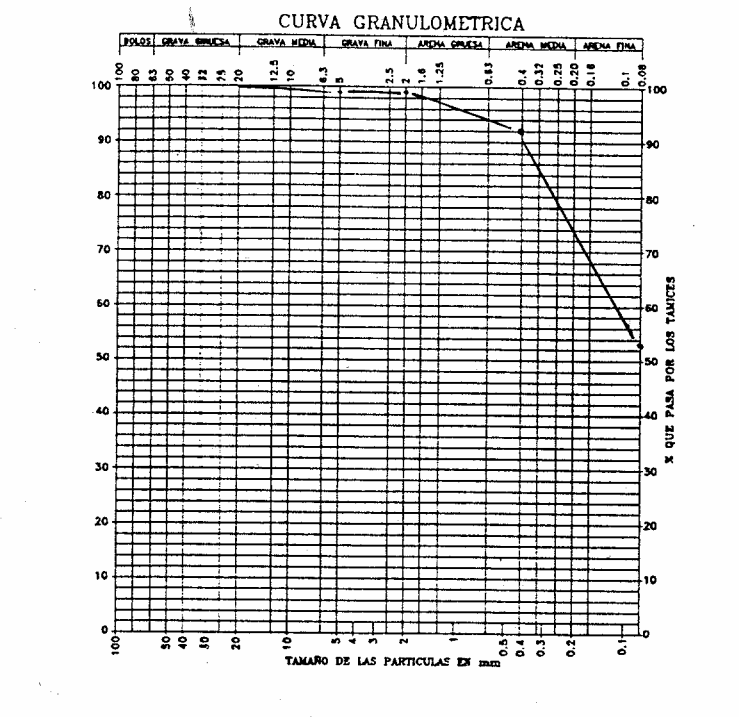
USCM: GC
H.R.B.: -
PG-4/88: Inadecuado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (312 e)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	100.00
5	99.95
2	99.84
0,4	92.15
0,08	53.16

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: 23.1
Límite plástico: 18.2
Indice de plasticidad: 4.9

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): 1.87
Humedad óptima (%): 11.1

C.B.R. (Indice al % P.M.): 6.25

Equivalente de arena (%): -

CLASIFICACIÓN

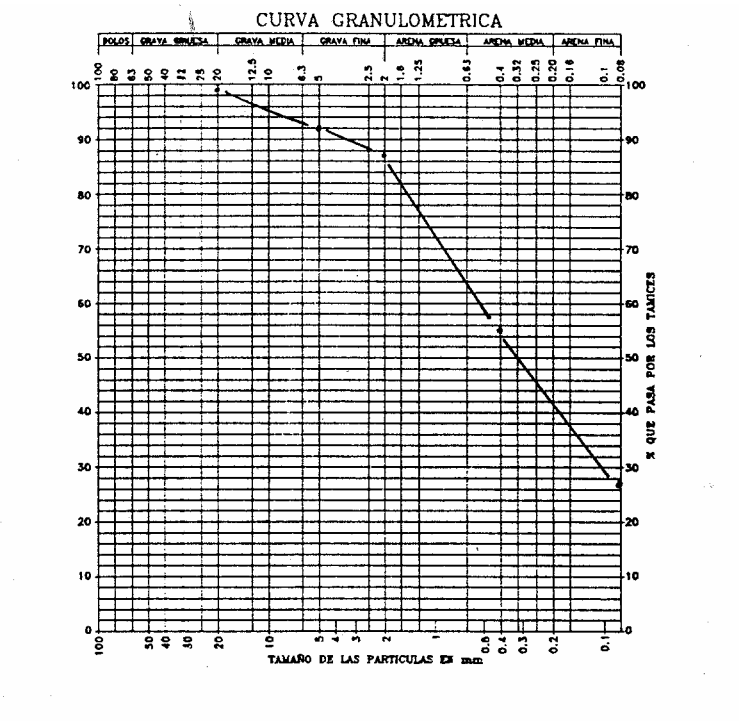
USCM: CL-ML
H.R.B.: -
PG-4/88: Inadecuado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (312 e)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	99.42
5	92.66
2	87.27
0,4	55.85
0,08	27.77

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: -
Límite plástico: -
Indice de plasticidad: N.P.

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): -
Humedad óptima (%): -

C.B.R. (Indice al % P.M.): -

Equivalente de arena (%): -

CLASIFICACIÓN

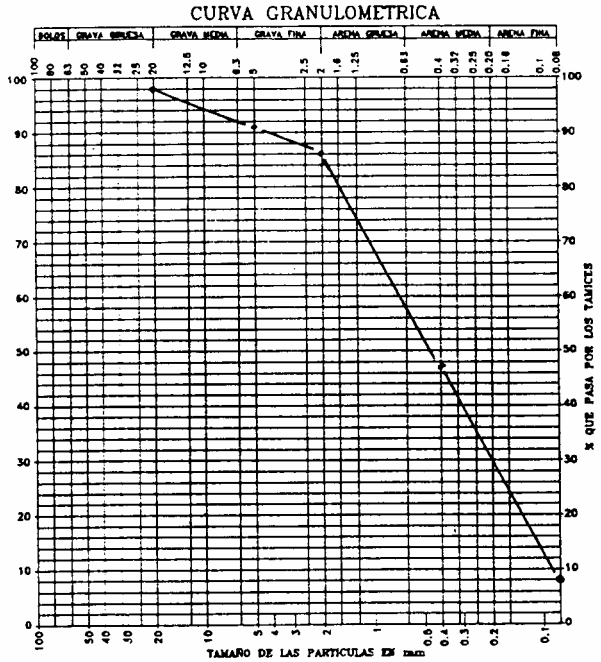
USCM: SM
H.R.B.: -
PG-4/88: Adecuado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (312 e)

Tamices UNE	% Pasa
20	98.54
5	91.45
2	86.63
0,4	47.85
0,08	8.50

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: -
Límite plástico: -
Indice de plasticidad: N.P.

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): -
Humedad óptima (%): -

C.B.R. (Indice al % P.M.): -

Equivalente de arena (%): -

CLASIFICACIÓN

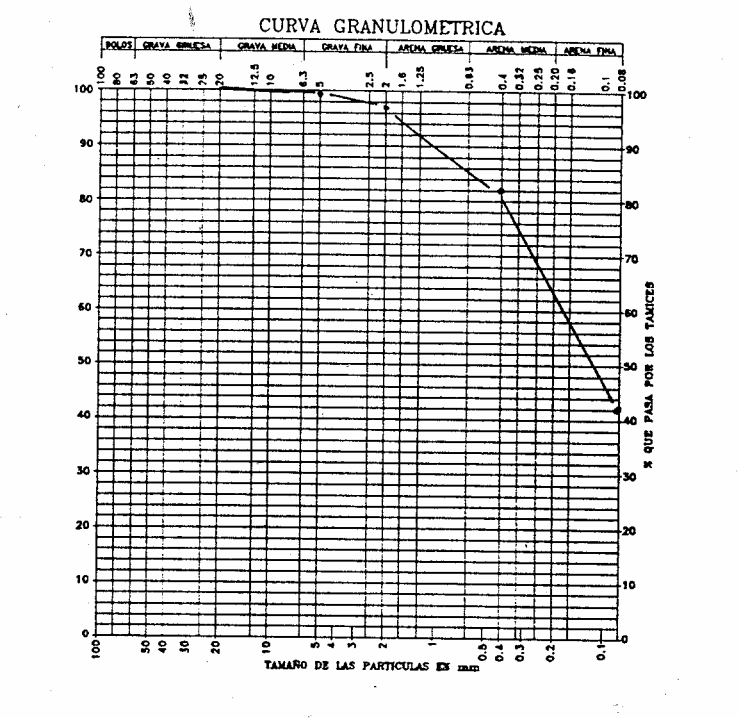
USCM: SM
H.R.B.: -
PG-4/88: Seleccionado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (312 e)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	100.00
5	99.94
2	97.38
0,4	82.99
0,08	42.87

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG
Límite líquido: 26.8
Límite plástico: 16.9
Indice de plasticidad: 9.9

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3): -
Humedad óptima (%): -

C.B.R. (Indice al % P.M.): -

Equivalente de arena (%): -

CLASIFICACIÓN

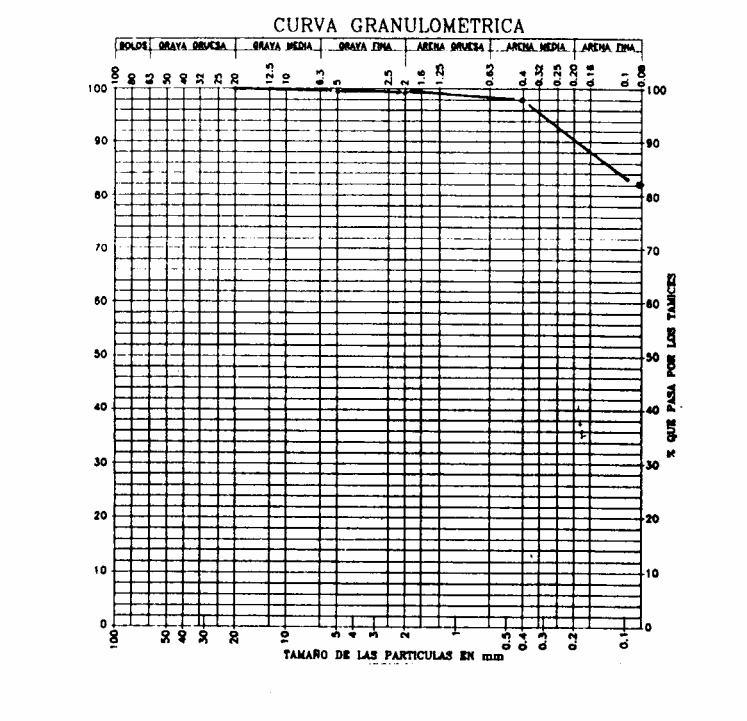
USCM: SC
H.R.B.: -
PG-4/88: Tolerable

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (312 a)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	100.00
5	99.89
2	99.73
0,4	98.09
0,08	82.34

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG	
Límite líquido:	36.4
Límite plástico:	20.6
Indice de plasticidad:	15.8
PROCTOR MODIFICADO	
Densidad máxima (t/m^3):	1.83
Humedad óptima (%):	14

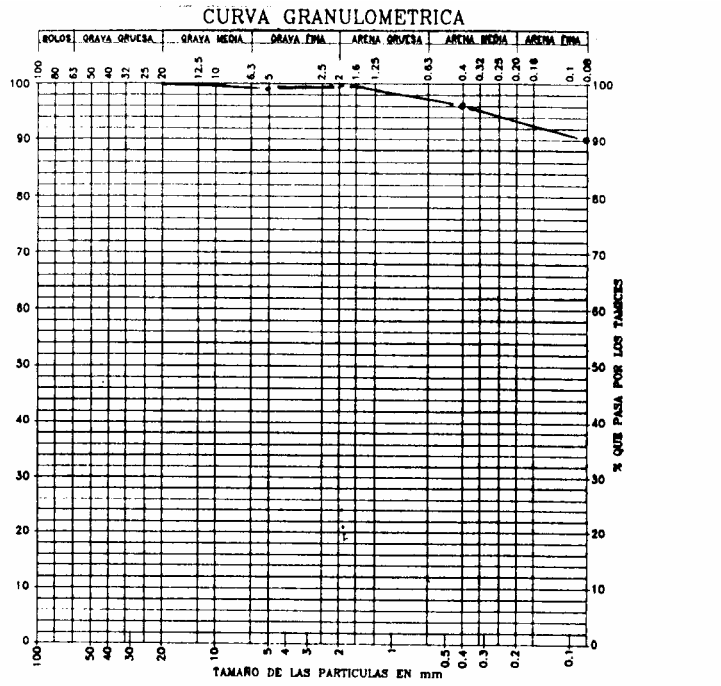
C.B.R. (Indice al % P.M.):	4.4
Equivalente de arena (%):	-
CLASIFICACIÓN	
USCM:	CL
H.R.B.:	-
PG-4/88:	Inadecuado

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (312 a)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	100.00
5	99.89
2	99.74
0,4	96.68
0,08	90.36

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG

Límite líquido:	32.3
Límite plástico:	19.6
Indice de plasticidad:	12.7

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3):	1.82
Humedad óptima (%):	15.39

C.B.R. (Indice al % P.M.):	4.14
Equivalente de arena (%):	-

CLASIFICACIÓN

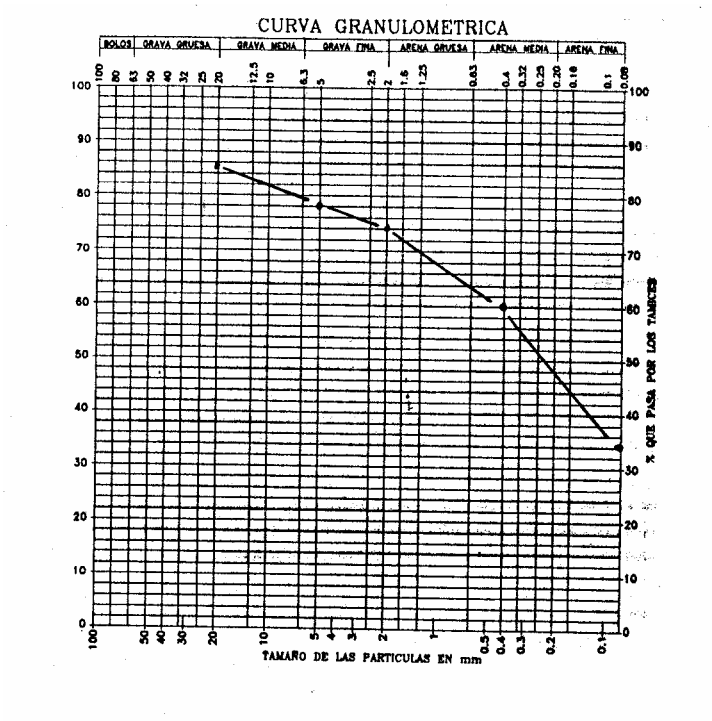
USCM:	CL
H.R.B.:	-
PG-4/88:	Tolerable

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

ENSAYO DE LOS MATERIALES DEL GRUPO (312 a)

Granulometría	
Tamices UNE	**% Pasa**
20	85.8
5	78.7
2	74.2
0,4	60.9
0,08	34.8

REPRESENTACIÓN GRAFICA



LIMITES DE ATTERBERG

Límite líquido:	23.4
Límite plástico:	15.0
Indice de plasticidad:	8.5

PROCTOR MODIFICADO

Densidad máxima (t/m^3):	1.82
Humedad óptima (%):	15.39
C.B.R. (Indice al % P.M.):	4.14
Equivalente de arena (%):	-

CLASIFICACIÓN

USCM:	SC
H.R.B.:	-
PG-4/88:	Adecuado

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AERO SERVICE, L. T. D. (1967).- "Mapa geológico de la Cuenca del Duero a escala 1:200.000". Instituto Agronómico Nacional de Colonización e IGME.

- ARRIBAS, A., y JIMENEZ, E. (1967).- "Mapa geológico de la provincia de Zamora a escala 1:400.000". Mapa Agronómico Nac. Provincial en los suelos de Zamora, pp. 8-29.

- (1970).- "Mapa geológico de España a escala 1:200.000. Síntesis de la cartografía ya existente. Hoja 29, Valladolid". IGME, Madrid.

- CORRONCHANO, A y QUIROGA, J.L. (1974).- "La discordancia Paleozoica Terciaria al SW de Zamora". Estv. Geol., vol VII, pp. 123-130.

- I.T.G.E. (1982).- Mapa geológico de España a escala 1:50.000. 2ª Serie. Hoja nº308. Villafáfila.

- I.T.G.E. (1981).- Mapa geológico de España a escala 1:50.000. 2ª Serie. Hoja nº340. Manganeses de la Lampreana.

- I.T.G.E. (1980).- Mapa geológico de España a escala 1:50.000. 2ª Serie. Hoja nº370. Toro.

- I.T.G.E. (1980).- Mapa geológico de España a escala 1:50.000. 2ª Serie. Hoja nº397. Zamora.

- I.T.G.E. (1981).- Mapa geológico de España a escala 1:50.000. 2ª Serie. Hoja nº398. Castronuño.

- JUBILAR, J.M. RIOS, (1983).- Geología de España. Tomo I-II.

- M.O.P.U. (1989).- "Terraplenes y pedraplenes". Area de Tecnología, de la Dirección General de Carreteras.

- QUIROGA, J.L. (1976).- "Bosquejo Geológico de los alrededores de Zamora". Stv. Geol., vol. X, 97-102.

- SOLE SABARIS, L. (1958).- "Observaciones sobre la edad de la plenillanura fundamental de la meseta española en el sector de Zamora". Brev. Gol. Ast., año II, núm. 1-2, pp. 3-8. Oviedo.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO

(1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350

** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

* NEOGENO 2

2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense

1** MIOCENO

- Superior — Messinense; Tortoniense — Pontiense — Pantiense s.str.; Vallesense
- Medio — Serravallense; Langhiense — Helvetiense — Vindoboniense
- Inferior — Burdigaliense; Aquitaniense

* PALEOGENO 1

3** OLIGOCENO — Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense

2** EOCENO

- Superior — Priaboniense=Ludense=Bartonense
- Medio — Biarritzense; Luteciense
- Inferior — Cuisiense; Ilerdiense - Ypresiense, Sparnaciense

1** PALEOCENO — Thanetiense; Montiense; Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

* CRETÁCICO 3

2** SUPERIOR — Maestrinchtiense; Campaniense; Santoniense; Coniaciense (2); Turonense; Cenomanense — Senonense

1** INFERIOR — Albense; Aptense; Barremiense — Facies Urgoniense; Hauteriviense; Valagieniense; ? Berriasiense=Wealdense — Neocomiense (marino) / Facies Wealdense (continental)

* JURÁSICO 2

3** MALM — Superior — Portlandiense=Tithonico; Kimmeridgiense; Oxfordiense

2** DOGGER — Medio — Calloviense; Bathoniense; Bajociense; Aaleniense

1** LIAS — Inferior — Toarciense; Pliensbachiense; Sinamuriense; Hettangiense

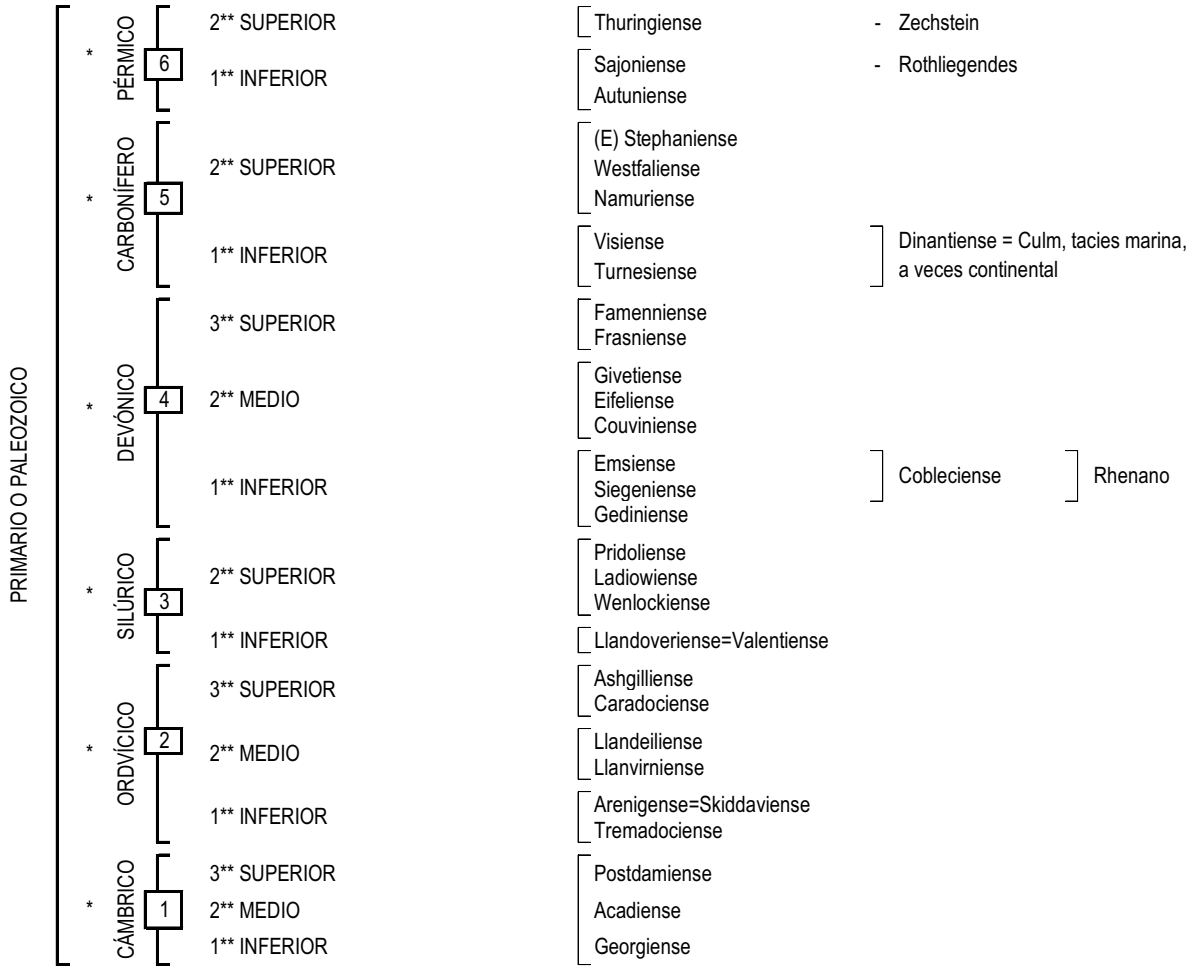
* TRIÁSICO 1

3** SUPERIOR — Retiense; Noriense; Carniense — Keuper

2** MEDIO — Ladiniense; Anisiense=Virglonense — Muschelkalk

1** INFERIOR — Werfeniense — Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabiliad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc), así como algunos ensayos obtenidos en diversos informes realizados a lo largo del Tramo y sus alrededores. Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabiliad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

b) Se consideran de ripabiliad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

c) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2-3 kg/cm^2) produce asientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos de estabilidad de los taludes, asignados a los distintos materiales del Tramo, un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65°) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10°).

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico,

pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

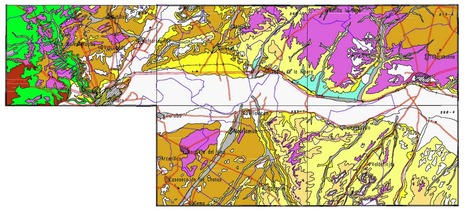
Drenaje

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

8. PLANOS

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

Zonas con niveles freáticos o escasa profundidad y problemas derivados de la dinámica fluvial. Capacidad de carga baja-media y asientos previsibles medios-altos. Constituyen excelentes yacimientos granulares.

Terrenos inundables en épocas de avenidas y niveles freáticos o escasa profundidad. Drenaje superficial deficiente. Capacidad de carga baja y asientos altos. Suelos clasificados como tolerables y seleccionados.

Depósitos de gravedad con un buen drenaje superficial y una permeabilidad que varía de baja a alta. La capacidad de carga es baja y los asientos elevados. Cuando la matriz es arenosa dan suelos tolerables o seleccionados.

Suelos detríticos con una permeabilidad baja y un drenaje superficial deficiente. La capacidad portante es baja y los asientos previsibles elevados. Se estima que estos suelos pueden ser tolerables.

Terrenos con una permeabilidad media-alta y drenaje superficial por percolación. Capacidad de carga y asientos de tipo medio. Presencia de oquedades en su base. Constituyen buenos yacimientos de coberas naturales.

Terrenos mal drenados y con una permeabilidad que oscila de baja a media. Localmente posibilidad de que existan oquedades en su base. Erosionables en zonas de pendientes pronunciadas. Capacidad de carga baja y asientos elevados. Plasticidad alta. Suelos inadecuados.

Materiales calcáreos con problemas puntuales de karstificación (riesgo de hundimientos). Posibilidad de niveles freáticos colgados y problemas locales de escorrentía superficial. Capacidad de carga media-alta. Asientos previsibles medios. En superficies alteradas o arcillas de descalcificación, donde la capacidad disminuye y aumentan los asientos.

Terrenos poco permeables y con problemas locales de erosión/arroyamiento. Materiales rígidos, alterables y erosionables. La capacidad de carga es baja-media y los asientos medios-altos. Son suelos clasificados como inadecuados, tolerables y seleccionados.

Materiales que constituyen acuíferos multicapas, con niveles freáticos colgados. Escorrentía superficial muy activa a favor de la topografía. Riqueza de agua muy variable, desde niveles excepcionales hasta posiblemente estériles. Riesgo de caída de bloques en los taludes por erosión diferencial.

Formaciones rígidas y erosionables en áreas de pendientes pronunciadas. Permeabilidad y drenaje superficial muy variable. Capacidad de carga y asientos moderados, excepto en los niveles superficiales alterados, donde estos parámetros pueden tomar valores más desfavorables. Suelos heterogéneos clasificados desde inadecuados hasta seleccionados.

Terrenos poco permeables pero con una escorrentía superficial activa. Rígidos y alterables fácilmente. Capacidad portante y asientos moderados en estado sano. En los cejos superficiales alterados la capacidad de carga es baja y los asientos elevados.

Materiales muy erosionables y rígidos por medios mecánicos normales. Permeabilidad y drenaje superficial de tipo medio. Capacidad portante baja-media y asientos moderados. Se estima que pueden ser suelos tolerables o adecuados.

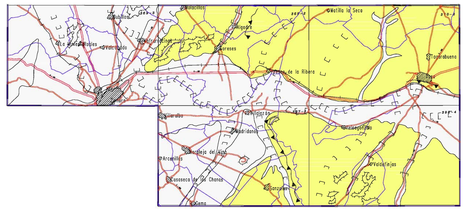
Terrenos con una permeabilidad baja por fisuración, escorrentía superficial activa y problemas de inestabilidad. Capacidad portante alta. Materiales utilizados como préstamos, excepto el grupo 121c. La estabilidad de los taludes depende en cada caso de la disposición estructural (dirección y buzamiento) de los planos de discontinuidades.

Terrenos rígidos y con una capacidad de carga alta, excepto en las montañas de alteración, donde pueden producirse asientos de consideración. Permeabilidad baja por fisuración. Los taludes tienen que diseñarse en función de las discontinuidades del macizo rocoso.

Materiales excavables por medios mecánicos dúctiles a la alteración (en litosas que presentan. Permeabilidad baja. Supervisor de agua en el contacto con los materiales suprayacentes. Capacidad de carga media y asientos de bajos a moderados. Se estima que pueden ser suelos adecuados.

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

Zona metamórfica de morfología accidentada

Zona de morfología moderadamente accidentada

Zona de morfología llana y suavemente alomada

Zona llana asociada a la red fluvial principal

SIMBOLOS

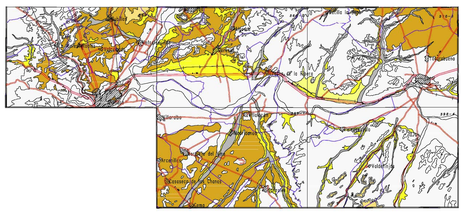
Valle de fondo plano

Cerro testigo

Escarpe

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

Aluvial grueso. Gravas, bolos y arenas.

Aluvial fino. Arenas arcillas y gravas.

Coluvión. Cantos y bloques metamórficos con matriz arenosa o arcillosa.

Aluvio-coluvial, cono de deyección y abanico aluvial. Arcillas limosas, limos arcillosos, arcillas y arenas, con cantos y gravas poligénicas dispersos.

Arenas mal graduadas. Suelos no cohesivos.

Terrazas. Gravas y bolos cuarcíticos trabados por una matriz arenosa, con lentejones de arenas gruesas arcillosas. Recubrimientos puntuales de limos-arenosos.

Gravas, bolos y arenas con matriz arcillosa de alta plasticidad.

Arcillas de descalcificación con cantos calcáreos y limos margosos. Suelos cohesivos. Recubre parcialmente a la formación subyacente.

Eluvial constituido por arcillas y limos arenosos. Suelos cohesivos. Recubre parcialmente a la formación subyacente

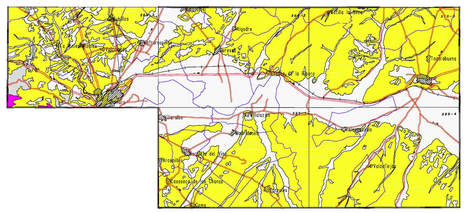
Eluvial formado por limos, arcillas y arenas con gravas dispersa. Cohesividad muy variable. Recubre parcialmente a la formación subyacente.

Eluvial compuesto por cantos y bloques de cuarcita fundamentalmente, con matriz arena-arcillosa. Recubre parcialmente a la formación subyacente.

Eluvial constituido por lajas, cantos y bloques de pizarra, esquistos y filitas mayoritariamente, trabados por una matriz arcillo-arenosa. Recubre parcialmente a la formación subyacente

ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

CUATERNARIO

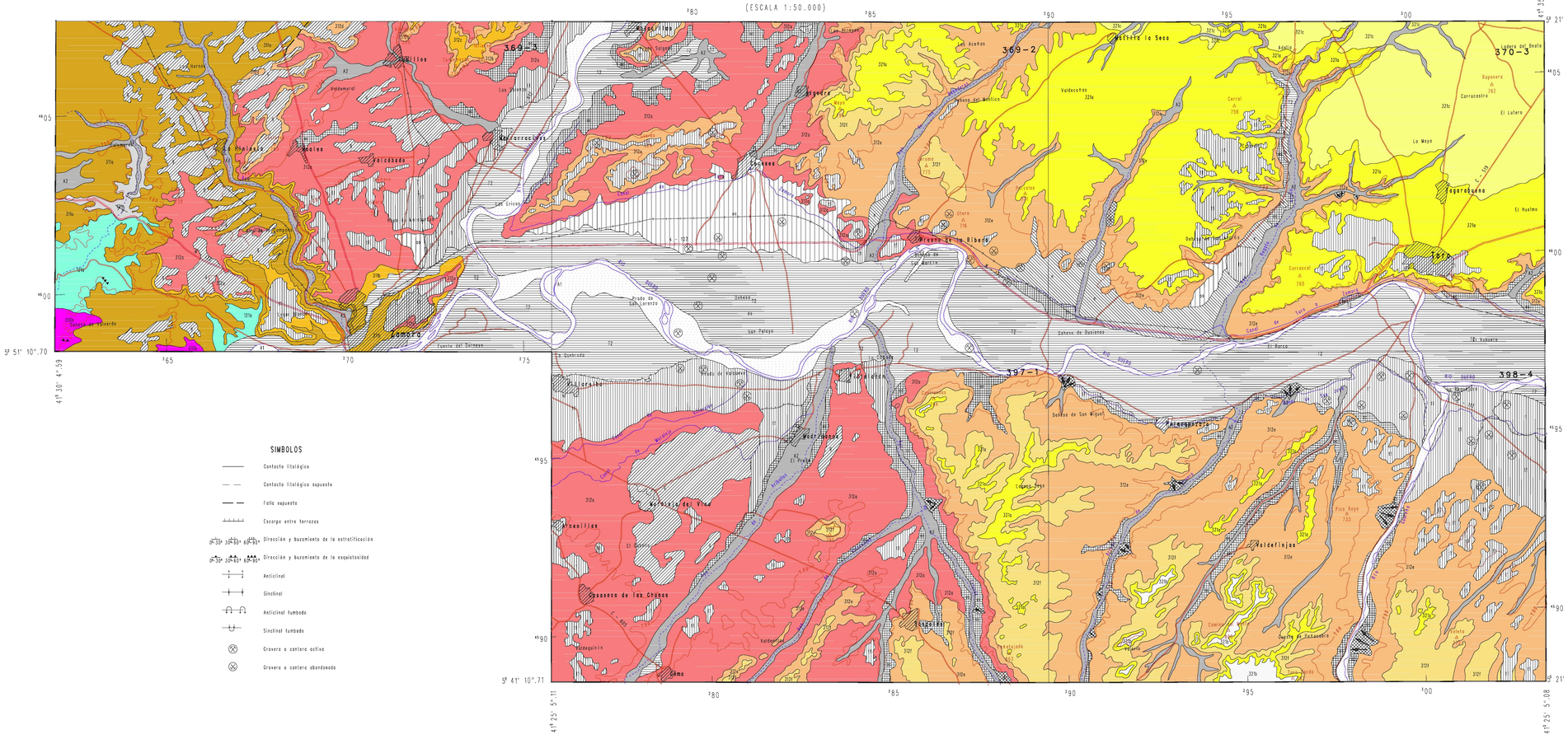
TERCIARIO

ORDOVICICO

PRECAMBRICO

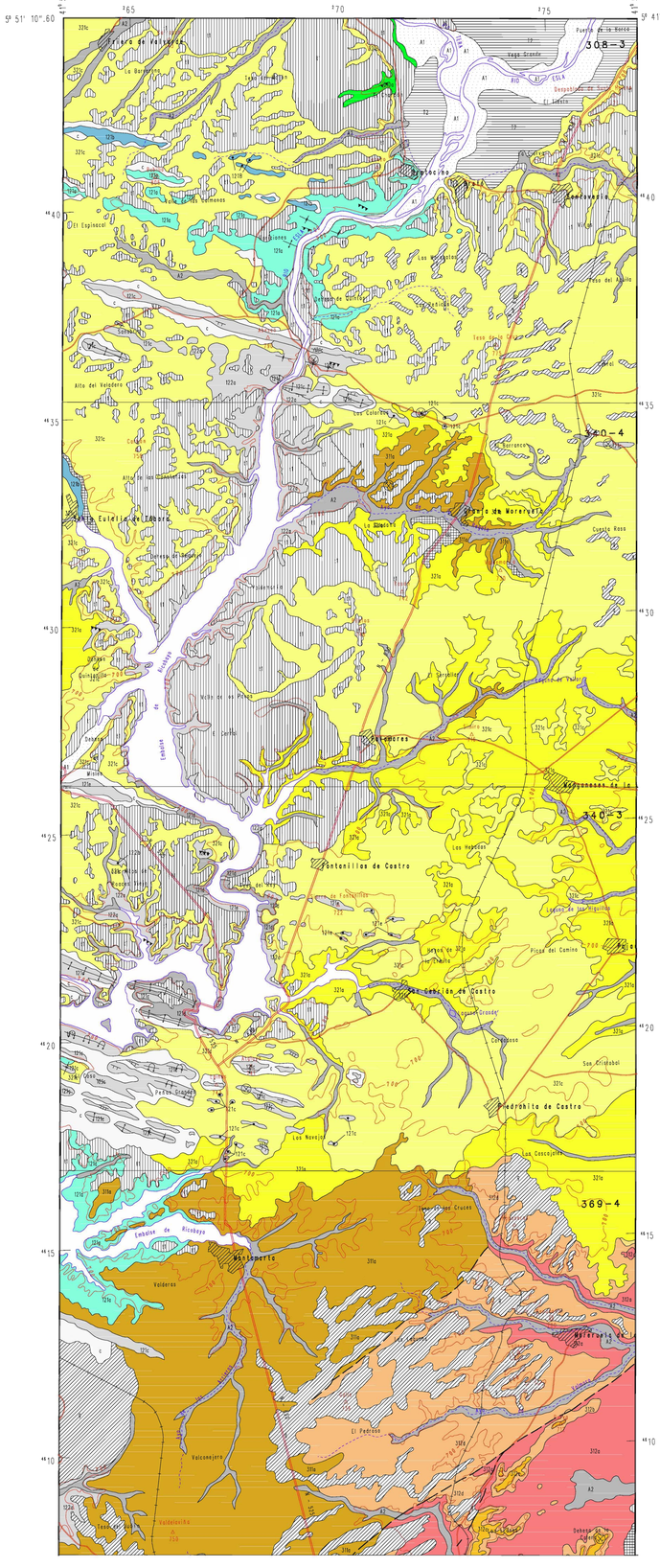
MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


369-3
369-2
370-3
397-1
398-4
Villalba la Seca
Tordesillas
Pedrosillos el Bajo
Pedrosillos el Alto
Valdemoral
Las Eras
Las Lomas
Las Erices
Las Acacias
Las Acacias
Las Acacias

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


5º 51' 10".60
41º 55' 4".57
5º 41' 10".61
41º 55' 4".99
308-3
320-4
340-3
369-4
Puerta de la Roca
Vega Grande
Depósito de Arcillas
Cementerio
Cerro Redondo
Los Arenales
Los Escalones
Tesa Cruz Cruces
Cuesta Rosa
Cerro Redondo
Los Cotos
Barranco
Cuesta de las Cruces
Cuesta de la Horca
Cuesta de la Horca
Cuesta de la Horca



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Tordesillas-Zamora

Tramo: Zamora-Salamanca



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

97-04

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Tordesillas-Zamora

Tramo: Zamora-Salamanca

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCION 4
2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGIA 7
2.2. TOPOGRAFIA 9
2.3. GEOMORFOLOGIA 9
2.4. ESTRATIGRAFIA 13
2.5. TECTONICA 15
2.6. SISMICIDAD 18

3. ESTUDIO DE ZONAS 20

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 20
3.2. ZONA 1: RELIEVE LLANO Y ALOMADO 20

3.2.1. Geomorfología 23
3.2.2. Tectónica 26
3.2.3. Columna estratigráfica 26
3.2.4. Grupos litológicos 28
3.2.5. Grupos geotécnicos 63
3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona. 65

3.3. ZONA 2: RELIEVE MONTUOSO 66

3.3.1. Geomorfología 66
3.3.2. Tectónica 70
3.3.3. Columna estratigráfica 73
3.3.4. Grupos litológicos 73
3.3.5. Grupos geotécnicos 85
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona. 87

ÍNDICE (cont.)

Pág.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 88

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS 88
4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS 88
4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS 89
4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 92

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS 97

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 97
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS 97
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES 98
5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES 98
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE 100

6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA 108
7. ANEJOS 109

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 110
7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 114

1. INTRODUCCION

El objeto del Estudio Previo de Terrenos es exponer las características más sobresalientes desde los puntos de vista litológico, estructural y geotécnico, de un área determinada, que pueden incidir sobre una obra de carácter lineal, como es el caso de una carretera.

El Tramo Zamora-Salamanca ocupa una extensión aproximada de 1274 km^2 y se ubica íntegramente en la Comunidad Autónoma de Castilla-León, entre las provincias de Zamora y Salamanca. La Figura 1.1 corresponde al esquema de situación del Tramo.

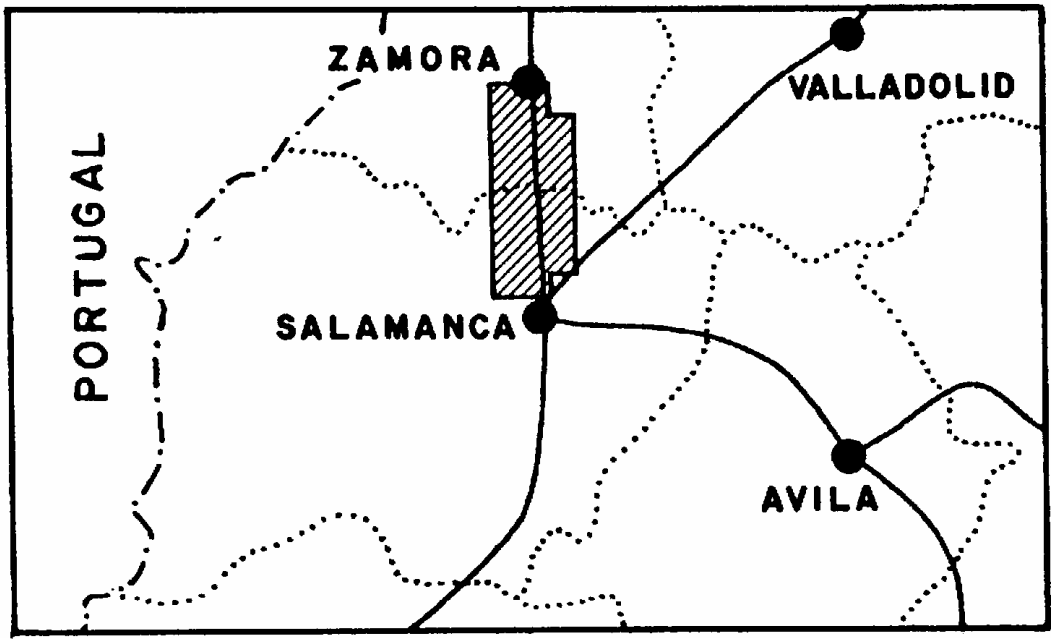


Fig.1.1. Esquema de situación del Tramo

El área estudiada comprende las siguientes Hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional, a escala 1:50.000.

Nº	Hoja	Cuadrantes
397	Zamora	2, 3 y 4
425	Villamor de los Escuderos	1, 2, 3 y 4
452	La Vellés	1, 3 y 4

La ejecución del estudio ha precisado del desarrollo de las siguientes fases:

- Recopilación y análisis de la bibliografía existente, tanto geológica como geotécnica, del tramo de estudio o de áreas próximas.

- Estudio fotogeológico sobre fotogramas aéreos a escala aproximada 1:33.000 (vuelo americano), del área de estudio.

- Comprobación del estudio fotogeológico, corrección del mismo y toma de datos en el campo.

Lógicamente estas fases se han desarrollado paralelamente en el tiempo, solapándose entre sí.

Dadas las características del estudio, se ha procurado tratar más intensamente aquellos aspectos que pueden incidir sobre la problemática propia de las obras públicas de carácter lineal. Igualmente han sido abordados de forma sucinta otros temas que no afectan de forma global a la problemática tratada, dadas las limitaciones de tiempo y el objeto propio del estudio.

Los resultados finales, obtenidos de la ejecución del estudio, han quedado plasmados en la presente Memoria y en los Planos.

Esta Memoria aparece dividida en una serie de capítulos que se describen a continuación:

- Capítulo 1: Introducción.

- Capítulo 2: Recoge las características generales del tramo estudiado.

- Capítulo 3: Se realiza una división del tramo en Zonas de estudio y un análisis pormenorizado, desde los puntos de vista geológico-geotécnico, de las mismas.

- Capítulo 4: En base a los problemas topográficos, geomorfológicos y geotécnicos reconocidos en el tramo, se sugieren aquellos corredores que parecen reunir mejores condiciones para la construcción de vías de comunicación.

- Capítulo 5: Se indican los yacimientos de roca, granulares y de materiales de préstamos, que han sido recopilados durante la ejecución del estudio.

- Capítulo 6: Recoge la bibliografía consultada.

- Capítulo 7: Recoge, mediante dos Anejos, la simbología utilizada en las columnas estratigráficas, y los criterios utilizados en las descripciones geotécnicas.

Cada uno de los Planos que acompañan a esta Memoria consta de un mapa litológico-estructural a escala 1:50.000, y cuatro esquemas complementarios a escala 1:200.000, denominados: Geológico, Geomorfológico, Geotécnico, y de Suelos y Formaciones de Pequeño Espesor.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Francisco Carmona Guillén
Licenciado en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. José Luís Antón Vicente
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Antonio Moral Vacas
Geólogo

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGIA

Con el fin de estudiar las características climáticas generales del Tramo Zamora-Salamanca se han consultado dos estaciones meteorológicas que pertenecen a la red del Instituto Nacional de Meteorología. Se trata de las estaciones meteorológicas de Zamora (Observatorio) y Salamanca (Aeropuerto - fuera del Tramo). Estas estaciones han sido elegidas porque son las únicas que cuentan con un registro lo suficientemente continuo para establecer medidas estadísticas representativas. Con las observaciones de estas estaciones, que abarcan un período de 1909 a 1995, se ha elaborado un Cuadro-Resumen que recoge, en conjunto, las características termo-pluviométricas del Tramo (Figura 2.1).

Según los datos aportados por dichas estaciones meteorológicas, el Tramo Zamora-Salamanca tiene una pluviometría media anual de 353,0 mm, cantidad bastante inferior a la media nacional. Estas precipitaciones se producen en un promedio de 105,9 días lluviosos anuales. Durante el año hay un período de precipitaciones relativamente abundantes entre Septiembre y Junio, con unos máximos en los meses de Octubre, Diciembre, Enero y Mayo; y otro de precipitaciones escasas correspondiente a los meses de Julio y Agosto.

Las precipitaciones en forma de nieve, se producen a lo largo del año en un promedio de 6,6 días, llegando a cubrir el suelo únicamente en 3,8 jornadas.

Las tormentas se producen en un promedio de 12,6 días al año, habiéndose registrado granizo en una media de 3,1. Estas tormentas se producen sobre todo durante el período estival, comprendido entre los meses de Junio y Septiembre. El valor más alto aparece en el mes de Junio.

Las nieblas, abundantes, aparecen en un promedio anual de 27,8 días y se forman especialmente entre los meses de Octubre y Febrero.

El rocío y la escarcha se dan durante 16,6 y 28,8 días, respectivamente, y se reparten de una forma más abundante entre los meses Octubre a Marzo.

Las temperaturas tienen un mínimo invernal en Febrero, con un valor extremo -14,9º C, y un máximo estival, en Julio, de 39,5º C. Sin embargo, el mes más frío corresponde a Enero, que tiene un promedio de temperaturas mínimas de 0º C y una media de máximas de 8o. El mes más caluroso es Julio. Tiene una temperatura mínima media de 13,3º C y una máxima promedio de 29,5º C.

PRECIPITACION EN mm				Nº DE DIAS DE								TEMPERATURA (º C)						
MES	MEDIA	MAXIMA	MAXIMA EN 24 HORAS	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMEN-TA	NIEBLA	ROCIO	ESCAR-CHA	NIEVE EN EL EL SUELO	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
												MAXIMA	MINIMA	EXTREMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	MENSUAL
ENERO	34,6	132,2	37,7	10,7	1,6	0,2	0,1	5,1	0,7	8,0	1,2	17,2	-13,2	30,4	8,0	8,0	0,0	4,0
FEBRERO	31,8	110,8	31,6	10,0	1,7	0,3	0,3	3,1	1,2	5,2	1,1	22,3	-14,9	37,2	9,7	10,5	0,8	5,7
MARZO	27,0	97,0	24,4	10,0	1,2	0,4	0,2	1,8	2,3	3,1	0,6	26,1	-7,4	33,4	11,4	13,6	2,2	8,0
ABRIL	32,4	86,4	32,2	11,3	0,4	0,7	1,0	1,2	1,7	0,8	0,0	28,9	-4,8	33,7	12,0	16,2	4,2	10,3
MAYO	38,5	107,2	34,7	11,3	0,1	0,5	2,0	0,6	1,2	0,1	0,0	33,7	-2,1	35,8	13,0	20,3	7,4	13,8
JUNIO	32,1	100,3	53,9	8,3	0,0	0,2	3,1	0,4	0,8	0,0	0,0	38,0	2,2	35,8	14,6	25,5	10,9	18,2
JULIO	13,6	95,2	29,7	4,0	0,0	0,2	2,4	0,2	0,3	0,0	0,0	39,5	5,2	34,4	16,2	29,5	13,3	21,4
AGOSTO	11,1	55,6	31,5	3,8	0,0	0,1	1,5	0,3	0,3	0,0	0,0	38,7	4,9	33,8	15,9	28,8	12,9	20,9
SEPTIEMBRE	26,2	112,9	38,6	7,0	0,0	0,1	1,6	0,7	1,3	0,0	0,0	37,6	0,8	36,8	14,1	24,8	10,7	17,9
OCTUBRE	36,4	108,6	47,9	10,6	0,0	0,1	0,3	3,1	3,7	0,6	0,0	30,4	-4,5	34,8	12,0	18,8	6,8	12,8
NOVIEMBRE	29,4	168,9	39,3	10,9	0,5	0,2	0,0	6,9	1,9	5,2	0,5	22,9	-7,3	30,2	9,6	12,2	2,6	7,4
DICIEMBRE	39,9	193,0	49,8	8,0	1,1	0,1	0,1	4,4	1,2	5,8	0,4	19,3	-10,3	29,6	7,7	8,4	0,6	4,5
ANUAL	353,0	193,0	53,9	105,9	6,6	3,1	12,6	27,8	16,6	28,8	3,8	39,5	-14,9	54,4	12,0	18,1	6,0	12,1

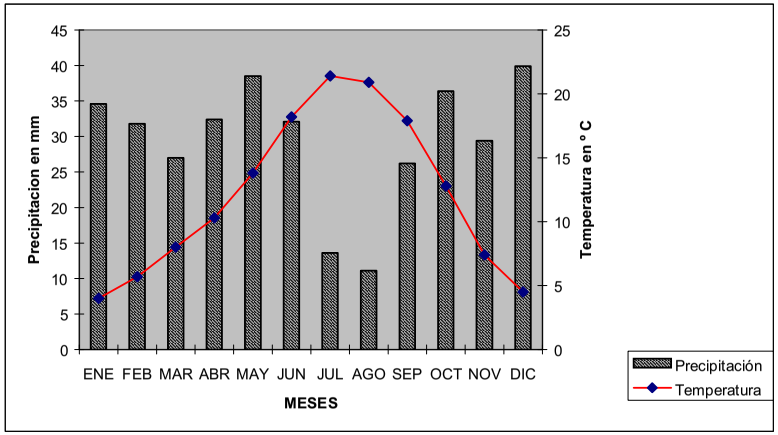


FIGURA 2.1. CUADRO RESUMEN DE PRECIPITACIÓN Y DE TEMPERATURA DEL TRAMO ZAMORA-SALAMANCA Y GRÁFICO ESQUEMÁTICO DE DICHOS PARÁMETROS

La pluviometría y las temperaturas del Tramo Zamora-Salamanca obtenidas de las estaciones metereológicas elegidas reflejan que el clima del mismo es continental, presentando veranos muy secos y cálidos, e inviernos muy fríos y con precipitaciones escasas.

2.2. TOPOGRAFIA

El Tramo Zamora-Salamanca está situado en el borde occidental de la Cuenca del Duero, y se extiende, de Norte a Sur, desde los 41o 30'04" hasta los 41o 00'04", de latitud N.

El Tramo puede considerarse como una altiplanicie desarrollada en su mayor parte entre las cotas de 600 m y 950 m, cuya altura media es del orden de 800 m sobre el nivel del mar, y que debe generalmente sus desniveles a la presencia de valles fluviales, cuyos ríos principales drenan el sector de Este a Oeste, y de Norte a Sur, la red fluvial secundaria. Estos valles tienen una anchura que varía entre 250 m y 1000 m, y forman unas diferencias de cotas comprendidas entre 20 m y 60 m. Los ríos Duero y Tormes, forman los principales valles fluviales. Los arroyos de San Cristóbal, de la Rinconada, de Valparaiso, Montoya, de Jambrina y la Ribera de Campean, forman, entre otros, los cursos fluviales más importantes de la red secundaria. Los cerros Bandeleras (943 m), Sacatiras, (931), Henar (926), Alcornocal (926) y Cabeza Roya (923) son algunas de las principales elevaciones de la región.

Las Figuras 2.2 y 2.3 muestran respectivamente dos perfiles topográficos, que recogen algunos de los desniveles presentes en el Tramo, y la planta de situación de los mismos.

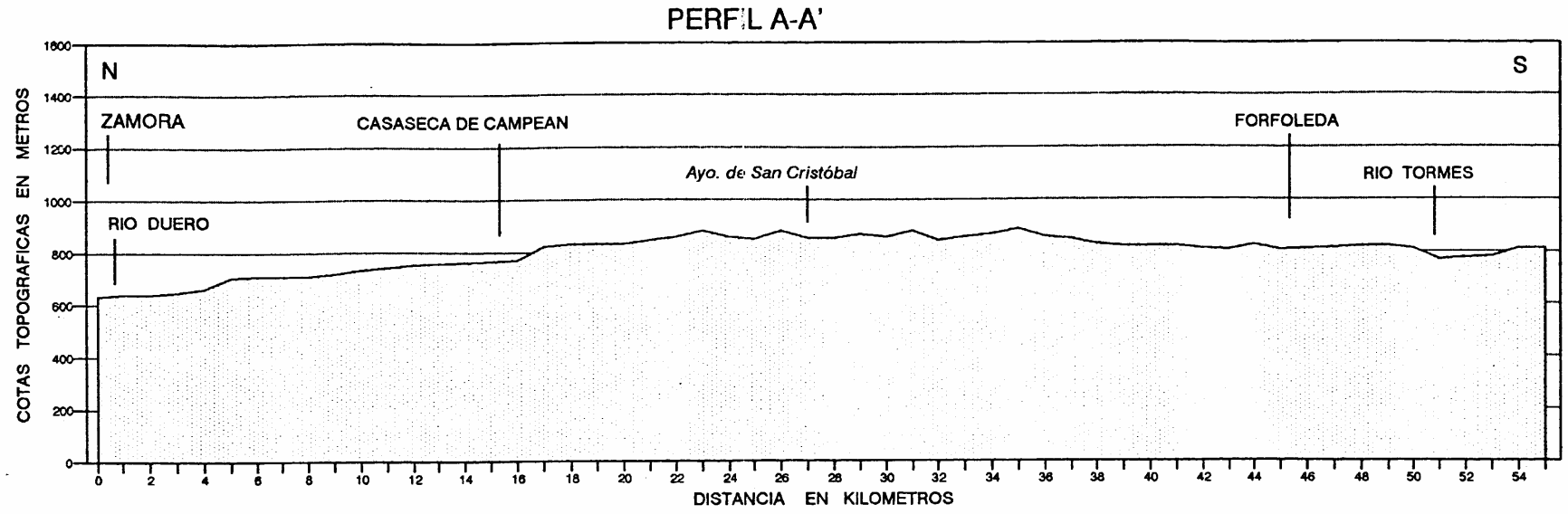
2.3. GEOMORFOLOGIA

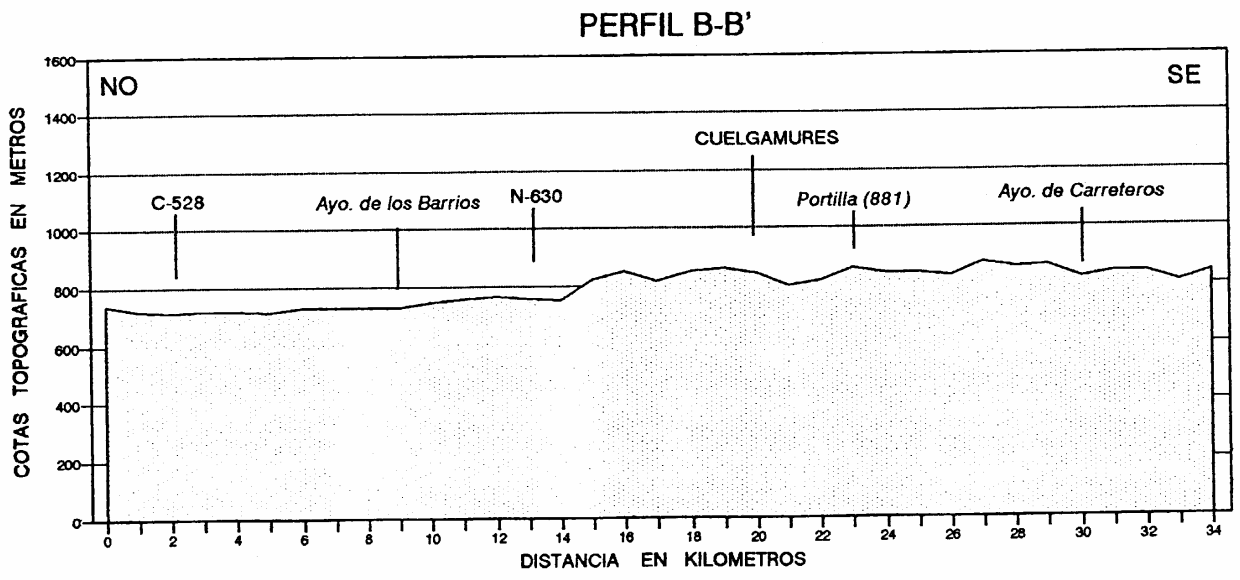
Desde el punto de vista morfológico, el Tramo Zamora-Salamanca puede ser dividido en dos Zonas diferenciadas, por presentar características propias. Estas Zonas son:

Zona de relieve llano y alomado

Esta Zona ocupa la mayor parte del Tramo y está compuesta litológicamente por depósitos terciarios y cuaternarios. Estos materiales son relativamente blandos y están escasamente tectonizados, por lo que mantienen una estructura horizontal. Forman amplias plataformas, localmente escalonadas, en las que destacan pequeñas elevaciones redondeadas, que al unirse entre sí, constituyen el relieve alomado que caracteriza a esta Zona. Estas lomas se encuentran separadas por vaguadas, que al estar poco encajadas, son amplias y de vertientes muy suaves, y que en ocasiones tienen un carácter semiendorreico.

La red de drenaje es de tipo dendrítico, y las vegas de los ríos principales de dicha red son llanuras deprimidas, cuya extensión depende de la importancia del curso fluvial que las ha formado.





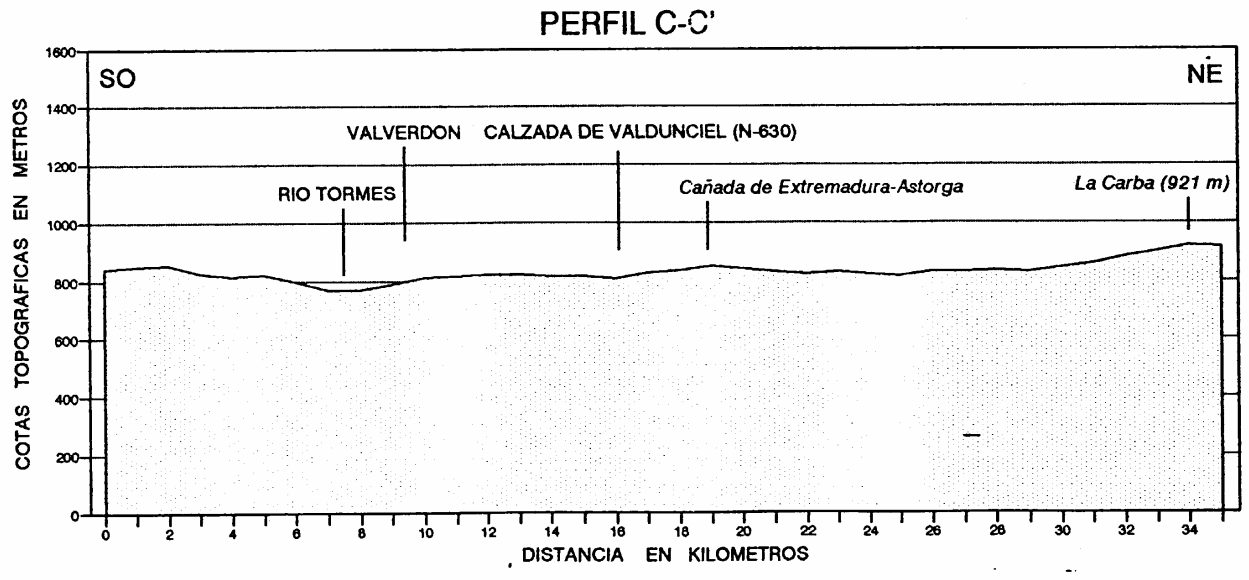
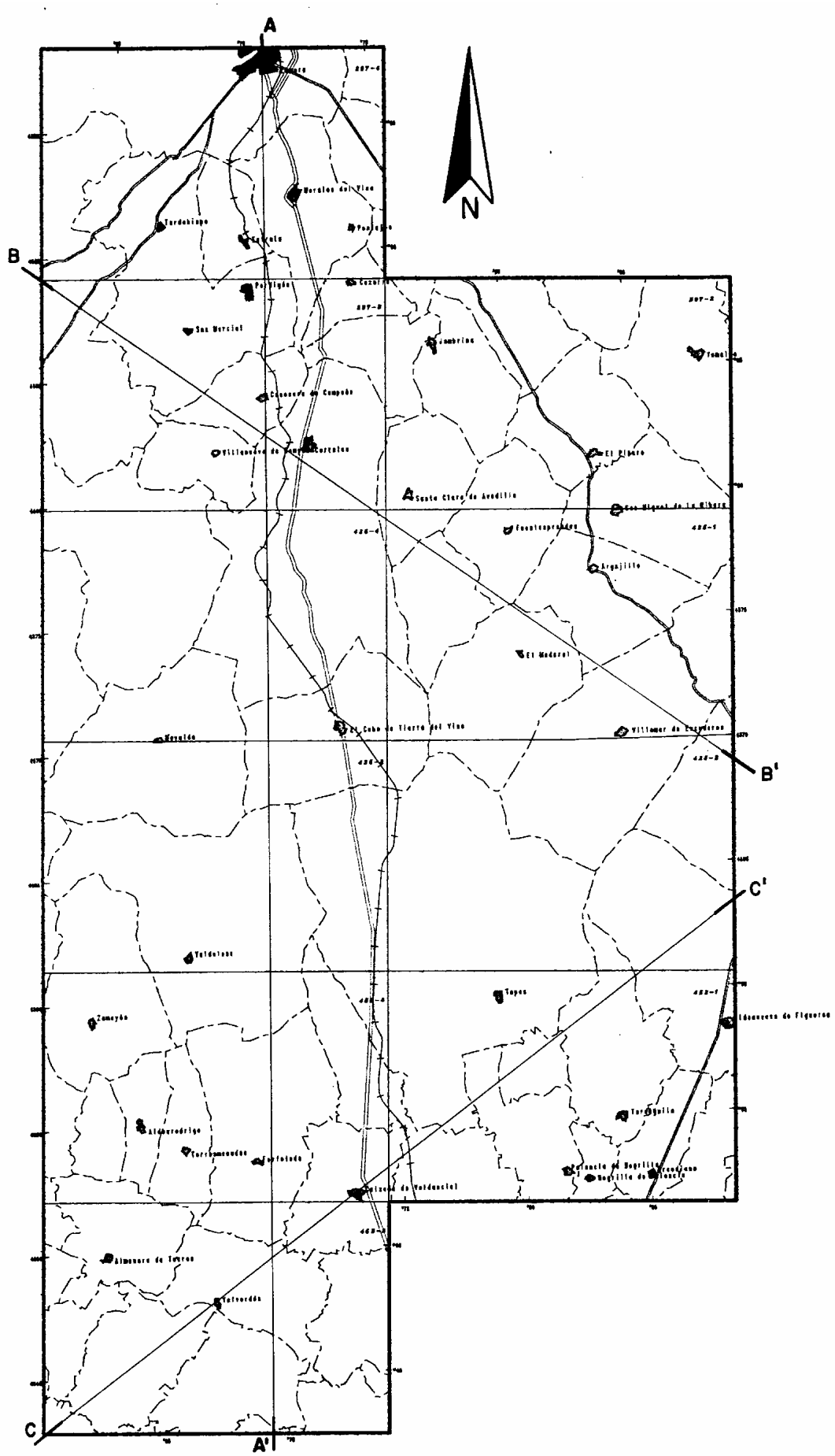


FIGURA 2.2. PERFILES TOPOGRÁFICOS REPRESENTATIVOS DEL TRAMO.



LEYENDA

NUCLEOS DE POBLACIÓN
CARRETERAS
FERROCARRIL
TÉRMINO MUNICIPAL

ESCALA ORIGINAL 1:200.000

ESCALA GRAFICA
0 5km

A A' PERFIL TOPOGRÁFICO

FIGURA 2.3. PLANTA DE SITUACIÓN DE LOS PERFILES TOPOGRÁFICOS REALIZADOS EN EL TRAMO

La evolución de los relieves de esta Zona se realiza mediante dos procesos. En primer lugar, se produce una meteorización química en los materiales y se forman suelos residuales flojos y poco resistentes. En segundo lugar, se produce la erosión de esos recubrimientos por las aguas de arroyada que discurren por las vertientes, y se van removilizando los materiales. En los ríos principales y permanentes, la erosión es ejercida de una forma continua en las márgenes derechas, y es la causante de la divagación de los mismos.

Zona de relieve montuoso

Esta Zona, de escasa extensión, aparece únicamente en el borde occidental del Tramo, en dos sectores separados entre sí por áreas pertenecientes a la Zona 1, de relieve alomado. Litológicamente está compuesta por rocas graníticas, hercínicas, y rocas metamórficas de edad precámbrica y paleozoica. En las rocas graníticas, que son las más abundantes, se desarrollan "tors" e "inselbergs", y se forman los típicos berrocales de bloques redondeados. Estos berrocales alternan con áreas en donde las rocas sanas se encuentran recubiertas por un manto de alteración ("jabres graníticos"), por lo que manifiestan una morfología más suave. Las rocas metamórficas, de naturaleza pizarrosa o esquistosa, también se encuentran generalmente muy alteradas, por lo que se recubren con sus propios suelos residuales, y forman montes con laderas suaves y regularizadas.

La evolución de los relieves en esta Zona se desarrolla mediante los procesos de meteorización física, meteorización química, y erosión fluvial.

La meteorización física ataca sobre todo a los relieves más importantes desarrollados en las rocas graníticas, disgregando el macizo rocoso en cantos y bloques. Estos se acumulan por gravedad al pie de los macizos, con lo que se suaviza la pendiente original.

La meteorización química ataca especialmente a las rocas metamórficas más fisibles (pizarras y esquistos), así como a ciertos tipos de granitos de texturas macrogranudas. El resultado es el desarrollo de un horizonte de alteración, más o menos superficial, que recubre y suaviza lo agreste del relieve.

La erosión fluvial, y por aguas de arroyada, se encarga de ir retirando los depósitos originados mediante los procesos anteriores. Estos son depositados por los ríos, más tarde, en las áreas de menor gradiente topográfico. La gran erosión con que actúan estos ríos queda patente por el encajamiento de la red fluvial en esta Zona, de relieve montuoso.

La Figura 2.4 es un esquema de la distribución en el Tramo de las dos Zonas geomorfológicas contempladas.

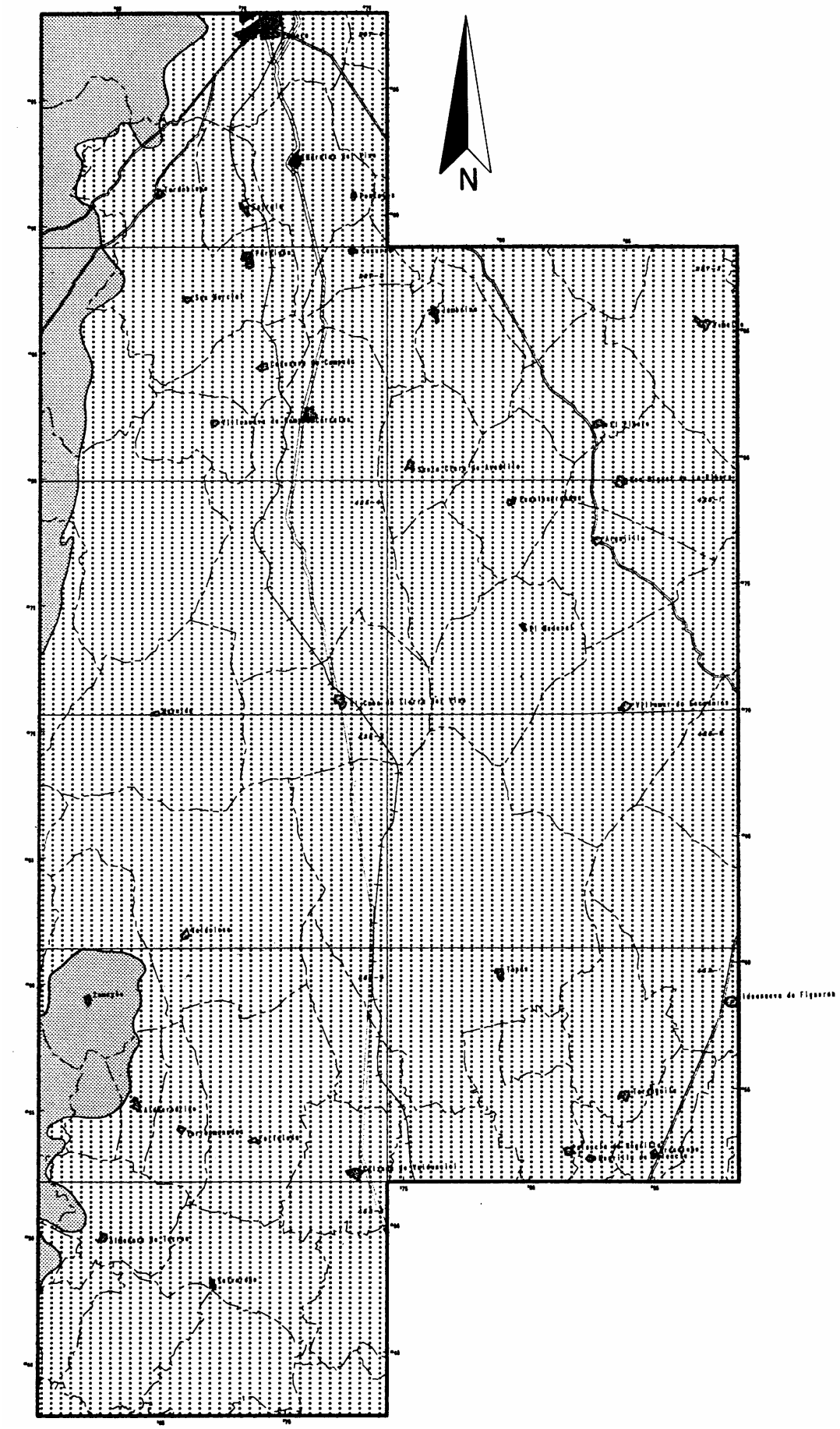
2.4. ESTRATIGRAFIA

En el presente apartado se señalan de un modo resumido las diversas litologías localizadas, así como su inserción dentro de la columna estratigráfica general del Tramo del Estudio. Para ello se seguirá una ordenación cronológica desde los materiales más antiguos hasta los más modernos.

Las rocas más antiguas que aparecen en el Tramo son las pertenecientes al Precámbrico, y están representadas por una serie metamórfica, de grado alto y medio, compuesta por gneises y esquistos con gneises microconglomeráticos.

El siguiente período, el Cámbrico, está formado por rocas metamórficas de grado medio, y aparece representado en el Tramo por esquistos con granates y cuarcitas.

El siguiente período de tiempo está representado por los depósitos terciarios continentales del Paleoceno. Se apoyan en discordancia sobre las rocas mencionadas anteriormente y van rellenando progresivamente la cuenca de sedimentación, creada durante la fracturación probablemente alpina. Son sedimentos detríticos, de carácter areniscoso y conglomerático, generalmente cementados, y que muestran frecuentes cambios laterales de facies, así como múltiples superficies de erosión.



LEYENDA

NUCLEOS DE POBLACIÓN

CARRETERAS

FERROCARRIL

TÉRMINO MUNICIPAL

ESCALA ORIGINAL 1:200.000

ESCALA GRAFICA

0 5km

ZONA DE RELIEVE LLANO Y ALOMADO

ZONA DE RELIEVE MONTUOSO

FIGURA 2.4. ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TRAMO EN ZONAS GEOMORFOLÓGICAS.

Durante el Eoceno continúa la sedimentación detrítica continental y se forman gruesos paquetes de arenas, areniscas y conglomerados, con intercalaciones de episodios arcillosos, margosos y limolíticos.

En el Oligoceno aumenta el contenido arenoso de los sedimentos, caracterizándose por la abundante presencia arcósica, poco cementada, entre los niveles de conglomerados. Al final de este período se producen costras carbonatadas que corresponden a épocas de sequía.

Los depósitos cuaternarios están representados por las formaciones superficiales aluviales y de terraza (arenas, limos y gravas), coluviales y de glacis (cantos con matriz arenosa y limo-arenosa), eluviales (silcretas) y de abanicos aluviales y conos de deyección (arenas y limos).

La Figura 2.5 muestra esquemáticamente la columna estratigráfica general del Tramo.

2.5. TECTONICA

En el Tramo estudiado aparecen dos dominios bien diferenciados, que pertenecen a dos regiones geoestructurales distintas de la Península Ibérica. Por una parte, el formado por las rocas precámbricas, paleozoicas y graníticas, pertenecientes al basamento hercínico del Macizo Ibérico. Por otra parte, el formado por los materiales terciarios y cuaternarios, continentales, que se encuentran rellenando la denominada "Fosa del Duero".

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO
	ALUVIAL : ARENAS Y LIMOS CON GRAVAS	CUATERNARIO	A
	TERRAZA: ARENAS, LIMOS Y GRAVAS.		T
	CONOS DE DEYECCION Y ABANICOS ALUVIALES: ARENAS Y LIMOS		D
	ELUVIAL: SILCRETAS		V
	GLACIS : GRAVAS CUARCITICAS Y ARENAS ARCILLOSAS		G
	COLUVIAL: ARENAS Y LIMOS CON CANTOS		C
	CONGLOMERADOS Y NIVELES TRAVERTINIZADOS	MIOCENO	321
	COSTRAS CARBONATADAS	OLIGOCENO	313c
	CONGLOMERADOS Y ARENAS ARCOSICAS OCRES		313b
	ARENAS ARCOSICAS Y CONGLOMERADOS		313a
	ARENISCAS Y LUTITAS	EOCENO	312d
	ARENISCAS Y CONGLOMERADOS CON CEMENTO CARBONATADO		312c
	CONGLOMERADOS, ARENAS ARCOSICAS Y ARCILLAS SUBARCOSICAS		312b
	LIMOLITAS Y MARGAS		312a
	ARENISCAS SILICEAS Y CONGLOMERADOS	PALEOCENO	311b
	ARENISCAS Y CONGLOMERADOS		311a
	ESQUISTOS Y CUARCITAS	CAMBRICO INFERIOR	111b
	ESQUISTOS CON GRANATES		111a
	ESQUISTOS Y GNEISES MICROGLANDULARES	PRECAMBRICO	010b
	GNEISES		010a
	GRANITOS	HERCINICOS	001

FIGURA 2.5. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL DEL TRAMO

La incidencia de estas dos unidades geotectónicas en el Tramo condiciona los rasgos estructurales generales del mismo.

Los materiales que conforman el basamento se hallan muy deformados por los movimientos hercínicos. Por el contrario, sólo algunas de las formaciones adscritas a la Fosa del Duero muestran algunas fracturaciones, que están producidas por reajustes tardíos en las fallas del basamento.

La tectónica hercínica se desarrolla en tres fases sucesivas que imprimen en los materiales paleozoicos los siguientes rasgos estructurales:

La primera fase genera grandes pliegues isoclinales de escala kilométrica, vergentes al SO, y una esquistosidad de flujo, subparalela a la estratificación. También se producen pliegues menores, aunque de una forma escasa. En esta fase se transforman los materiales, por la acción de un metamorfismo regional, de grado medio.

La segunda fase provoca la aparición de pliegues de plano axial subvertical, con una ligera vergencia al SO, que van acompañados por una esquistosidad de crenulación, desarrollada especialmente en los niveles menos competentes. Esta esquistosidad puede ser localmente de fractura, en aquellas zonas en donde los esfuerzos han ocasionado fallas inversas. La superposición de esta esquistosidad con la desarrollada durante la primera fase genera una lineación que es vergente al NO.

Con posterioridad a esta segunda fase se emplazan las rocas graníticas que forman los afloramientos de estas rocas ígneas presentes en el Tramo.

La tercera fase no produce esquistosidad; sólo genera unos pliegues poco apretados, de plano axial subvertical, que alabean los planos de esquistosidad de las fases anteriores.

Posteriormente, y durante la etapa de movimientos alpinos en la Península Ibérica, el área funciona como un basamento más o menos rígido, reactivandose antiguas fracturas y originándose otras nuevas, las cuales condicionan la forma de las cuencas terciarias, y probablemente estén en relación con la geometría de la red fluvial actual.

2.6. SISMICIDAD

La Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-94 (B.O.E. de 8 de Febrero de 1995, núm. 33), sustituye a la anterior Norma Sismorresistente P.D.S.-1 de 1974. Establece la siguiente clasificación de las construcciones (Aptdo. 1.2.2):

1) De moderada importancia
2) De normal importancia
3) De especial importancia

La nueva Norma incorpora el concepto de aceleración sísmica básica, ab, como un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un período de retorno de quinientos años. La distribución de los distintos valores de este parámetro por el territorio nacional establece el Mapa de Peligrosidad Sísmica de la Figura 2.6. Este Mapa suministra, para cada punto del territorio, y expresada en relación al valor de la gravedad, la aceleración sísmica básica, así como los valores del coeficiente de contribución, K (definido en la Norma NCSE-94, apartado 2.3).

El segundo concepto a tener en cuenta para la aplicación de esta Norma Sismorresistente es la aceleración sísmica de cálculo, ac, que se define como el producto:

$$a_c = \Gamma \cdot ab$$

donde:

ab: es la aceleración sísmica básica
Γ: es un coeficiente adimensional de riesgo, cuyo valor, en función del período de vida en años, t, para el que se proyecta la construcción, puede ser de 1 (para $t \geq 50$ años, en construcciones de normal importancia) o de 1,30 (para $t \geq 100$ años, en construcciones de especial importancia).

APARTADO DEROGADO

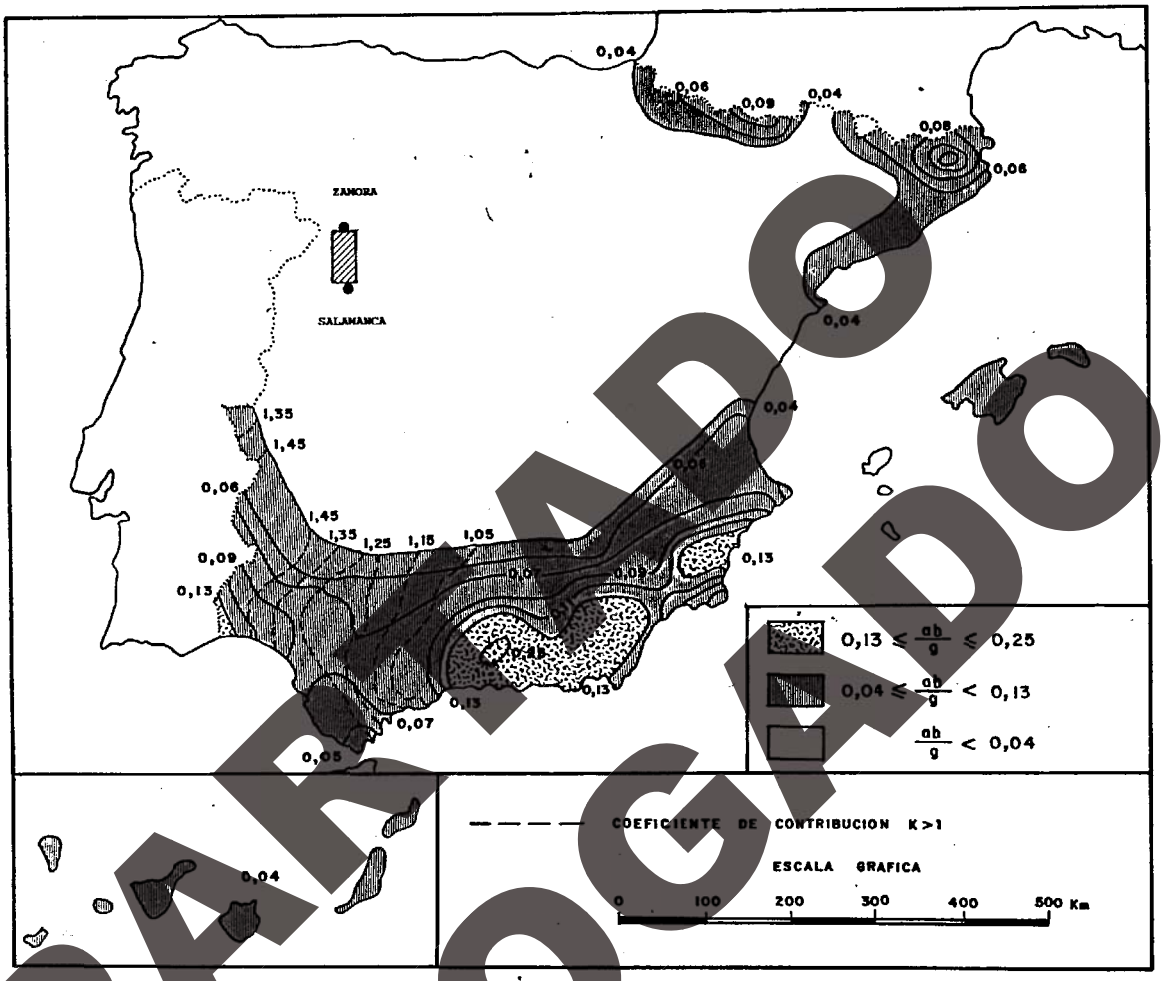


Figura 2.6. Mapa de Peligrosidad Sísmica de la Península Ibérica.

Como puede apreciarse en el Mapa de Peligrosidad Sísmica de la Figura 2.6, el Tramo Zamora-Salamanca se extiende en su totalidad por la zona de actividad sísmica baja (< 0,04g), por lo que, de acuerdo con esta Norma, y según su epígrafe 1.2.3, no es obligatoria la aplicación de la misma:

- En las construcciones de moderada importancia.

- En las demás construcciones, ya que la aceleración sísmica de cálculo ac es inferior a 0,06 g, siendo g la aceleración de la gravedad.

APARCADO DEROGADO

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

Como método para acometer la tarea de la descripción de las formaciones geológicas existentes en el Tramo Zamora-Salamanca, se realiza una división de éste en Zonas, que se definen en función de la geomorfología. Se obtiene así una caracterización del Tramo en función del relieve, la cual significa normalmente la separación de formaciones geológicas de distinta edad. Con este método se pretende simplificar geológicamente el Tramo lo mejor posible.

En la Figura 3.1 se encuentra representada la distribución de las distintas Zonas en que ha sido dividido el Tramo de Estudio. Son las siguientes:

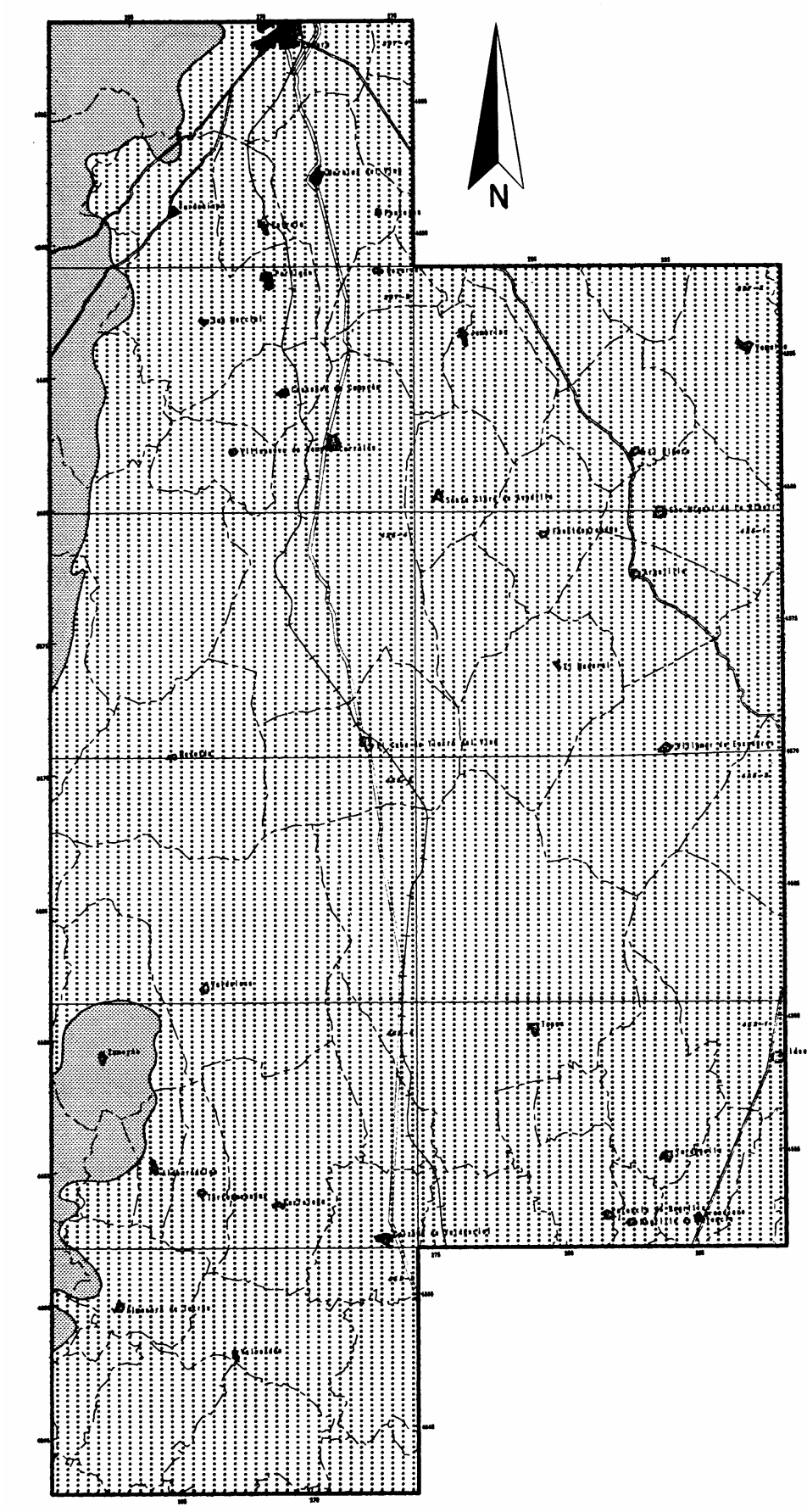
Zona 1: Relieve llano y alomado.

Zona 2: Relieve montuoso.

3.2. ZONA 1: RELIEVE LLANO Y ALOMADO

La Zona 1 se extiende por la mayor parte del Tramo (Figura 3.2), y ocupa total o parcialmente las hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional, a escala 1:50.000, siguientes:

Nº	Hoja	Cuadrantes
397	Zamora	2, 3 y 4
425	Villamor de los Escuderos	1, 2, 3 y 4
452	La Vellés	1, 3 y 4



LEYENDA

NUCLEOS DE POBLACIÓN

CARRETERAS

FERROCARRIL

TÉRMINO MUNICIPAL

ESCALA ORIGINAL 1:200.000

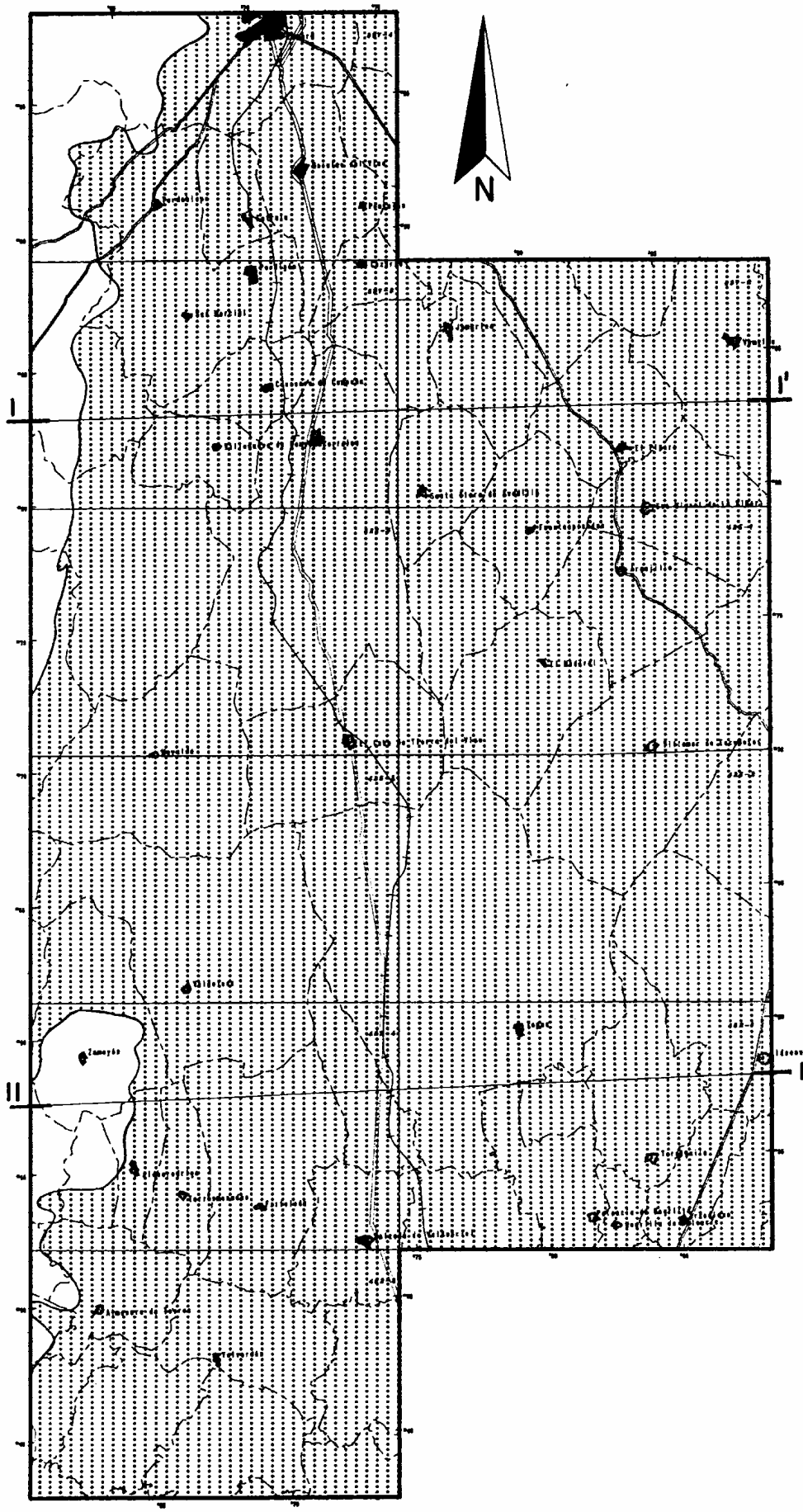
ESCALA GRÁFICA

0 5km

ZONA 1, DE RELIEVE LLANO Y ALOMADO

ZONA 2, DE RELIEVE MONTUOSO

FIGURA 3.1 DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO.



LEYENDA

NUCLEOS DE POBLACIÓN

CARRETERAS

FERROCARRIL

TÉRMINO MUNICIPAL

ESCALA ORIGINAL 1:200.000

ESCALA GRÁFICA

0 5km

ZONA 1

II II' CORTE GEOLÓGICO

FIGURA 3.2. ESQUEMA DE SITUACIÓN DE LA ZONA , Y DE DOS CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS REALIZADOS EN LA MISMA.

3.2.1. Geomorfología

La Zona 1 forma parte de una cuenca de sedimentación que ha sido rellenada por materiales detríticos, procedentes de la erosión parcial de los relieves limítrofes, que forman parte del basamento hercínico de la Zona Centroibérica del Macizo Hespérico. Estos sedimentos tienen un carácter generalmente atectónico y se disponen con estructuras horizontales a subhorizontales. La unión de estas características (materiales detríticos dispuestos horizontalmente) determina el aspecto geomorfológico de la Zona 1.

Se trata de una altiplanicie formada por la asociación de plataformas escalonadas que se articulan por medio de escarpes de escasa entidad, más o menos degradados por la erosión, en función de su antigüedad. Estos escarpes corresponden a antiguos valles fluviales, que se han ido ensanchando a causa de la divagación de los ríos. Dentro de estas plataformas existe un buen número de pequeñas elevaciones redondeadas, que han sido formadas por la erosión de las aguas de arroyada y la ejercida por pequeños arroyos de carácter no permanente. Estas colinas se pueden encontrar aisladas, en cuyo caso están limitadas por pequeñas vaguadas de vertientes muy suaves, o pueden estar unidas entre sí, formando lomas de longitudes variables (entre centenares de metros y pocos kilómetros). Estos relieves alineados constituyen interfluvios redondeados y de laderas muy suaves, que sirven de límite, en la mayoría de los casos, a pequeñas subcuencas que reciben el agua de precipitación y las canalizan hacia los principales cursos fluviales. Muchas veces el gradiente topográfico de estas subcuencas es pequeño y la escorrentía discurre con dificultad, formándose cubetas de carácter endorreico, o semiendorreico, que permanecen estacionalmente encharcadas. Las lagunas de Arriba y de Borrego, en las proximidades de la localidad de Castellanos de Villíquera (Hoja 452-3), Grande, El Galgo, Nueva y Lengua, en las cercanías de la población de Arcediano (Hoja 452-1), y las charcas de Los Labajos, de Valdebotija y de Valderresmusgón, en las inmediaciones de Forfoleda (Hoja 452-3), son, entre muchos otros, algunos ejemplos característicos de estos fenómenos endorreicos.

Aunque el relieve alomado es el más característico de esta Zona 1, es frecuente encontrar áreas deprimidas, totalmente llanas, que tienen una gran extensión y que forman las vegas de alguno de los principales ríos que drenan el Tramo. Tal es el caso de las depresiones formadas por los ríos Duero, y sus afluentes La Ribera de Campeán y los Arroyos de Valparaiso, Jambrina y Montoya, en la mitad septentrional del Tramo. En la mitad meridional es el Tormes, junto a sus afluentes los Arroyos de la Rinconada y de San Cristóbal, los que forman las principales zonas de vega. Estas llanuras imponen una cierta dificultad a la escorrentía y se inundan cuando las precipitaciones son máximas.

La red de drenaje desarrollada en esta Zona 1 es de tipo dendrítico, como corresponde a materiales detríticos con estructura horizontal. Un aspecto que llama la atención, en primer lugar, es la asimetría de los valles fluviales principales, que muestran la zona llana más extensa en la margen izquierda, y el área inclinada, en la derecha. La primera está producida por los depósitos de terraza y de llanura aluvial, sedimentados por algunos de los ríos, y la segunda, por los relieves de materiales terciarios que están siendo excavados por ellos. Este hecho pone de manifiesto la importancia de la erosión fluvial en los actuales cauces de agua de esta Zona. Esta erosión se produce fundamentalmente en las márgenes derechas de los cauces, arrastrando primero los materiales más sueltos (de glacis y los producidos mediante meteorización química), y después atacando la propia formación sedimentaria. En las márgenes contrarias se desarrolla el proceso de sedimentación y se crea un relieve de menor pendiente. Mediante estos fenómenos se origina la divagación de los ríos, que es la causante de la gran amplitud y suavidad de los valles presentes en la Zona 1.

La Figura 3.3 corresponde a una vista panorámica de un sector de la Zona 1.



FIGURA 3.3. ASPECTO DEL RELIEVE ALOMADO, CARACTERÍSTICO DE LA ZONA 1.

3.2.2. Tectónica

La totalidad de la extensión de la Zona 1 pertenece a la Cuenca del Duero. Se trata de una fosa tectónica de grandes dimensiones, formada por los movimientos diferenciales de bloques del basamento cristalino, hercínico, fallados o reactivados durante una fase de fracturación tardihercínica o por las deformaciones de la Orogenia Alpina peninsular.

La formación de la fosa, y consecuentemente la elevación de los relieves hercínicos de la Zona Centroibérica, que la limitan por el Oeste y Sur, comienza a finales del período Cretácico y permanece hasta tiempos del Paleógeno inferior. La Zona 1 del Tramo Zamora-Salamanca corresponde a una porción del borde occidental de dicha fosa, la cual se ha ido rellenando progresivamente por los detritos procedentes de la erosión de las áreas marginales elevadas, en un régimen tectónico tranquilo, por lo que los materiales se disponen con estructura horizontal. No obstante, la presencia de alguna fractura afectando a materiales terciarios indica al menos la existencia de inestabilidades corticales tardías. Además, el hecho de que los ríos más caudalosos del Tramo hayan formado valles asimétricos puede ser debido a un basculamiento regional hacia el Norte del basamento formado por el Macizo Ibérico.

La Figura 3.4 corresponde a los cortes geológicos esquemáticos que se han realizado en la Zona 1.

3.2.3. Columna estratigráfica

Los diferentes grupos litológicos que se han diferenciado en la Zona 1 se reseñan en la columna estratigráfica que se muestra en la Figura 3.5.

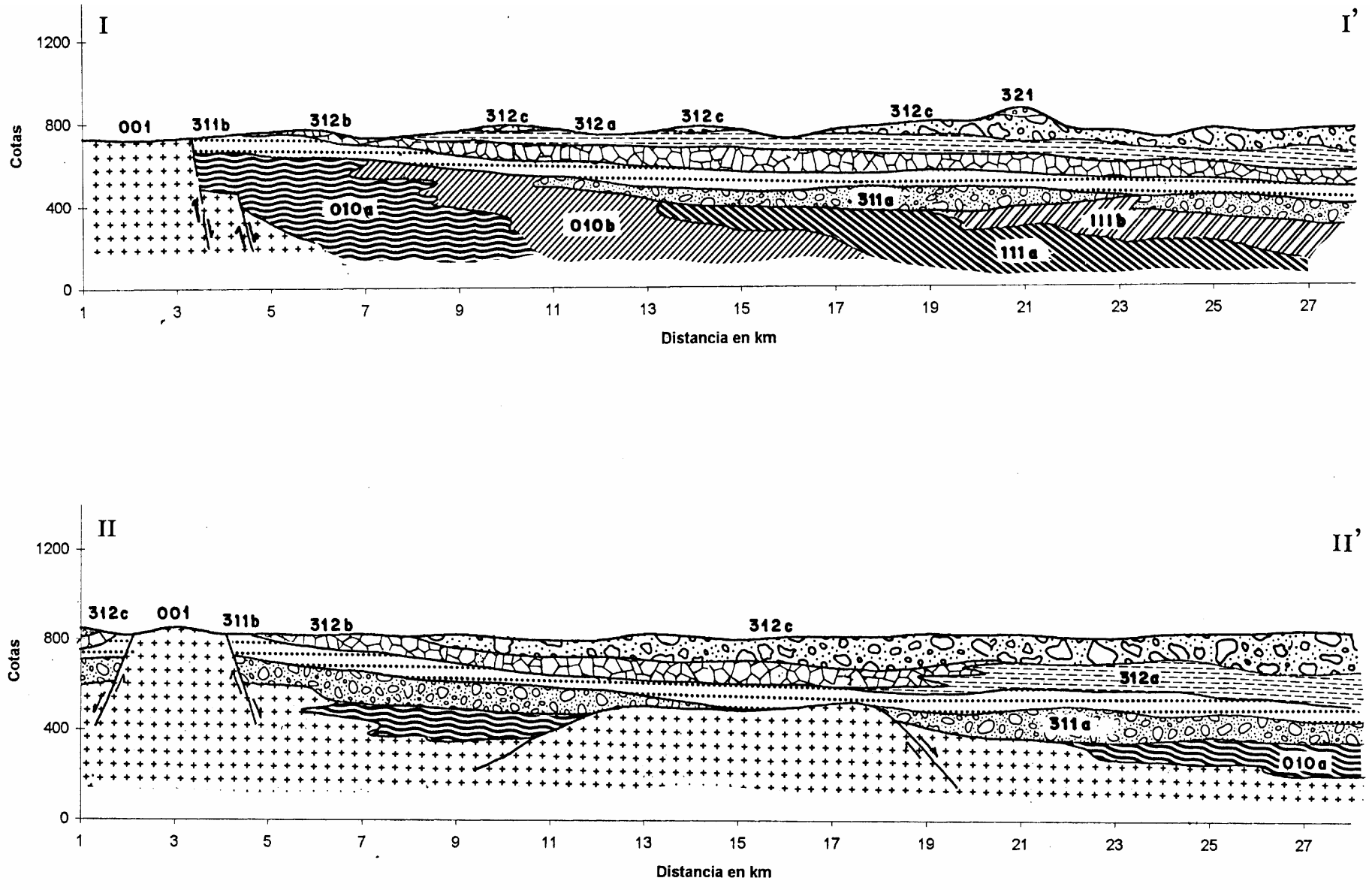
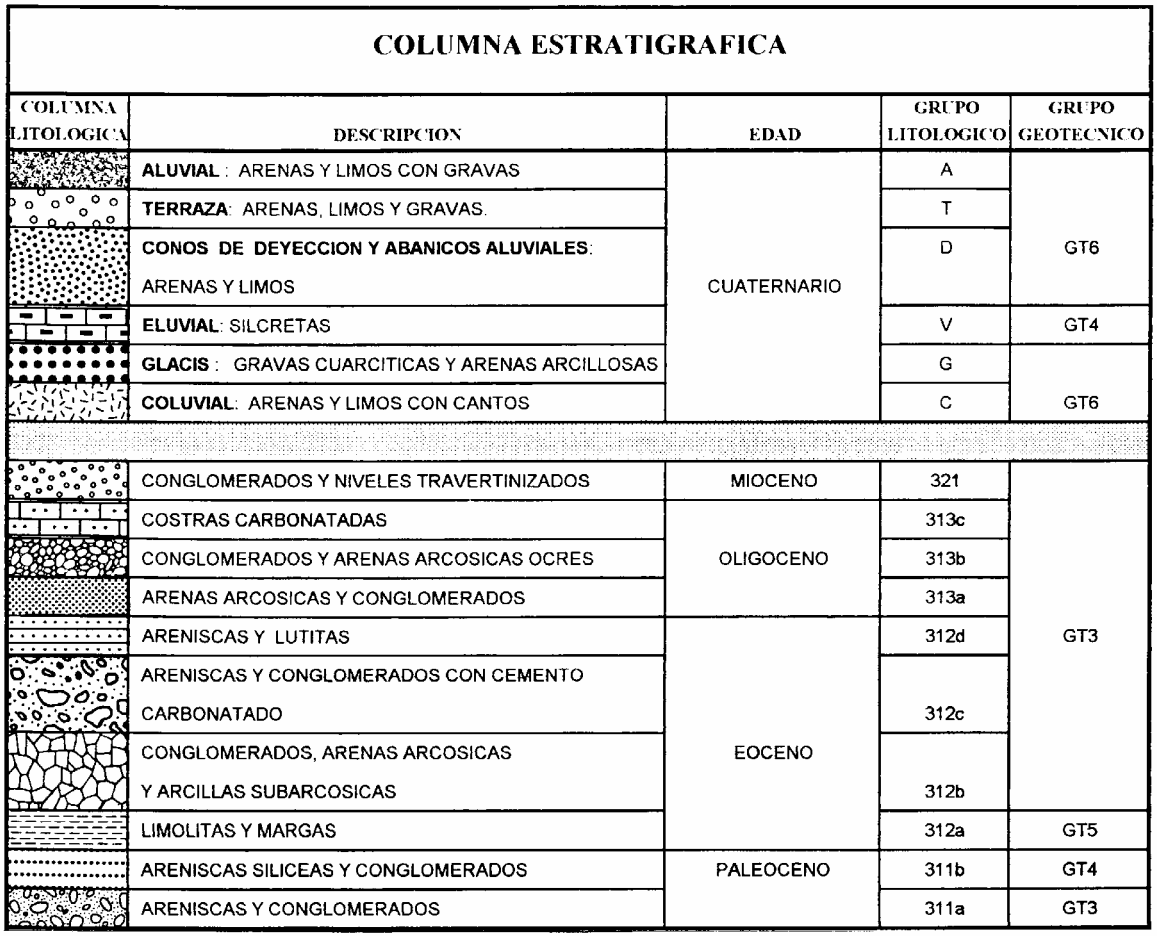


FIGURA 3.4 CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS DE LA ZONA 1



COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	ALUVIAL : ARENAS Y LIMOS CON GRAVAS	CUATERNARIO	A	GT6
	TERRAZA: ARENAS, LIMOS Y GRAVAS.		T	
	CONOS DE DEYECCION Y ABANICOS ALUVIALES: ARENAS Y LIMOS		D	
	ELUVIAL: SILCRETAS		V	GT4
	GLACIS : GRAVAS CUARCITICAS Y ARENAS ARCILLOSAS		G	GT6
	COLUVIAL: ARENAS Y LIMOS CON CANTOS		C	
	CONGLOMERADOS Y NIVELES TRAVERTINIZADOS	MIOCENO	321	GT3
	COSTRAS CARBONATADAS	OLIGOCENO	313c	
	CONGLOMERADOS Y ARENAS ARCOSICAS OCRES		313b	
	ARENAS ARCOSICAS Y CONGLOMERADOS		313a	
	ARENISCAS Y LUTITAS	EOCENO	312d	
	ARENISCAS Y CONGLOMERADOS CON CEMENTO CARBONATADO		312c	
	CONGLOMERADOS, ARENAS ARCOSICAS Y ARCILLAS SUBARCOSICAS		312b	
	LIMOLITAS Y MARGAS		312a	GT5
	ARENISCAS SILICEAS Y CONGLOMERADOS	PALEOCENO	311b	GT4
	ARENISCAS Y CONGLOMERADOS		311a	GT3

Figura 3.5. Columna estratigráfica de la Zona 1.

3.2.4. Grupos litológicos

Las formaciones geológicas o "grupos litológicos" que se han diferenciado en esta Zona 1 son los siguientes:

ALUVIAL. ARENAS Y LIMOS CON GRAVAS, (A)

- Litología

  A esta formación pertenecen los depósitos del cauce actual de los ríos y los de las llanuras de inundación. Dichos depósitos están compuestos por arenas, limos y gravas.

Las arenas son de grano fino a grueso, con escasa fracción limo-arcillosa, y de colores generalmente claros. Estos depósitos terrígenos son más abundantes en las llanuras de inundación de los ríos, aunque también son frecuentes en las zonas laterales de las barras centrales de los cauces actuales. La Figura 3.6 corresponde a un aspecto de detalle de estas arenas.

Los limos son mayoritarios en la zona más superficial de la llanura de inundación, ya que constituyen los depósitos característicos de las épocas de avenida.



Figura 3.6. Arenas del cauce actual del río Tormes (grupo A), en las proximidades de la localidad de Almenara de Tormes (Hoja 452-3).

Las gravas, que corresponden sobre todo a los depósitos de los cauces actuales, son mayoritariamente de cuarcita, aunque pueden encontrarse esporádicamente restos de otras rocas metamórficas y de granito, y tienen un tamaño comprendido entre 5 y 8 cm. La matriz, escasa en estos cauces, es arenosa y se halla minoritariamente entre los intersticios de los cantos (Figura 3.7).

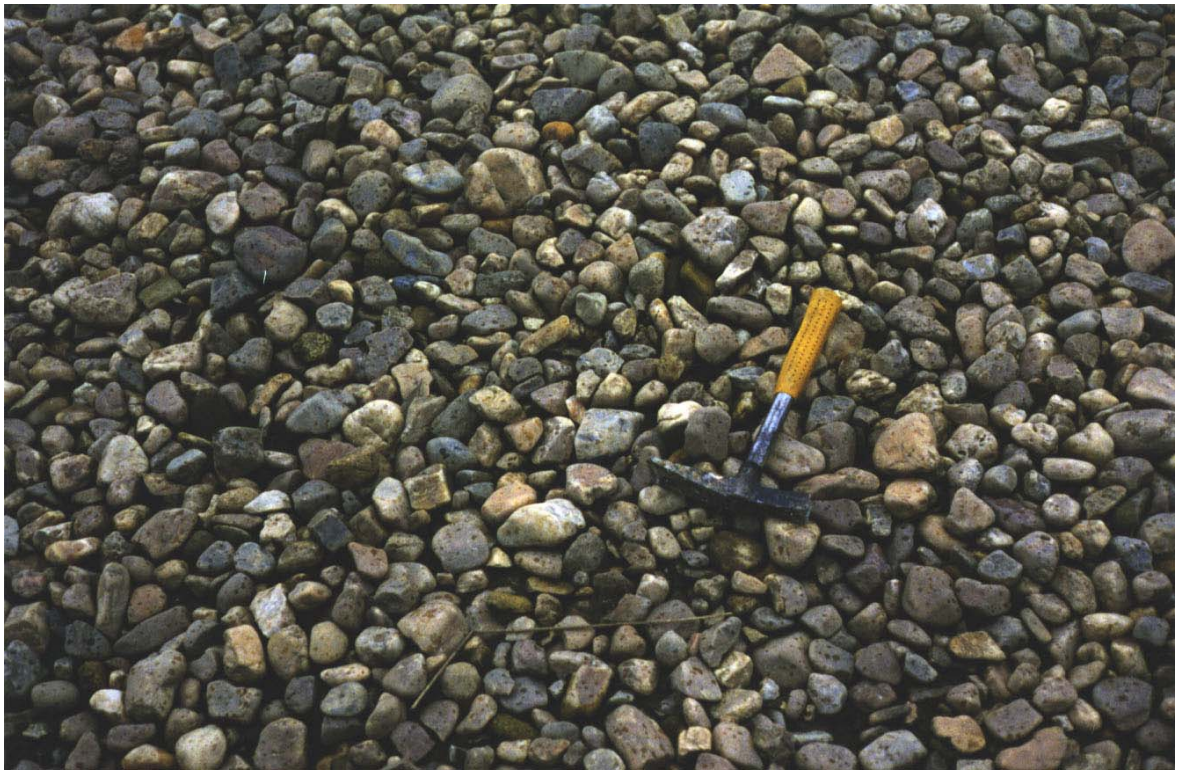


Figura 3.7 *Aspecto de detalle de las gravas del grupo A, depositadas en una barra del cauce actual del río Tormes, en las proximidades de la localidad de Valverdón (Hoja 452-3).*

- Estructura

  Los depósitos aluviales tienen una estructura subhorizontal, con una cierta inclinación hacia el cauce y hacia aguas abajo, y una disposición lenticular, como consecuencia de su sedimentación en barras.

- Geotecnia

  Son materiales erosionables, fácilmente excavables y con capacidad portante media o baja. Se caracterizan por tener una permeabilidad alta, que puede dar lugar a la aparición de niveles freáticos elevados y que están relacionados con el nivel estacional de los ríos. El terreno formado por estos depósitos aluviales es local y temporalmente inundable (Figura 3.8).

  Es una formación útil como yacimiento granular y de materiales de préstamos.

  No han sido observados taludes de interés, pero dado su carácter desagregado, las excavaciones que se realicen en estos materiales no admitirán taludes muy inclinados.



Figura 3.8. Terrenos pertenecientes al grupo A, inundados después de una época de grandes precipitaciones. Inmediaciones de Jambrina (Hoja 397-2).

TERRAZAS. ARENAS, LIMOS Y GRAVAS, (T)

- Litología

  Se trata de una formación constituida por arenas de grano medio y grueso, algo limosas, y de colores claros; limos ocres, de tonos claros, que son más abundantes en las zonas superficiales de la formación; y gravas de cantos redondeados y subredondeados, heterométricos, y con diámetros comprendidos entre 2 y 10 cm, aunque el tamaño medio es del orden de 4 cm. La matriz de estas gravas es arenosa, de grano medio y de color marrón claro.

  La Figura 3.9. ofrece un aspecto de detalle de estas gravas.



Figura 3.9 *Aspecto de detalle de las gravas de los depósitos de terraza (grupo T) del río Duero, en las proximidades de la ciudad de Zamora (Hoja 397-4), en el que puede apreciarse la granulometría de las mismas.*

- Estructura

Estos materiales se distribuyen paralelamente al cauce de los ríos que drenan el Tramo, en donde forman llanuras más o menos amplias, en función de la importancia del cursos fluvial que las ha formado. Los materiales adoptan una disposición horizontal o ligeramente inclinada hacia los mismos y hacia aguas abajo. La disposición interna de los mismos está formada por la yuxtaposición de cuerpos arenosos, limosos y de gravas, lo que origina estratificaciones y laminaciones cruzadas. La Figura 3.10 corresponde a una visión panorámica de una de las llanuras formadas por los depósitos de terraza.



Figura 3.10. Aspecto panorámico de los depósitos de terraza (formación T), en donde puede observarse la morfología típica de la misma. Río Duero, en las proximidades de Zamora (Hoja 397-4).

- Geotecnia

  Esta formación se caracteriza por presentar una permeabilidad alta por porosidad intergranular, y además porque pueden aparecer niveles freáticos próximos a la superficie. Los materiales que la componen son erosionables, fácilmente ripables y tienen una capacidad portante media.

  Aunque no se han observado taludes de interés, las excavaciones que puedan llevarse a cabo en estos materiales sufrirán frecuentes desplomes, dada su escasa consolidación.

  Es una formación interesante para ser utilizada como yacimiento granular o de materiales de préstamos.

CONOS DE DEYECCIÓN Y ABANICOS ALUVIALES. ARENAS Y LIMOS, (D)

- Litología

  Se trata de acumulaciones de arenas y limos, depositadas por abanicos aluviales en la salida de algunos de los principales relieves del Tramo.

  Las arenas son principalmente silíceas; las facies van desde tamaños de grano gruesos (microconglomeráticas) con cantos dispersos, en el ápice del abanico, a granos finos y medios en las zonas más distales del mismo. Tienen matriz limosa y color claro. Los limos también pueden aparecer formando algunos niveles independientes de las arenas, y son más abundantes en las áreas superficiales.

  La Figura 3.11 ofrece un aspecto parcial y panorámico de esta formación.



Figura 3.11. Panorámica de la formación D, en las proximidades de la localidad de Aldearrodrigo (Hoja 452-4).

- Estructura

  Esta formación tiene una disposición de adaptación al relieve sobre el que se deposita, por lo que forma unas plataformas de geometría groseramente triangular, con una inclinación normalmente inferior a 10°, desde el ápice hasta su borde final. El ordenamiento interno de los materiales se realiza mediante la yuxtaposición de lentejones de arenas y limos, lo que origina la aparición de estratificaciones cruzadas. La potencia total del conjunto puede estar comprendido entre 3 m y 6 m.

- Geotecnia

  Estos materiales se caracterizan por su fácil ripabilidad, alta erosionabilidad y baja capacidad portante.

  La permeabilidad es alta y está desarrollada por la gran porosidad de los materiales. El drenaje profundo es muy bueno. El drenaje superficial es fácil, ya que las pendientes son suficientes para que la escorrentía discurra con normalidad.

ELUVIAL. DEPÓSITOS DE SILCRETAS, (V)

- Litología

  Se trata de impregnaciones de sílice que se han desarrollado, mediante procesos edafológicos locales, sobre algunas rocas detríticas terciarias, tanto areniscosas como conglomeráticas. Dichas impregnaciones ocasionan sobre las rocas mencionadas un encostramiento silíceo de gran dureza, que las hace muy resistentes. Las Figuras 3.12a y 3.12b muestran dos aspectos de detalle de este material eluvial.

- Estructura

  Como consecuencia de su génesis presenta una estructura heredada de la formación sobre la que se desarrolla y a la cual afecta. Lo normal es encontrar bancos de areniscas y conglomerados subhorizontales afectados por el encostramiento (Figura 3.13). La potencia es irregular, pero puede estar comprendida entre 1 m y 3 m.





Figuras 3.12a y 3.12b. *Dos aspectos de detalle de las silcretas que forman el grupo V. Proximidades de la localidad de Fuente El Carnero (Hoja 425-4).*

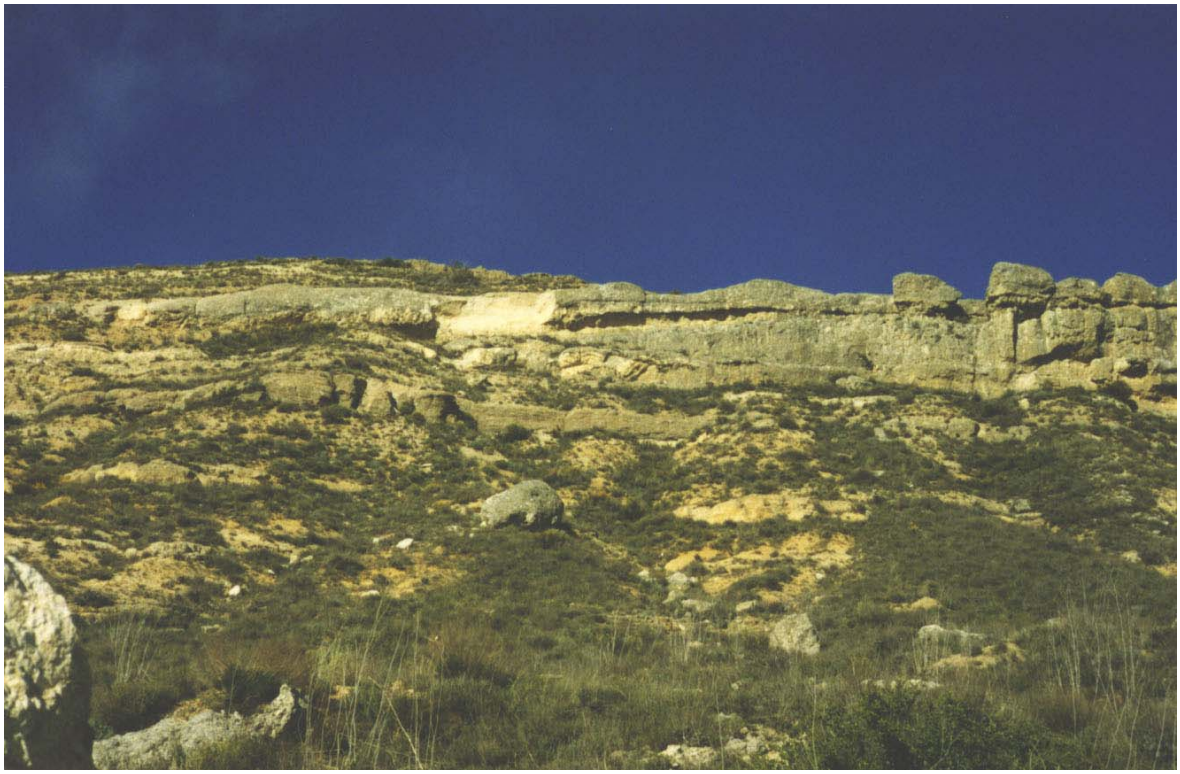


Figura 3.13. Disposición de los niveles detríticos impregnados por las silcretas del grupo V. Puede observarse también la caída de algún bloque, procedente de esos niveles, al quedar descalzado por la erosión diferencial.

- Geotecnia

Los materiales afectados por este encostramiento silíceo presentarán ripabilidad marginal, o será necesario el empleo de voladuras para su remoción, en función del espesor de los bancos a desmontar. Estos bancos están afectados por procesos de erosión diferencial, por lo que pueden presentar inestabilidades. La capacidad portante es alta.

La permeabilidad es baja, ya que se encuentra rellenando los poros de las rocas sobre las que se desarrolla, con lo que el drenaje profundo será generalmente difícil. La escorrentía superficial es fácil.

Los únicos taludes observados que afectan a esta formación son los escarpes rocosos formados por los bancos areniscosos y conglomeráticos a los que impregnan las silcretas. Son subverticales y presentan inestabilidades gravitacionales locales, por erosión diferencial.

GLACIS. GRAVAS CUARCÍTICAS Y ARENAS ARCILLOSAS, (G)

- Litología

  Se trata de retazos de una cierta extensión de un glacis de acumulación constituido por cantos de cuarcita, subangulosos, heterométricos y heteromorfos, cuyos tamaños están comprendidos entre 3 cm y 15 cm, siendo la dimensión media del orden de 7 cm. La matriz que sirve de trabazón a estos cantos es arenosa, de color marrón rojizo, y es más abundante que ellos.

  La Figura 3.14 corresponde a un aspecto de detalle de estos materiales.



Figura 3.14. Cantos cuarcíticos característicos de un glacis (formación G), entre los p.k. 16 a 19 de la carretera C-605, entre las poblaciones de Gema y El Piñero (Hoja 397-2).

- Estructura

  Son acumulaciones caóticas de cantos, sin ordenamiento interno aparente, que forman amplias superficies llanas o ligeramente cóncavas, como puede apreciarse en la Figura 3.15.



Figura 3.15. Aspecto panorámico de las llanura formada por el glacis del grupo G, entre los p.k. 16 a 19 de la carretera C-605, entre las poblaciones de Gema y El Piñero (Hoja 397-2).

- Geotecnia

  Es una formación ripable, erosionable, y con capacidad portante media.

  La permeabilidad es media-baja y el drenaje profundo difícil a moderado. La escorrentía está dificultada por la escasa pendiente topográfica de las zonas formadas por este glacis. Además, la baja capacidad de infiltración de los materiales hace posible la formación de encharcamientos.

  Los taludes artificiales observados corresponden a pequeños desmontes. Tienen alturas bajas y son estables con inclinaciones de 60º.

  Esta formación puede ser utilizada para materiales de préstamos, en el caso de que tuviesen que ser desmontadas.

COLUVIAL. ARENAS Y LIMOS CON CANTOS, (C)

- Litología

Desarrollados en algunas laderas de los principales valles fluviales que drenan el sector de los relieves terciarios, aparecen una serie de depósitos coluviales, originados por la erosión de los mismos, y cuyo aspecto general es el que se muestra en la Figura 3.16.



Figura 3.16. Visión panorámica de una formación coluvial desarrollada en una ladera de las proximidades de la localidad de El Piñero (Hoja 397-2).

Están formados por una acumulación de arenas de grano medio y grueso, con una matriz limo-arcillosa muy abundante y de color ocre, y con cantos dispersos que pueden ser de areniscas o de conglomerados, siendo en este caso de naturaleza heterogénea.

- Estructura

Las formaciones coluviales corresponden a depósitos caóticos que se adaptan al relieve sobre el que se depositan, formando superficies inclinadas hacia los valles. Carecen de ordenamiento interno, por lo que tienen un aspecto masivo. La potencia total de esta formación puede estar comprendida entre 2 y 4 m.

- Geotecnia

Se trata de materiales totalmente ripables y muy erosionables. Tienen capacidad portante baja, por lo que se pueden presentar asientos de magnitudes alta a media.

Estos materiales son poco permeables, debido al alto contenido en fracción limo-arcillosa, por lo que el drenaje profundo es deficiente. El drenaje superficial es fácil por escorrentía.

Los taludes observados en esta formación carecen de interés, aunque se estima que la inclinación adecuada para su estabilidad está comprendida entre 40° y 45°.

CONGLOMERADOS CON NIVELES TRAVERTINIZADOS, (321)

- Litología

Esta formación está representada únicamente en el Tramo por dos afloramientos, situados en la esquina nororiental del Tramo. Se trata de dos relieves residuales que, al resistir la acción de la erosión, actúan a modo de "cerros testigo" mostrando la litología característica del período Mioceno (Figura 3.17).

Este grupo está formado por conglomerados de cantos redondeados y subredondeados, heterométricos y heteromorfos de cuarcita, cuarzo y esquistos, englobados en una matriz areno-arcillosa, de color marrón rojizo, y se encuentran poco consolidados (Figura 3.18).

Localmente pueden aparecer intercalaciones de niveles de calizas, de escasa potencia, cuya génesis ha podido ser similar a la formación de suelos de caliche.



Figura 3.17. *Visión panorámica de un "cerro testigo" formado por conglomerados miocenos del grupo (321). Cerro Monruelo, en el p.k. 19,5 de la carretera C-605, entre las localidades de Gema y El Piñero (Hoja 397-2).*



Figura 3.18. *Detalle de los conglomerados del grupo (321), en el Cerro Monruelo (Hoja 397-2).*

- Estructura

  Esta formación presenta una estructura horizontal y sus materiales se disponen con una estratificación mal definida por gruesas lentículas con distintas granulometrías de unos 3 m de espesor. La potencia total estimada del conjunto es del orden de 50 m a 60 m.

- Geotecnia

  Los materiales que constituyen este grupo se encuentran suficientemente consolidados para que la capacidad portante sea alta. Son totalmente ripables y relativamente erosionables.

  La permeabilidad es media, dado el relativo contenido arcilloso de la matriz, y por ello el drenaje profundo es moderado. El drenaje superficial discurre con facilidad, dada la pendiente del relieve.

  Los taludes naturales, correspondientes a las laderas de los relieves, son de grandes alturas, tienen inclinaciones aproximadas de 20º y manifiestan, como única inestabilidad, algún acarcavamiento local (Figura 3.19).



Figura 3.19. Huellas de erosiones locales producidas en la ladera del Cerro Monruelo (Hoja 397-2).

No existen taludes artificiales excavados en este grupo litológico. Sin embargo se estima que pueden ser adecuados los taludes con diseños 2V:3H.

COSTRAS CARBONATADAS, (313c)

- Litología

Se trata de un grupo litológico superficial, desarrollado al final del período Oligoceno indistintamente sobre formaciones anteriores, por lo que cabe pensar en una génesis edafológica.

Esta formado por unas costras calcáreas de aspecto granular, pulverulento y oqueroso, de colores blancos y cremas, que se disgregan en forma de pequeños cantos irregulares y heterométricos.

- Estructura

Los materiales que componen este grupo se encuentran impregnando otros materiales detríticos terciarios, por lo que heredan la estructura de los mismos. Lo normal es encontrar estas costras manteniendo una estructura horizontal y un aspecto unas veces masivo y otras veces con una estratificación muy difusa. La potencia total de este grupo puede ser del orden de 5 m.

La Figura 3.20 muestra el aspecto de la disposición de estas costras carbonatadas.

- Geotecnia

Son materiales ripables, con capacidad portante alta y poco erosionables. Tienen una gran porosidad, por lo que la permeabilidad es alta y el drenaje profundo, fácil. El drenaje superficial es difícil, ya que el grupo se presenta en la culminación de relieves llanos, de tipo meseta; sin embargo, al presentar una alta capacidad de infiltración, no se producirán encharcamientos de larga duración.

Los taludes observados son de alturas bajas (< 5 m) y se mantienen estables con diseños 2V:1H.



Figura 3.20. Aspecto de las costras carbonatadas que forman el grupo (313c), en un talud próximo al p.k. 325 de la carretera N-630 (Hoja-452-3).

CONGLOMERADOS Y ARENAS ARCÓSICAS OCRES, (313b)

- Litología

  Grupo de escasa extensión aparece desarrollado en el tercio meridional del Tramo, en donde constituye un cambio lateral de facies con el grupo litológico (313a).

  Está formado por niveles de conglomerados de cantos de cuarcita y otras rocas metamórficas, redondeados, subredondeados, y heterométricos, empastados en una matriz arenosa de color ocre y una cierta cementación carbonatada. Estas capas conglomeráticas alternan con pasadas de arenas arcósicas preconsolidadas, de granos silíceos, y matriz limosa de color ocre.

- Estructura

  Esta formación normalmente se encuentra formando relieve alomados, estrechos y de escasa entidad, aunque pueden elongarse desde 500 m a 1.500 m. En las laderas de estas colinas es muy frecuente observar los afloramientos de estratos

conglomeráticos, que destacan, por su mayor resistencia, de las intercalaciones arenosas. La estructura de estas capas es horizontal a subhorizontal y el espesor de las mismas está comprendido entre 0,5 m y 1,5 m. Los distintos cuerpos detríticos que componen el grupo presentan frecuentes acuñaciones, lo que da lugar a estratificaciones cruzadas. La potencia total del grupo es del orden de 25 m.

La Figura 3.21 corresponde al aspecto panorámico de un relieve constituido por el grupo (313b).



Figura 3.21. Relieve característico del grupo (313b), en las proximidades de la localidad de Forfoleda (Hoja 452-4).

- Geotecnia

Los materiales que componen el grupo son diferencialmente erosionables y ripables. Las arenas son excavables y los niveles conglomeráticos van a presentar ripabilidad marginal. La capacidad portante del conjunto es alta.

La permeabilidad es media, debido a la presencia de fracción limosa en la matriz, y el drenaje profundo es moderado. Por el contrario, el drenaje superficial es fácil por escorrentía.

Los taludes naturales no presentan inestabilidades y los paramentos artificiales son estables con inclinaciones de 60°.

ARENAS ARCÓSICAS Y CONGLOMERADOS, (313a)

- Litología

  Se trata de un grupo fundamentalmente arenoso, de amplia representación en el borde sur del Tramo.

  Está formado por gruesos paquetes de arenas arcósicas de grano grueso a muy grueso (microconglomeráticas), y con matriz limo-arcillosa de un característico color marrón rojizo. En el seno de los bancos arenosos aparecen niveles conglomeráticos sin una clara separación estratigráfica. Los cantos de estas pasadas rudáceas son de cuarzo, granito y de rocas metamórficas.

  La Figura 3.22 muestra el aspecto de detalle de las arenas características de esta formación.

- Estructura

  La morfología de las zonas en donde aparece esta formación es muy suave. Está formada por un relieve llano, en el que destacan, esporádicamente, pequeñas elevaciones de formas muy redondeadas. Esta suavidad en el paisaje se ve incrementada por la gran actividad agrícola, desarrollada sobre los suelos residuales procedentes de la meteorización de este grupo litológico.

  La estructura es horizontal o subhorizontal y los materiales se disponen en bancos con estratificaciones mal definidas por cambios granulométricos, y con espesores que oscilan entre 2 y 5 m. La potencia total del grupo es de 50 m.



Figura 3.22 *Aspecto de detalle de las arenas arcósicas del grupo (313a), en las proximidades de Almenara de Tormes (Hoja 452-3), en el que puede observarse la granulometría característica de las mismas.*

- Geotecnia

Se trata de unos sedimentos detríticos arenáceos preconsolidados, que presentan capacidad portante media-alta. Son relativamente erosionables, excavables y poco permeables. Esta escasa permeabilidad está producida porque la porosidad intergranular es baja, debido a la gran fracción limo-arcillosa de la matriz. Este fenómeno provoca que el drenaje profundo sea difícil. La escorrentía también lo es, debido a la suavidad del relieve formado por este grupo. Este factor, unido a la escasa capacidad de infiltración de los suelos que componen el horizonte de alteración superficial, favorece la aparición de numerosas charcas y lagunas, muy características del sector meridional del Tramo.

Los taludes naturales no presentan inestabilidades y los artificiales observados son de alturas bajas y se mantienen estables con inclinaciones de 60 °. La Figura 3.23 corresponde a uno de ellos.



Figura 3.23. Talud de baja altura realizado en las arenas de la formación (313a). Pueden observarse dos inclinaciones: 45 º en la parte superior meteorizada, y 60 º en la zona inferior sana. P.K. 21,100 de la carretera local entre Almenara de Tormes y Juzbado (Hoja 452-3).

ARENISCAS Y LUTITAS, (312d)

- Litología

  Grupo de reducida extensión aparece en dos áreas situadas en el sector central del Tramo. Se trata de un grupo de transición litológica entre la formación (312a) y la (312c).

  Está formado por una alternancia irregular de areniscas de granos de cuarzo de tamaño medio y fino, con matriz limo-arcillosa de color ocre, y cementadas por carbonato; y lechos de lutitas de color ocre y anaranjado, poco consolidadas. Local e irregularmente aparecen niveles de cantos redondeados de cuarzo y cuarcita, que no llegan a formar niveles conglomeráticos.

- Estructura

  Esta formación aparece formando parte de las laderas de un relieve tabular al constituir un grupo de transición litológica entre los materiales detríticos finos (limo-arcillosos) del grupo subyacente (312a) y los más gruesos (areniscas y conglomerados) del conjunto superior (312c).

La estructura es horizontal, disponiéndose los materiales en capas de espesores centimétricos (las lutitas) y decimétricos (las areniscas). La potencia total de la serie es de aproximadamente de 40 m.

- Geotecnia

El conjunto de materiales de este grupo pueden ser excavados con medios mecánicos, aunque puede existir algún nivel de arenisca que, por estar muy cementado, necesite de un ripado previo para su remoción. La distinta competencia entre los niveles areniscosos y lutíticos hace que se produzcan erosiones diferenciales. La capacidad portante es media-alta.

La permeabilidad es diferencial; baja en las lutitas y media-alta en las areniscas. El drenaje profundo se realiza a través de los cuerpos areniscosos y rezuma por ellos en distintos niveles topográficos, generando una serie de pequeños manantiales. El drenaje superficial se desarrolla con normalidad por escorrentía.

Las laderas no presentan inestabilidades y los taludes artificiales observados son bajos (< 5 m) y se mantienen estables con diseños 3V:1H, aunque para mayores alturas se recomiendan relaciones de 2V:1H.

La Figura 3.24 muestra un ejemplo de talud realizado en este grupo litológico.

ARENISCAS Y CONGLOMERADOS CON CEMENTO CARBONATADO, (312c)

- Litología

Esta formación detrítica es una de las más características del Tramo y la que aparece con mayor extensión dentro del mismo. Está constituida por una alternancia irregular de conglomerados, areniscas y arenas.



Figura 3.24. Talud realizado en las areniscas y lutitas del grupo (312d), en donde puede apreciarse la estructura de los materiales, así como una cierta erosión diferencial en su superficie. Proximidades de la localidad de Peleas de Arriba (Hoja 425-4).

Las areniscas, que son las rocas más abundantes del grupo, son de grano fino, medio y grueso (microconglomeráticas), tienen colores blanquecinos, ocres y anaranjados, y están cementadas por cemento carbonatado. Este último es a veces tan abundante que las areniscas presentan una gran dureza. Contrariamente, en las zonas en donde las areniscas pierden parcialmente su cementación, se transforman, mediante cambios laterales de facies, en niveles de arenas, con una cierta consistencia y con la misma composición de aquéllas.

La Figura 3.25 es un aspecto de detalle de las areniscas que caracterizan a esta serie sedimentaria.

Los conglomerados tienen cantos cuarcíticos, subredondeados y heterométricos, de hasta 5 cm de tamaño máximo, trabados por una matriz arenosa de grano grueso microconglomerática, de colores ocres y rojizos, y por cemento carbonatado.

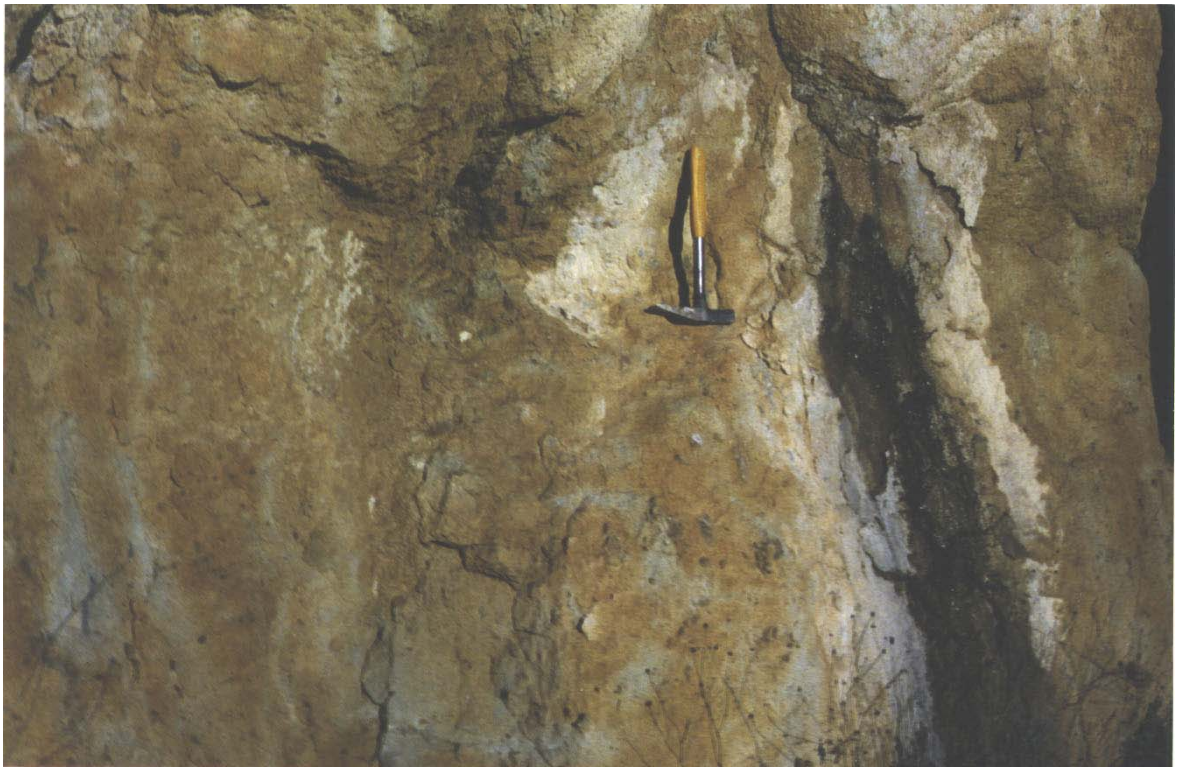


Figura 3.25. Areniscas del grupo (312c), en las proximidades de la localidad de El Piñero (Hoja 397-2). Puede observarse cómo el agua rezuma a través de una fisura.

- Estructura

  Por su gran extensión, esta formación aparece formando el relieve alomado característico de la Zona 1 de este Tramo. Aunque en general se trata de una orografía suave, acrecentada por la acción agrícola, es muy frecuente observar la presencia de escarpes rocosos que destacan sobre los materiales adyacentes, más blandos.

  La estructura general de esta formación es horizontal, y está definida por capas bien estratificadas, de espesores comprendidos entre 0,3 m y 2 m. Las arenas se encuentran en bancos de espesores comprendidos entre 4 y 10 m. Estos estratos se encuentran afectados por una fisuración, perpendicular a la estratificación, que libera bloques de roca, de tamaño variable y de formas irregulares.

  En la Figura 3.26 puede observarse la disposición de las areniscas y conglomerados de esta formación.



Figura 3.26. Disposición de las areniscas y conglomerados del grupo (312c), en las inmediaciones de la localidad de El Piñero (Hoja 397-2).

- Geotecnia

Se trata de una formación cuyos materiales se encuentran muy consolidados y cementados, por lo que tienen capacidad portante alta, y son poco erosionables a corto plazo, aunque pueden existir fenómenos de erosión diferencial.

La ripabilidad es nula en la mayor parte de la formación, excepto en las zonas en donde la ausencia de cementación transforma las areniscas en arenas. Sólo en estos casos la excavación puede ser llevada a cabo con medios mecánicos.

La permeabilidad, que se desarrolla por una cierta porosidad intergranular y también por la red de fisuración, es media y genera un drenaje profundo moderado. Una característica del flujo subterráneo de esta formación es la presencia de niveles acuíferos colgados, dependientes de los condicionantes litológicos locales. Así se forman numerosas fuentes y manantiales en aquellos puntos en donde los niveles porosos están limitados en su base por otros impermeables. El drenaje superficial discurre en general con facilidad. Sin embargo, existen pequeñas subcuencas, distribuidas con profusión en el ámbito de aparición de este grupo (312c), que por sus escasas pendientes o por tener características endorreicas, frenan la escorrentía, y se originan en ellas encharcamientos temporales.

Los taludes naturales de mayor pendiente observados en el Tramo corresponden a los escarpes producidos en esta formación por los ríos principales. Son de alturas medias y altas y la única inestabilidad que presentan es la caída ocasional de algún bloque de arenisca o conglomerado, que ha quedado descalzado por la erosión diferencial.

Los taludes artificiales son de alturas bajas, y estables con inclinaciones próximas a 65º, aunque sus superficies pueden estar afectadas por la erosión, como muestra la Figura 3.27, especialmente en los miembros más arenosos de la formación. En estos casos se recomienda revegetar los taludes.

CONGLOMERADOS, ARENAS ARCÓSICAS Y ARCILLAS SUBARCÓSICAS, (312b)

- Litología

Se trata de un grupo que forman cambio lateral de facies con la formación de limolitas y margas que constituyen el grupo (312a). Está compuesto por una alternancia irregular de conglomerados de cantos de cuarzo, cuarcita, esquistos y en menor medida de granitos, subredondeados, subangulosos y heterométricos, empastados en una matriz arenosa de grano grueso microconglomerática; arenas arcósicas de grano grueso y microconglomeráticas, con abundantes granos mal calibrados de feldespato, y matriz limosa de colores anaranjados, marrones claros y blanquecinos; y arcillas arenosas de granos de cuarzo y feldespato, de tamaño medio y fino. (Figura 3.28).



Figura 3.27. Talud realizado en la formación (312c), en las proximidades del p.k. 31 de la carretera C-605, entre las localidades de Argujillo y Fuentesaúco (Hoja 425-1).

- Estructura

El relieve formado en las áreas en donde aparece está formación tiene una morfología suavemente alomada, con profusión de pequeños cerros redondeados y vaguadas poco profundas, extensas y de fondo plano. Además, la acción agrícola ampliamente desarrollada sobre los suelos residuales, generados por meteorización de los materiales de este grupo, suaviza, aún más, las escasas irregularidades.

La estructura general de la formación es horizontal, y los materiales se disponen en sets sedimentarios de distintas granulometrías, de 0,5 a 2 m de espesor, separados por estratificaciones cruzadas mal definidas. La potencia total del conjunto es de 30 m, aproximadamente.



Figura 3.28. Aspecto de detalle de las arenas y conglomerados del grupo (312b), en las proximidades de la localidad de Almenara de Tormes (Hoja 452-3).

- Geotecnia

El conjunto de materiales que componen este grupo es totalmente ripable, ya que no presentan cementación. Sin embargo están suficientemente consolidados para que la capacidad portante sea alta. Son relativamente erosionables.

La permeabilidad es media y el drenaje profundo es moderado. El drenaje superficial es normalmente fácil por escorrentía. Sin embargo, pueden existir áreas llanas o

semiendorreicas que se encharquen ante precipitaciones máximas, aunque la capacidad de infiltración de los materiales es suficiente para que dichos encharcamientos no permanezcan durante mucho tiempo.

Las taludes naturales no presentan ningún tipo de inestabilidad y los artificiales observados son de alturas bajas (< 5 m) y se mantienen estables con inclinaciones de 50 °. Sin embargo, dado el carácter fundamentalmente arenáceo de la formación, las superficies de los taludes de mayores alturas sufrirán una meteorización progresiva por hidratación, por lo que será conveniente revegetarlas.

La Figura 3.29 corresponde a un talud de este grupo litológico.



Figura 3.29. Talud de baja altura realizado en el grupo (312b), en las proximidades de la localidad de Almenara de Tormes (Hoja 452-3).

LIMOLITAS Y MARGAS, (312a)

- Litología

Se trata de un grupo de amplia extensión en el sector septentrional del Tramo, al Sur de la ciudad de Zamora. Está constituido por una alternancia irregular de limos preconsolidados (limolitas) y arcillas con cemento carbonatado, de colores ocres y

grisáceos, entre los que se intercalan niveles de areniscas de grano fino. Estos materiales se encuentran totalmente recubiertos por unos suelos residuales arcillosos procedentes de la meteorización de la formación.

- Estructura

El relieve formado por este grupo litológico es de una morfología muy suave que se caracteriza por la ausencia total de afloramientos. Además la gran actividad agrícola desarrollada en el horizonte de alteración del grupo dificulta, aún más, la observación de los materiales.

La estructura es horizontal o subhorizontal y los materiales se disponen en sets sedimentarios de distintas granulometrías, mal definidos por una mala estratificación. La potencia total del conjunto es de 20 m a 30 m.

- Geotecnia

Se trata de unos materiales que tienen capacidad portante baja a media, en los que se pueden producir asientos de magnitudes altas y medias, y diferenciales. Son totalmente excavables con medios mecánicos y erosionables.

La permeabilidad es baja, dada su naturaleza lutítica, y el drenaje profundo deficiente. En relación al drenaje superficial, pueden existir zonas de difícil escorrentía que sufran encharcamientos de larga duración, ya que los suelos residuales no tendrán suficiente capacidad de infiltración.

Los taludes naturales presentan inclinaciones muy bajas, dado lo suave del relieve, por lo que no muestran signos de inestabilidad. Por el contrario, se ha observado algún talud artificial que, con altura baja (< 5 m) y con una inclinación de 45 ^{o}, aparecía deslizado (Figura 3.30 y 3.31). Se recomienda realizar los taludes con diseños del orden de 2V:3H.

ARENISCAS SILíCEAS Y CONGLOMERADOS, (311b)

- Litología

Aunque presenta escasa potencia y es relativamente extenso, se trata de uno de los grupos más característicos de la región y del Tramo. Está formado por una alternancia de areniscas de granos de cuarzo de tamaño medio y fino, fuertemente trabados por

cemento silíceo, y de colores cremas, blanquecinos y rosados; y conglomerados de cantos silíceos, con matriz areniscosa y abundante cemento silíceo. El tramo final de la serie son unas areniscas limolíticas, poco cementadas y de colores rojizos, de aproximadamente 2 m de espesor. Los niveles más silicificados de la formación han sido denominados por antiguos autores como "porcelanitas". La Figura 3.32 muestra un aspecto de detalle de las areniscas silíceas del grupo.



Figura 3.30. Deslizamiento rotacional en un talud de baja altura realizado en el grupo (312a), en las proximidades de la localidad de Peleas de Abajo (Hoja 397-2).

- Estructura

La morfología de las áreas en donde aparece está formación se presenta de dos formas distintas. Las más extensas son plataformas estructurales de topografía llana, desarrolladas sobre la formación, al ser sus rocas muy resistentes a la erosión. Por otro lado, en los valles y algunas vaguadas que cortan la formación, se forman laderas abruptas con escarpes verticalizados, como en el caso del río Duero a su paso por Zamora, o escalonados como muestra la Figura 3.33.



Figura 3.31. Aspecto de detalle del material limo-arcilloso del grupo (312a) que compone el bulbo de material del deslizamiento anterior.



Figura 3.32. Aspecto de detalle de las areniscas silíceas del grupo (311b) en el arroyo Sajosa, próximo a la localidad de Almenara de Tormes (Hoja 452-3).

La estructura es horizontal y los materiales se disponen en capas bien estratificadas de 0,3 a 1 m de espesor. Asimismo las rocas están afectadas por un diaclasado y fisuración que libera bloques de roca, de formas más o menos cúbicas. La potencia total del conjunto es del orden de 15 m.



Figura 3.33. Aspecto de la disposición de los materiales silicificados del grupo (311b), formando escalones en el valle del arroyo Sajosa, en las proximidades de la localidad de Almenara de Tormes (Hoja 452-3).

- Geotecnia

Se trata de unas rocas que por su alta cementación silícea no son ripables, ni erosionables y que presentan una capacidad de carga elevada.

La permeabilidad, desarrollada a través de la fisuración de la roca, es baja, y el drenaje profundo difícil. La escorrentía puede encontrar dificultades en las zonas más llanas y formarse encharcamientos.

Los taludes naturales de mayor interés observados corresponden a los excavados por el río Duero, al Sur de la ciudad de Zamora, los cuales siendo de alturas medias (5-20 m) se mantienen estables con fuertes inclinaciones. Para los taludes artificiales se estima que pueden ser adecuados, desde el punto de vista de la estabilidad, diseños de 3V:1H; si bien pueden existir caídas gravitacionales locales de bloques y cantos, que pueden ser corregidas mediante el empleo de mallas metálicas o bulones.

ARENISCAS Y CONGLOMERADOS, (311a)

- Litología

  Grupo de muy escasa representación dentro del Tramo, aparece representado por algunas áreas situadas sobre todo en el tercio noroccidental del mismo, y constituye los depósitos terciarios más antiguos de la región. Está constituido por una alternancia irregular de areniscas de grano medio y grueso, frecuentemente microconglomeráticas, con matriz limosa y ocasionalmente con cemento silíceo (Figura 3.34), de colores blanquecinos, ocres y rosados, y esporádicamente con cantos silíceos dispersos; conglomerados de cantos de cuarcita, cuarzo y otras rocas metamórficas, redondeados y subredondeados, empastados en una matriz arenosa de grano fino a medio, de colores rosados y ocres (Figura 3.35); y lechos de arenas limosas, de colores ocres y blanquecinos, con cantos dispersos (Figura 3.36).

- Estructura

  Por tratarse de la base de las formaciones terciarias, este grupo se encuentra apoyado en discordancia sobre las rocas paleozoicas y graníticas a las que fosiliza. Forma relieves suaves, llanos o con pequeños cerros, en los que esporádicamente aflora algún banco de areniscas cementadas, pero sin provocar relieves accidentados.

  La estructura es horizontal o subhorizontal, aunque pueden existir zonas en las que, por acoplamiento a movimientos tectónicos tardíos del basamento hercínico, se hayan producidos cambios en el buzamiento de los estratos. La disposición de los materiales se realiza mediante sets sedimentarios de distintas granulometrías, de 0,1 a 0,5 m de espesor, separados por estratificaciones cruzadas mal definidas. La potencia total del grupo es de aproximadamente 15 m.



Figura 3.34. Detalle de areniscas cementadas del grupo (311a), en las proximidades de Casas de Amor (Hoja 397-3).

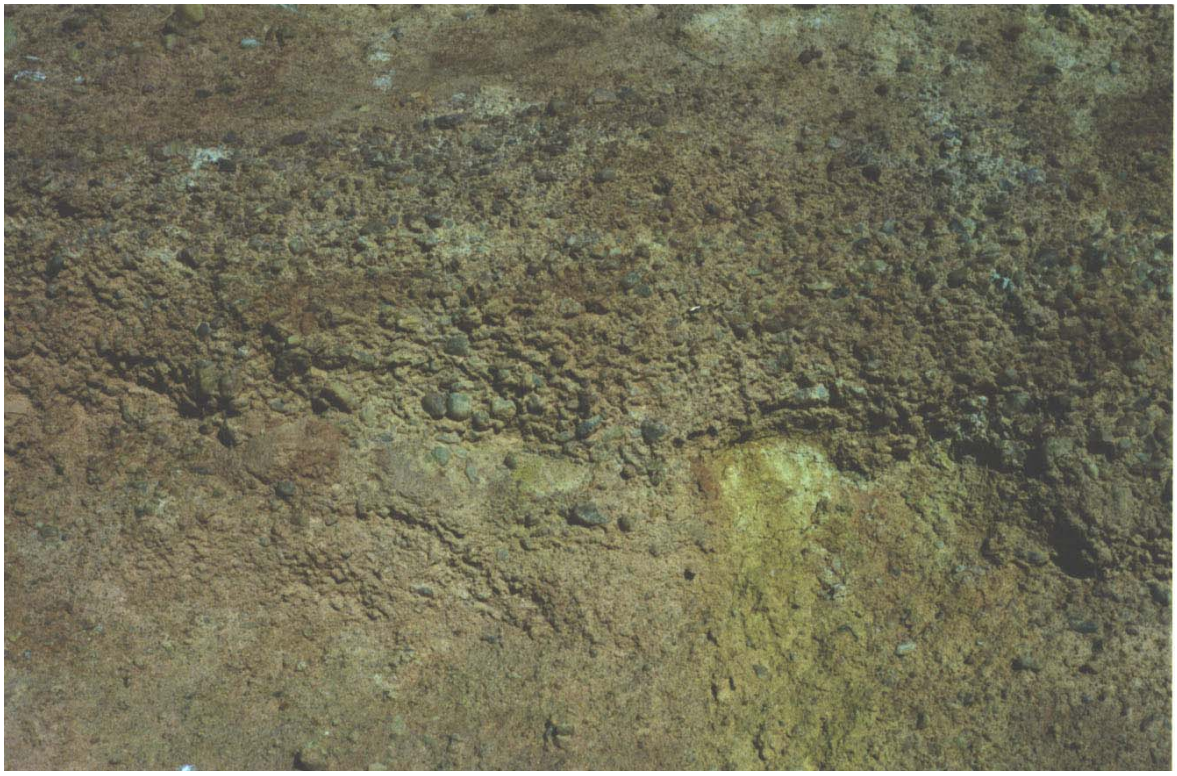


Figura 3.35. Aspecto de detalle de un nivel de conglomerados del grupo (311a), en una antigua explotación de áridos situada en el p.k. 6,5 de la carretera C-527 (Hoja 397-4).



Figura 3.36. Aspecto de detalle de arenas limosas y areniscas del grupo (311a),en una antigua explotación de áridos situada en el p.k. 6,5 de la carretera C-527 (Hoja 397-4).

- Geotecnia

  El conjunto de estos materiales es fácilmente excavable con medios mecánicos, aunque pueden existir estratos de arenisca cementados que hayan de ser preparados con un ripado previo. Son diferencialmente erosionables, pero cuentan con capacidad portante alta, al estar los suficientemente consolidados.

  La permeabilidad es alta y el drenaje profundo es fácil. El drenaje superficial discurre con normalidad por escorrentía.

  Los taludes naturales no presentan ningún tipo de inestabilidad, y los taludes artificiales de mayor interés observados corresponden a los frentes de explotación de antiguas excavaciones de áridos. Estos son de alturas bajas y, con inclinaciones próximas a los 50º, no muestran más que regueros de erosión y pequeños acarcavamientos.

3.2.5. Grupos geotécnicos

En este apartado las formaciones geológicas correspondientes a la Zona 1 se agrupan en función de sus características geotécnicas, en lo que en este Estudio se llaman "grupos geotécnicos". Son los siguientes:

- Grupo geotécnico GT3

  Grupo formado por depósitos arenosos, areniscosos y conglomeráticos**.** Son materiales con un grado de cementación o compactación variable, que les confiere unas propiedades diferenciales. Las áreas en donde los materiales se muestran más duros tienen alta capacidad portante y baja ripabilidad. Por el contrario, cuando la cementación y compactación es menor, o la alteración los ha reblandecido, estos depósitos se muestran ripables, erosionables y con baja capacidad portante. La permeabilidad, desarrollada por la porosidad intergranular, es media o alta, y genera un drenaje profundo moderado o fácil. La escorrentía está dificultada muchas veces por la existencia de pequeñas cubetas semiendorreicas, o de zonas de escaso gradiente topográfico, en las áreas de afloramiento de estos materiales. Los taludes que se realicen en estos materiales estarán afectados principalmente por la erosión.

  En esta Zona 1 el grupo geotécnico GT3 está formado por los grupos litológicos (311a), (312b), (312c), (312d), (313a), (313b). (313c) y (321).

- Grupo geotécnico GT4

  Grupo formado por areniscas y conglomerados, silicificados, y por silcretas. Se trata de un conjunto litológico formado por rocas muy duras por su gran cementación silícea. La permeabilidad general es baja y el drenaje profundo difícil. La capacidad de infiltración de estos materiales es pequeña y el drenaje superficial es fácil por escorrentía. Son materiales no ripables, no erosionables, y su capacidad portante es alta.

  En la zona 1, el grupo geotécnico GT4 está formado por las formaciones (311b) y (V).

- Grupo geotécnico GT5

  Grupo formado por limolitas y margas. Se trata de un conjunto litológico predominantemente limo-arcilloso, y de comportamiento cohesivo. La permeabilidad general es baja y el drenaje profundo difícil. La capacidad de infiltración de estos materiales es pequeña. Este hecho, unido a las escasas pendientes topográficas de las áreas que ocupan estas formaciones, provoca la aparición de encharcamientos. Además, la hidratación produce el reblandecimiento y una pérdida de cohesión en las arcillas, pudiéndose desarrollar entonces deslizamientos en los taludes más inclinados. Son materiales ripables, erosionables, y su capacidad portante es media-baja.

  En la zona 1, el grupo geotécnico GT5 está formado únicamente por la formación (312a).

- Grupo geotécnico GT6

  Grupo formado por gravas y cantos, arenas microconglomeráticas, arenas y limos. Son materiales escasamente compactados, erosionables y fácilmente excavables, que presentan normalmente una permeabilidad alta y, en ocasiones, niveles freáticos próximos a la superficie. La capacidad portante es baja y media, y los asientos que pueden aparecer variarán de magnitudes altas a moderadas. Los taludes que se excaven en estas formaciones van a tener problemas de erosión y caídas permanentes de cantos y bloques.

  En esta Zona 1 el grupo geotécnico GT6 está compuesto por las formaciones (A), (T), (D), (G) y (C).

3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.

Esta Zona 1 está constituida fundamentalmente por formaciones detríticas, terciarias y cuaternarias. Todos estos materiales determinan un área caracterizada por presentar un relieve suavemente alomado.

Los principales obstáculos geotécnicos que se pueden plantear en esta Zona 1 van provenir de los materiales limo-arcillosos que forman la mayor parte del grupo litológico (312a), el cual tiene su desarrollo en el sector septentrional del Tramo Zamora-Salamanca. Los miembros más arcillosos de esta formación pueden presentar fenómenos de plasticidad, y asientos altos y diferenciales, en las zonas en donde se encuentren hidratados y reblandecidos. Estos reblandecimientos aparecerán donde el drenaje superficial sea deficiente, y son consecuencia del encharcamiento del terreno durante largos períodos de tiempo. Los taludes que se realicen, especialmente los de mayores alturas, pueden presentar fenómenos de inestabilidad rotacional cuando su inclinación sea superior a 35° y los materiales se encuentren desfavorablemente hidratados.

El resto de las formaciones geológicas de esta Zona 1, de granulometría más grosera, van a plantear sobre todo problemas de erosión y desmoronamientos en las superficies de los taludes. En el grupo litológico (311b) se originarán caídas de bloques y cuñas, como consecuencia del diaclasado, así como los derivados de su escasa ripabilidad.

3.3. ZONA 2: RELIEVE MONTUOSO

La Zona 2 está representada por dos sectores, de pequeña extensión en relación con el ámbito del Tramo, que aparecen de forma discontinua en el borde occidental del mismo, y ocupan parcialmente las Hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional, a escala 1:50.000, siguientes:

Nº	Hoja	Cuadrantes
397	Zamora	3 y 4
425	Villamor de los Escuderos	3 y 4
452	La Vellés	3 y 4

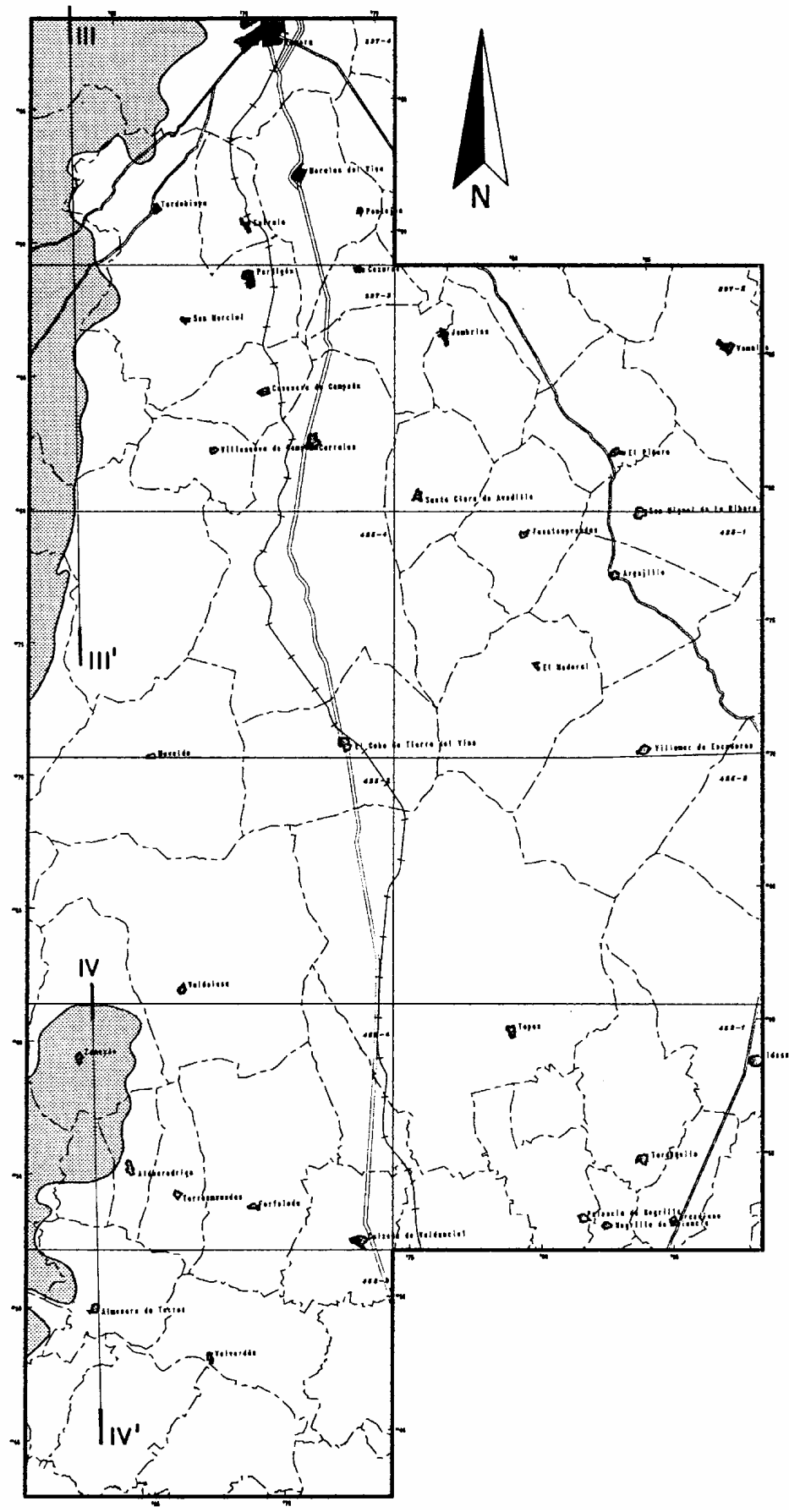
La Figura 3.37 muestra la distribución de la Zona 2 dentro del Tramo del Estudio, y la situación de dos cortes geológicos esquemáticos, representativos de ella.

3.3.1. Geomorfología

Los territorios que corresponden a la Zona 2 están formados por los relieves residuales del Macizo Ibérico hercínico, que fueron probablemente rejuvenecidos durante la Orogenia Alpina, y que no llegaron a cubrirse totalmente con los sedimentos terciarios y cuaternarios. Estos macizos hercínicos corresponden sobre todo a afloramientos de rocas graníticas y esquistosas, y una pequeña parte de gnéisicas. Estas naturalezas litológicas tan diferentes han hecho que el relieve desarrollado en cada una de ellas presente características propias.

Los afloramientos de rocas graníticas, muy extensos en esta Zona 2, se presentan con dos aspectos notablemente diferentes: berrocales graníticos, y relieves masivos con laderas regularizadas.

Los berrocales graníticos están compuestos por la asociación de elementos geomorfológicos menores ("bolas aisladas", "piedras caballeras" e "inselbergs"). Estas formas tienen su origen en la existencia de un diaclasado ortogonal que separa bloques cúbicos de roca, cuyos vértices y aristas son debilitados por la acción de la meteorización química ejercida por las aguas que penetran por dichas fracturas. Los materiales así alterados se erosionan fácilmente, quedando como residuos los bloques de roca intactos. La red de drenaje en estos berrocales está muy condicionada por la estructura y presenta frecuentes variaciones de trazado, por lo que adquiere formas rectilíneas y rectangulares. Además los ríos van muy encajados y los valles y vaguadas tienen forma de "uve".



LEYENDA

NUCLEOS DE POBLACIÓN

CARRETERAS

FERROCARRIL

TÉRMINO MUNICIPAL

ESCALA ORIGINAL 1:200.000

ESCALA GRÁFICA

0 5 km

ZONA 2

IV IV' CORTE GEOLÓGICO

FIGURA 3.37. ESQUEMA DE SITUACIÓN DE LA ZONA 2, Y DE DOS CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS REALIZADOS EN LA MISMA

Los relieves masivos con laderas regularizadas se dan en las áreas en donde la presencia de un horizonte de alteración superficial o "jabre granítico" recubre las rocas sanas, eliminando las irregularidades que normalmente presentan éstas. En estas zonas las formas menores más características son las denominadas "gnammas" y "vasques". Las primeras son depresiones cerradas, de dimensiones métricas y decamétricas, que pueden contener agua, y las segundas son también cubetas o depresiones cerradas, pero de dimensiones hectométricas y generalmente inundadas. El origen de estas formas parece estar relacionado con los procesos de meteorización de la roca que tienen lugar en las zonas mal drenadas, en las que el agua permanece durante largos espacios de tiempo. La salida de los detritos del fondo de las cubetas probablemente se realiza por inundaciones estacionales o por deflación. La red de drenaje desarrollada en estos recubrimientos eluviales es más parecida a la originada en un terreno sedimentario que la producida en rocas cristalinas plutónicas, por lo que tiene un aspecto dendrítico pinzado. Sin embargo, las vaguadas parecen mostrar una cierta linealidad, que es el reflejo de estructuras subyacentes de la roca sana.

La Figura 3.38 es muestra parcialmente el aspecto berroqueño del relieve granítico.



Figura 3.38. Vista de un berrocal granítico, (grupo 001), en las proximidades de la localidad de Juzbado (Hoja 452-3).

Los afloramientos de rocas esquistosas forman un relieve caracterizado por una presencia montuosa poco sobresaliente y sin directrices definidas, cuyos principales desniveles se deben al encajamiento de los ríos y arroyos, que drenan el sector. Estos presentan en

algunas zonas un cierto control estructural, y normalmente aparecen formando una red de tipo pinzado. La Figura 3.39 ofrece el aspecto de una zona formada por las rocas esquistosas.



Figura 3.39. Visión panorámica de un relieve característico formado en los esquistos paleozoicos del grupo (111b), en las proximidades de la localidad de Carrascal de Velambélez (Hoja 452-3).

Las rocas gnéisicas, al igual que los granitos, se presentan en el Tramo bajo dos formas distintas. La generalidad de los casos es encontrar los afloramientos recubiertos por un suelo residual, de escasa potencia, que enmascara las irregularidades que pudieran provocar las rocas en la superficie topográfica. En estas zonas se dan cerros de pendientes suaves y regularizadas, separados por una red de drenaje poco encajada, pero con cierta linealidad debido al control estructural. En otros casos menos abundantes, los afloramientos de gneises destacan fuertemente del relieve circundante y se forman farallones subverticales, de trazados lineales, controlados totalmente por la estructura. La Figura 3.40 muestra un ejemplo de este tipo de morfología.



Figura 3.40. Aspecto panorámico de un afloramiento de gneises del grupo (001a), formando un relieve acantilado en la localidad de Las Enillas (Hoja 397-3).

3.3.2. Tectónica

La Zona 2 ha sido afectada por la sucesión y superposición de las distintas fases orogénicas que han actuado en la región.

La tectónica hercínica, ocurrida en tiempos del Paleozoico terminal, es la responsable de la mayor parte de las estructuras que presentan las rocas metamórficas precámbricas y cámbricas de esta Zona 2. Asimismo, las rocas graníticas de esta región se emplazan durante esta deformación hercínica.

La Orogenia Hercínica se desarrolla según tres fases sucesivas.

La primera fase se manifiesta con un plegamiento de gran amplitud, que genera pliegues kilométricos, vergentes al Suroeste y afectados por una esquistosidad de flujo, subparalela a la estratificación. Se desarrollan también algunos pliegues menores, de amplitudes métricas, que muestran una esquistosidad de plano axial. Durante esta fase se produce un metamorfismo regional, de grado medio, y se transforman los materiales.

La segunda fase se caracteriza porque genera estructuras de plano axial subvertical, ligeramente vergentes al Suroeste, y están acompañadas por una esquistosidad de crenulación, especialmente desarrollada en los niveles más pelíticos. En las zonas en donde los esfuerzos han originado en las rocas más competentes fallas inversas, se producen esquistosidades de fractura. Esta esquistosidad, al incidir sobre la formada durante la primera fase, produce en las rocas una lineación vergente al Noroeste. El metamorfismo regional continúa durante esta fase, y a él se añade el efecto del emplazamiento del plutón granítico.

La tercera fase, de menor desarrollo en cuanto a las dimensiones de las estructuras que forma, se caracteriza por generar pliegues poco apretados y de plano axial subvertical. No se origina ningún tipo de esquistosidad durante esta fase, y únicamente se alabean las superficies generadas anteriormente.

Los últimos movimientos del Macizo Hespérico se manifiestan por medio de una fracturación generalizada, que afecta tanto a las estructuras previas como al complejo plutónico.

La Figura 3.41 corresponde a los dos cortes geológicos esquemáticos realizados en esta Zona 2.

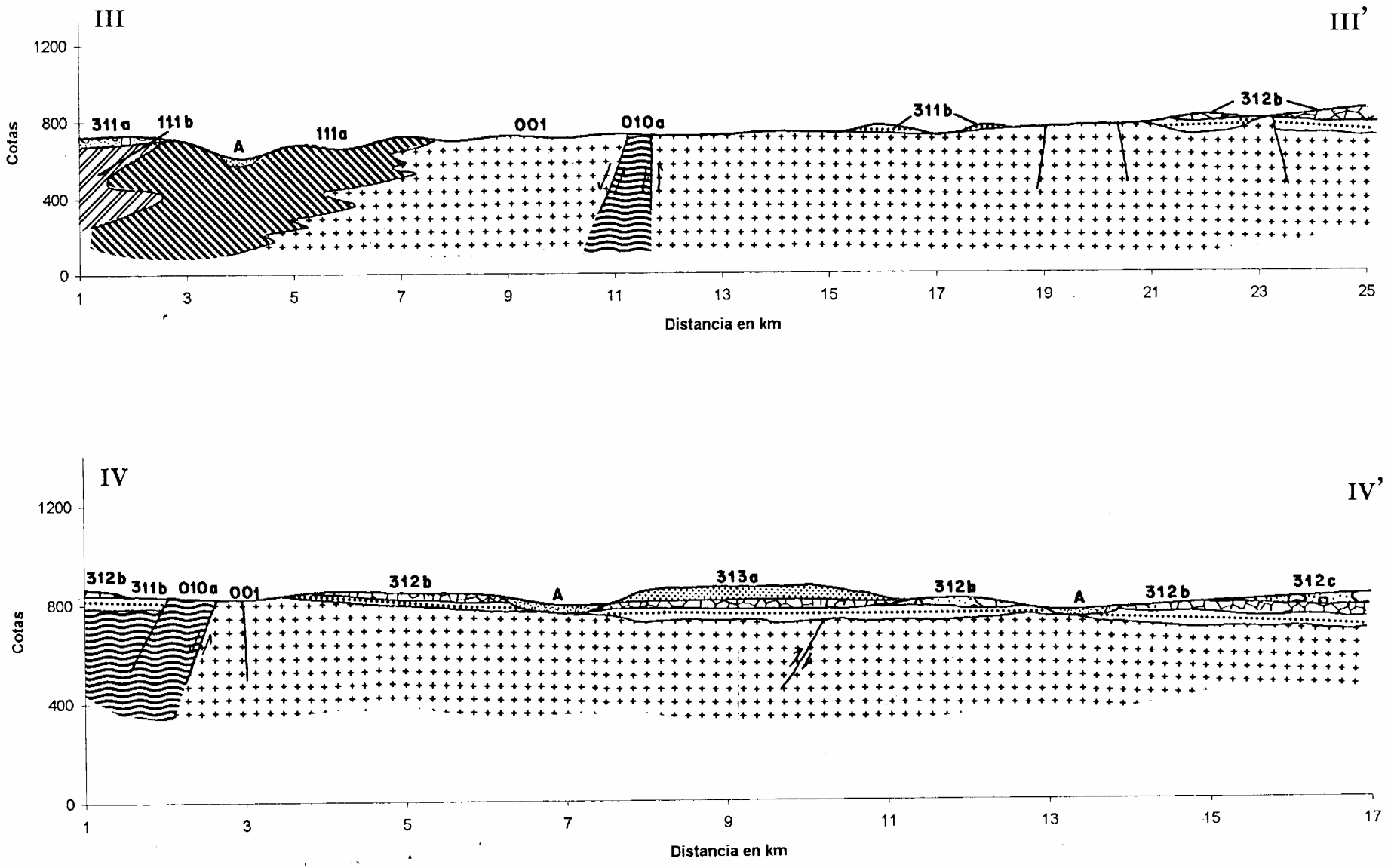


FIGURA 3.41. CORTES GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS REALIZADOS EN LA ZONA 2.

3.3.3. Columna estratigráfica

Los grupos litológicos que se han definido en la Zona 2 se muestran en la columna estratigráfica correspondiente a la Figura 3.42.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

COLUMNA LITOLOGICA	DESCRIPCION	EDAD	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTECNICO
	ALUVIAL: ARENAS Y LIMOS CON GRAVAS	CUATERNARIO	A	GT6
	TERRAZA: ARENAS, LIMOS Y GRAVAS.		T	
	CONOS DE DEYECCION Y ABANICOS ALUVIALES: ARENAS Y LIMOS		D	
	COLUVIAL: ARENAS Y LIMOS CON CANTOS		C	
	CONGLOMERADOS Y ARENAS ARCOSICAS OCRES	OLIGOCENO	313b	GT3
	ARENAS ARCOSICAS Y CONGLOMERADOS		313a	
	CONGLOMERADOS, ARENAS ARCOSICAS Y ARCILLAS SUBARCOSICAS	EOCENO	312b	
	ARENISCAS SILICEAS Y CONGLOMERADOS	PALEOCENO	311b	GT4
	ARENISCAS Y CONGLOMERADOS		311a	GT3
	ESQUISTOS Y CUARCITAS	CAMBRICO INFERIOR	111b	GT2
	ESQUISTOS CON GRANATES		111a	
	ESQUISTOS Y GNEISES MICROGLANDULARES	PRECAMBRICO	010b	
	GNEISES		010a	GT1
	GRANITOS	HERCINICOS	001	GT1

Figura 3.42. Columna estratigráfica de la Zona 2.

3.3.4. Grupos litológicos

En este apartado se describen las formaciones litológicas diferenciadas en esta Zona 2. Son las siguientes:

ALUVIAL. ARENAS Y LIMOS CON GRAVAS, (A)

TERRAZA. ARENAS, LIMOS Y GRAVAS, (T)

CONOS DE DEYECCIÓN Y ABANICOS ALUVIALES. ARENAS Y LIMOS, (D)

COLUVIAL. ARENAS Y LIMOS CON CANTOS, (C)

Estas formaciones se encuentran descritas, respectivamente en el apartado 3.2 correspondiente a la Zona 1, ya que son más representativas y se encuentran con mayor extensión en dicha Zona.

CONGLOMERADOS Y ARENAS ARCÓSICAS OCRES, (313b)

ARENAS ARCÓSICAS Y CONGLOMERADOS, (313a)

ARENISCAS Y LUTITAS, (312d)

ARENISCAS SILÍCEAS Y CONGLOMERADOS, (311b)

ARENISCAS Y CONGLOMERADOS, (311a)

Estos grupos se encuentran descritos, respectivamente en el apartado 3.2 correspondiente a la Zona 1, ya que son más característicos de la misma.

ESQUISTOS Y CUARCITAS, (111b)

- Litología

  Esta formación tiene escasa extensión y aparece en los vértices norte y sur del Tramo. Está constituida por una alternancia irregular de esquistos pizarrosos, algo arcillosos, de colores grises y verdosos, y aspecto satinado debido a las recristalizaciones de minerales arcillosos y micáceos; y areniscas cuarcíticas y filitas algo arenosas, que pasan lateralmente a cuarzo-filitas. Hay que señalar que estas rocas presentan una gran alteración superficial y que se hallan muy recubiertas por su propio suelo residual. Este es de naturaleza limo-arcillosa y provoca la mala calidad de los afloramientos.

  La Figura 3.43 ofrece un aspecto muy parcial de los esquistos de este grupo (111b).



Figura 3.43. Aspecto de detalle de los esquistos del grupo (111b), en un afloramiento muy recubierto de las proximidades de la localidad de Carrascal de Velambélez (Hoja 452-3). Nótese la gran alteración de la roca.

- Estructura

  Como consecuencia de las grandes deformaciones sufridas, estos materiales se encuentran intensamente plegados y fracturados, según una dirección general NO-SE (directrices hercínicas). Las estructuras que pueden ser observadas en los escasos afloramientos de este conjunto son la esquistosidad y el diaclasado. La primera es totalmente penetrativa en los miembros esquistosos, y suele estar ausente en las capas de areniscas. El diaclasado es intenso y produce la disgregación del macizo en gravillas lajosas, cantos y bloques.

- Geotecnia

  Los materiales que componen este grupo se caracterizan por no ser erosionables, ni ripables, cuando se encuentran en estado sano. Muestran alteraciones en superficie, que dan lugar a suelos residuales, de desarrollo variable. Excepto en las áreas más alteradas, en donde la capacidad portante puede tener un valor medio, ésta es en general alta, y no se producirán asientos reseñables.

  La fisuración de esta formación provoca que exista un permeabilidad muy baja, y por tanto un drenaje profundo deficiente. El drenaje superficial se realiza fácilmente, dada

la escasa permeabilidad de los materiales y las pendientes que presentan las zonas en donde aflora este conjunto litológico.

Las condiciones de estabilidad de los taludes estarán en función de la estructura de la formación en cada uno de ellos, y de la orientación que tengan las discontinuidades. Sin embargo, pueden ser considerados estables los taludes con diseños 3V:2H.

ESQUISTOS CON GRANATES, (111a)

- Litología

Se trata de una serie litológica con un grado mayor de metamorfismo que la unidad anterior y con la que entra en contacto hacia el Sur. Está compuesta por unos esquistos de color grises y verdes oscuros, casi negros, muy micáceos y con aspecto satinado. Ocasionalmente se intercalan lechos de cuarcitas de grano fino. Los minerales del grupo de los granates son característicos de la parte inferior de la serie.

Los terrenos formados por este conjunto metamórfico se hallan muy recubiertos por un suelo residual, limo-arcilloso, de desarrollo variable, que enmascara las características litológicas del mismo.

La Figura 3.44 corresponde al aspecto de detalle que presentan estos esquistos en las zonas más superficiales de los afloramientos.



Figura 3.44. Esquistos del grupo de (111a) en un afloramiento de las proximidades de la cortijada de Casas de Valcamín Alto (Hoja 397-4). Puede observarse su grado de meteorización.

- Estructura

  Estos materiales tienen una estructura general de plegamiento según una orientación NO-SE, aunque las estructuras observables en los afloramientos son la esquistosidad y el diaclasado. La primera es totalmente penetrativa, y el segundo tiene espaciados decimétricos. La intersección de ambas discontinuidades produce la disgregación del macizo en lajas de diversos espesores, en cantos y bloques tabulares.

- Geotecnia

  El aspecto más importante a tener en cuenta, y el que puede producir los principales problemas, es la presencia del horizonte superficial de alteración que tienen los materiales de este grupo. Al estar formado sobre todo por limos arcillosos, tiene una capacidad portante baja, y se pueden producir asientos de magnitudes altas. Al mismo tiempo, la probable plasticidad de estos materiales hace desaconsejable su uso como explanada. Estos fenómenos (capacidad portante baja y plasticidad) están agravados por una permeabilidad pequeña y un drenaje profundo deficiente. Por el contrario, la roca sana es un material no ripable, no erosionable, con capacidad portante alta e impermeable. El drenaje superficial es fácil, tanto en materiales alterados como en los sanos.

  Los taludes artificiales observados en el Tramo son de alturas bajas y se mantienen estables con inclinaciones de 65° (2V:1H). Sin embargo, y como la estabilidad de los taludes realizados en este tipo de rocas depende de la estructura local, es necesario realizar estudios detallados de las discontinuidades en cada caso.

ESQUISTOS Y GNEISES MICROGLANDULARES, (010b)

- Litología

  Se trata de una formación caracterizada porque sus materiales muestran grados de metamorfismo variables.

  El grado más bajo del metamorfismo lo presentan los esquistos. Estos son micáceos, de aspecto satinado, de colores grises oscuros y formados, principalmente, por cuarzo, moscovita, biotita, feldespato potásico y plagioclasa. A medida que aumenta el grado de metamorfismo, se produce una mayor blastesis y los esquistos pasan a ser gneises microglandulares, cuyas glándulas de feldespato tienen un tamaño máximo de 5 mm.

  La Figura 3.45 corresponde al aspecto de detalle de los esquistos de este grupo litológico.



Figura 3.45. Aspecto de detalle de los esquistos del grupo (010b), en las proximidades del p.k. 10 de la carretera C-527 (Hoja 397-4).

Los esquistos se encuentran en superficie muy meteorizados, siendo el producto de alteración de la roca un suelo residual arcilloso y muy micáceo, con profusión de gravillas lajosas y de colores rojizos.

La Figura 3.46 muestra el aspecto de detalle del suelo residual desarrollado sobre los esquistos del grupo.

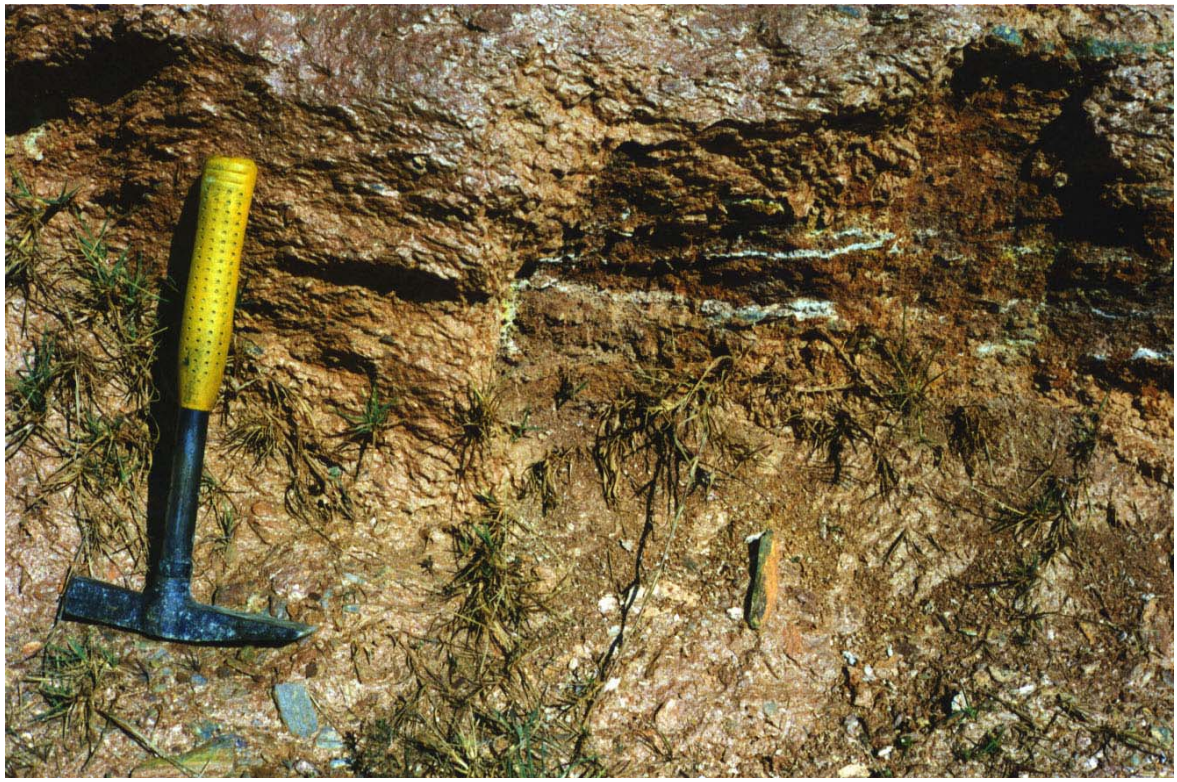


Figura 3.46. Aspecto de detalle del suelo residual procedente de la meteorización de los esquistos (Roca completamente alterada-Grado V).

- Estructura

  Se trata de una formación que, por estar afectada por varias fases de deformación, muestra una gran complejidad estructural. Además, las rocas que la componen han sido transformadas por los efectos de un metamorfismo regional de grado medio y alto, que ha borrado la mayor parte de las estructuras originales. Lo que se observa en los afloramientos de esta formación es la esquistosidad, muy desarrollada y de bajo espaciado en los esquistos, y la foliación de los gneises. El diaclasado también es intenso y de pequeño y medio espaciado. La disgregación general del macizo se realiza en cantos, bloques y gravillas lajosas.

  En la Figura 3.47 puede apreciarse la disposición de las rocas de esta formación.



Figura 3.47. Visión panorámica de un afloramiento de los esquistos y gneises del grupo (010b), en las proximidades del p.k. 11 de la carretera C-527 (Hoja 397-4), en la que puede apreciarse un aspecto de la estructura de dichas rocas.

- Geotecnia

Los esquistos de esta formación son rocas que presentan una gran propensión a alterarse, por lo que aparecen frecuentemente recubiertas por un suelo residual, arcilloso, con gran abundancia de micas y partículas lajosas alteradas. Estos horizontes, de baja capacidad portante, pueden dar lugar a asientos altos. Asimismo, su valor como explanada es escaso. Cuando las rocas están sanas, tienen alta capacidad portante, y no son ripables, ni erosionables.

La permeabilidad de todo el conjunto es baja, y origina un drenaje profundo difícil, que produce reblandecimientos en el horizonte de alteración. La escorrentía se desarrolla con facilidad, ya que las pendientes topográficas son adecuadas para ello.

Los taludes artificiales observados en esta formación son de baja altura, y aunque son estables con inclinaciones de 50°, pueden presentar caídas locales de cuñas, como muestra la Figura 3.48. En estas rocas la estabilidad estará en función de la estructura local que presente el macizo rocoso. Esta se establecerá mediante el estudio sistemático de las discontinuidades tomadas en estaciones geomecánicas.



Figura 3.48. Talud de baja altura realizado en los esquistos del grupo (010b), en el p.j. 10 de la carretera C-527 (Hoja 397-4). Puede observarse la caída de una pequeña cuña en el pie del mismo.

GNEISES, (010a)

- Litología

  Se trata de la formación de rocas más antiguas del Tramo. Aparecen en dos áreas de escasa extensión existentes en los alrededores de la localidad de Las Enillas (Hoja 397-3) y al Noroeste de la población de Zamayón (Hoja 452-4).

  Son gneises de grano medio con una marcada foliación formada por una blastesis leucocrática de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas y otra melanocrática de biotita y moscovita. Los feldespatos aparecen frecuentemente formando glándulas centimétricas (Figura 3.49).



Figura 3.49. Aspecto de detalle del gneis que constituye el grupo (010a), en las proximidades de la localidad de Las Enillas (Hoja 397-3). Puede observarse la calidad y la dureza del macizo.

- Estructura

  Se trata de rocas que han adquirido una estructura masiva por medio de la fusión de sus minerales, pero que localmente mantienen una foliación de directrices hercínicas (NO-SE). Lo normal es encontrar un diaclasado de espaciados variables, que producirá la separación de la roca en bloques y cuñas.

- Geotecnia

  Son rocas no ripables, no erosionables y con capacidad portante elevada.

  La permeabilidad, desarrollada por la red de fracturación de las rocas, es muy baja, y el drenaje profundo difícil. El drenaje superficial se realiza normalmente por escorrentía.

  Existen taludes naturales escarpados cuya única inestabilidad es la caída local de algún bloque. Los taludes artificiales realizados en la formación son de alturas bajas y no muestran huellas de inestabilidades con inclinaciones de 50°. Sin embargo, el diseño para dar la estabilidad concreta de cada talud tendrá que estar determinado por la estructura del macizo en las zonas de los desmontes.

GRANITOS, (001)

- Litología

  El complejo de rocas plutónicas, representado en algunos puntos del borde occidental Tramo del Estudio, está compuesto por granitos de grano medio y grueso, adamellíticos, de dos micas, en los que suele predominar la biotita. La textura es hipidiomorfa y porfídica, al aparecer grandes fenocristales de feldespato de hábito prismático.

  Los minerales principales son el cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas. Los subordinados son la biotita y la moscovita. Los accesorios, el apatito y el circón. Existen minerales accidentales como la sillimanita, la turmalina, los opacos y la allanita; así secundarios de alteración como la clorita y la sericita.

  La Figura 3.50 corresponde a un aspecto de detalle de las rocas graníticas.

  Las rocas graníticas se encuentran frecuentemente alteradas a un producto residual ("jabre granítico") de composición cuarzo-feldespática, de naturaleza arenosa. Estos horizontes de alteración se distribuyen irregularmente por el macizo granítico y pueden presentarse tanto en superficie, recubriendo las rocas sanas, como en profundidad, intercalándose entre ellas.



Figura 3.50. Aspecto de detalle del granito del grupo (001) en un afloramiento próximo a la localidad de Juzbado (Hoja 452-3).

- Estructura

  La estructura general de las rocas graníticas es masiva, como corresponde a este tipo de materiales plutónicos. Además están afectadas por un diaclasado ortogonal de espaciado métrico, que produce la disyunción esferoidal tan típica en estos materiales.

- Geotecnia

  Las características geotécnicas de las rocas graníticas están relacionadas con el grado de alteración que presentan.

  Los granitos sanos no son ripables, ni erosionables, y cuentan con una capacidad portante muy alta. La permeabilidad, desarrollada por el diaclasado, genera un drenaje profundo deficiente. Por el contrario, el drenaje superficial discurre fácilmente por los berrocales formados por las rocas sanas.

  Los granitos alterados o "jabres graníticos" poseen una capacidad portante media o baja (dependiendo del grado de alteración), y son erosionables y ripables. En estos materiales la permeabilidad está desarrollada por la porosidad intergranular que se produce tras la alteración de la roca, por lo que también está relacionada con el grado de calidad de la misma. Por este motivo, los materiales alterados más compactos tendrán una permeabilidad media, y los más flojos una permeabilidad alta. Los drenajes profundos producidos en uno o en otro caso serán moderados y fáciles, respectivamente. Las superficies de contacto entre la roca sana y los "jabres graníticos" son vías preferentes en la circulación del agua subterránea.

  Los taludes observados en los granitos son de alturas medias, tienen inclinaciones medias de 55°, y no presentan inestabilidades importantes, excepto caídas locales de bloques y algunos desplomes de material meteorizado (Figura 3.51).



Figura 3.51. Talud de altura media realizado en el granito del grupo (001), en las proximidades de El Arco (Hoja 452-4).

Hay que tener en cuenta la posibilidad de que queden "bolas" graníticas "colgadas" en posición de equilibrio límite, que pueden llegar a deslizar ante períodos de precipitaciones extremas. En estos casos, las diaclasas que merecen un estudio más detallado son las que se desarrollan en el plutón granítico por descompresión del mismo y que, al adaptarse a la topografía, adquieren inclinaciones que pueden ser desfavorables al ser cortadas en los desmontes. El estudio de detalle de estas discontinuidades deberá tener en cuenta el buzamiento, el espaciado, la continuidad y su relación con otras diaclasas, la apertura, la rugosidad, el relleno y su composición, y la posible presencia de agua.

3.3.5. Grupos geotécnicos

En este apartado las formaciones geológicas correspondientes a la Zona 2 se agrupan, en función de sus características geotécnicas, en lo que aquí se llaman "grupos geotécnicos". Son los siguientes:

- Grupo geotécnico GT1

  Grupo compuesto por rocas graníticas y gnéisicas**.** Son rocas cristalinas, masivas, duras y coherentes, y no ripables. Tienen una permeabilidad baja, que se desarrolla por la red de fracturación, y que origina un drenaje profundo en general deficiente. La

capacidad portante de las rocas sanas es alta. Sin embargo, es frecuente encontrarlas alteradas y transformadas en "jabres graníticos", que tienen capacidad portante media. Asimismo, estas zonas alteradas son fácilmente erosionables y ripables. Los taludes que se realicen en rocas sanas pueden tener inestabilidades gravitacionales de carácter local, debido al diaclasado. Cuando la roca se encuentre alterada, las superficies de los taludes van a estar sometidas a desplomes, a la erosión, y se pueden producir abarrancamientos.

En esta Zona 2, las formaciones (001) y (010a) son las que componen este grupo geotécnico GT1.

- Grupo geotécnico GT2

Grupo compuesto por rocas metamórficas, esquistosas, con intercalaciones de cuarcitas y de gneises microglandulares. Se trata de rocas afectadas por una deformación tectónica importante, por lo que se encuentran esquistosadas y fracturadas. Son materiales difícilmente erosionables, no ripables, y cuya permeabilidad, baja, está condicionada por la red de fracturación. La capacidad portante es alta y no se producirán asientos de interés. Sin embargo, en los horizontes de alteración que recubren frecuentemente a estas formaciones, la capacidad portante disminuye y se pueden producir asientos de magnitudes altas. Los taludes pueden presentar inestabilidades gravitacionales (bloques y cuñas), según resulten las condiciones de la red de fracturación.

En esta Zona 2, el grupo geotécnico GT2 comprende a las formaciones (111b), (111a) y (010b).

- Grupo geotécnico GT3

Grupo formado por depósitos arenosos, areniscosos y conglomeráticos. Son materiales con un grado de cementación o compactación variable, que les confiere unas propiedades diferenciales. Las áreas en donde los materiales se muestran más duros tienen alta capacidad portante y baja ripabilidad. Por el contrario, cuando la cementación y compactación es menor, o la alteración los ha reblandecido, estos depósitos se muestran ripables, erosionables y con baja capacidad portante. La permeabilidad, desarrollada por la porosidad intergranular, es media o alta, y genera un drenaje profundo moderado o fácil. La escorrentía está dificultada muchas veces por la existencia de pequeñas cubetas semiendorreicas, o de zonas de escaso gradiente topográfico, en las áreas de afloramiento de estos materiales. Los taludes que se realicen en estos materiales estarán afectados principalmente por la erosión.

En esta Zona 2 el grupo geotécnico GT3 está formado por los grupos litológicos (311a), (312b), (313a) y (313b).

- Grupo geotécnico GT4

  Grupo formado por areniscas y conglomerados, silicificados, y por silcretas. Se trata de un conjunto litológico formado por rocas muy duras por su gran cementación silícea. La permeabilidad general es baja y el drenaje profundo difícil. La capacidad de infiltración de estos materiales es pequeña y el drenaje superficial es fácil por escorrentía. Son materiales no ripables, no erosionables, y su capacidad portante es alta.

  En la zona 2, el grupo geotécnico GT4 está formado por la formación (311b).

- Grupo geotécnico GT6

  Grupo formado por gravas y cantos, arenas microconglomeráticas, arenas y limos. Son materiales escasamente compactados, erosionables y fácilmente excavables, que presentan normalmente una permeabilidad alta y, en ocasiones, niveles freáticos próximos a la superficie. La capacidad portante es baja y media, y los asientos que pueden aparecer variarán de magnitudes altas a moderadas. Los taludes que se excaven en estas formaciones van a tener problemas de erosión y caídas permanentes de cantos y bloques.

  En esta Zona 2 el grupo geotécnico GT6 está compuesto por las formaciones (A), (T), (D) y (C).

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona.

La Zona 2 está constituida fundamentalmente por rocas metamórficas, precámbricas y paleozoicas, y por rocas graníticas.

El principal obstáculo geotécnico planteado en la Zona 2 es la baja ripabilidad que muestran los materiales que conforman los macizos rocosos. Ello significa que para su excavación será necesario el empleo de voladuras, que producen un encarecimiento de las obras. La contrapartida favorable a este obstáculo es contar con unas capacidades portantes altas, aptas para cualquier tipo de cimentación. Los horizontes de alteración pueden dar lugar a asientos elevados y diferenciales.

En los taludes de excavación, un fenómeno a considerar es la probable aparición de inestabilidades gravitacionales, desarrolladas a favor de las distintas superficies de discontinuidad. La orientación e inclinación del talud, en combinación con dichas superficies,

puede dar lugar a deslizamientos de cuñas y bloques. Las áreas de alteración que sean cortadas por las excavaciones sufrirán erosión y producirán el aterramiento de las cunetas.

El resto de las formaciones geológicas, que inciden con relativa extensión en esta Zona 2, son de naturaleza detrítica. Plantean sobre todo problemas de erosión y desmoronamientos en las superficies de los taludes. En el grupo litológico (311b) se originarán caídas de bloques y cuñas, como consecuencia del diaclasado, así como los derivados de su escasa ripabilidad.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS

El Tramo Zamora-Salamanca discurre en su mayor parte por un territorio de topografía muy suave, formado por extensas planicies de altura media elevada, en las que la presencia de algunos relieves de mayor altura no supone ningún obstáculo para la ejecución de vías de comunicación. Únicamente son las laderas de los principales valles de la región las que imponen alguna dificultad, ya que, en algunos casos, son escarpadas. En estos casos los trazados han de ir ascendiendo diagonalmente para mantener las pendientes suaves. Los ríos principales, como es el caso del Duero y del Tormes, al Norte y Sur del Tramo, respectivamente, condicionan la realización de grandes viaductos.

4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS

La naturaleza de los problemas geomorfológicos que presenta el Tramo está en estrecha relación con las características litológicas de los materiales que lo forman.

Los dos sectores que forman la Zona 2 de este Tramo, constituidos por rocas metamórficas y plutónicas, tienen un relieve formado por una sucesión de elevaciones, separadas entre sí por valles, más o menos, encajados. Son áreas que, por tener un relieve rejuvenecido, están afectadas por la erosión, ya que los ríos no han logrado su perfil de equilibrio. Esta erosión se produce principalmente en los cauces de ríos y arroyos, aunque también se manifiesta estacionalmente en las laderas de los cerros, a causa de las aguas de arroyada. Los principales problemas que pueden ocurrir a causa de la erosión fluvial en las obras de carreteras son los siguientes:

- Socavaciones en las pilas de las estructuras, cuando la cimentación de las mismas no se encuentra lo suficientemente empotrada en el terreno más firme.

- Acumulación de detritos y vegetación, arrastrados por la corriente, y posterior obstrucción de las embocaduras de los tubos de desagüe que atraviesen terraplenes, con el consiguiente peligro para los mismos. Además, este efecto puede producir el rebosamiento de las aguas por encima de la calzada (Figura 4.1).



Figura 4.1. Aspecto panorámico del río Tormes después de una crecida. Puede observarse la acumulación de restos vegetales en un puente, que indican el nivel que han tomado anteriormente las aguas. Proximidades de la localidad de Almenara de Tormes (Hoja 452-3).

- Erosiones en los estribos de los puentes, cuando éstos están realizados con materiales de terraplén y esta construcción implica una reducción del cauce natural máximo del río o arroyo.

El resto del Tramo, constituido por depósitos terciarios y cuaternarios, corresponde a un terreno de planicies suavemente alomadas, separadas por valles fluviales de fondo plano. Las laderas de estos valles son estables, ya que los materiales están suficientemente preconsolidados. En esta zona, se van a producir pequeñas erosiones producidas en las márgenes derechas de los ríos y en alguna ladera de mayor pendiente, el principal problema geomorfológico lo constituyen las áreas endorreicas o semiendorreicas. Estas áreas, abundantes y provocadas por un gradiente topográfico escaso, imponen una gran dificultad a la escorrentía, quedando el agua atrapada y formando charcas. Además este fenómeno está favorecido en aquellas zonas donde existe una litología poco permeable, o bien un suelo residual de naturaleza arcillosa.

4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

Los problemas geotécnicos en este Tramo son escasos y pueden ser diferenciados en dos grupos. Los correspondientes a las rocas metamórficas y plutónicas, y los producidos por las formaciones terciarias y cuaternarias.

Las rocas metamórficas y plutónicas, que no son ripables, han de ser excavadas por medio de voladuras. El diseño de los taludes que se ejecuten en ellas ha de tener en cuenta la orientación y el espaciado de la red de discontinuidades que les afecta, ya que es previsible la aparición de deslizamientos de cuñas y bloques (Figura 4.2), así como caídas generalizadas de cantos lajosos. Además estas rocas tienen normalmente un horizonte de alteración (Figura 4.3), de baja a media capacidad portante, que es necesario retirar en las cimentaciones de estructuras o de terraplenes.

Las formaciones detríticas cenozoicas (terciarias y cuaternarias) no van a presentar problemas en su excavación, aunque los taludes que se realicen en ellas han de estar diseñados para paliar los efectos de la erosión. Esta erosión va a producir abarrancamientos y acarcavamientos, en los materiales homogéneos, y descalces de bloques, en las formaciones heterogéneas. En el primer caso se producirá el aterramiento de las cunetas y otras obras de drenaje, y en el segundo, la caída de dichos bloques a las calzadas. Un problema específico de los miembros más arcillosos del grupo (312a) es la posible aparición de inestabilidades rotacionales en los taludes que se realicen en ellos (Figura 4.4). La cimentación de estructuras y de terraplenes tendrá que ser realizada en los niveles de mayor firmeza, por lo que habrá de ser retirado el horizonte superficial de alteración. Este horizonte corresponde al área afectada por la meteorización química, existente en todas las formaciones, y especialmente en las terciarias menos consolidadas.



Figura 4.2. *Cuña desarrollada en un talud realizado en los esquistos del grupo (010b) y deslizada a favor de uno de los planos de discontinuidad.*



Figura 4.3. *Suelo residual arcilloso desarrollado sobre los esquistos del grupo (111a).*



Figura 4.4. Deslizamiento de un pequeño talud realizado en las limolitas y margas del grupo (312a), en las proximidades de Peleas de Abajo (Hoja 397-2).

4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

Como resultado del análisis topográfico, geomorfológico y geotécnico del Tramo Zamora-Salamanca, y teniendo en cuenta los condicionantes que significan las carreteras y las poblaciones actuales, en este apartado se llega a la determinación de dos corredores viarios que se considera son los más adecuados para enlazar los distintos sectores del Tramo entre sí y con las áreas geográficas adyacentes. Dichos corredores han sido denominados "CT-1" y "CT-2". En el corredor "CT-2" se han considerado dos opciones, reseñadas como "CT-2a", "CT-2b".

En la Figura 4.5 se muestran esquemáticamente estos corredores de trazado, y las distintas opciones.

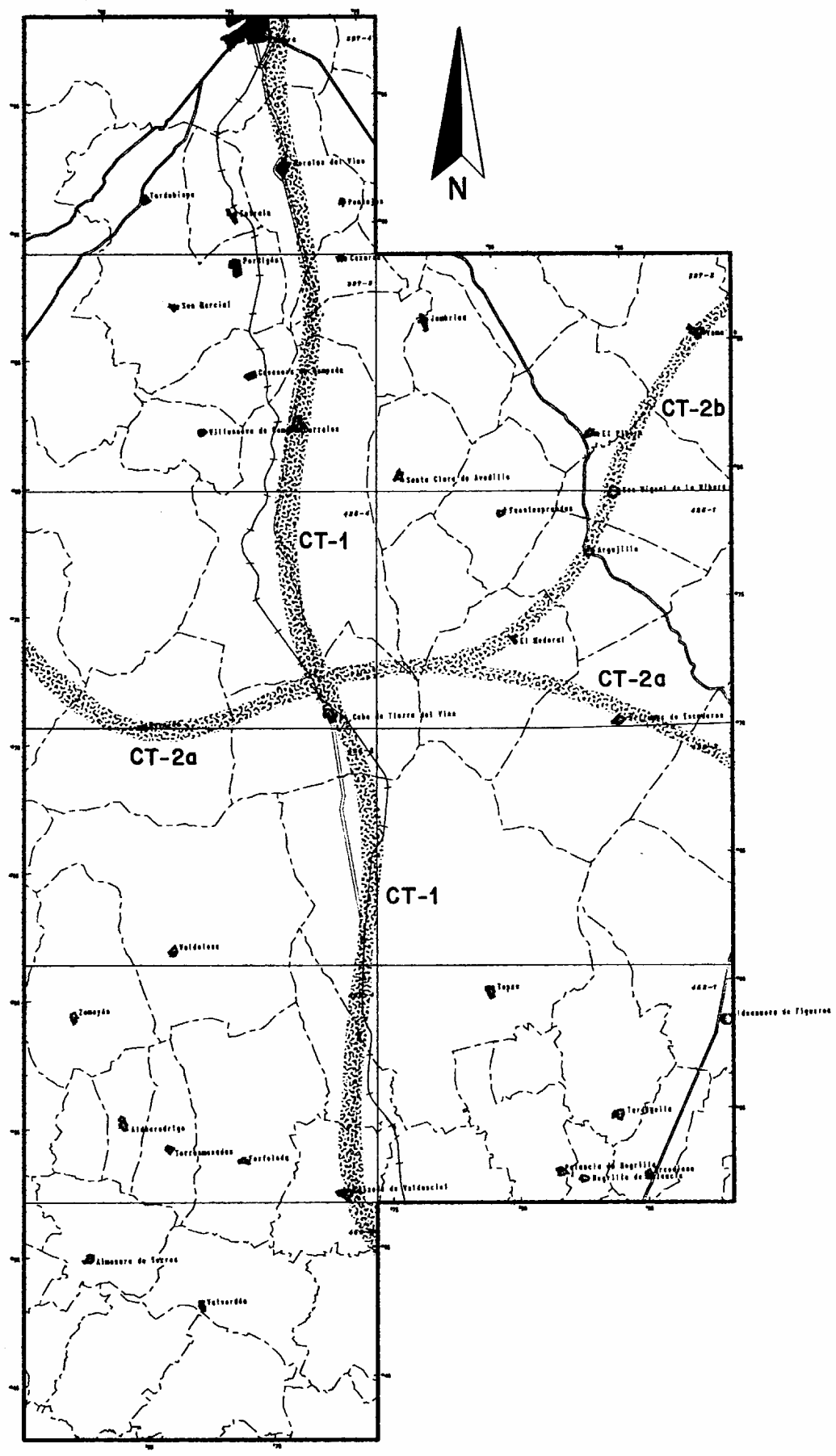
El corredor "CT-1" coincide básicamente con el ocupado en la actualidad por la carretera N-630. Entra en el Tramo por su borde norte, aprovechando la infraestructura de la variante de Zamora, hasta las proximidades septentrionales de la ermita del Cristo de Morales. Desde aquí se desvía hacia el SSE, salva la localidad de Morales del Vino por el Este y se dirige, con la misma dirección, hasta las cercanías de la desviación a Cazurra, desde donde vuelve a tomar el trazado de la actual N-630. Coincide con ella, salvo pequeñas mejoras de trazado

y las correspondientes variantes a las poblaciones (Corrales del Vino y Peleas de Arriba), hasta la localidad de El Cubo de la Tierra del Vino. A partir de esta población, que salva por el Este, el corredor propuesto vuelve a tomar una dirección SSE, desviándose de la carretera actual, hasta las proximidades del apeadero de Villanueva del Cañedo, en donde vuelve a tomar el trazado de la N-630, hasta su salida del Tramo por el borde meridional, después de una pequeña mejora del mismo, desde la zona norte de Calzada de Valdunciel, cuya población es salvada por el Este. Discurre en su totalidad por formaciones detríticas terciarias y cuaternarias, por lo que no plantea problemas topográficos ni geotécnicos, y los geomorfológicos están únicamente producidos por la presencia de áreas de drenaje difícil o de encharcamientos de las llanuras de inundación de algunos ríos, ante precipitaciones máximas.

La solución "CT-2" corresponde a un tramo de un corredor de gran longitud, considerado como una opción de futuro para mejorar la comunicación Este-Oeste, entre distintos puntos de la carretera N-VI (fuera del Tramo) y la frontera con Portugal (fuera del Tramo). El itinerario general de este corredor podría ser, de Este a Oeste, el siguiente: Medina del Campo (N-VI)-Fuentesaúco-El Cubo de la Tierra del Vino (N-630)-Bermillo de Sayago-Frontera portuguesa (por Miranda do Douro). Dentro del Tramo de Estudio pueden considerarse dos trazados: El "CT-2a" y el ramal "CT-2b".

La opción "CT-2a" penetraría en el Tramo por su borde oriental, coincidiendo, aproximadamente, con la carretera local que une las poblaciones de El Cubo de la Tierra del Vino y Fuentesaúco, a unos 2 km de está última localidad. Desde este punto, y desviándose por el Norte, salvaría, por medio de una variante, la población de Villamor de los Escuderos, y volvería a la carretera de Fuentesaúco en el cruce de ésta con la de El Maderal y Argujillo, desde donde la seguiría en su totalidad, hasta el cruce con la N-630. Desde esta posición tomaría prácticamente el corredor ocupado por la carretera de unión de El Cubo de la Tierra del Vino y Peñausende (fuera del Tramo), con las mejoras de trazado necesarias y la variante correspondiente a la población de Mayalde. Este corredor discurre casi en su totalidad por los materiales detríticos terciarios de la formación (312c) y cuaternarios aluviales. Solamente pasa por materiales graníticos en su salida del Tramo por el borde occidental. No presenta problemas topográficos, ni geotécnicos. Los problemas geomorfológicos que pueden presentarse están motivados por la existencia de zonas encharcables y posibles inundaciones de algunos ríos, en épocas de grandes precipitaciones.

La opción "CT-2b" corresponde a un posible ramal que, parte, de forma aproximada, del corredor "CT-2a", a la altura del cruce de las carreteras de Fuentesaúco y de El Maderal. Se dirige hacia el Noreste, pasando por las poblaciones de El Maderal, Argujillo (C-605) y San Miguel de la Ribera, salvando cada una de ellas con su variante correspondiente. Desde esta última localidad se desvía de cualquier trazado establecido y, tomando orientación NNE, llega hasta la vecindad de Venialbo, desde donde sale de la zona de estudio en dirección a la villa de Toro (fuera del Tramo) y desde aquí, por la carretera N-122, a Tordesillas (N-VI) (fuera del Tramo). Este corredor discurre por una zona de materiales terciarios (formación 312c) sin problemas reseñables.



LEYENDA

NUCLEOS DE POBLACIÓN
CARRETERAS
FERROCARRIL
TÉRMINO MUNICIPAL

ESCALA ORIGINAL 1:200.000

ESCALA GRÁFICA
0 5km

CORREDOR DE TRAZADO

FIGURA 4.5.ESQUEMA DE CORREDORES DE TRAZADOS SUGERIDOS EN EL TRAMO.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

En el presente Estudio Previo de Terrenos no se incluye un análisis detallado de los yacimientos de materiales existentes en el Tramo, ya que dicho trabajo desborda el alcance de los Estudios Previos.

Sin embargo, se ha considerado conveniente presentar la información sobre los yacimientos existentes en el área del Estudio, recogida durante la ejecución del mismo. La información que a continuación se expone está referida solamente a los yacimientos de materiales utilizables en obras de carreteras (graveras y materiales de préstamos para terraplenes y pedraplenes).

5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

En el Tramo estudiado no existen materiales rocosos susceptibles de ser explotados para la obtención de áridos para carreteras. Por este motivo, se ha considerado una zona granítica, formada por un granito microgranudo, de color oscuro, poco alterado y que muestra una gran dificultad a disgregarse (Figura 5.1). Se trata de una cantera (Figura 5.2), actualmente inactiva, abierta para la obtención de granito ornamental y situada en las proximidades septentrionales de la localidad de Malillos (fuera del Tramo). Dicha población se encuentra a unos ocho kilómetros del borde noroccidental del Tramo, por la carretera C-527.



Figura 5.1. Aspecto de detalle de los granitos negros y microgranudos de Malillos (fuera del Tramo).

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.2. Cantera de granito negro, microgranudo, de la localidad de Malillos (fuera del Tramo).

5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

El Tramo Zamora-Salamanca, aunque no cuenta con muchas graveras en actividad, presenta un abundante potencial para la apertura de yacimientos granulares, debido a la gran extensión que alcanzan algunos valles fluviales, rellenos por formaciones aluviales (grupo A1) y de terraza (grupo T1). Estos yacimientos están compuestos por gravas y arenas, y son más abundantes en los sectores norte y sur del Tramo (depósitos aluviales de los ríos Duero y Tormes, respectivamente).

En conclusión, los grupos litológicos que pueden ser utilizados como yacimientos granulares son el (A1) y el (T1).

5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

En este apartado, además de los grupos mencionados anteriormente (A1 y T1) hay que añadir las formaciones de glacis (G1), coluviales (C1), (311a), (312b), (313a), (313b) y (321), aunque éste último tiene una extensión tan reducida que sólo podría ser utilizado para obras locales. Todos estos grupos, por su composición y litología, serán válidos para utilizarlos en la construcción de terraplenes.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

Las Figuras 5.3 y 5.4 corresponden a dos areneros en donde se han explotado los materiales granulares de las formaciones (311a) y (312b).

Para la ejecución de pedraplenes en el Tramo estudiado pueden utilizarse como materiales adecuados, aquellos productos pétreos procedentes de la excavación de granitos (001), así como areniscas y conglomerados silíceos (porcelanitas) del grupo (311b). De estas rocas existen cuatro canteras inactivas, actualmente ocupadas por vertidos urbanos, en las proximidades de la localidad de Zamora, de las que se han obtenido bloques para dedicarlos a los sillares de las construcciones. Requerirán un estudio especial los esquistos, los gneises y las margas. Se consideran rocas inadecuadas las costras calcáreas, las arcosas y las limolitas, así como las areniscas y los conglomerados de formaciones terciarias, que, por estar poco cementados, se disgreguen al ser compactados, o se desgasten al estar en la intemperie.



Figura 5.3. Arenero situado en las proximidades del p.k. 6,5 de la carretera C-527 (Hoja 397-4), en el que se han obtenido arenas y gravas de la formación (311a).

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Figura 5.4. Arenero situado en las proximidades de la localidad de Valdelaosa (Hoja 425-3), en el que se han explotado materiales del grupo (312b).

5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE

Con vistas al emplazamiento de nuevas explotaciones, o a la puesta en marcha de las ya existentes, se recomienda un estudio detallado de las áreas y yacimientos indicados en la Figura 5.5, y cuyas características se resumen en los cuadros adjuntos.

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YR-0	Hoja - U.T.M.:	001	Granito microgranudo	Carretera local a Malillos, desde carretera C-527 fuera Tramo) INACTIVA
YR-4	Hoja 397-4 U.T.M.: 675963	311b PEDRAPLÉN	Areniscas y conglomerados silí-ceos	Carretera C-527 y camino de acceso a las canteras por p.k.2 INACTIVA
YR-5	Hoja 397-4 U.T.M.: 680964	311b PEDRAPLÉN	Areniscas y conglomerados silí-ceos	Carretera C-527 y camino de acceso a las canteras por p.k. 2 INACTIVA
YR-6	Hoja 397-4 U.T.M.: 685962	311b PEDRAPLÉN	Areniscas y conglomerados silí-ceos	Carretera C-527 y camino de acceso a las canteras por p.k. 2 INACTIVA
YR-8	Hoja 397-4 U.T.M.: 675941	311b PEDRAPLÉN	Areniscas y conglomerados silí-ceos	Carretera C-527, p.k. 5 INACTIVA

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES Y DE MATERIALES DE PRÉSTAMOS

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YG-1	Hoja 397-4 U.T.M.: 677979	T	Gravas y arenas	Río Duero, carretera local a Carrascal, p.k. 2,800 SUSCEPTIBLE DE EXPLOTACIÓN
YG-2	Hoja 397-4 U.T.M.: 726966	T	Gravas y arenas	Río Duero, carretera C-605, p.k. 2,200 SUSCEPTIBLE DE EXPLOTACIÓN
YG-3	Hoja 397-4 U.T.M.: 745964	T	Gravas y arenas	Río Duero, carretera local a Moraleja del Vino. Sin acceso SUSCEPTIBLE DE EXPLOTACIÓN
YP-7	Hoja 397-4 U.T.M.: 685616	311a	Arenas y gravas	Carretera C-527, p.k. 6,500. INACTIVA.
YP-9	Hoja 425-3 U.T.M.: 686384	312b	Arenas	Carretera local a Valdelaosa, p.k. 7,100. INACTIVA.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES Y DE MATERIALES DE PRÉSTAMOS

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YG-10	Hoja 425-2 U.T.M.: 768650	A	Gravas y arenas	Arroyo de San Cristóbal, camino vecinal a S. Cristóbal del Monte SUSCEPTIBLE DE EXPLOTACIÓN
YP-11	Hoja 452-4 U.T.M.: 648557	312b	Arenas	Aldearrodrigo, antigua cerámica INACTIVA

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES Y DE MATERIALES DE PRÉSTAMOS

YACIMIENTO	LOCALIZACIÓN	GRUPO LITO-LÓGICO	TIPO DE ROCA	ACCESOS
YG-12	Hoja 452-3 U.T.M.: 653476	T	Gravas y arenas	Río Tormes, en las proximidades de Valverdón INACTIVA
YG-13	Hoja 452-3 U.T.M.: 673476	T	Gravas y arenas	Límite sur de la población de Valverdón. (Río Tormes) ACTIVIDAD INTERMITENTE
YG-14	Hoja 452-3 U.T.M.: 686470	T	Gravas y arenas	Río Tormes, en las proximidades de Zorita ACTIVA
YG-15	Hoja 478-4 U.T.M.: 707429	T	Planta de aglomerantes Árido silíceo	Río Tormes, en las proximidades de Villamayor (fuera del Tramo). ACTIVA

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

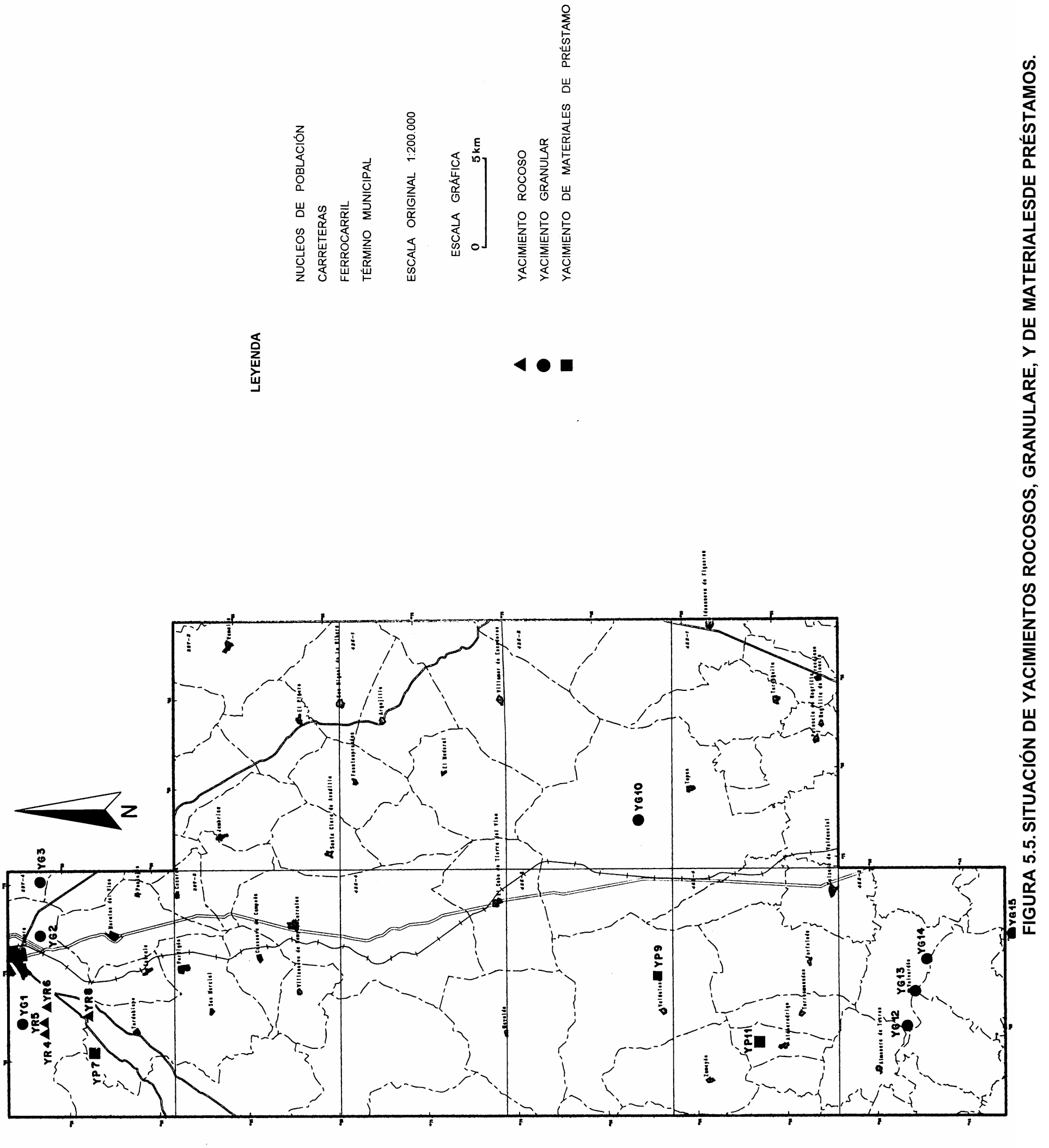


FIGURA 5.5. SITUACIÓN DE YACIMIENTOS ROCOSOS, GRANULARE, Y DE MATERIALESDE PRÉSTAMOS.

6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ALONSO GAVILÁN, G.; CORRALES, I., Y CORROCHANO, A, (1974).- "Sedimentación rítmica en el Paleógeno de Almenara de Tormes (Salamanca)". Estv. Geol., vol X, pp. 17-29.

- CORROCHANO, A, (1974).- "Características de la Sedimentación paleógena en los alrededores de Salamanca". Estv. Geol., vol. VII, pp.7-39.

- CORROCHANO, A., Y QUIROGA, J.L, (1974).- "La discordancia Paleozoica Terciaria al SO de Zamora". Estv. Geol., vol. VII, pp. 123-130.

- I.G.M.E., (1987).- "Manual de Taludes". Serie Geotecnia.

- I.G.M.E., (1986).- "Mapa Geológico de España a escala 1:200.000, Hoja nº 29: Valladolid".

- I.G.M.E., (1986).- "Mapa Geológico de España a escala 1:200.000, Hoja nº 37: Salamanca".

- I.G.M.E., (1980).- "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Serie Magna. Hoja nº 397: Zamora".

- JIMENEZ FUENTES, E., (1972).-: "El Paleógeno del borde SO de la cuenca del Duero, los escarpes del Tormes". Estv. Geol., vol. III, pp.67-110. Salamanca.

- M.O.P.U., (1981).- "Desmontes. Estado actual de la técnica". Dirección General de Carreteras.

- M.O.P.U., (1989).- "Terraplenes y pedraplenes". Área de Tecnología, de la Dirección General de Carreteras.

- PARGA, J.R., (1969).- "Sistemas de fracturas tardihercínicas del Macizo Hespérico". Trab. del Lab. Geol. de Lage, vol. 37, pp. 1-15.

- SAN JOSÉ, M.A., (1983).- "El Precámbrico de la Zona Centro-Ibérica y su borde oriental. El complejo sedimentario pelítico-grauváquico". Libro jubilar J.M. Ríos, Tomo 1, pp. 91-100. I.G.M.E.

- ZAMARREÑO, I., (1983).- "El Cámbrico en el Macizo Ibérico. El Antiforme del Ollo de Sapo y la parte más septentrional de la Zona Centro-Ibérica". Libro jubilar J.M. Ríos, Tomo 1, pp. 170-172. I.G.M.E.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO

(1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350

** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

* NEOGENO 2

2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense

1** MIOCENO
- Superior — Messinense; Tortoniense — Pontiense — Pantiense s.str.; Vallesense
- Medio — Serravallense; Langhiense — Helvetiense — Vindoboniense
- Inferior — Burdigaliense; Aquitaniense

* PALEOGENO 1

3** OLIGOCENO — Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense

2** EOCENO
- Superior — Priaboniense=Ludense=Bartonense
- Medio — Biarritzense; Luteciense
- Inferior — Cuisiense; Ilerdiense - Ypresiense, Sparnaciense

1** PALEOCENO — Thanetiense; Montiense; Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

* CRETÁCICO 3

2** SUPERIOR — Maestrinchtiense; Campaniense; Santoniense; Coniaciense (2); Turonense; Cenomanense — Senonense

1** INFERIOR — Albense; Aptense; Barremiense — Facies Urgoniense; Hauteriviense; Valagieniense; ? Berriasiense=Wealdense — Neocomiense (marino); Facies Wealdense (continental)

* JURÁSICO 2

3** MALM — Superior — Portlandiense=Tithonico; Kimmeridgiense; Oxfordiense

2** DOGGER — Medio — Calloviense; Bathoniense; Bajociense; Aaleniense

1** LIAS — Inferior — Toarciense; Pliensbachiense; Sinamuriense; Hettangiense

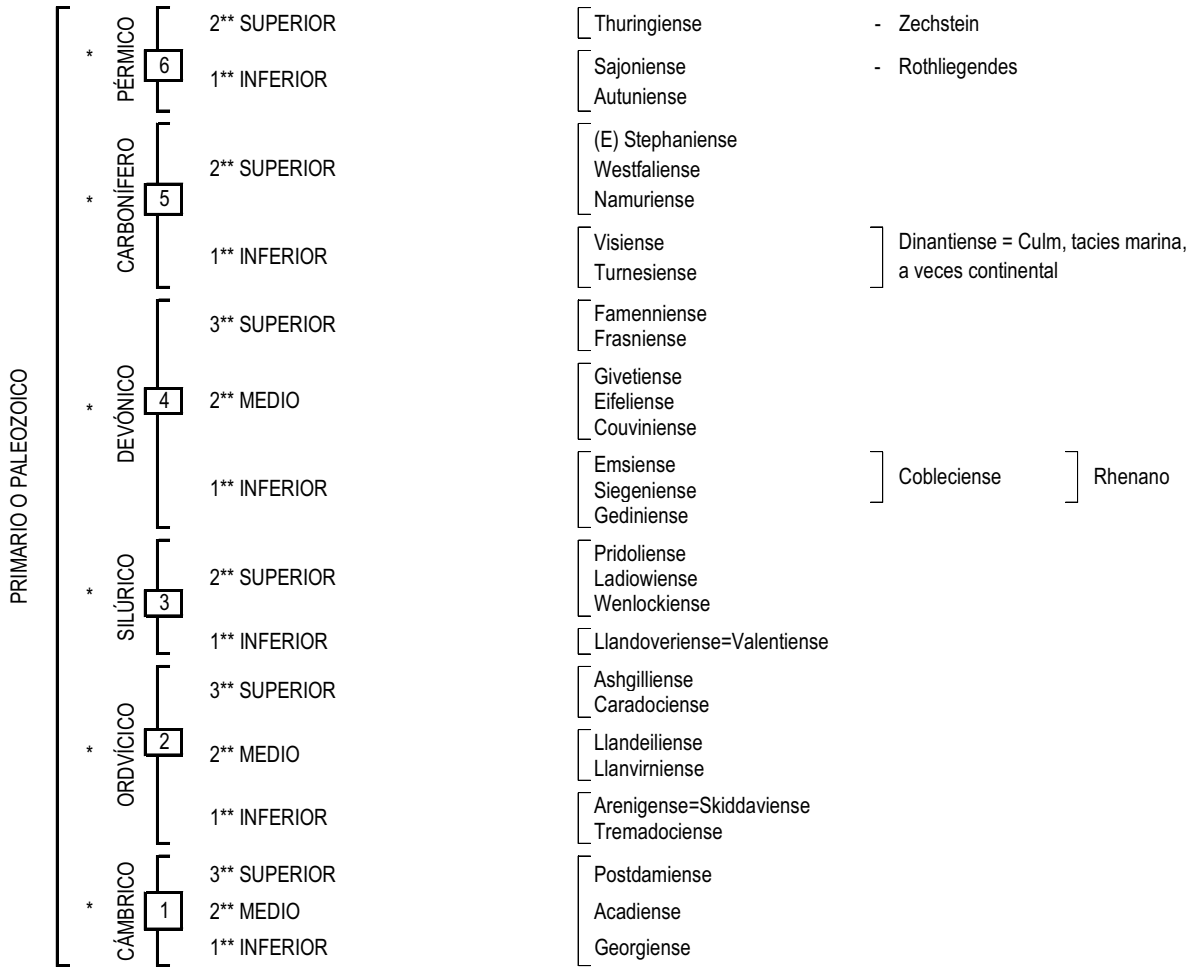
* TRIÁSICO 1

3** SUPERIOR — Retiense; Noriense; Carniense — Keuper

2** MEDIO — Ladiniense; Anisiense=Virglonense — Muschelkalk

1** INFERIOR — Werfeniense — Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

b) Se consideran de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

c) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2-3 kg/cm^2) produce asientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos de estabilidad de los taludes, asignados a los distintos materiales del Tramo, un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura).

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65°) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10°).

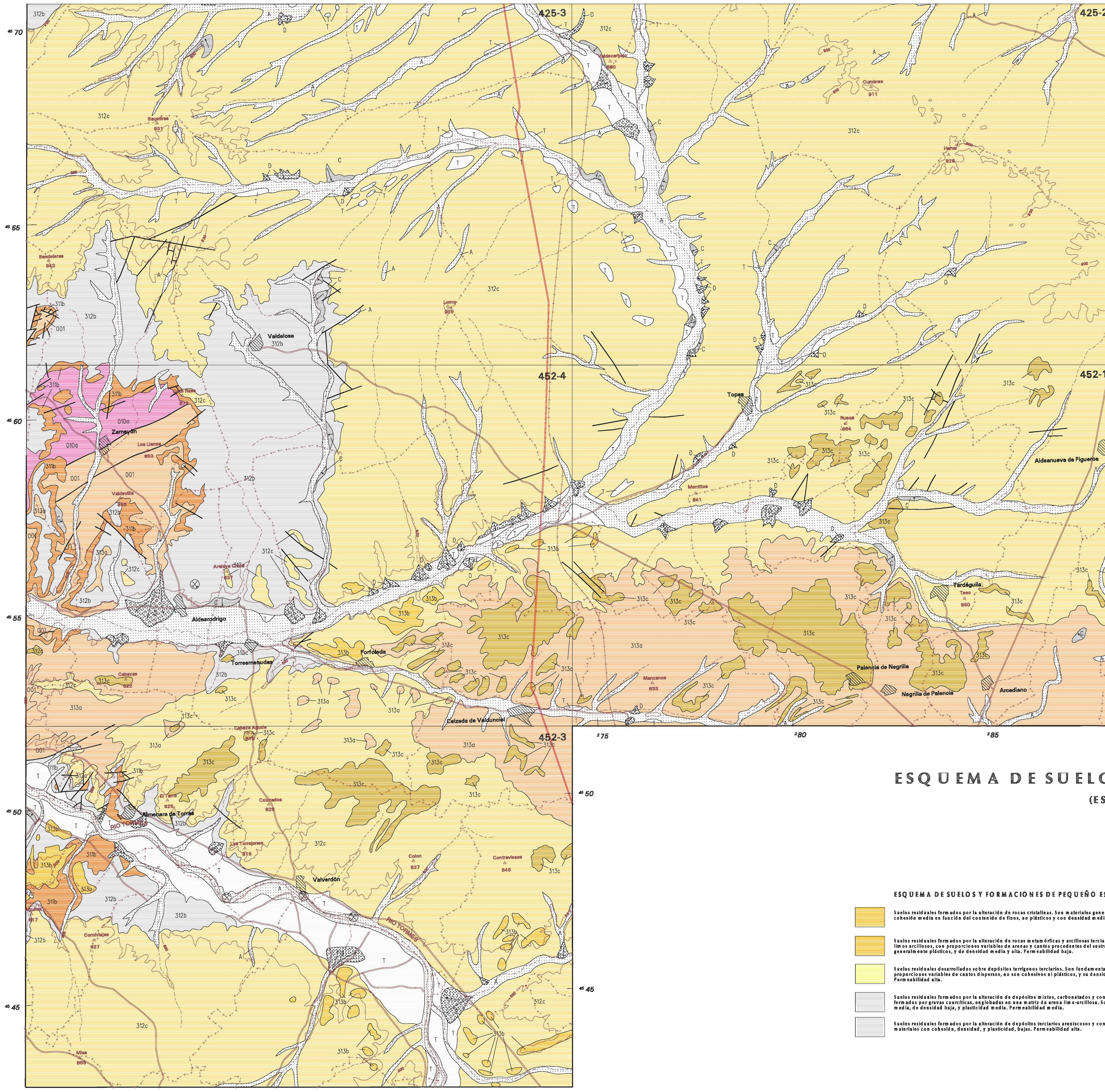
Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

Drenaje

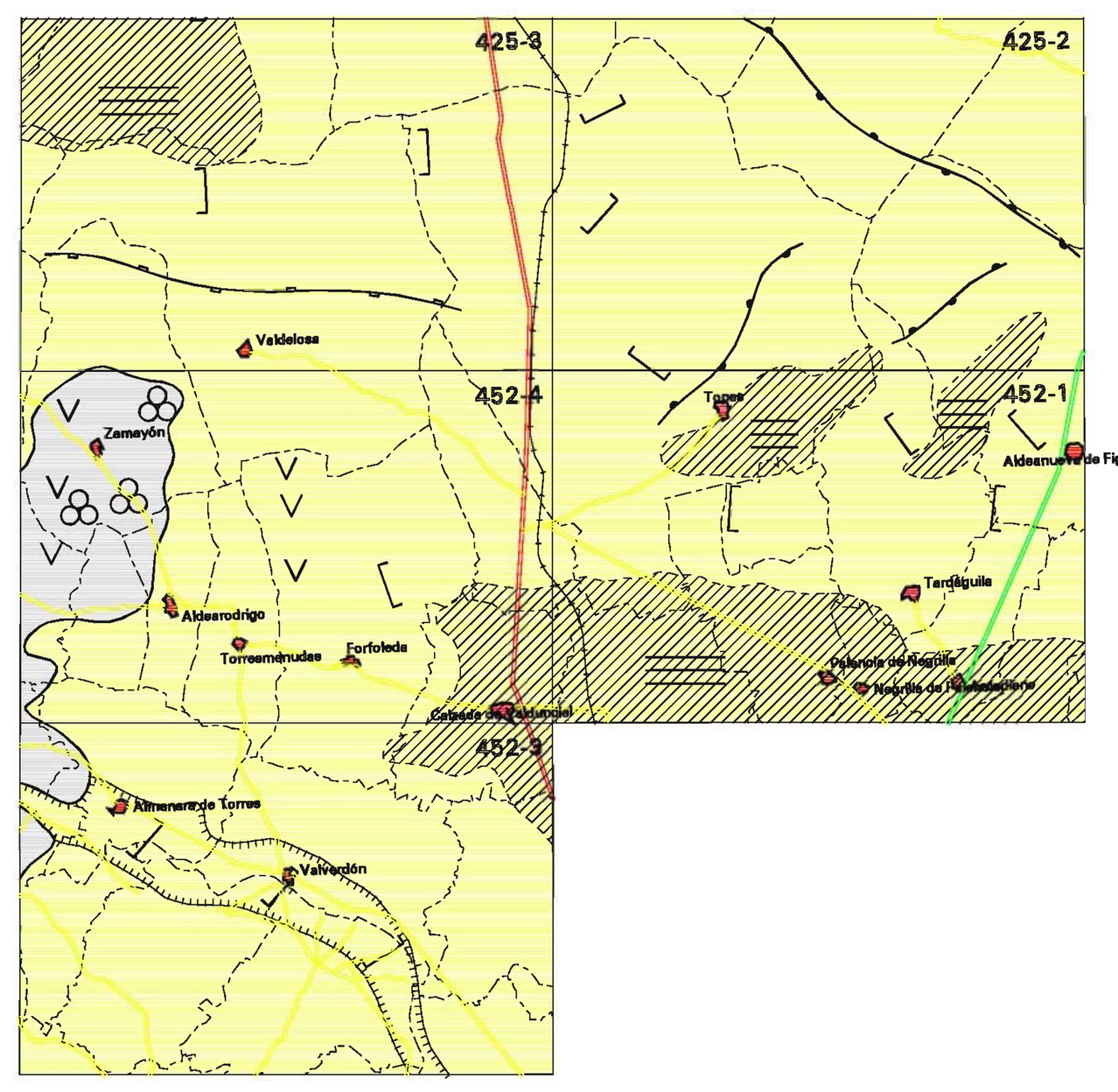
El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

8. PLANOS

MAPA LITOLÓGICO - ESTRUCTURAL
(ESCALA 1 : 50.000)



ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO
(ESCALA 1 : 200.000)



ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO

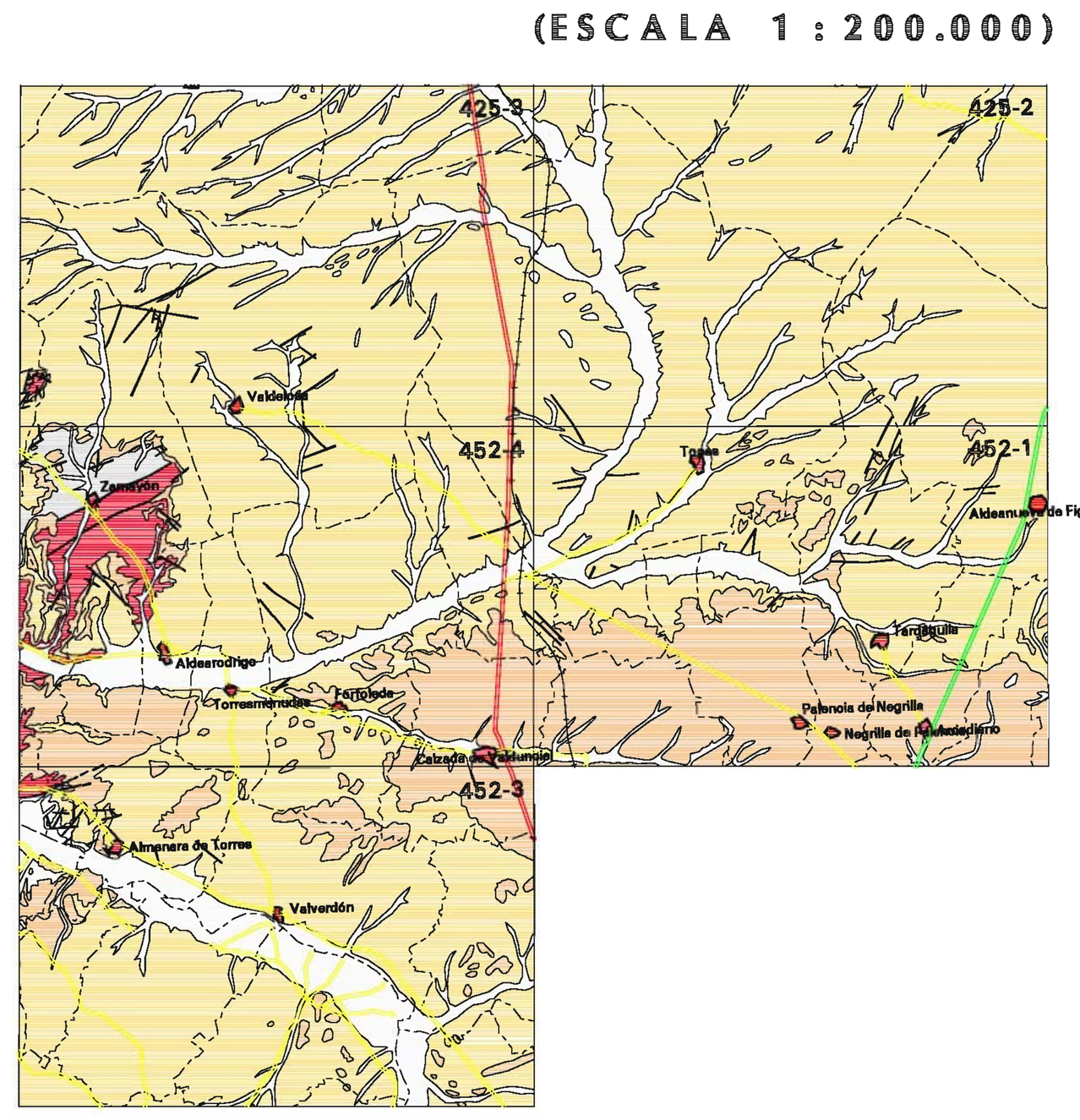
ZONA DE RELIEVE LLANO Y ALOMADO. RELIEVES TERCIARIOS.

- Zona de relieve llano y alomado. Relieves Terciarios.

ZONA DE RELIEVE ALOMADO. RELIEVES HERCÍNICOS.

- Zona de relieve alomado. Relieves Hercínicos.
- Superficie llana.
- Interfluvio tabular.
- Interfluvio redondeado.
- Valle de fondo plano.
- Valle encajado.
- Cerro testigo.
- Berrocales graníticos.
- Límite de terrazas.

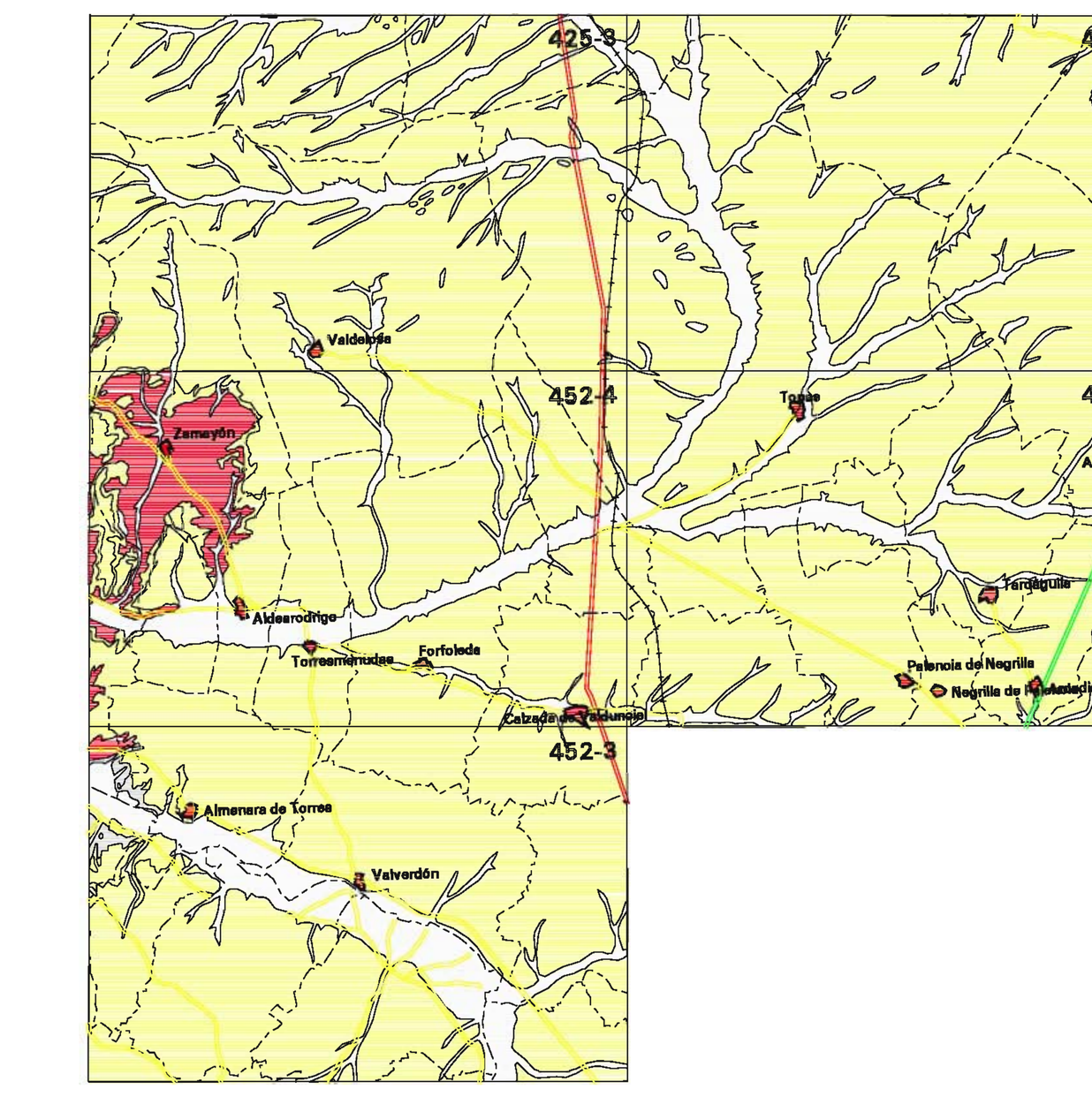
ESQUEMA GEOLÓGICO
(ESCALA 1 : 200.000)



ESQUEMA GEOLÓGICO

- CUATERNARIO
- OLIGOCENO
- EOCENO
- PALEOCENO
- CÁMBRICO
- PRECÁMBRICO
- ROCAS ÍGNEAS: GRANITOS

ESQUEMA GEOTÉCNICO
(ESCALA 1 : 200.000)



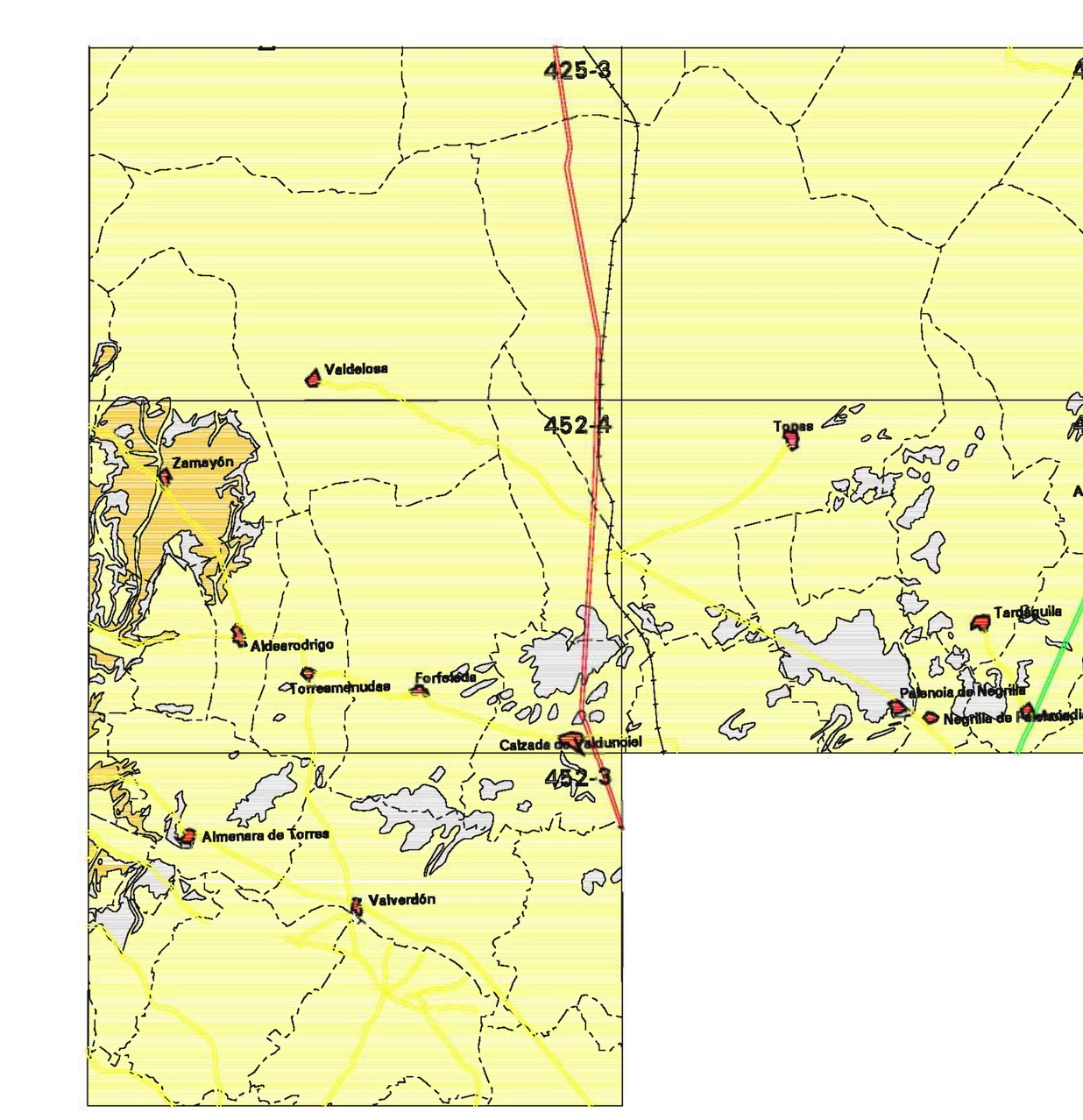
ESQUEMA GEOTÉCNICO

- Rocas graníticas y gnéisicas. Materiales duros, masivos y coherentes, no ripables, no erosionables y con capacidad portante alta. Frecuentemente aparecen alteradas y entonces son ripables, erosionables y con capacidad portante media. Pueden presentar fenómenos de inestabilidad gravitacional.
- Formaciones rocosas cámbricas, constituidas por rocas metamórficas. Materiales esquistosados y fracturados, no ripables, no erosionables y con capacidad portante alta. Superficialmente presentan alteraciones y, localmente, inestabilidades gravitacionales.
- Sedimentos terciarios constituidos por materiales detríticos preconsolidados o cementados. Materiales de alta a media capacidad portante, y difícilmente ripables. Erosionables diferencialmente, y localmente encharcables. Pueden presentar inestabilidades gravitacionales de caracter puntual.
- Sedimentos terciarios constituidos por rocas fuertemente cementadas por sílice. Materiales de alta capacidad portante y no ripables. Diferencialmente erosionables, pueden presentar, localmente, problemas de inestabilidad gravitacional.
- Depósitos terciarios limo-arcillosos. Materiales ripables, erosionables, cohesivos, de capacidad portante baja a media y localmente encharcables. Los taludes más inclinados pueden presentar roturas circulares.
- Sedimentos cuaternarios, constituidos en general por materiales detríticos gruesos. Materiales erosionables, fácilmente excavables y con capacidad portante media. Es previsible la aparición de encharcamientos, y en algunos casos, son probables los niveles freáticos altos.

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR
(ESCALA 1 : 200.000)

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR.

- Suelos residuales formados por la alteración de rocas cristalinas. Son materiales generalmente arenosos, de cohesión media en función del contenido de finos, no plásticos y con densidad media a baja. Permeabilidad media.
- Suelos residuales formados por la alteración de rocas metamórficas y arcillosas terciarias. Están compuestos por limos arcillosos, con proporciones variables de arenas y cantos procedentes del sustrato. Son materiales cohesivos, generalmente plásticos, y de densidad media y alta. Permeabilidad baja.
- Suelos residuales desarrollados sobre depósitos terrígenos terciarios. Son fundamentalmente arenosos, con proporciones variables de cantos dispersos, no son cohesivos ni plásticos, y su densidad es media a baja. Permeabilidad alta.
- Suelos residuales formados por la alteración de depósitos mixtos, carbonatados y conglomeráticos. Están formados por gravas cuarcíticas, englobadas en una matriz de arena limo-arcillosa. Son materiales de cohesión media, de densidad baja, y plasticidad media. Permeabilidad media.
- Suelos residuales formados por la alteración de depósitos terciarios areniscosos y conglomeráticos, silíceos. Son materiales con cohesión, densidad, y plasticidad, bajas. Permeabilidad alta.



LEYENDA

DEPÓSITOS RECIENTES

A — Depósitos aluviales compuestos por arenas de grano fino a grueso, con escasa fracción limo-arcillosa, y de colores claros; limos, que son mayoritarios en la llanura de inundación; y gravas de cuarcita, de otras rocas metamórficas y de granito. Matriz arenosa, minoritaria. Estructura subhorizontal y disposición lenticular. Son materiales erosionables, excavables y con capacidad portante media o baja. Permeabilidad alta y niveles freáticos altos, relacionados con el nivel estacional de los ríos. Formación útil como yacimiento granular y de materiales de préstamos. No han sido observados taludes de interés. (Cuaternario. P.a.: > 2 m).

T — Depósitos de Terraza constituidos por arenas de grano medio y grueso, algo limosas, y de colores claros; limos ocres, de tonos claros, abundantes en las zonas superficiales de la formación; y gravas de cantos redondeados y subredondeados, y heterométricos. La matriz es arenosa, de grano medio y de color marrón claro. Estructura horizontal o ligeramente inclinada. La disposición interna de los materiales esta formada por la yuxtaposición de cuerpos arenosos, limosos y de gravas, que origina estratificaciones y laminaciones cruzadas. Formación con permeabilidad alta y niveles freáticos superficiales. Los materiales que la componen son erosionables, fácilmente ripables y tienen una capacidad portante media. No se han observado taludes de interés. Formación interesante para ser utilizada como yacimiento granular o de materiales de préstamos. (Cuaternario. P.a: > 2 m).

D — Depósitos de abanicos aluviales y de conos de deyección constituidos por arenas principalmente silíceas de grano grueso, con cantos dispersos, en el ápice del abanico, a granos finos y medios en las zonas más distales del mismo. Tienen matriz limosa y color claro. Los limos pueden aparecer formando algunos niveles independientes de las arenas, y son más abundantes en las areas superficiales. Estructura de adaptación al relieve sobre el que se deposita. Forma plataformas triangulares inclinadas unos 10°, desde el apice hasta el borde final. Son frecuentes las estratificaciones cruzadas. Materiales fácilmente ripables, erosionables y con baja capacidad portante. Permeabilidad alta. Drenaje profundo bueno. Drenaje superficial fácil por escorrentía. No existen taludes de interés. (Cuaternario. P.a.: 3-6 m).

C — Depósitos coluviales formados por arenas de grano medio y grueso, con matriz limo-arcillosa de color ocre, y con cantos dispersos de areniscas y conglomerados. Estructura de adaptación al relieve sobre el que se depositan. Carecen de ordenamiento interno y tienen un aspecto masivo. Materiales ripables y erosionables, con capacidad portante baja. Materiales son poco permeables y drenaje profundo deficiente. Drenaje superficial fácil por escorrentía. Taludes artificiales estables: B-40° y 45°. (Cuaternario. P.a.: 2 - 4 m).

FORMACIONES TERCIARIAS

313c — Costras calcareas de aspecto granular, pulverulento y oqueroso, de colores blancos y cremas, que se disgregan en forma de pequeños cantos irregulares y heterométricos. Estructura heredada de las formaciones detríticas a las que impregna. Lo normal es encontrar estas costras con estructura horizontal y con aspecto masivo. Son materiales ripables, con capacidad portante alta y poco erosionables. Permeabilidad alta y el drenaje profundo, fácil. El drenaje superficial es difícil. Taludes artificiales estables : B-65°. (Oligoceno. P.a.: 5 m).

313b — Conglomerados de cantos de cuarcita y otras rocas metamórficas, redondeados, subredondeados, y heterométricos, con matriz arenosa de color ocre y cementación carbonatada, alternando con lechos de arenas arcósicas preconsolidadas, de granos silíceos, y matriz limosa de color ocre. La estructura es horizontal a subhorizontal y son frecuentes las estratificiones cruzadas. Los materiales son diferencialente erosionables y ripables. Las arenas son excavables y los niveles conglomeráticos van a presentar ripabilidad marginal. La capacidad portante del conjunto es alta. La permeabilidad es media y el drenaje profundo moderado. El drenaje superficial es fácil por escorrentía. Taludes artificiales estables: B-60°. (Oligoceno. P.a.: 25 m).

313a — Arenas arcósicas de grano grueso a muy grueso (microconglomeráticas), con matriz limo-arcillosa de color marrón rojizo. Niveles conglomeráticos interestratificados de cantos de cuarzo, granito y de rocas metamórficas. Estructura horizontal o subhorizontal. Los materiales se disponen mal estratificados en capas de 2 y 5 m de espesor. Sedimentos detríticos, preconsolidados, con capacidad portante media-alta. Son relativamente erosionables, excavables y poco permeables. Drenaje profundo, difícil. Escorrentía dificultada por la topografía; pueden darse encharcamientos. Taludes naturales estables y artificiales estables: B-60°.(Oligoceno. P.a.: 50 m).

312c — Alternancia irregular areniscas, de grano fino, medio y grueso (microconglomeráticas), de colores blanquecinos, ocres y anaranjados, y cementadas por carbonato; arenas de la misma naturaleza, y conglomerados de cantos cuarcíticos, subredondeados y heterométricos, trabados por una matriz arenosa de grano grueso microconglomerática, de colores ocres y rojizos, y por cemento carbonatado. Estructura horizontal, definida por capas bien estratificadas. Materiales consolidados y cementados con capacidad portante alta y poco erosionables a corto plazo. Ripabilidad nula en la mayor parte de la formación, excepto las arenas. Permeabilidad media que genera un drenaje profundo moderado. Drenaje superficial generalmente fácil por escorrentía, pero con posibilidades locales de encharcamientos temporales. Taludes naturales estables o con desplomes esporádicos. Taludes artificiales estables: B-65°. (Eoceno. P.a.: indeterminada.)

312b — Alternancia irregular de conglomerados de cantos de cuarzo, cuarcita, esquistos y granitos, subredondeados, subangulosos y heterométricos, con matriz arenosa de grano grueso, microconglomerática; arenas arcósicas gruesas y microconglomeráticas, con matriz limosa de versicolor; y arcillas arenosas de granos de cuarzo y feldespato, de tamaño medio y fino. La estructura es horizontal, y son frecuentes las estratificaciones cruzadas mal definidas. Materiales totalmente ripables, con capacidad portante alta y relativamente erosionables. Permeabilidad media y drenaje profundo moderado. El drenaje superficial es fácil por escorrentía. Taludes naturales estables. Taludes artificiales estables: B-50°. (Eoceno. P.a.: 30 m).

311b — Alternancia de areniscas de granos de cuarzo de tamaño medio y fino, fuertemente trabados por cemento silíceo, y de colores cremas, blanquecinos y rosados; y conglomerados de cantos silíceos, con matriz areniscosa y abundante cemento silíceo. El tramo final de la serie son unas areniscas limolíticas, poco cementadas y de colores rojizos. Estructura horizontal. Los materiales se disponen en capas bien estratificadas de 0,3 a 1 m de espesor. Rocas no ripables, ni erosionables y con capacidad portante alta. Permeabilidad baja, y drenaje profundo difícil. La escorrentía puede encontrar dificultades en las zonas llanas y formarse encharcamientos. Taludes naturales estables y artificiales estables: B-70°. (Paleoceno. P.a.: 15 m).

FORMACIONES PALEOZOICAS

111b — Alternancia irregular de esquistos pizarrosos, algo arcillosos, de colores grises y verdosos, y aspecto satinados; y areniscas cuarcíticas y filitas algo arenosas, que pasan lateralmente a cuarzo-filitas. V/111b: suelos residuales de naturaleza limo-arcillosa procedentes de la meteorización de las rocas. Estructura de plegamiento, según una dirección general NO-SE. Esquistosidad penetrativa y diaclasado. Materiales no erosionables, ni ripables. Capacidad portante alta. Permeabilidad muy baja y drenaje profundo deficiente. El drenaje superficial se realiza fácilmente, por escorrentía. Taludes artificiales estables: B-55°. (Cámbrico inferior. P.a.: indeterminada).

FORMACIONES PRECÁMBRICAS

010a — Gneises de grano medio, con una marcada foliación formada por una blastesis leucocrática de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas y otra melanocrática de biotita y moscovita. Glándulas centimétricas de feldespato. Estructura masiva. Foliación y diaclasado de espaciados variables. Rocas no ripables, no erosionables y con capacidad portante elevada. Permeabilidad muy baja y drenaje profundo difícil. Drenaje superficial fácil por escorrentía. Taludes naturales escarpados estables. Taludes artificiales estables: B-50°. (Precámbrico. P.a.: indeterminada).

ROCAS ÍGNEAS

001 — Granitos de grano medio y grueso, adamellíticos, de dos micas, en los que suele predominar la biotita. Textura hipidiomorfa y porfídica, con fenocristales de feldespato. Compuestos mineralógicamente por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas, biotita y moscovita. Estructura masiva. Diaclasado ortogonal de espaciado métrico. Rocas no ripables, no erosionables, y con capacidad portante muy alta. Permeabilidad baja y drenaje profundo deficiente. Drenaje superficial fácil. Los granitos alterados o "jabres graníticos" poseen capacidad portante media o baja, y son erosionables, ripables y permeable. Taludes artificiales semiestables, por caídas de cuñas: M-55°. (Hercínicos. P.a.: indeterminada).

SIMBOLOGÍA

- Contacto litológico
- Contacto litológico supuesto
- Falla
- Falla supuesta
- Cantera activa, inactiva.

ABREVIATURAS UTILIZADAS EN LA LEYENDA

A: Taludes altos, de 20 a 40 m de altura

M: Taludes medios, de 5 a 20 m de altura

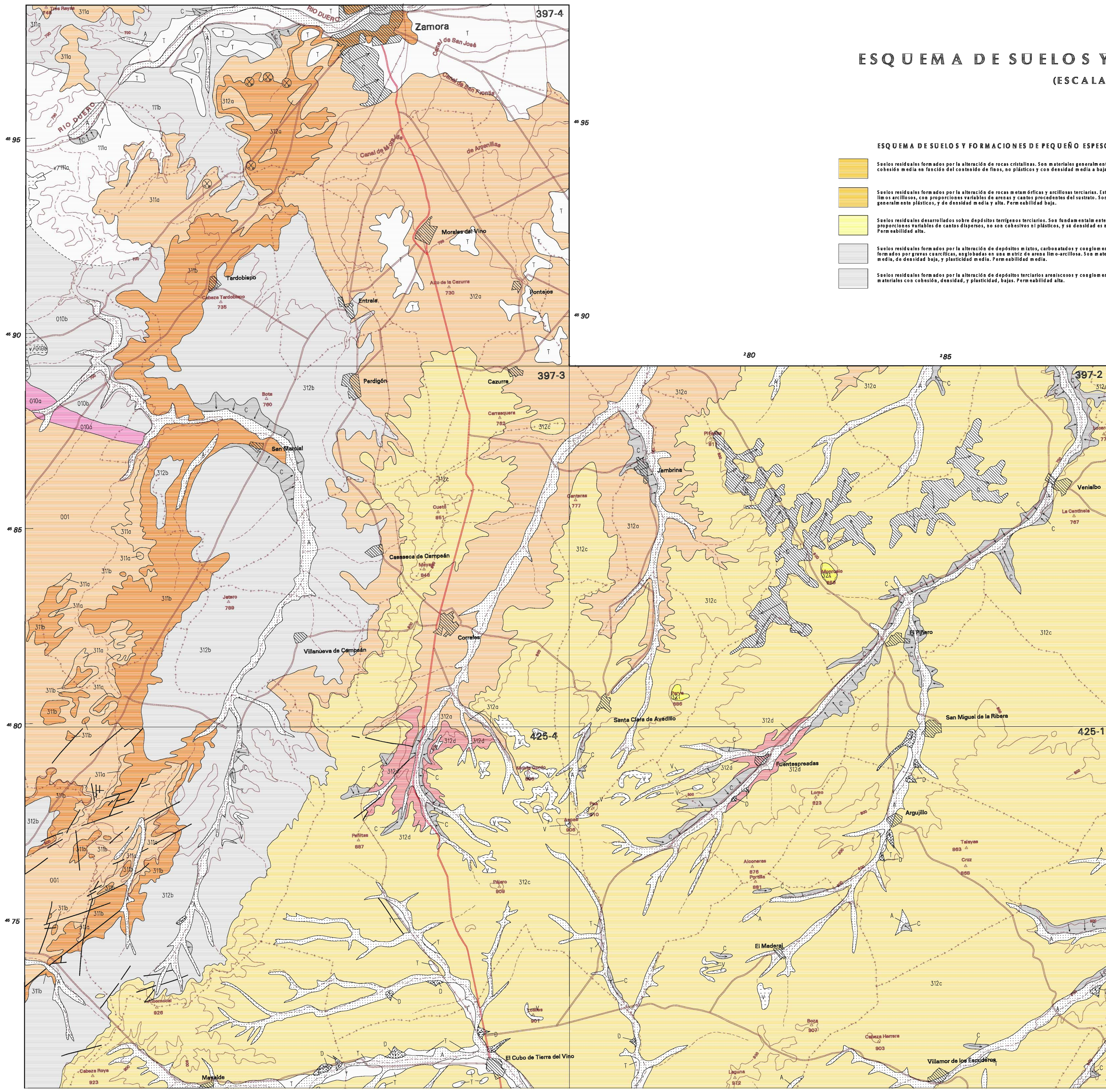
B: Taludes bajos, de menos de 5 m de altura

P.a.: Potencia aproximada

MINISTERIO DE FOMENTO	DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS SERVICIO DE GEOTÉCNIA	ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS ITINERARIO: TORDESILLAS - ZAMORA TRAMO: ZAMORA - SALAMANCA	CONSULTOR: U.T.E. INECO - INGEMISA	CUADRANTES: HOJA: 425-3 HOJA: 425-2 HOJA: 452-4 HOJA: 452-1 HOJA: 452-3	MAPA LITOLÓGICO - ESTRUCTURAL Y ESQUEMAS COMPLEMENTARIOS	ESCALAS 1: 50.000 1: 200.000 ORIGINAL	1 0 1 2 3 Km 5 0 5 10 Km GRÁFICA	FECHA: ENERO 1998	F. CARMONA GUILLÉN	REVISADO: J. SANTAMARÍA ARIAS

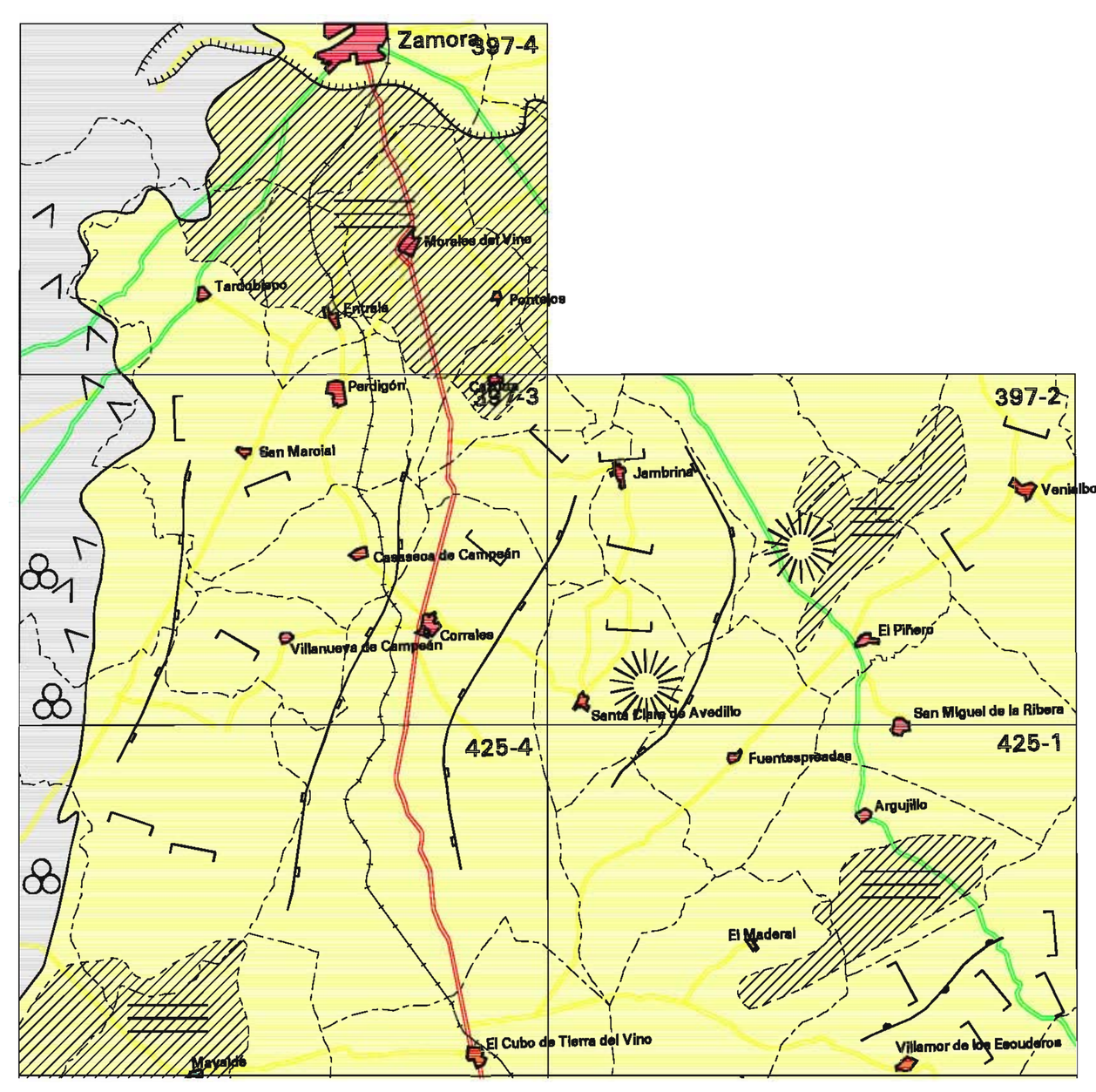
MAPA LITOLÓGICO - ESTRUCTURAL

(ESCALA 1 : 50.000)



ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO

(ESCALA 1 : 200.000)



ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO

ZONA DE RELIEVE LLANO Y ALOMADO. RELIEVES TERCIARIOS.

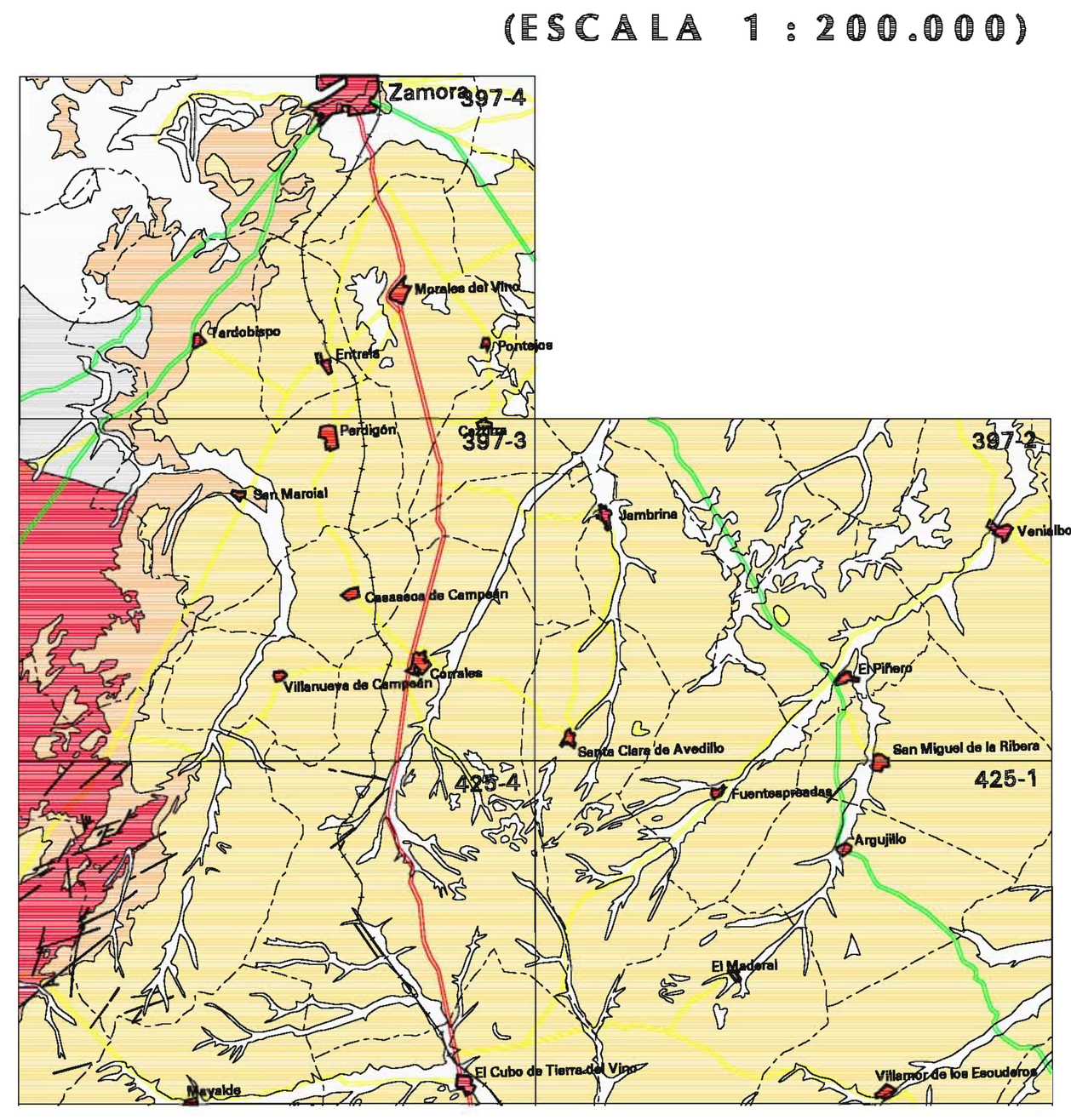
- Zona de relieve llano y alomado. Relieves Terciarios.

ZONA DE RELIEVE ALOMADO. RELIEVES HERCÍNICOS.

- Zona de relieve alomado. Relieves Hercínicos.
- Superficie llana.
- Interfluvio tabular.
- Interfluvio redondeado.
- Valle de fondo plano.
- Valle encajado.
- Cerro testigo.
- Berrocales graníticos.
- Límite de terrazas.

ESQUEMA GEOLÓGICO

(ESCALA 1 : 200.000)

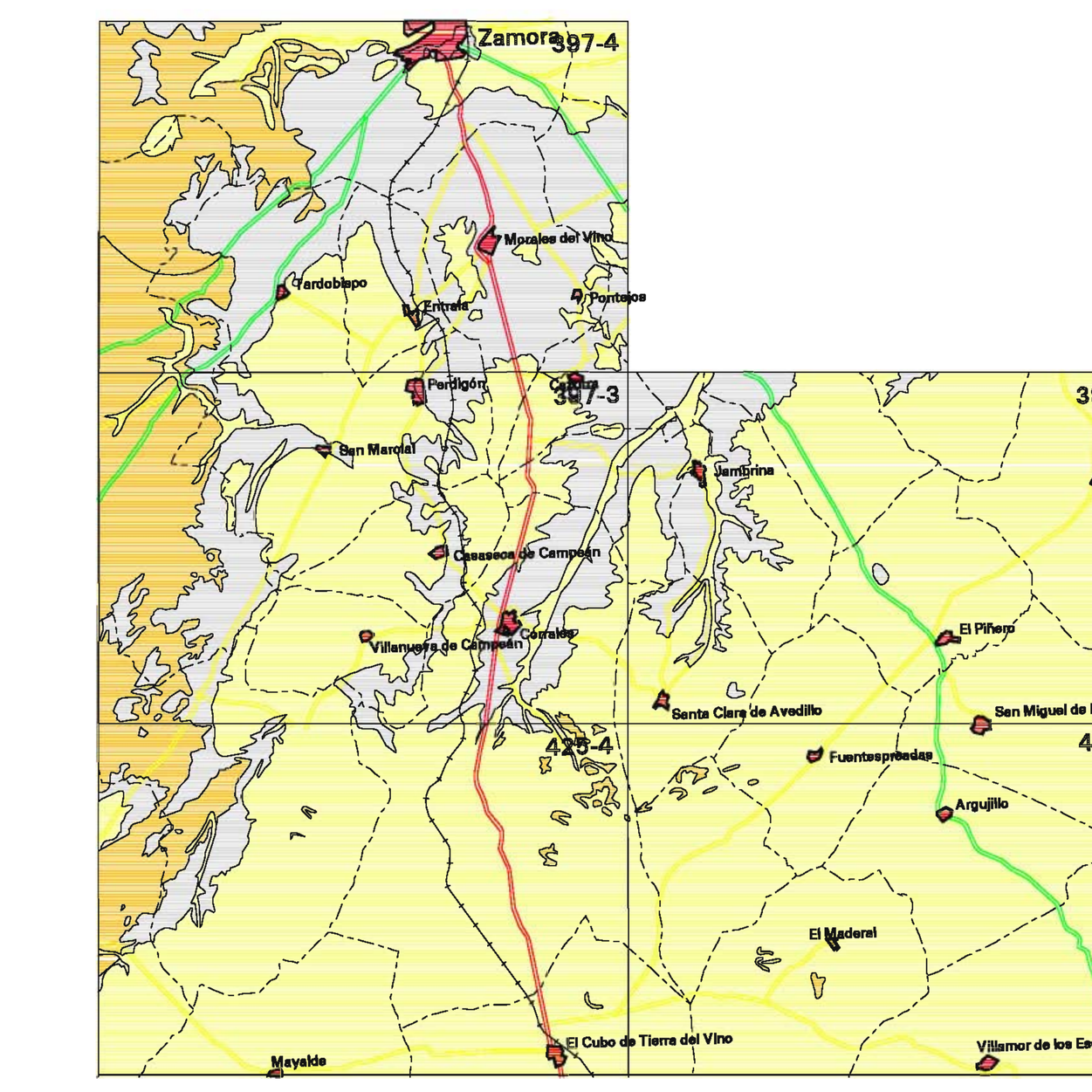


ESQUEMA GEOLÓGICO

- CUATERNARIO
- MIOCENO
- OLIGOCENO
- EOCENO
- PALEOCENO
- CÁMBRICO
- PRECÁMBRICO
- ROCAS ÍGNEAS: GRANITOS

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1 : 200.000)

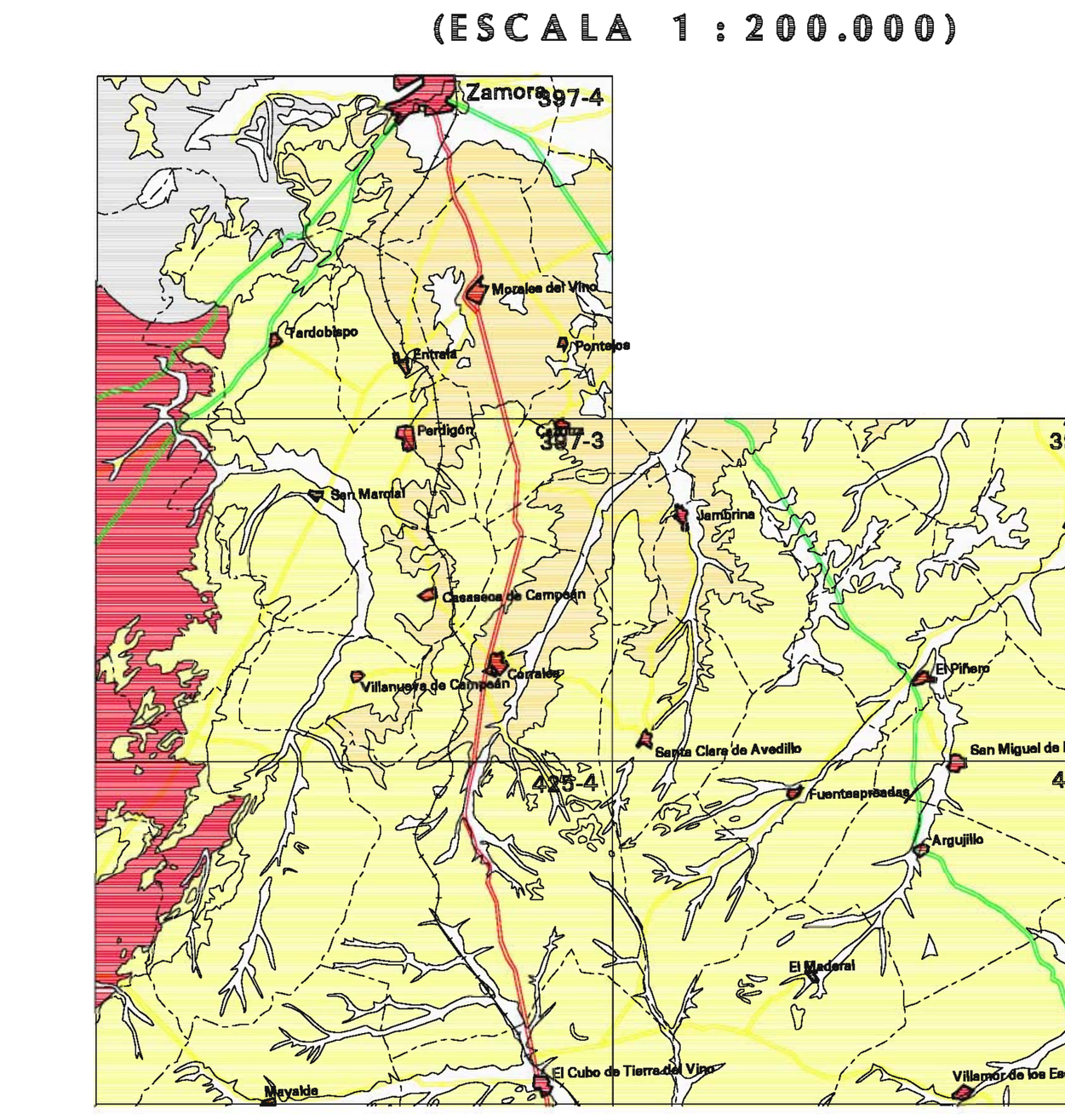


ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR.

- Suelos residuales formados por la alteración de rocas cristalinas. Son materiales generalmente arenosos, de cohesión media en función del contenido de finos, no plásticos y con densidad media a baja. Permeabilidad media.
- Suelos residuales formados por la alteración de rocas metamórficas y arcillosas terciarias. Están compuestos por limos arcillosos, con proporciones variables de arenas y cantos procedentes del sustrato. Son materiales cohesivos, generalmente plásticos, y de densidad media y alta. Permeabilidad baja.
- Suelos residuales desarrollados sobre depósitos terrígenos terciarios. Son fundamentalmente arenosos, con proporciones variables de cantos dispersos, no son cohesivos ni plásticos, y su densidad es media a baja. Permeabilidad alta.
- Suelos residuales formados por la alteración de depósitos mixtos, carbonatados y conglomeráticos. Están formados por gravas cuarcíticas, englobadas en una matriz de arena limo-arcillosa. Son materiales de cohesión media, de densidad baja, y plasticidad media. Permeabilidad media.
- Suelos residuales formados por la alteración de depósitos terciarios areniscosos y conglomeráticos, silíceos. Son materiales con cohesión, densidad, y plasticidad, bajas. Permeabilidad alta.

ESQUEMA GEOTÉCNICO

(ESCALA 1 : 200.000)



ESQUEMA GEOTÉCNICO

- Rocas graníticas y gnéisicas. Materiales duros, masivos y coherentes, no ripables, no erosionables y con capacidad portante alta. Frecuentemente aparecen alteradas y entonces son ripables, erosionables y con capacidad portante media. Pueden presentar fenómenos de inestabilidad gravitacional.
- Formaciones rocosas cámbricas, constituidas por rocas metamórficas. Materiales esquistosados y fracturados, no ripables, no erosionables y con capacidad portante alta. Superficialmente presentan alteraciones y, localmente, inestabilidades gravitacionales.
- Sedimentos terciarios constituidos por materiales detríticos preconsolidados o cementados. Materiales de alta a media capacidad portante, y difícilmente ripables. Erosionables diferencialmente, y localmente encharcables. Pueden presentar inestabilidades gravitacionales de caracter puntual.
- Sedimentos terciarios constituidos por rocas fuertemente cementadas por sílice. Materiales de alta capacidad portante y no ripables. Diferencialmente erosionables, pueden presentar, localmente, problemas de inestabilidad gravitacional.
- Depósitos terciarios limo-arcillosos. Materiales ripables, erosionables, cohesivos, de capacidad portante baja a media y localmente encharcables. Los taludes más inclinados pueden presentar roturas circulares.
- Sedimentos cuaternarios, constituidos en general por materiales detríticos gruesos. Materiales erosionables, fácilmente excavables y con capacidad portante media. Es previsible la aparición de encharcamientos, y en algunos casos, son probables los niveles freáticos altos.

LEYENDA

DEPÓSITOS RECIENTES

A — Depósitos aluviales compuestos por arenas de grano fino a grueso, con escasa fracción limo-arcillosa, y de colores claros; limos, que son mayoritarios en la llanura de inundación; y gravas de cuarcita, de otras rocas metamórficas y de granito. Matriz arenosa, minoritaria. Estructura subhorizontal y disposición lenticular. Son materiales erosionables, excavables y con capacidad portante media o baja. Permeabilidad alta y niveles freáticos altos, relacionados con el nivel estacional de los ríos. Formación útil como yacimiento granular y de materiales de préstamos. No han sido observados taludes de interés. (Cuaternario. P.a.: > 2 m).

T — Depósitos de Terraza constituidos por arenas de grano medio y grueso, algo limosas, y de colores claros; limos ocres, de tonos claros, abundantes en las zonas superficiales de la formación; y gravas de cantos redondeados y subredondeados, y heterométricos. La matriz es arenosa, de grano medio y de color marrón claro. Estructura horizontal o ligeramente inclinada. La disposición interna de los materiales esta formada por la yuxtaposición de cuerpos arenosos, limosos y de gravas, que origina estratificaciones y laminaciones cruzadas. Formación con permeabilidad alta y niveles freáticos superficiales. Los materiales que la componen son erosionables, fácilmente ripables y tienen una capacidad portante media. No se han observado taludes de interés. Formación interesante para ser utilizada como yacimiento granular o de materiales de préstamos. (Cuaternario. P.a: > 2 m).

D — Depósitos de abanicos aluviales y de conos de deyección constituidos por arenas principalmente silíceas de grano grueso, con cantos dispersos, en el ápice del abanico, a granos finos y medios en las zonas más distales del mismo. Tienen matriz limosa y color claro. Los limos pueden aparecer formando algunos niveles independientes de las arenas, y son más abundantes en las areas superficiales. Estructura de adaptación al relieve sobre el que se deposita. Forma plataformas triangulares inclinadas unos 10°, desde el apice hasta el borde final. Son frecuentes las estratificaciones cruzadas. Materiales fácilmente ripables, erosionables y con baja capacidad portante. Permeabilidad alta. Drenaje profundo bueno. Drenaje superficial fácil por escorrentía. No existen taludes de interés. (Cuaternario. P.a.: 3-6 m).

V — Depósitos aluviales formados por impregnaciones de sílice, desarrolladas sobre rocas areniscosas como conglomeráticas, produciendo en ellas un encostramiento de color claro. Estructura heredada de la formación sobre la que se desarrolla. Lo normal es encontrar disposiciones subhorizontales. Los materiales afectados por este encostramiento silíceo presentaran una ripabilidad escasa o nula. Estan afectados por procesos de erosión diferencial. La capacidad portante es alta. Permeabilidad baja y drenaje profundo difícil. La escorrentía superficial es fácil. Taludes naturales subverticales con inestabilidades gravitacionales locales, por erosión diferencial. (Cuaternario. P.a.: 1-3 m).

G — Depósitos de glacis constituido por cantos de cuarcita, subangulosos, heterométricos y heteromorfos. La matriz es arenosa, abundante y de color marrón rojizo. Son acumulaciones caóticas de cantos, sin ordenamiento interno, que forman amplias superficies llanas o ligeramente cóncavas. Es una formación ripable, erosionable, y con capacidad portante media. La permeabilidad es media-baja y el drenaje profundo difícil a moderado. Escorrentía difícil, con producción de encharcamientos. Taludes artificiales estables: B-60°. No han sido observados taludes de interés. (Cuaternario. P.a.: 1-3 m).

C — Depósitos coluviales formados por arenas de grano medio y grueso, con matriz limo-arcillosa de color ocre, y con cantos dispersos de areniscas y conglomerados. Estructura de adaptación al relieve sobre el que se depositan. Carecen de ordenamiento interno y tienen un aspecto masivo. Materiales ripables y erosionables, con capacidad portante baja. Materiales son poco permeables y drenaje profundo deficiente. Drenaje superficial fácil por escorrentía. Taludes artificiales estables: B-40° y 45°. (Cuaternario. P.a.: 2 - 4 m).

FORMACIONES TERCIARIAS

321 — Conglomerados de cantos redondeados y subredondeados, heterométricos y heteromorfos de cuarcita, cuarzo y esquistos, englobados en una matriz areno-arcillosa, de color marrón rojizo. Localmente intercalaciones de niveles de calizas, de escasa potencia. Estructura horizontal, los materiales se disponen con una estratificación mal definida. Capacidad portante alta. Los materiales son totalmente ripables y relativamente erosionables. Permeabilidad media y drenaje profundo moderado. El drenaje superficial es fácil por escorrentía. Taludes naturales estables A-20° y artificiales estables M-35°. (Mioceno. P.a.: 50-60 m)

312d — Alternancia irregular de areniscas de granos de cuarzo de tamaño medio y fino, con matriz limo-arcillosa de color ocre, y cementadas por carbonato; y lechos de lutitas de color ocre y anaranjado, poco consolidadas. Local e irregularmente aparecen niveles de cantos redondeados de cuarzo y cuarcita. Estructura horizontal, los materiales se disponen en capas de espesores centimétricos y decimétricos. Materiales excavables, aunque pueden necesitar localmente un ripado previo. Se producen erosiones diferenciales. La capacidad portante es media-alta. La permeabilidad es diferencial; baja en las lutitas y media-alta en las areniscas. El drenaje profundo se realiza a través de los cuerpos areniscosos, generando una serie de pequeños manantiales. El drenaje superficial se desarrolla con normalidad por escorrentía. Taludes naturales estables y artificiales estables: B-70° y M-60°. (Eoceno. P.a.: 40 m).

312c — Alternancia irregular areniscas, de grano fino, medio y grueso (microconglomeráticas), de colores blanquecinos, ocres y anaranjados, y cementadas por carbonato; arenas de la misma naturaleza, y conglomerados de cantos cuarcíticos, subredondeados y heterométricos, trabados por una matriz arenosa de grano grueso microconglomerática, de colores ocres y rojizos, y por cemento carbonatado. Estructura horizontal, definida por capas bien estratificadas. Materiales consolidados y cementados con capacidad portante alta y poco erosionables a corto plazo. Ripabilidad nula en la mayor parte de la formación, excepto las arenas. Permeabilidad media que genera un drenaje profundo moderado. Drenaje superficial generalmente fácil por escorrentía, pero con posibilidades locales de encharcamientos temporales. Taludes naturales estables o con desplomes esporádicos. Taludes artificiales estables: B-65°. (Eoceno. P.a.: Indeterminada.)

312b — Alternancia irregular de conglomerados de cantos de cuarzo, cuarcita, esquistos y granitos, subredondeados, subangulosos y heterométricos, con matriz arenosa de grano grueso, microconglomerática; arenas arcósicas gruesas y microconglomeráticas, con matriz limosa de versicolor; y arcillas arenosas de granos de cuarzo y feldespato, de tamaño medio y fino. La estructura es horizontal, y son frecuentes las estratificaciones cruzadas mal definidas. Materiales totalmente ripables, con capacidad portante alta y relativamente erosionables. Permeabilidad media y drenaje profundo moderado. El drenaje superficial es fácil por escorrentía. Taludes naturales estables. Taludes artificiales estables: B-50°. (Eoceno. P.a.: 30 m).

312a — Alternancia irregular de limos preconsolidados (limolitas) y arcillas con cemento carbonatado, de colores ocres y grisaceos, entre los que se intercalan niveles de areniscas de grano fino. Recubrimiento arcilloso generalizado. Estructura horizontal o subhorizontal y disposición en sets sedimentarios con mala estratificación. Materiales con capacidad portante baja a media, en los que se pueden producir asientos de magnitudes altas y medias, y diferenciales. Totalmente excavables y erosionables. Permeabilidad baja y drenaje profundo deficiente. Pueden existir zonas de difícil escorrentía que sufran encharcamientos. Taludes naturales estables y artificiales inestables: B-45°. (Eoceno. P.a.: 20-30m).

311b — Alternancia de areniscas de granos de cuarzo de tamaño medio y fino, fuertemente trabados por cemento silíceo, y de colores cremas, blanquecinos y rosados; y conglomerados de cantos silíceos, con matriz areniscosa y abundante cemento silíceo. El tramo final de la serie son unas areniscas limolíticas, poco cementadas y de colores rojizos. Estructura horizontal. Los materiales se disponen en capas bien estratificadas de 0,3 a 1 m de espesor. Rocas no ripables, ni erosionables y con capacidad portante alta. Permeabilidad baja, y drenaje profundo difícil. La escorrentía puede encontrar dificultades en las zonas llanas y formarse encharcamientos. Taludes naturales estables y artificiales estables: B-70°. (Paleoceno. P.a.: 15 m).

311a — Alternancia irregular de areniscas de grano medio y grueso, frecuentemente microconglomeráticas, con matriz limosa y ocasionalmente con cemento silíceo, de colores blanquecinos, ocres y rosados, y esporadicamente con cantos silíceos dispersos; conglomerados de cantos de cuarcita, cuarzo y otras rocas metamórficas, redondeados y subredondeados, con matriz arenosa de grano fino a medio, de colores rosados y ocres; y lechos de arenas limosas, de colores ocres y blanquecinos, con cantos dispersos. Estructura horizontal o subhorizontal. Disposición con estratificaciones cruzadas mal definidas. Materiales fácilmente excavables o localmente con ripabilidad marginal. Diferencialmente erosionables y con capacidad portante alta. Permeabilidad alta y drenaje profundo fácil. Drenaje superficial fácil por escorrentía. Taludes naturales estables. Taludes artificiales estables: B-50°. (Paleoceno. P.a.: 15 m).

FORMACIONES PALEOZOICAS

111b — Alternancia irregular de esquistos pizarrosos, algo arcillosos, de colores grises y verdosos, y aspecto satinados; y areniscas cuarcíticas y filitas algo arenosas, que pasan lateralmente a cuarzo-filitas. V/111b: suelos residuales de naturaleza limo-arcillosa procedentes de la meteorización de las rocas. Estructura de plegamiento, según una dirección general NO-SE. Esquistosidad penetrativa y diaclasado. Materiales no erosionables, ni ripables. Capacidad portante alta. Permeabilidad muy baja y drenaje profundo deficiente. El drenaje superficial se realiza fácilmente, por escorrentía. Taludes artificiales estables: B-55°. (Cámbrico inferior. P.a.: Indeterminada).

111a — Esquistos grises y verdes oscuros, casi negros, micáceos y con aspecto satinado. Ocasionalmente cuarcitas de grano fino. Granates en la parte inferior de la serie. V/111a: suelo residual, limo-arcilloso, de desarrollo variable. Estructura general de plegamiento según una orientación NO-SE. Esquistosidad penetrativa y diaclasado de espaciados decimétricos. Presencia de horizonte superficial de alteración con capacidad portante baja. La roca no es ripable, ni erosionable y tiene capacidad portante alta. La permeabilidad es baja y el drenaje profundo deficiente. El drenaje superficial es fácil. Taludes artificiales estables: B-65°. (Cámbrico inferior. P.a.: Indeterminada).

FORMACIONES PRECÁMBRICAS

010b — Esquistos micaceos, de aspecto satinado, de colores grises oscuros y formados, principalmente, por cuarzo, moscovita, biotita, feldespato potásico y plagioclasa; y gneises microglandulares, cuyas glándulas de feldespato tienen un tamaño máximo de 5 mm. Estructura de plegamiento, formada por superposición de varias fases de deformación. Esquistosidad penetrativa en esquistos y foliación en los gneises. Diaclasado intenso, de pequeño y medio espaciado. Alta capacidad portante; ripabilidad y erosionabilidad, nulas. Los suelos de alteración son ripables, erosionables y tiene capacidad portante baja. Permeabilidad baja y drenaje profundo difícil. Escorrentía fácil. Taludes artificiales: B-50°. (Precámbrico. P.a.: Indeterminada).

010a — Gneises de grano medio, con una marcada foliación formada por una blastesis leucocrática de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas y otra melanocrática de biotita y moscovita. Glándulas centimétricas de feldespato. Estructura masiva. Foliación y diaclasado de espaciados variables. Rocas no ripables, no erosionables y con capacidad portante elevada. Permeabilidad muy baja y drenaje profundo difícil. Drenaje superficial fácil por escorrentía. Taludes naturales escarpados estables. Taludes artificiales estables: B-50°. (Precámbrico. P.a.: Indeterminada).

ROCAS ÍGNEAS

001 — Granitos de grano medio y grueso, adamellíticos, de dos micas, en los que suele predominar la biotita. Textura hipidiomorfa y porfídica, con fenocristales de feldespato. Compuestos mineralógicamente por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas, biotita y moscovita. Estructura masiva. Diaclasado ortogonal de espaciado métrico. Rocas no ripables, no erosionables, y con capacidad portante muy alta. Permeabilidad baja y drenaje profundo deficiente. Drenaje superficial fácil. Los granitos alterados o "jabres graníticos" poseen capacidad portante media o baja, y son erosionables, ripables y permeable. Taludes artificiales semiestables, por caídas de cuñas: M-55°. (Hercínicos. P.a.: Indeterminada).

SIMBOLOGÍA

- Contacto litológico
- Contacto litológico supuesto
- Falla
- Falla supuesta
- Cantera activa, inactiva.

ABREVIATURAS UTILIZADAS EN LA LEYENDA

A: Taludes altos, de 20 a 40 m de altura

M: Taludes medios, de 5 a 20 m de altura

B: Taludes bajos, de menos de 5 m de altura

P.a.: Potencia aproximada

MINISTERIO DE FOMENTO	DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS SERVICIO DE GEOTÉCNIA	ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS ITINERARIO: TORDESILLAS - ZAMORA TRAMO: ZAMORA - SALAMANCA	CONSULTOR: U.T.E. INECO - INGEMISA	CUADRANTES: HOJA: 397-4 HOJA: 397-3 HOJA: 397-2 HOJA: 425-4 HOJA: 425-1	MAPA LITOLÓGICO - ESTRUCTURAL Y ESQUEMAS COMPLEMENTARIOS	ESCALAS 1: 50.000 1: 200.000 ORIGINAL	1 0 1 2 3 Km 5 0 5 10 Km GRÁFICA	FECHA: ENERO 1998	F. CARMONA GUILLÉN	REVISADO: J. SANTAMARÍA ARIAS



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Merida-Ciudad Real

Tramo: Puebla de Don Rodrigo-Ciudad Real



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

98-01

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Merida-Ciudad Real

Tramo: Puebla de Don Rodrigo-Ciudad Real



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCION 4

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGIA 7
2.2. TOPOGRAFÍA 15
2.3. GEOMORFOLOGIA 17
2.4. ESTRATIGRAFIA 25
2.5. TECTONICA 29
2.6. SISMICIDAD 31

3. ESTUDIO DE ZONAS 34

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 34
3.2. ZONA 1: CAMPOS DE CALATRAVA 36

3.2.1. Geomorfología 36
3.2.2. Tectónica 37
3.2.3. Columna estratigráfica 37
3.2.4. Grupos litológicos 39
3.2.5. Grupos geotécnicos 60
3.2.6. Resumen de los problemas geotécnicos que presenta la Zona 1 63

3.3. ZONA 2: SIERRAS PALEOZOICAS 64

3.3.1. Geomorfología 64
3.3.2. Tectónica 68
3.3.3. Columna estratigráfica 72
3.3.4. Grupos litológicos 72
3.3.5. Grupos geotécnicos 96
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 2 97

ÍNDICE (cont.)

Pág.

3.4. ZONA 3: DEPRESIONES ENTRE SIERRAS 98

3.4.1. Geomorfología 98
3.4.2. Tectónica 104
3.4.3. Columna estratigráfica 104
3.4.4. Grupos litológicos 106
3.4.5. Grupos geotécnicos 148
3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 3 151

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 153

4.1. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS TOPOGRAFICOS 153
4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS HIDROLOGICOS 153
4.3. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS LITOLOGICOS 154
4.4. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS 154
4.5. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOTECNICOS 156
4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 157

5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS 163

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 163
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS 163
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES 166
5.4. MATERIALES PARA PRESTAMOS 169
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE 169

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 172

7. ANEJOS 173

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 174
7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 177

1. INTRODUCCION

El objeto del presente Estudio Previo de Terrenos es establecer en lo posible, las características litológicas, estructurales y geotécnicas más sobresalientes, de los diferentes terrenos de un área determinada, con vistas a su uso en posteriores estudios relacionados con obras en las carreteras. El presente Estudio Previo, del Itinerario Ciudad Real - Badajoz, corresponde al Tramo: Cuidad Real - Puebla de Don Rodrigo.

El Tramo Cuidad Real - Puebla de Don Rodrigo está ubicado enteramente en la provincia de Ciudad Real (véase su situación en la Figura 1), y comprende las siguientes hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1 : 50.000:

Nº	Hoja	Cuadrantes
758	Las Casas del Río	1, 2, 3 y 4
759	Piedrabuena	3 y 4
782	Valdemanco de Esteras	1
783	Abenojar	1 y 4
784	Ciudad Real	4

El Estudio Previo de Terrenos consta de dos documentos: Memoria y Planos.

La Memoria está dividida en seis capítulos, cuyo contenido se describe brevemente a continuación.

El primer capítulo constituye la presente introducción al Estudio. En el segundo se realiza una descripción general del Tramo, atendiendo a sus características topográficas, geomorfológicas, estratigráficas, tectónicas y sísmicas.



Figura 1. Esquema de situación del Tramo Ciudad Real - Puebla de Don Rodrigo

El tercero de los capítulos se inicia con una división del Tramo en Zonas, según criterios geomorfológicos. Después, para cada una de las Zonas, se establecen sus caracteres geomorfológicos y tectónicos, y su columna estratigráfica, y se describen los grupos o formaciones litológicas existentes. Se termina el capítulo con un resumen de los problemas geotécnicos detectados más importantes.

Un resumen de los problemas generales topográficos, hidrológicos, litológicos, geomorfológicos y geotécnicos, junto con los corredores de trazado sugeridos, se presenta en un cuarto capítulo.

En el quinto capítulo se hace un estudio resumido de los yacimientos rocosos y granulares más importantes ubicados en el Tramo.

Por último, los capítulos sexto y séptimo se dedican a la bibliografía consultada y a los anejos, respectivamente.

En cuanto a los Planos, se incluyen un mapa litológico-estructural a escala 1:50.000, representando la totalidad de la extensión del Tramo, y cuatro esquemas: geológico, geomorfológico, de suelos y formaciones de pequeño espesor, y geotécnico, a escala 1:200.000.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Jesús Martín Contreras
Ldo. en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. José Luis Antón Vicente
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Carlos León Buendía
Ingeniero de Minas

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGIA

En el análisis climatológico del Tramo, se han utilizado las estaciones meteorológicas de Piedrabuena, Luciana, Porzuna, Abenojar y Ciudad Real. Aunque las estaciones de Abenojar y Ciudad Real se encuentran fuera del Tramo, se han utilizado ya que Ciudad Real es la única que posee datos de temperaturas, y junto con la de Abenojar son las más completas. No obstante, estas dos estaciones, debido a su situación geográfica, son muy significativas del clima del Tramo de estudio.

La estación de Ciudad Real posee el periodo de observaciones meteorológicas más completo y abarca desde 1904 hasta 1996, casi 92 años de registros. Las estaciones de Abenojar y Piedrabuena tienen registros desde 1948 a 1996, Luciana desde 1965 a 1996 y Porzuna desde 1950 a 1973. Estos periodos se consideran aptos para obtener los valores de los promedios de los datos, denominados “Normales Climatológicas Estándar”, según recomienda la organización Meteorológica Mundial para la clasificación meteorológica.

El clima del Tramo, como corresponde a su situación en el centro de la península ibérica, es seco y de temperaturas extremadas. La ausencia de precipitaciones es debida a que los frentes de borrascas atlánticas que penetran por el noroeste de la península se descargan principalmente en el macizo galaico, el sistema central y su prolongación de las sierras lusitanas. Un caso análogo ocurre con los chubascos tormentosos procedentes del sur con las cordilleras béticas y Sierra Morena.

Los datos reflejados en las figuras 2, 3, 4, 5, 6 nos permite seguir la marcha anual de las precipitaciones medias en las diferentes estaciones del Tramo. El valor de la precipitación es referente a todo el agua que cae procedente de las nubes, cualquiera que sea su forma, ya sea esta en lluvia, nieve, granizo, etc... En la observación de las diferentes estaciones estudiadas se detectan tres máximos de lluvia, en primavera otoño e invierno. Hay un mínimo muy acusado, en verano, con precipitaciones muy bajas en julio y agosto. El valor máximo de las normales mensuales de precipitación, corresponde a abril y diciembre y el mínimo en julio. El valor normal total anual es bajo, con un promedio de 500 mm.

El número medio anual de días de lluvia es bajo con un promedio de 62 días, y es en Ciudad Real con 81 días la estación que recoge más precipitación al año. Abril es el mes más lluvioso seguido de diciembre, y julio el que menos con 0’6 días de promedio. Por lo que respecta a los días de nieve, hay una media anual de 3 días en la estación de Ciudad Real, 1 en Piedrabuena y Porzuna. Conviene señalar que la estación de Luciana, que se encuentra a orillas del Guadiana, no presenta días de nieve al año debido a que

el río Guadiana suaviza las temperaturas en su vega. Durante los meses de mayo a octubre no se registra ninguna nevada. La distribución de los días de granizo tiene una distribución geográfica irregular, quizás por que la estación de Ciudad Real sea la más rigurosa en sus medidas, o por que en los últimos 30 años este fenómeno meteorológico se ha hecho mucho menos frecuente. No obstante, y de forma general en el Tramo se registra un máximo en el mes de abril. El hecho de que en la estación de Luciana no se registren días de granizo al año puede ser debido a la mencionada suavización de temperaturas del río Guadiana.

Realizando un análisis estadístico de los años más secos y lluviosos se deduce que la precipitación máxima se registró en el año 1969 con 857.2 mm, continuando el año 1963, con 707.9 mm. Los años más secos fueros 1945, con 188.8 mm y el 1954 con 193.0 mm. La diferencia entre el valor más alto, 857.2 mm, y el más bajo, 188.8 mm, de la serie de Cuidad Real, resulta relativamente elevado, 668.4. Esto es lo que en términos estadísticos se llama recorrido y en este caso se dice que la serie es bastante dispersa, hecho típico de los climas áridos. A nivel global existe una probabilidad de un 50 % de que las precipitaciones anuales en el Tramo sean inferiores a 392 mm, un 20 % de que sean inferiores a 325 mm, un 60 % de que sean inferiores a 436 mm, y un 80 % de que lo sean a 507 mm. En una distribución de frecuencias de las precipitaciones anuales se observa que las precipitaciones anuales más frecuentes en el Tramo son del orden de 350 mm a 400 mm.

Los fenómenos de niebla, rocío y escarcha depositan agua en el suelo y son de gran importancia tanto en la construcción como en la explotación de obras lineales de infraestructura. Existe una media anual de 32.45 días de niebla y corresponde el valor máximo de las medias mensuales a diciembre con 9.05 días. Durante los meses de julio a septiembre prácticamente no se registra ningún día de niebla. El número medio anual de días de rocío es 9.1, con un valor máximo de las medias mensuales de 3.0 en noviembre. Durante los meses de julio y agosto no hay ningún día de rocío. Mucho más elevado es el número medio anual de días de escarcha, 33.6, con un valor máximo en las medias mensuales de 11.3 días en enero. Durante los meses de mayo a septiembre, ambos inclusive, no aparecen escarchas. Es conveniente señalar que el fenómeno de la niebla es especialmente importante en el cauce y la vega del río Guadiana, sobre todo en el amanecer, mientras que en las áreas altas de las sierrezuelas del Tramo este fenómeno disminuye considerablemente.

Por lo que respecta a las heladas, el promedio anual es de 43’7 días, con un máximo mensual en enero, de 15’9 días. Durante los mese de mayo a septiembre, ambos inclusive, no se observa ningún día de helada. Estudiando la primeras y últimas heladas de cada invierno, se observa que para la estación de Ciudad Real la fecha más frecuente de la primera helada y la última son la segunda quincena de noviembre y la primera quincena de marzo respectivamente. La duración media del periodo invernal, que es el número de días transcurridos entre la primera y la última helada, es de 121 días.

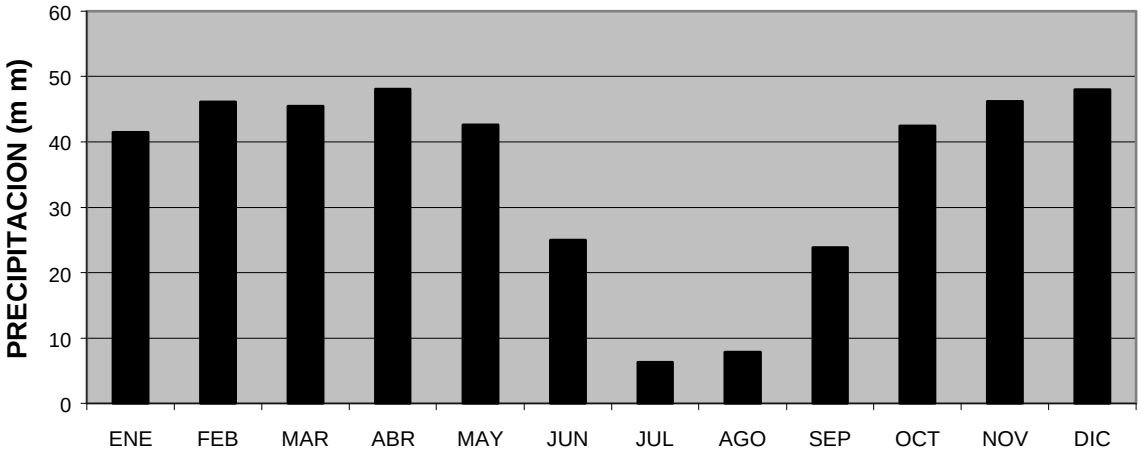
La temperatura media anual es 14.4 º C. El mes más cálido es julio con 25.25 º C de temperatura media, y el más frío es enero con 5'55 º C. Las temperaturas extremas registradas desde 1904 a 1990 en la estación de Ciudad Real son, 44.2 º C de máxima absoluta, el día 23 de julio de 1945, y -13.8 º C de mínima absoluta, el día 3 de enero de 1971. Esto da como resultado una considerable oscilación extrema, 58 º C, típica de los climas continentalizados.

En la marcha termométrica a lo largo del año, puede apreciarse una gran oscilación, tanto anual como diurna. La diferencia entre la temperatura media en el mes más cálido (25.25 º C) y la del mes más frío (5.55 º C), es de 19.7 º C. La oscilación media diurna es mayor en verano que en invierno, alcanzando su máximo en julio, mes en que la diferencia entre la media de las máximas (31.1 º C) y la media de las mínimas (18.6 º C), es de 12.5 º C. El valor mínimo corresponde a diciembre, con 9.1 º C de oscilación media. Gracias a esta considerable oscilación térmica diurna, el clima del Tramo no resulta tan duro como podría esperarse de sus extremadas temperaturas, pues aún en los días más calurosos del verano las noches son relativamente frescas, y en las épocas más frías del invierno los días son generalmente templados en sus horas centrales. Esto se debe a la gran transparencia de su atmósfera que permite que los rayos solares lleguen con mucha intensidad durante el día y favorece la fuerte irradiación durante la noche.

La insolación en el Tramo es alta, con un promedio anual de 2745 horas (un 61 % de la insolación teórica). A lo largo del año se observa un máximo muy elevado en verano y un mínimo en invierno. En valores medios, el máximo mensual corresponde a julio, con 384 horas (un 85 % de la insolación teórica), y el mínimo en diciembre, con 116 horas (un 39 % de la insolación teórica). La nubosidad, resulta al año con un promedio de 136.6 días despejados, un valor bastante elevado, 189.6 días nubosos y 39.1 días cubiertos. En valores medios, el máximo de los despejados corresponde a julio con 20.7 días y el mínimo a noviembre con 7.3 días. El número de días cubiertos es relativamente bajo, resultando en valores medios, el máximo de 7.6 días en diciembre, y el mínimo de 4 días en julio.

El clima del Tramo, según la clasificación de Köppen, se engloba dentro del tipo C, templado lluvioso. Este grupo se caracteriza por que la temperatura media normal del mes más frío es superior a -3 º C e inferior a 18 º C, y la precipitación normal en centímetros es mayor que el doble de la temperatura media anual en °C. Dentro de los climas de tipo C, se clasifica como Cs, mesotermal templado húmedo con verano seco, tipo mediterráneo y lluvioso en invierno. Se ha establecido el índice de aridez de Maronne, y con un valor de 16'3 engloba el clima del Tramo dentro del tipo estepa y mediterráneo seco. Por último también se ha establecido el índice termopluviométrico de Cereceda y Carbonell, dando como resultado 3'6 característico de las zonas áridas próximas a las semiáridas.

CIUDAD REAL

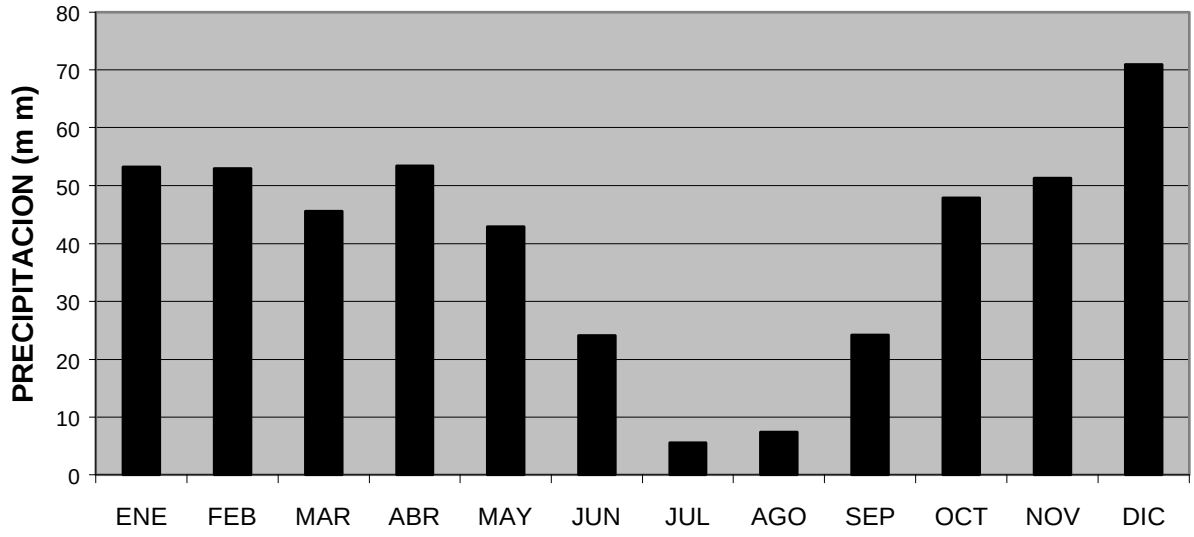


Precipitación media anual = 424,5

CIUDAD REAL 1904-1996	ENE	FRE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación media mensual	41'5	46'1	45'5	48'1	42'6	25'0	6'3	7'9	23'9	42'5	46'2	48'
Precipitación max. 24 horas	41'2	57'0	37'8	34'0	67'6	47'4	37'6	57'4	37'8	54'6	35'0	47'8
Precipitación media anual	424.5											
Días de lluvia	8'2	8'4	9'2	9'8	8'0	4'9	1'5	1'7	4'5	7'8	8'6	8'5
Días de nieve	1'0	0'8	0'4	0'1	0	0	0	0	0	0	0'1	0'5
Días de granizo	0	0'3	0'3	0'7	0'4	0'2	0'1	0'1	0'1	0	0	0'1
Días de tormenta	0	0'2	0'7	1'7	1'7	3'4	1'5	1'5	2'0	0'9	0'2	0
Días de niebla	8'2	4'2	1'1	0'4	0'1	0	0	0	0'2	1'9	7'0	9'0
Días de precipitación	9'4	9'5	8'3	10'8	7'7	5'7	1'8	1'9	4'6	7'8	9'0	8'6
Temperatura media mensual	5'5	7'3	9'9	12'4	15'9	21'0	25'2	24'6	20'8	14'8	9'1	6'0
Temperatura media máxima	9'1	12'0	14'7	17'1	21'0	26'6	31'1	30'4	26'1	19'4	13'4	10'5
Temperatura media mínima	1'8	2'9	5'0	7'7	10'6	15'1	18'6	18'1	14'7	10'0	5'1	1'5
Temperatura máx. extre. abs.	20'2	25'0	30'0	34'0	37'4	41'2	44'2	42'2	40'0	32'4	28'0	20'2
Temperatura min. extre. abs.	-13'8	-9.4	-6'0	-3'8	0	4.2	6.2	7.2	1'0	-3'0	-8'0	-10'2

Figura 2. Resumen de los datos meteorológicos de la estación de Ciudad Real

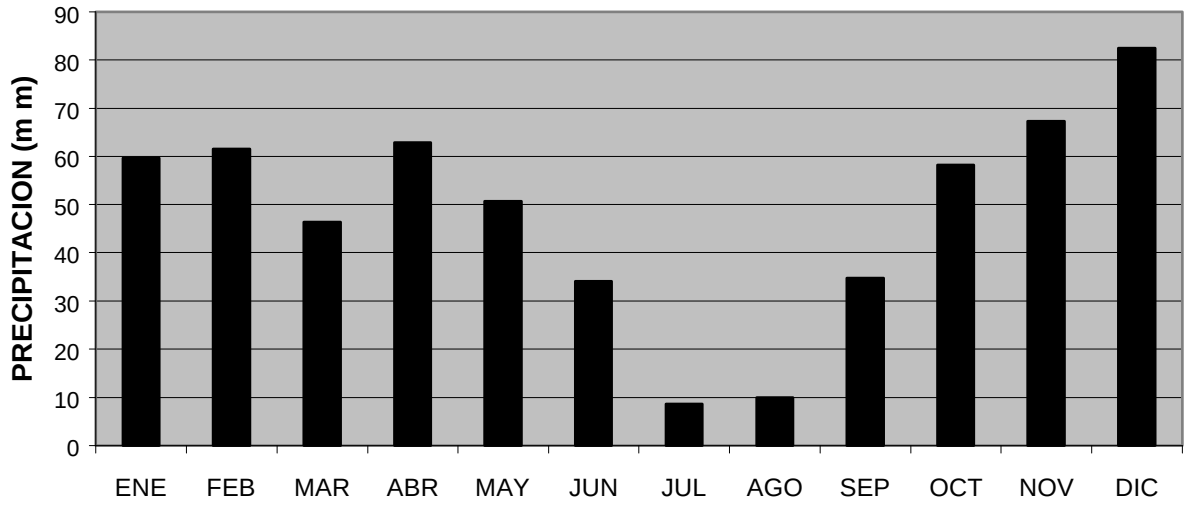
ABENOJAR



Precipitación anual = 479,7

ABENOJAR 1948-1996	ENE	FRE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación media mensual	53'2	53'0	45'6	53'4	42'9	24'1	5'6	7'4	24'2	47'9	51'3	71'0
precipitación max. 24 horas	17'5	16'4	14'2	17'4	16'8	12'9	3'6	6'1	11'6	18'6	18'5	21'4
Precipitación media anual	479'7											
Días de lluvia	5'3	4'6	4'9	4'9	4	2	0'5	0'7	2'1	4'1	4'5	5
Días de nieve	0'2	0'5	0'2	0'1	0	0	0	0	0	0	0	0'3
Días de granizo	0	0	0	0'2	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de tormenta	0	0'1	0'2	0'5	1'1	0'9	0'2	0'4	1'0	0'6	0'1	0
Días de niebla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de precipitación	6'5	6'6	6'0	6'5	4'9	2'5	0'7	0'8	2'8	4'9	5'4	6'9

Figura 3. Resumen de los datos meteorológicos de la estación de Abenojar

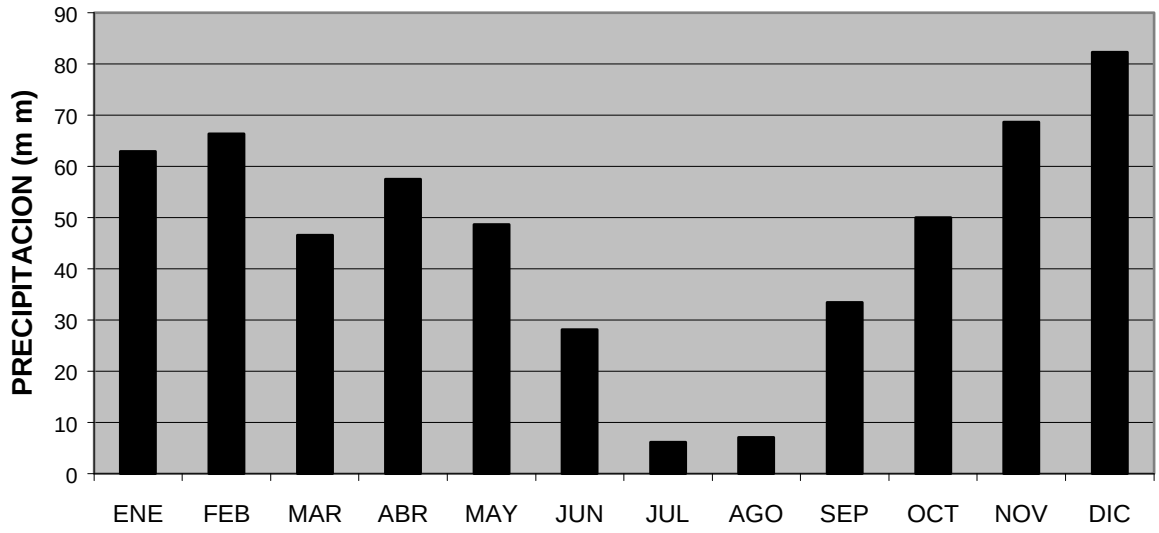


Precipitación anual = 576,6

PIEDRABUENA 1948-1996	ENE	FRE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación media mensual	59'7	61'5	46'3	62'9	50'7	34	8'6	9'9	34'7	58'2	67'3	82'5
Precipitación max. 24 horas	20.1	18'9	15'4	20'5	18'6	17'7	5'3	7'9	16'4	18'4	20	24
Precipitación media anual	576'6											
Días de lluvias	5'3	4'9	5'0	5'7	4'7	3'0	0'7	0'9	2'9	5'8	5'1	5'4
Días de nieve	0'3	0'4	0'1	0'1	0	0	0	0	0	0	0	0'2
Días de granizo	0	0'1	0'1	0'2	0'1	0'1	0	0	0'1	0	0	0
Días de tormenta	0	0	0'1	0'3	0'3	0'7	1	0'4	0'6	0'7	0'2	0
Días de niebla	0'4	0'1	0	0	0	0	0	0	0	0'1	0'2	0'2
Días de precipitación	6'4	7	6'1	8'7	6'0	3'4	1	1'2	3'3	6'2	6'1	7'0

Figura 4. Resumen de los datos meteorológicos de la estación de Piedrabuena

LUCIANA

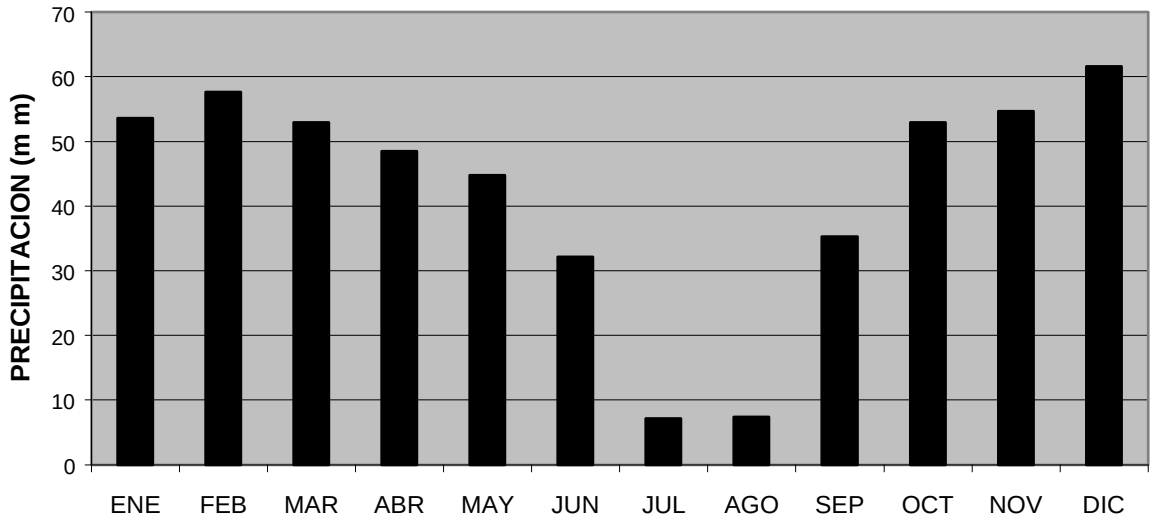


Precipitación anual = 557,6

LUCIANA 1965-1996	ENE	FRE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación media mensual	62'9	66'3	46'5	57'5	48'6	28'1	6'1	7'0	33'4	50'0	68'6	82'3
Precipitación max. 24 horas	17'8	18'6	16'5	18'2	19'3	13'9	4'0	6'7	15'7	20'1	21'8	23'6
Precipitación media anual	557'6											
Días de lluvia	4'5	4'5	3'9	4	3'9	2'3	0'2	0'3	1'6	3'1	2'8	4'7
Días de nieve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0'2
Días de granizo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de tormenta	0	0	0'1	0'1	0'2	0'5	0	0'2	0'7	0'1	0	0
Días de niebla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de precipitación	6'0	6'6	5'1	5'9	5'2	2'7	0'5	0'5	2'3	4'0	5'9	7'0

Figura 5. Resumen de los datos meteorológicos de la estación de Luciana

PORZUNA



Precipitación anual = 509

PORZUNA 1950-1973	ENE	FRE	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación media mensual	53'6	57'6	52'9	48'5	44'8	32'2	7'2	7'4	35'3	52'9	54'7	61'6
Precipitación max. 24 horas	16'7	18'3	14'7	16'8	16'4	17'1	4'9	6'1	16'8	18'9	17'9	21'6
Precipitación media anual	509											
Días de lluvia	6'6	6'6	7	6'3	5'6	3'6	0'9	0'7	3'5	6	6	6
Días de nieve	0'4	0'3	0'2	0'1	0	0	0	0	0	0	0	0'3
Días de granizo	0	0	0'1	0'1	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de tormenta	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Días de niebla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días de precipitación	7	6'9	7'3	6'4	5'5	3'6	0'9	0'7	03'5	6'0	6'3	6'6

Figura 6. Resumen de los datos meteorológicos de la estación de Porzuna

2.2. TOPOGRAFÍA

El tramo de estudio queda englobado en un dominio geográfico definido por la frontera difusa y amplia establecida por las estribaciones meridionales de los Montes de Toledo y las occidentales de los Campos de Calatrava.

El río Guadiana es el elemento fisiográfico más importante del Tramo al que surca de Este a Oeste en un curso encajado y en gran parte meandriforme. En su recorrido sufre cambios muy importantes en su dirección. Penetra en el área estudiada por el centro del límite oriental describiendo un arco hacia el sur para adoptar posteriormente un trazado N-S que se ajusta al límite del Tramo en su extremo sureste, marcando un ángulo recto que forma la esquina del mismo mediante una inflexión meandriformal de 90°. Adoptada la dirección E-O, el río marca el límite del Tramo, en este extremo sureste, durante unos 5 Km. Saliendo del mismo mediante otra brusca y inflexión al sur. El río vuelve a penetrar por el límite sur a muy pocos kilómetros del punto donde lo dejó y lo hace ahora en un recorrido de algo más de 20 Km con una dirección media NO-SE hasta pasado Luciana, en donde el curso cambia bruscamente a la dirección NE-SO hasta su unión con el río Tierteafuera no sin antes haber descrito un garrote de 90 ° en la mitad del recorrido formando un escalón hacia el noroeste. A partir del punto de unión con el último río mencionado, el Guadiana, en un curso encajado de grandes meandros va a seguir un trazado de dirección NO-SE hasta dejar el Tramo por el límite occidental prácticamente por su zona media al igual que lo hizo por la oriental.

Junto al río Guadiana, y como afluentes del mismo, otros ríos y arroyos importantes drenan este área. Por la derecha recibe a los ríos Bullaque y Frío que a su vez incorporan una importante red de arroyos y barrancos como pueden ser el arroyo Bullaquejo, arroyo de Santa María, etc. Por la izquierda se le suman las aguas del río Tierteafuera que a su vez recibe las del arroyo de la Hojalora, ambos encajados y meandriformes. Por último el río Esteras que drena en su cabecera los terrenos del área de Saceruela irá a verter sus aguas a río Zujar lejos ya del Tramo.

La importante red fluvial descrita, encajadas en los terrenos paleozoicos y terciarios que constituyen el área del estudio, confiere a este territorio de las estribaciones sur de los Montes de Toledo un carácter montuoso poblado de numerosas sierras cuyas cumbres se sitúan entre los 800 y 900 metros de altitud, llegándose a la máxima cota de 936 m en la sierra del Guindo al NO del Tramo. Este que se dibuja como un rectángulo alargado de Este a Oeste, queda compartimentado en toda una serie de agrestes cresterías que delimitan espacios muy aislados por el escaso número de vías de comunicación existente entre ellos. El propio río Guadiana establece una frontera de incomunicación casi constante en el Tramo entre las zonas norte y sur que delimita.

Dentro de las numerosas sierras que integran el área de estudio caben citar las de: Los Guindos, Navaleancina, La Bigotera, Tierras Buenas, Utrera, La Torca, Porzuna, Peñas Negras, del Pico, ocupando en su totalidad la franja norte del Tramo. Hacia el centro del mismo se alzan las sierras de: Río Frío, Puerto Quemado, Sierra Larga, de las Doradas, del Grajo, Siemprellora, Santa María, Los Canalizos y otras más que marcan de alguna forma las vertientes por la derecha del río Guadiana. Ocupando el Sur del Tramo serán las sierras: Lengua, del Campillo, de Villareal, del Águila, de los Santiagos, todas ellas delimitando las vertientes por la izquierda del Guadiana, junto a las de Valpérez, Ginés, de la Majadas, de la Umbría, de la Sala y la de las Medias Lunas que se elevan en la margen derecha del mencionado río.

Entre tantas sierras, que definen el carácter dominante de Tramo, se abren paso los valles de la red fluvial descrita con anterioridad. Son valles que alternan perfiles estrechos y encajados con áreas más abiertas en las que el cauce actual de los ríos y arroyos aparecen encajados sobre una plataforma de piedemonte que se sitúa entre los 600 y 700 metros de altitud. Esta superficie disectada, situada sobre los cauces actuales entre unos pocos metros y 100 metros, enlaza con las vertientes de la sierra y su anchura en profundidad hacia la misma, normalmente, no sobrepasa los tres kilómetros. Algunas áreas del Tramo adquieren una morfología más plana o tendida fuera de la influencia de los cursos fluviales, son zonas como las situadas entre Alcolea de Calatrava y el río Guadiana, las que se extienden al norte de Piedrabuena o los terrenos de suaves colinas que se desarrollan al sur de las sierras que delimitan la margen izquierda del Guadiana en la Hoja topográfica de Abenojar y Valdemanco del Esteras.

Mención especial merecen algunas formas del relieve relacionadas con los terrenos volcánicos que afloran en la zona; son las numerosas áreas endorreicas que salpican el paisaje de lagunas y los pequeños cerros o “cabezos” que se relacionan con las mismas. Entre las lagunas cabría destacar las siguientes: la de la Camacha y Lucianego entre Picón y Piedrabuena; la de Alcolea y Peñarroya, al norte y sur respectivamente del pueblo que da nombre a la primera; la de Fuentilleja al sur de Valverde, y la de Nichos al pie de la Sierra del Campillo al norte de Abenojar. Entre los cerros de origen volcánico destacan: los que se alzan a un lado y otro de la carretera N-430, entre el Guadiana y Alcolea de Calatrava, como el Cabezuelos situados junto al mencionado pueblo; el cerro La Sierra en Picón; Morro de Arzollosa al noreste de Piedrabuena, o el Cerro Santo junto a Porzuna, entre otros.

2.3. GEOMORFOLOGIA

Desde el punto de vista geomorfológico, este Tramo presenta rasgos de gran interés, teórico y aplicado, que indican como esta región ha experimentado una evolución morfológica importantísima en base a unos procesos morfogenéticos muy acusados a lo largo de su historia geológica. Sin duda los rasgos más significativos han sido impresos en el terciario y cuaternario a partir del momento en que a consecuencia de los primeros impulsos alpinos, la penillanura hercínica sufrirá un abombamiento que dará lugar a la "Bóveda Castellano - Extremeña", gran deformación litosférica de orientación NE-SO que se extiende por una parte amplia de ambas castillas y Extremadura. Los Montes de Toledo, incluidos dentro de esta megaestructura , por los que discurre el Tramo de estudio constituyen en un área limitada al norte por la fosa del Tajo, al sur por Sierra Morena, al este por la llanura Manchega y al Oeste por la penillanura extremeña. Este área incluye la comarca de los Campos de Calatrava en su borde suroriental.

Este abombamiento sufrirá fracturas y desgarros que rejuvenecerán falla hercínicas y crearán otras con nuevas directrices. En fase distensiva entre el final del Paleógeno y principios del Neógeno la megaestructura abombada se rompe dando lugar a un complejo sistema de horst-graben con fracturación dominante E-O. Las pequeñas fosas creadas son rellenadas por materiales que proceden esencialmente del desmantelamiento del manto de alteración pre-Eoceno, dando lugar a relieves diferenciales o "superficies grabadas". Por efecto de una erosión selectiva en orden a la dureza de los materiales y al grado de alteración de los mismos, como son la penillanura fundamental de la meseta, los inserbergs y los relieves apalachianos en cuarcitas y pizarras, característicos del Tramo estos últimos, algunos de los cuales ya estaban conformados con anterioridad.

Restos de la antigua alterita que se inició a final de la orogenia Hercínica y duró hasta el final del mesozoico son los diversos tipos de corazas ferralíticas que fosilizan los antiguos pedimentos. Al tiempo que se verifica el desmantelamiento de la antigua alterita se producen cambios climáticos con nuevas alteraciones de tipo montmorillonítico a las que se asocian relieves residuales resultado de la dilatada evolución morfogenética lo largo del terciario y cuaternario.

Los materiales desmantelados que rellenaron las pequeñas subcuencas como la de Alcolea de Calatrava durante el Neógeno constituye la "serie arcósica" de limos, arenas y fangos variolados, que se localizan en el fondo de las mismas. Los depósitos de arcillas, margas y calizas, se sitúan a techo de estas cuencas menores.

Al mismo tiempo que se está produciendo la sedimentación miocena y con posterioridad a ella hasta el plioceno inferior, se está desarrollando un proceso vulcanológico que define uno de los rasgos más característicos de la comarca de los Campos de Calatrava. Los productos volcánicos atraviesan los materiales paleozoicos y se interestratifican con los sedimentos neógenos o pleistocenos a la vez que dan lugar a morfologías de conos, coladas y cráteres explosivos que se conservan en el relieve; los primeros como cerros tronco-cónicos bastante pulidos por la erosión aunque perfectamente identificables como estructuras de cono cinder; las segundas constituyendo plataformas subhorizontales como la de Piedrabuena, y los cráteres explosivos dando lugar a lagunas que, en número abundante, salpican la comarca.

A la actividad ígnea siguió una fase álgida de inestabilidad tectónica que durante el Plioceno inferior-medio dará lugar a la “fase Iberomanchega”, responsable principal del rejuvenecimiento del relieve en la meseta meridional hace unos cuatro millones de años.

Los nuevos relieves creados al final del terciario comienzan a ser erosionados sobre todo en los piedemontes, sumándose al proceso un cambio climático hacia condiciones de mayor humedad de tipo mediterráneo. Consecuencia de ello son los procesos que dieron lugar a fenómenos kársticos en los niveles carbonatados del neógeno terminal especialmente en las calizas de los páramos, y el desarrollo de la “terra rossa”.

El resultado de toda esta actividad morfogenética, originó en el relieve una serie de pedimentos que enlazarían con los arrasamientos y las costras calizas de las superficies finipliocenas en el interior de las cuencas.

Sin una solución de continuidad clara de los procesos morfogenéticos que concluyen con la formación de las rampas y superficies de erosión finipliocenas se inicia la deposición de los materiales de la raña que fosilizan las superficies erosivas y de alteración existentes creando amplias plataformas de piedemonte. En relación con este proceso morfogenético que indica un régimen fluvial, con sistemas torrenciales en cabecera y evolución hacia canales entrelazados en sectores medios y medio-distales, se hace evidente la existencia de un clima cálido y húmedo que da lugar a la formación de suelos hidromorfos pertenecientes al orden de los ultisoles, próximos a los oxisoles. El proceso de alteración fue importante y favoreció la formación de ferricretas. El encajamiento posterior de la red fluvial cuaternaria va a dar lugar a toda una jerarquización con multitud de niveles de glacis de erosión y acumulación, importantes abanicos aluviales y plataformas de terraza que se interfieren y enlazan, pasando de unas superficies a otras insensiblemente en muchas ocasiones. Sumándose a esta morfología pliocuaternaria existe un importantísimo recubrimiento coluvial en las vertientes que se fueron formando en diversas épocas.

En relación con la naturaleza y estructura de las formaciones paleozoicas y terciarias, a la morfología creada, y al clima existente durante el proceso morfogenético del relieve, la dinámica de rotura gravitacional de las vertientes adquirió un desarrollo espectacular de la cual quedan amplísimas áreas fosilizadas en su gran mayoría que ejemplifican la estructuras creadas. En la actualidad los procesos geomorfológicos que afectan a la estabilidad natural de las vertientes siguen teniendo lugar a escala reducida, detectándose esencialmente en las formaciones terciarias y en el recubrimiento cuaternario.

En tiempo pretérito, la excavación de los valles en los materiales hercínicos a favor de los ejes de las estructuras anticlinales y sinclinales dará lugar a la formación de relieves apalachianos en donde las cordadas de sierras presentarán con frecuencia laderas estructurales que al seguir ganando pendiente llegarán a desarrollar grandes corrimientos favorecidos por los planos de estratificación y esquistosidad, las discontinuidades tectónicas muy abundantes y la profunda alteración acontecida durante toda la morfogénesis mesozoica y terciaria que llega a profundizar fuertemente en sectores de alta tectonicidad, desarrollándose de forma muy especial en zonas de grandes fallas, que crean amplios horizontes de brechificación, y en estratos esquistosos y arenosos.

La formación terciaria cuyos materiales proceden mayoritariamente del desmantelamiento del manto de alteración creado sobre la superficie de los materiales hercínicos, ricos en plasma caolínico, darán lugar por su naturaleza litológica a una importante inestabilidad de laderas a ser disectados por el encajamiento de la red fluvial. En estos procesos de rotura por gravedad intervinieron de forma muy importante el diastrofismo creado durante la fase vulcanológica de los Campos de Calatrava y la instalación sobre estas formaciones terciarias de freáticos colgados asociados a los depósitos detríticos muy permeables interestratificados en los depósitos terciarios o superpuestos a ellos como rañas, abanicos aluviales, glacis o coluviones. Con respecto a estos últimos existe una morfología de deslizamiento gravitacional asociada, muy característica, cuyas formas recuerdan mucho a los depósitos morrénicos. Se trata de bulbos de solifluxión con formas semicirculares más o menos alargadas a modo de “barjana” constituidos por derrubios de gravedad e integrados esencialmente por bloques y cantos de cuarcita. Es posible que estas formas fuesen creadas por pequeñas masas de hielo asociadas a un clima periglaciar.

En los procesos inestables relacionados con la formación terciaria, intervienen con frecuencia las arcillas de alteración creadas sobre los productos piroclásticos de origen volcánicos caracterizadas por su gran poder expansivo.

Con motivo de las inundaciones acontecidas en el transcurso de este estudio, invierno de 1996-97, ha quedado de manifiesto la importancia del régimen de precipitaciones de carácter cíclico mediterráneo en los procesos morfogenéticos actuales y su fuerte impacto sobre la infraestructuras urbanas y de todo tipo creadas por el hombre, las cuales con tanta frecuencia invaden terrenos que durante largo tiempo permanecen desprovistos del discurrir de las aguas pero que pertenecen morfológicamente a los cauces naturales como terrenos de

inundación en las avenidas cíclicas propias del clima actual dominante en la península Ibérica, del que al parecer han perdido memoria histórica las sociedades actuales.

Como resumen global de todo el proceso morfogenético acontecido dentro del área del Tramo, se pueden definir los siguientes elementos estructurales del terreno a nivel morfológico y geomorfológico. (Fotos 1 y 2).



Foto 1. *Vista panorámica de la localidad de Porzuna, donde se pueden observar los diferentes elementos geomorfológicos, representativos del Tramo de estudio. En el fondo, los relieves apalachianos cuarcíticos con canchales y movimientos gravitacionales en sus laderas. En el segundo plano glacis, conos de deyección y superficies de raña sobre una cuenca terciaria con depósitos volcánicos. En primer plano las lavas volcánicas de la cima del volcán de Porzuna.*



Foto 2. *En primer término pedimentos y relieves alomados de la penillanura labrada sobre terrenos precámbricos al Sur del Tramo. Al fondo las sierras ordovícicas coronadas por las cuarcitas* del *Arenig.*

Sierras

Es el elemento constructivo más importante del Tramo. Su alineación predominante el la E-O o ENE-OSO, aunque es muy frecuente también las sierras enlazadas de forma circular o semicircular como consecuencia de una estructura en caja de huevos.

Las cordadas de las sierras siguen a grandes rasgos los ejes de los pliegues anticlinales y sinclinales y darán lugar con frecuencia a laderas estructurales implicadas en grandes corrimientos de ladera en los estratos de cuarcitas y pizarras que las integran.

Las sierras más importantes y los relieves más agrestes, que constituyen normalmente las divisorias de las mismas, suelen estar constituidas por las series cuarcíticas más importantes del Ordovícico inferior, especialmente la cuarcitas del Arenig (cuarcita Armoricana).

Las sierras enlazan con los piedemontes y el valle aluvial, mediante laderas con pendientes acusadas cubiertas por derrubios de gravedad en los que son frecuentes las estructuras debidas a deslizamientos de ladera.

Valles

Como valles, consideramos los terrenos entre sierras que fueron rellenados en el Terciario superior por el desmantelamiento del manto de alteración laterítico pre-Eoceno y que posteriormente fue disectado en el Cuaternario por la red fluvial actual.

Estos valles presentan en muchas ocasiones, como horizonte superior, una plataforma con pendiente muy tendida, que tiende a la horizontalidad hacia el centro de los valles más amplios o pequeñas cuencas entre sierras. Estas plataformas están situadas entre los 600 y 700 metros de altitud; normalmente en los valores medios de este intervalo. Se trata en principio del nivel de enrrasamiento del final del terciario sobre el que se depositó la raña, el cual se presenta en la actualidad como un horizonte polimorfo conformado por una serie de plataformas insensiblemente encajadas unas en otras, en las que se observan las herencias recibidas de unas por sus inmediatas superiores. Así, los depósitos más potentes de las rañas han dado paso a un glacis, glacis-terrazas y abanicos aluviales en relación con la red fluvial más actual en su lento encajamiento.

Las plataformas de rañas y glacis enlazan con las terrazas actuales de manera muy diversa. En las zonas más occidentales del Tramo, el enlace se efectúa con el fondo de los valles, en muchas ocasiones, sin solución de continuidad. En otras áreas se establece un escarpe suavizado que da paso a una ladera que adquiere normalmente una fuerte pendiente en la que bajo el recubrimiento, frecuente, de un derrubio heredado de la raña o glacis de acumulación pueden presentarse los depósitos detríticos del terciario o los materiales hercínicos representados mayoritariamente por las series más esquistosas, las cuales aparecen con harta frecuencia con un grado de alteración altísimo, a consecuencia de lo cual se desarrolla

en ellos un drenaje dendrítico similar al que se desarrolla sobre los materiales detríticos de la base del neógeno.

En relación con estas vertientes que enlazan la plataforma finiterciaria y los valles actuales se ha desarrollado un proceso importante de inestabilidad de laderas. Los valles actuales presentan globalmente reducidos espacios de aterrazamientos, y en bastantes ocasiones son los frentes de los abanicos aluviales, que arrancan del pie de las sierras, los que conforman el fondo del valle sobre el que se va encajando el curso actual, el cual presenta en general formas sinuosas y meandriformes que en canales estrechos y anastomosados dentro de una terraza de inundación que ocupa prácticamente la mayor parte de los depósitos aluviales cuaternarios.

Relieves asociados al vulcanismo de Calatrava

En el sector oriental del Tramo, en el dominio de las pequeñas cuencas terciarias y afectando también a los terrenos paleozoicos que las circunscriben, se alzan formas típicas del vulcanismo. Dentro del área terciaria se desarrolla un terreno de colinas y plataformas tendidas que descubren a los conos de cinder volcánicos, algo aplanados por la erosión, y a las coladas basálticas que arrancan de ellos. Asimismo aparecen con frecuencia áreas endorreicas que dan lugar a lagunas que señalan la existencia de extintos cráteres de explosión. Por otra parte y dentro del área paleozoica se presentan estas formas volcánicas aunque ya de forma más aislada y con menor desarrollo horizontal.

Pedimentos y relieves alomados en el límite sur del Tramo

Al sur del Tramo y de las sierras que delimitan el río Guadiana por su margen izquierda, el territorio existente se caracteriza por la presencia de un zócalo precámbrico peneplanizado a nivel de la superficie finiterciaria sobre el que se depositaron depósitos de raña o glacis que aparecen festoneando las sierras paleozoicas que enmarcan esta región, dividida en dos áreas: la de Abenojar, drenada por los río Tierteafuera y su afluente el Hojalora, que atravesando las sierras de la margen izquierda del Guadiana vierte sus aguas a dicho río; y la de Cerezuela, constitutiva de la cabecera del río Esteras que lleva sus aguas al Zujar, afluente asimismo del río Guadiana.

La red fluvial mencionada se encaja en estos territorios dejando: pendientes suaves y extensas en amplias zonas estructuradas por la raña y los glacis de acumulación que parten de las sierras limítrofes, y terrenos alomados constituidos por los materiales precámbricos predominantemente esquistosas y frecuentemente muy alterados. Localmente, el encajamiento meandriforme de los ríos Tierteafuera y Hojalora, en el área próxima a la confluencia de ambos, dentro de terrenos constituidos por esquistos duros y calizas dolomíticas, crea un paraje agreste que se continúa por la disección que el Tierteafuera efectúa en la paleozoica sierra del Campillo para verter sus aguas al Guadiana.

2.4. ESTRATIGRAFIA

Los materiales que afloran en el Tramo pertenecen al Precámbrico, Paleozoico, Terciario y Cuaternario. (Figura 7).

Las formaciones de edad precámbrico afloran en el núcleo de dos estructuras anticlinorias (Domo de Abenojar y Saceruela) que ocupan amplios terrenos en el Sur del Tramo. Desde el punto de vista estratigráfico se pueden diferenciar a grandes rasgos dos series una pelítico - grauváquica y otra detrítico carbonatada, sobre las que se apoya discordantemente el Paleozoico.

El Paleozoico está representado por el Ordovícico hasta el Caradoc. Los materiales paleozoicos presentan facies de plataforma poco profunda. La serie comienza con una potente formación detrítica de tipo rítmico formada por cuarcitas areniscas, limolitas y pizarras, existiendo también un muro de la misma niveles intercalados de conglomerados y areniscas conglomeráticas. Estos materiales se atribuyen al Tremadoc y su potencia máxima es de 1000 metros. Los sigue un potente paquete de 200 - 300 metros de cuarcitas del Arenig "cuarcita Armoricana" a las que se le superpone una serie alternante de areniscas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras del Arenig-Llanvirniense cuyo espesor se estima en 150 - 200 metros. Sobre dicha alternancia yace una potente serie de pizarra "pizarras de Calymene" que puede llegar a 300 metros de potencia, en el que aparecen interestratificadas tobas y tufitas volcánicas; todos estos materiales se sitúan en el Llanvirniense - Llandeilo. Las pizarras se continúan en una serie alternante de unos 125 metros formada por areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras que se sitúan en el Llandeilo. Un paquete más cuarcítico "cuarcitas de cantera" de unos 100 metros de potencia y que intercala areniscas y pizarras se superpone al anterior; su edad es Llandeilo superior - Caradoc inferior. Por último y sobre las "cuarcitas de cantera" se apoya una serie esencialmente pizarrosa del Caradoc de unos 100 metros de potencia.

El terciario es de naturaleza detrítica continental. En la base aparece un conglomerado brechoide de matriz ferruginosa que da lugar a encostramientos y corazas ferruginosas. Su potencia es escasa, del orden de los 4 metros, y su edad se sitúa entre el Oligoceno superior y el Mioceno inferior. Sobre estos materiales y lateralmente a ellos existe un depósito de unos 25 - 30 metros de potencia máxima constituido por conglomerados y areniscas de cemento ferruginoso y fangos variolados, que lateralmente pasan a facies más arcillosas con ausencia de conglomerados. La interferencia de los procesos volcánicos de los campos de Calatrava supone la existencia de intercalaciones importantes, en esta serie detrítica, de materiales hidromagmáticos que, a veces, constituyen el cuerpo exclusivo del paquete estratigráfico.

Sobre los fangos y arenas limosas y lateralmente a ellos se depositó una serie margo-arcillosa y calcárea con alto contenido en materiales procedentes del vulcanismo como piroclastos de caída y productos hidromagmáticos; la potencia de este conjunto de materiales no sobrepasa los 70 metros. Ambos conjuntos sedimentarios constituyen la base del relleno plioceno de las cuencas terciarias del Tramo. A este plioceno inferior se superpone un depósito de facies similares al anterior formado por arenas, gravas, fangos, margas y calizas que pertenecen ya al Plioceno superior y cuya potencia puede estimarse en 15-20 metros. El Plioceno acaba con la deposición de la raña cuya máxima potencia no excede de 10 metros.

El cuaternario es un periodo en que se desarrolla toda una serie de procesos geomorfológicos con varias fases de erosión y sedimentación que dará lugar a la creación de depósitos coluviales, abanicos aluviales, glacis y terrazas en cada una de ellas.

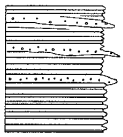
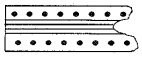
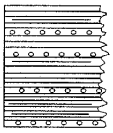
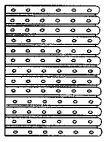
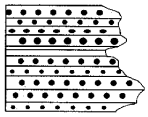
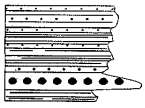
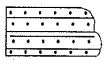
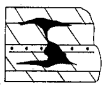
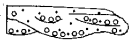
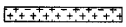
COLUMNA	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCION	EDAD
	123b	G9	PIZARRAS DE CANTERA	CARADOC
	123a	G10	CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122c	G8	ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122b	G13	TOBAS Y TUFITAS	LLANVIR.-LLANDE.
	122a	G9	PIZARRAS	LLANVIRNIENSE
	121c	G8	ARENISCAS, ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	AREN.-LLANVIR.
	121b	G10	CUARCITAS	ARENIG
	121a	G8	CUARCITAS, ARENISCAS, PIZARRAS Y LIMOLITAS	TREMAD.-AREN.
	121a1	G10	CONGLOMERADOS, CUARCITAS Y ARENISCAS CONGLOMERATICAS	TREMAD.-AREN.
	010e	G10	CUARCITAS	PRECAMBRICO
	010d	G11	DOLOMIAS	PRECAMBRICO
	010c	G10	CONGLOMERADOS	PRECAMBRICO
	010b	G8	ARENISCAS, GRAUVACAS Y PIZARRAS	PRECAMBRICO
	010a	G9	PIZARRAS Y GRAUVACAS	PRECAMBRICO
	001b	G13	GRANITOIDES	PRECAMBRICO

FIGURA 7 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL DEL TRAMO DE ESTUDIO

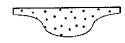
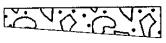
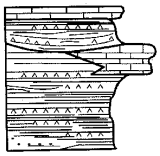
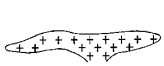
COLUMNA	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCION	EDAD
	A1	G1	ALUVIAL	Cuaternario
	A2	G1	FONDOS DE VALLE	Cuaternario
	At	G3	TERRAZA ALUVIAL	Cuaternario
	I	G2	AREAS ENDORREICAS	Cuaternario
	T,t	G3	TERRAZAS	Cuaternario
	C,c	G3	COLUVIALES	Plio-Cuaternario
	D,d	G3	CONOS DE DEYECCION	Plio-Cuaternario
	g	G3	GLACIS	Plio-Cuaternario
	350	G3	RAÑA	Terciario
	V	G7	MANTO DE ALTERACION	Terciario
	322b2	G5	CALIZAS ARENOSAS	Terciario
	322b1	G5	CALIZAS, CALIZAS MARGOSAS Y DOLOMIAS	Terciario
	322a	G6	MARGAS Y ARCILLAS EXPANSIVAS CON INTERCALACIONES DE CALIZAS MARGOSAS Y PRODUCTOS VOLCANICOS	Terciario
	321b	G7	CONGLOMERADOS, BRECHAS, ARENISCAS, ARENAS Y FANGOS VARIOLADOS	Terciario
	321b1	G7	LIMOS, ARENAS Y CORAZAS FERRALITICAS	Terciario
	321a	G7	CORAZAS FERRALITICAS	Terciario
	001c	G12	ROCAS HIDROMAGMATICAS	Terciario
	001b	G12	ROCAS PIROCLASTICAS	Terciario
	001a	G13	LAVAS VOLCANICAS	Terciario

FIGURA 7 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL DEL TRAMO DE ESTUDIO

Sincrónicamente con la deposición de las series detríticas y carbonatadas del terciario superior y con algunas pequeñas manifestaciones en el Pleistoceno inferior, se desarrolla en la zona de los Campos de Calatrava un proceso vulcanológico que dará lugar a un edificio volcánico compuesto por piroclastos de caída, productos hidromagmáticos y lavas. En una primera fase, poco importante, durante el Mioceno superior, se extruyen materiales de carácter ultrapotásico. La segunda fase desarrolla un vulcanismo alcalino y ultralcalino con emisión de basaltos olivínicos y basanitas en las zonas centrales y melililitas olivínicas y nefelinitas olivínicas tanto en el centro como en los bordes. La actividad principal se desarrolla en el Plioceno superior, tiempo al que pertenecen los edificios volcánicos mejor conservados.

2.5. TECTONICA

Los episodios de deformación detectados dentro del Tramo corresponden a tres ciclos orogénicos distintos: Pre-hercínico, Hercínico y Alpino. Los dos primeros dieron lugar, en fases diversas, al plegamiento, fracturación, esquistosidad y metamorfismo que caracterizan a los materiales del zócalo precámbrico-paleozoico, el cual aflora en la superficie del Tramo de forma mayoritaria, soportando los materiales terciarios y cuaternarios depositados sobre él en pequeñas cuencas, creadas por efectos del tercer ciclo orogénico materializado por los primeros empujes alpinos detectados en el zócalo precámbrico-paleozoico extremeño-castellano, que provoca una megaestructura de abombamiento que al partirse en una fase de distensión dará lugar a los horst y grabens que se conforman como cuencas interiores.

La dislocación del zócalo hercínico dará lugar entre el Mioceno superior y Pleistoceno a manifestaciones ígneas efusivas cuyos materiales atravesaron y se interestratificaron con las formaciones que se estaban sedimentando.

Estructuras Pre-hercínicas

De acuerdo con los datos bibliográficos obtenidos en estudios de las áreas precámbricas dentro y fuera del Tramo de estudio, parece existir un episodio de plegamiento intraprecámbrico generalizado que daría lugar a una discordancia angular observada entre los materiales detrítico carbonatados del Vendiense y su substrato.

Por otra parte, el paralelismo detectado entre los materiales del precámbrico situados por encima de la discordancia intraprecámbrica mencionada y los ordovícicos, confieren a la discordancia Sárdica, que los separa, un carácter eminentemente erosivo, asociado a un proceso de transgresión y sin deformaciones importantes. Consecuencia de ello es el hecho de que la base del Paleozoico se apoye indistintamente sobre los diferentes materiales de las series precámbricas, pudiendo darse una discordancia angular cuando el apoyo se realiza en los materiales situados por debajo de la discordancia intra-precámbrica.

La ausencia de esquistosidad asociada al plegamiento intra-precámbrico observado, no permite precisar las características geométricas de las estructuras creadas, e indica que debió tratarse de un plegamiento suave. El plegamiento hercínico modificó la geometría y posición de los elementos estructurales.

Estructuras hercínicas

La deformación debida al plegamiento hercínico es la principal responsable de las estructuras existentes en la zona. (Foto 3).

La primera fase Hercínica, que es la principal, es una fase compresiva que origina pliegues, esquistosidad, cabalgamientos y fallas.

Los pliegues regionales tienen dirección ONO-ESE a E-O. Estos pliegues presentan inmersiones de 20° - 30° e incluso mucho mayores por efectos de deformaciones tardías, aunque originalmente es probable que se tratara de pliegues cilíndricos. Los planos axiales son subverticales o ligeramente vergentes hacia el Sur. La geometría de los pliegues mayores de esta fase está muy modificada por el plegamiento y fracturación posterior.

Los pliegues de los niveles constitutivos por alternancias suelen ser abiertos, angulosos, con flancos rectos y charnelas agudas. Los constitutivos en pizarras suelen ser más apretados.

La segunda fase de deformación hercínica se caracteriza por las modificaciones que soportarán, en consecuencia, las estructuras creadas en la primera fase de deformación. Esta fase va a originar macropliegues de rumbo NE-SO, cruzados con respecto a los anteriores, circunstancia que dará lugar a la formación de domos y cubetas.

La fracturación tardihercínica que afecta a los afloramientos del Tramo se apartan del modelo convencional de fracturación tardihercínica establecido para la mayor parte del Macizo Hespérico.

Las fallas más antiguas parecen ser las de rumbo ONO-ESE (N100°E). Son subparalelas a los pliegues de primera fase y su componente principal es inverso con vergencia al sur. Las fallas más abundantes y de mayor recorrido tienen rumbo ENE-OSO a E-O (N70°E-N80°E-N90°E). Son fallas kilométricas, a veces con dúplex, que muestran movimientos de desgarre e inverso con vergencia Sur.

Las fallas de dirección NE-SO (N40°E - N60°E) son también relativamente abundantes.



Foto 3. *Pliegues tumbados sobre los materiales del grupo litológico 121ª. Pk (115,5) de la carretera nacional 403.*

Por último, existe una familia de fallas, con menor desarrollo, de rumbo NO-SE (N140°E - N170°E).

Estructuras alpinas y post-alpinas

Las deformaciones que pueden observarse en los materiales pliocenos, así como la actividad volcánica desarrollada esencialmente durante el mismo periodo, delatan un contexto tectónico distensivo controlado por fallas del zócalo hercínico.

2.6. SISMICIDAD

APARTADO DEROGADO

Según la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE- 94), el Tramo Ciudad Real - Puebla de Don Rodrigo se encuentra enteramente situado, dentro del Mapa de Peligrosidad Sísmica, por debajo del valor 0'04 del cociente entre la aceleración sísmica básica y el valor de la gravedad. (Ver Figura 8).

De acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1.2.3. de dicha Norma, se deduce que no es obligatoria su aplicación en las construcciones realizadas en el Tramo de estudio.



FIGURA 8. SITUACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO EN EL MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA

APARTADO DEROGADO

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

Para encuadrar y caracterizar la constitución geológica del Tramo se ha establecido una división en tres Zonas en base al tipo de materiales aflorantes y a su geomorfología. La distribución geográfica de estas tres Zonas se muestra en la Figura 9, y sus características diferenciadoras se describen a continuación.

Zona 1: Campos de Calatrava

Se caracteriza por un relieve de morfología suave en el que destacan relieves de origen volcánico, como los cerros tronco-cónicos de los edificios creados por los piroclastos de caída y productos hidromagmáticos, así como, las calderas de explosión, cuya morfología actual ha dado lugar a lagunas endorreicas. Las coladas basálticas suelen dar lugar a plataformas más o menos amplias sobre los materiales margo-arcillosos y carbonatados del Plioceno. La red fluvial está poco encajada y el desarrollo de terrazas y superficies erosión es escaso.

Zona 2: Sierras paleozoicas

Está constituido por los relieves apalachianos conformados por la cuarcita Armoricana, laderas regularizadas y cubiertas de depósitos de piedemonte. Dentro de estos relieves aparecen pequeños edificios volcánicos de edad terciaria. La edad de los materiales dominantes es ordovícica.

Zona 3: Depresiones entre sierras

Posee un relieve muy maduro caracterizado por las superficies de la raña que enlaza mediante conos y coluviales muy antiguos con los relieves apalachianos de la Zona 2. También se incluyen los núcleos precámbricos culminados por una superficie de erosión e intensamente alterados.

LEYENDA

- ZONA 1
- ZONA 2
- ZONA 3
- CORTES GEOLOGICOS

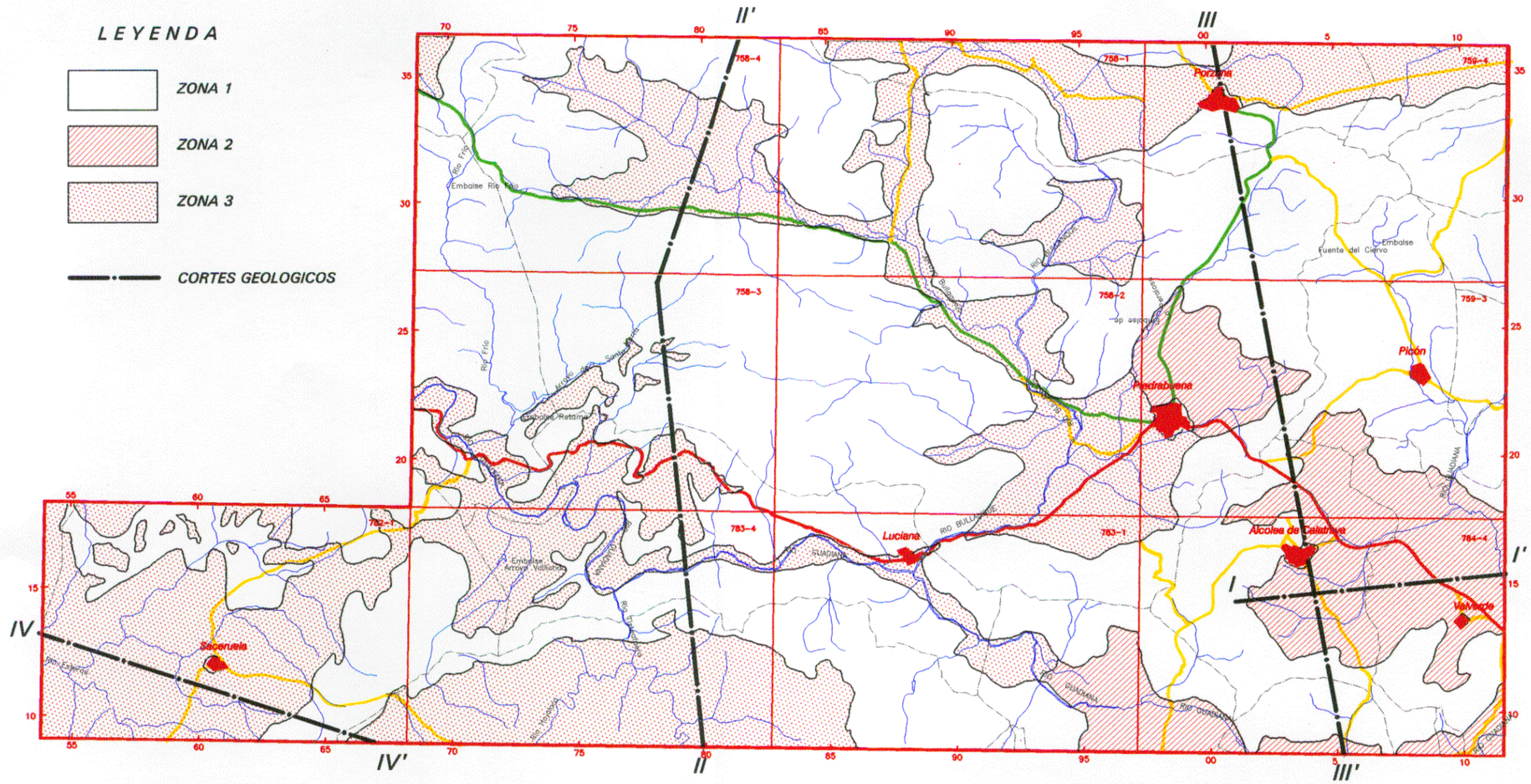


FIGURA 9. ESQUEMA DONDE SE MUESTRA LA DIVISION EN ZONAS DEL TRAMO DE ESTUDIO Y LA TRAZA DE LOS CORTES GEOLOGICOS REALIZADOS.

Escala 1:200.000

3.2. ZONA 1: CAMPOS DE CALATRAVA

3.2.1. Geomorfología

La Zona 1 se sitúa dentro de la unidad morfoestructural de los Campos de Calatrava y se caracteriza por un relieve de morfología suave en el que destacan relieves de origen volcánico. Su red fluvial está poco encajada y el desarrollo de terrazas y superficies o planos de erosión - deposición es escaso. Detrás del relieve volcánico deben destacarse los cerros tronco-cónicos de los edificios creados por los piroclastos de caída y productos hidromagmáticos arrojados por el volcán, así como, las calderas de explosión de las fases hidromagmáticas, cuya morfología actual, dando lugar a lagunas endorreicas, es tan características y espectacular en estos paisajes.

Por último las coladas basálticas suelen dar lugar a plataformas más o menos amplias sobre los materiales margo-arcillosos y carbonatados del Plioceno.

Los materiales Pliocenos integrantes esenciales, junto a los volcánicos, de esta Zona 1, constituyen terrenos de suave morfología; se trata en general de terrenos con estructura horizontal trastocados localmente por efectos del vulcanismo.

El curso fluvial más importante existente en esta Zona 1, es el río Guadiana representado por un asomo de su cauce de inundación de naturaleza pantanosa y algunos terrenos de terraza de su margen derecha. El resto de los arroyos aparecen poco encajados y sus depósitos aluviales adquieren pequeño desarrollo.

La Zona 1 está constituida por depresiones creadas en estructuras hercínicas de naturaleza sinclinal o anticlinal, que han sido rellenadas posteriormente por sedimentos pliocenos y productos volcánicos, y en una fase final, por pedimentos de tipo raña o glacis de acumulación que dan lugar a plataformas de suave pendiente que parten del pie de las sierras circundantes.

Las depresiones o sectores que componen la Zona 1 son: cubeta del domo de Alcolea de Calatrava - Picón, cubeta del sinclinal de Piedrabuena y depresión del Sinclinal de Porzuna.

La morfología de los Campos de Calatrava constituye un relieve singular por ser la única zona de la península, junto a los Campos de Olot en Gerona, donde se conservan edificios de una actividad volcánica. (Figura 10). Los conos de cinder, las calderas de explosión y las plataformas de lavas imposibles de ver en otras regiones de España que no sean las Islas Canarias y las zonas mencionadas, merecen una consideración especial por sus valores científicos y paisajísticos que debería concretarse en una protección oficial de algunas áreas, como patrimonio geológico, que impidiera una destrucción masiva de estos relieves como consecuencia de una sobreexplotación de los materiales constitutivos de los mismos

3.2.2. Tectónica

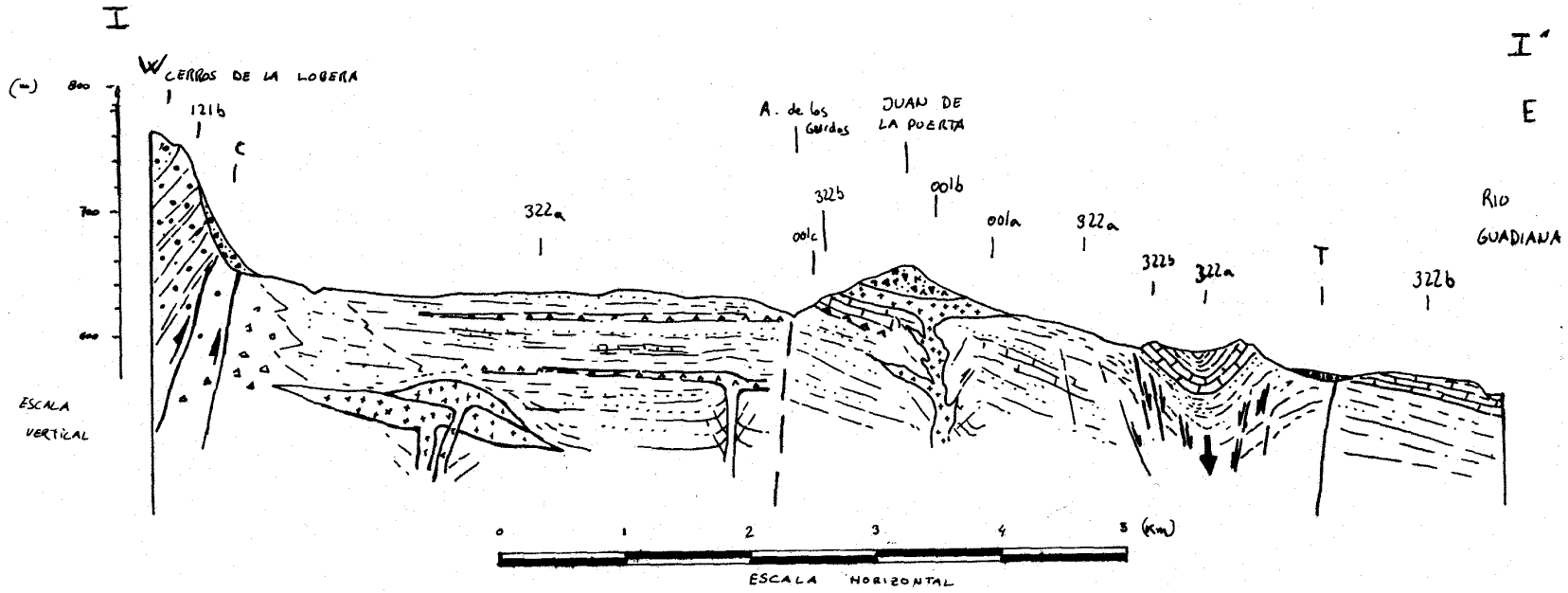
La tectónica de los materiales de la Zona 1, está caracterizada por procesos distensivos que comenzaron en el Mioceno superior, posteriores a la fase de compresión bética. Pérez González (oo.cc) aboga por dos etapas distensivas fundamentales. La más antigua será responsable de la apertura de la cuenca de Ciudad Real entre otras, rellenas de depósitos del Mioceno superior - Plioceno. La segunda amplia la cuenca a toda la llanura manchega en el límite Plioceno inferior - superior (fase Iberomanchega 1). Posteriormente otros reajustes tectónicos de menor intensidad proceden a la instalación de la raña.

Molina (1975), en base a las discordancias observadas en los materiales "volcano sedimentarios" y los materiales calcáreos infrayacentes existentes en el yacimiento de la Higueruelas (fuera del Tramo), establece la existencia de dos fases tectónicas asociadas a épocas de mayor actividad volcánica y situadas en el Mioceno superior y Plioceno respectivamente.

Por lo observable en el terreno, lo que se puede constatar es que las deformaciones existentes en los terrenos del Terciario superior y Plio-cuaternario están estrechamente relacionadas con la actividad volcánica, tal como abombamientos y colapsos de calderas. Allí donde no se aprecia actividad volcánica próxima los terrenos no presentan deformación apreciable.

3.2.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica de la Zona 1 se contempla en la Figura 11.



T	- Terrazas
C	- Coluviales
322b	- Calizas, calizas margosas, calizas arenosas y dolomías
322a	- Margas y arcillas expansivas con intercalaciones de calizas margosas y productos volcánicos
121b	- Cuarcitas
001c	- Rocas hidromagmáticas
001b	- Rocas piroclásticas
001a	- Lavas volcánicas

FIGURA 10. CORTE GEOLÓGICO DE LA ZONA 1

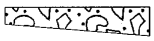
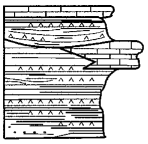
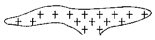
COLUMNA	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCION	EDAD
	A1	G1	ALUVIAL	Cuaternario
	A2	G1	FONDOS DE VALLE	Cuaternario
	At	G3	TERRAZA ALUVIAL	Cuaternario
	I	G2	AREAS ENDORREICAS	Cuaternario
	T,t	G3	TERRAZAS	Cuaternario
	322b2	G5	CALIZAS ARENOSAS	Terciario
	322b	G5	CALIZAS, CALIZAS MARGOSAS Y DOLOMIAS	Terciario
	322a	G6	MARGAS Y ARCILLAS EXPANSIVAS CON INTERCALACIONES DE CALIZAS MARGOSAS Y PRODUCTOS VOLCANICOS	Terciario
	001c	G12	ROCAS HIDROMAGMATICAS	Terciario
	001b	G12	ROCAS PIROCLASTICAS	Terciario
	001a	G13	LAVAS VOLCANICAS	Terciario

FIGURA 11 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 1

3.2.4. Grupos litológicos

ALUVIAL (A1, a1)

- Litología

  Este grupo está constituido por gravas y gravillas subredondeadas y sueltas, de cantos de cuarcita, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. Los aluviales de arroyos y barrancos poseen un porcentaje mucho mayor de limos y arcillas. Se trata de materiales sueltos y no consolidados, por lo que su dureza y compacidad son prácticamente nulas.

- Estructura

  Este grupo constituye el cauce de avenida de los cursos fluviales del tramo. Cartográficamente presenta una estructura canalizada y tabular, interiormente se presenta de una forma masiva. Se dispone horizontalmente. La potencia de este grupo litológico es de 0.5 a 3 metros para (a1) y de 3 a 7 metros para (A1).

- Geotecnia

  Permeabilidad: Materiales permeables por percolación y porosidad.
  Estabilidad natural: Terrenos sometidos a la dinámica fluvial.

Capacidad portante: Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para fundar sobre ellos estructuras de ningún tipo, de las cuales habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo.

Ripabilidad: Materiales ripables en su totalidad.

FONDOS DE VALLE (A2)
TERRAZA ALUVIAL (AT)
TERRAZA (T)

Estos grupos se describen en la Zona 3, donde se encuentran mejor representados.

AREAS ENDORREICAS (1)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por limos y arcillas grises que contienen cantos dispersos procedentes de los relieves circundantes. La fracción arcillosa está compuesta principalmente por esmectitas, y en menor proporción por illita y caolinita. No se ha detectado presencia de sales en las lagunas desarrolladas sobre materiales paleozoicos. Las desarrolladas sobre materiales terciarios presentan indicios de sulfatos, carbonatos, nitratos y otras sales. La compacidad de estos materiales es muy baja. Se trata de materiales sueltos y no consolidados. Presenta una alterabilidad muy alta.

- Estructura

Este grupo conforma pequeñas lagunas endorreicas en el interior de calderas de explosión y "maares" freatomagmáticos, de origen volcánico. Cartográficamente tiene una estructura tabular y se encuentra finamente estratificado en estrechas capas microscópicas. Su alimentación procede de las vertientes de los cráteres y es de carácter estacional. Actualmente se encuentran desecadas para el cultivo, pero con precipitaciones importantes (como las de Febrero de 1997) pueden volver a rellenarse. La potencia de este grupo es muy escasa e inferior a 3 metros. (Fotos 4a y 4b).

- Geotecnia

Permeabilidad: Zonas inundables que forman lagunas temporales.
Capacidad portante: No son terrenos adecuados para apoyar sobre ellos infraestructuras de ningún tipo.

RAÑA (350) Y NIVELES DE GLACIS (g)

Este grupo se describe en la Zona 3 donde tiene una mejor representación.





Fotos 4a - 4b. Laguna de la Camacha antes y después de las precipitaciones del invierno de 1997. Se trata de un crater creado por una explosión volcánica de tipo freatomagmática. En primer plano se observa el aspecto superficial de los depósitos generados por este tipo de explosión. En último plano los relieves apalachanos cuarcíticos de edad ordovícica.

CALIZAS, CALIZAS MARGOSAS, CALIZAS ARENOSAS Y DOLOMIAS (322b1 y 322b2)

- Litología

  Este conjunto litológico está integrado por dos unidades estratigráficas correspondientes al Plioceno. La más importante, grupo 322b1, pertenece al Plioceno inferior y está constituida por calizas micríticas blanquecinas, dolomicritas, calizas margosas y dolomías. El subgrupo 322b2 está formado por calizas arenosas del Plioceno superior, y está separado del anterior por un paquete detrítico de naturaleza sedimentaria y volcánica. Ambos grupos están conformados por una sucesión irregular de bancos bien estratificados de potencia centimétrica. Poseen tonos claros y colores blanquecinos. La alterabilidad se estima baja. La compacidad y la dureza es moderada-alta. Es muy frecuente encontrar intercalaciones piroclásticas en las bases de estos grupos. (Fotos 5 y 6).



Foto 5. *Cuerda de calizas pliocenas del grupo 322b, junto al cementerio de Valverde*



Foto 6. *Materiales margosos y carbonatados pertenecientes al grupo litológico (322b1). En esta pequeña explotación abandonada se observa claramente el aspecto nodular de los niveles carbonatados. Carretera vecinal de la margen derecha del río Guadiana que une el puente de Alarcos y Corral de Calatrava por el Castillo de Herrera, proximidades de la Casa de Don Francisco Sánchez.*

- Estructura

Estos grupos dan lugar a relieves tabulares en capas horizontales. El aspecto exterior del conjunto sedimentario es noduloso. Como consecuencia de la actividad volcánica; fases intrusivas y explosivas y de colapso de calderas, estos materiales aparecen localmente rotos y dislocados formando barras, muelas, pliegues suaves y laxos y estructuras circulares de pequeño radio. Se encuentra afectado por fallas de dirección ENE - ONO, relacionadas con el vulcanismo del campo de Calatrava. En algunos puntos se han detectado fallas de tipo inverso. El grado de fracturación se estima bajo. El espesor máximo de las capas carbonatadas oscila entre 20 cm y 1 metro. La potencia máxima del grupo (322b1) es de 25 - 30 metros, medida en Alcolea de Calatrava; y de 4 a 5 metros la del grupo (322b2).

- Geotecnia

Permeabilidad: Este grupo litológico posee una moderada capacidad de infiltración a través de la red de fisuración y karstificación.

Estabilidad natural: Las reducidas áreas ocupadas por los materiales de estos grupos dan lugar normalmente a terrenos de morfología suave, a veces con pequeñas escarpaduras, en donde pueden apreciarse una buena estabilidad del terreno, sólo interrumpida muy localmente por algún pequeño desplome o desprendimiento debido a la erosión diferencial sin mayor transcendencia. En algún caso, tal como ocurre en el afloramiento existente en la margen izquierda del río Guadiana, cuadrante IV de la Hoja nº 784 de Ciudad Real, se ha podido señalar un centro de subsidencia por karstificación de los materiales de este grupo.

Taludes artificiales observados: Son pocos y de pequeña altura los excavados sobre este grupo litológico. Se trata en general de desmontes de perfil subverticalizados sin mayores problemas dada las dimensiones de los mismos.

Taludes recomendados: Con pequeñas excepciones fundamentadas en problemas de alteración, karstificación, intensa fracturación o presencia de horizontes margosos intercalados, podrán excavarse taludes subverticales procurando dejar siempre una amplia cuneta al pie del talud. En los casos en que puedan presentarse circunstancias como las mencionadas anteriormente, el diseño dependerá lógicamente de las circunstancias locales, aunque puede estimarse que siempre se les podrá dar pendientes con valores por encima de 1H:1’5V.

Capacidad portante: Debe temerse los problemas que pudieran surgir, debidos a los fenómenos de karstificación existentes localmente en este grupo, ante la necesidad de aplicar cargas al mismo para apoyos de cualquier tipo de estructura. En general los materiales de este unidad litológica, especialmente en los afloramientos calizos más potentes y compactos del grupo (322b1) presentarán una resistencia alta o muy alta ante las solicitudes de carga, si bien podrían exceptuarse, y considerarse con condiciones moderadas, las zonas de contacto con los materiales volcánicos en donde la tectonicidad o intrusión de materiales ígneos modificarían las características resistentes del terreno rebajándolas presumiblemente.

Debido a la facilidad que presentan estas calizas lacustres de cambiar lateralmente a facies más margosas o a intercalar horizontes de piroclastos o productos hidromagmáticos, de un vulcanismo activo durante la sedimentación caliza, será necesario estudios detallados en orden a conocer la dimensión en profundidad de los

materiales calcáreos cartografiados cuando se trate de apoyar estructuras que requieran respuestas resistentes de alguna entidad.

MARGAS Y ARCILLAS EXPANSIVAS CON INTERCALACIONES DE CALIZAS MARGOSAS Y PRODUCTOS VOLCÁNICOS (322a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido principalmente por margas grises y blanquecinas, y arcillas grises y verdosas en cuya composición participa una importante proporción de arcillas expansivas. Intercalados en esta serie existen niveles irregulares de calizas margosas. Es muy frecuente encontrar depósitos hidromagmáticos interestratificados, que cuando tienen una representación cartográfica significativa se han diferenciado como el grupo litológico (001c). Se han detectado niveles con yesos y otros sulfatos dentro de algunos paquetes con arcillas expansivas. Se trata de un conjunto muy bien estratificado. Los materiales expansivos son blancos, con una compacidad moderada, dureza baja y se estratifican en bancos métricos. Los niveles nodulosos carbonatados suelen tener un espesor de 15 - 20 cm, de tonos claros y blanquecinos, se trata de rocas densas y pesadas. Petrológicamente se trata de micritas, dolomicritas y dolomías. Algunos niveles carbonatados poseen una recristalización dendrítica y arborescente con una textura exterior tobacea. Los niveles volcánicos interestratificados son fragmentarios, con un tamaño de grano muy fino (cenizas) o de milimétrico a centimétrico (piroclastitas). Estos niveles volcánicos tienen tonalidades claras de colores verdosos y grisáceos. El techo de la serie es más rica en niveles carbonatados nodulosos, dando un paso transicional al grupo litológico 322b1. (Foto 7).

- Estructura

Este grupo litológico conforma relieves suaves y planicies. Se dispone en capas subhorizontales y presenta una estructura tabular. La continuidad lateral de las intercalaciones suele ser de 1 a 2 kilómetros en la intercalaciones volcánicas y de aproximadamente 50 - 70 metros en los niveles carbonatados. Se han detectado fracturas, lineamientos y contactos de tipo mecánico con grupos colindantes. De todos modos, el grado de fracturación se considera bajo. Debido al carácter arcilloso y expansivo del grupo, el grado de alterabilidad se estima moderado - alto. La potencia máxima de este grupo se ha medido en Alcolea de Calatrava que se estima en 70 metros.



Foto 7. *Materiales margosos con arcillas expansivas pertenecientes al grupo litológico (322a). Obsérvese el mal estado de los taludes. Proximidades del puente de Alarcos.*

- Geotecnia

Permeabilidad: En conjunto, este grupo posee una permeabilidad que puede oscilar dentro de un rango moderado. Los horizontes carbonatados diaclasados y/o karstificados y la intercalación circunstancial de lechos volcánicos como piroclastos o coladas basálticas, facultan la existencia de una permeabilidad moderada con la posible creación de pequeños freáticos colgados o cautivos. El resto de la serie presentará un permeabilidad baja o muy baja.

Estabilidad natural: Los terrenos que configura este grupo litológico suelen ser de morfología suave, llana o alomada, debido a lo cual no se han detectado problemas especiales de inestabilidad de taludes naturales. Sin embargo en las pocas ocasiones en las que este grupo se le ve conformando una ladera se observa su proclividad a una inestabilidad manifiesta; como es el caso de algunos terrenos existentes en la margen derecha del río Guadiana en las proximidades del puente de Alarcos.

Taludes artificiales observados: Los taludes de excavación existentes en las carreteras del Tramo son de pequeñas dimensiones. El diseño de los mismos está condicionado por la presencia o no de horizontes calizos, encostramientos o caliches; en el caso de que existan estos horizontes que arman la formación, los taludes pequeños se mantienen bien con perfiles acusados, pero en ausencia de ellos los desmontes excavados con pendientes 1H:1V se deterioran y deforman por pequeños deslizamientos superficiales que intentan dotar al talud de una inclinación menor.

Taludes recomendados: Si la formación local aparece armada por horizontes carbonatados competentes, el talud podrá soportar pendientes fuertes siempre que las capas aparezcan horizontales o buzando contra el talud, y los niveles margosos intercalados no sean muy potentes; por que en estos casos, la erosión diferencial y la deformación de estas capas, que puede ser muy importante dada la alta posibilidad de que existan arcillas expansivas en los mencionados horizontes arcillosos o margosos, dará lugar a desplomes y desprendimientos.

Si el desmonte se excava en una litología eminentemente margosa, los taludes estables requerirán pendientes muy tendidas, como mucho la 1’5H:1V. La existencia de arcillas expansivas en estas formación, así como la circunstancial presencia de roturas fósiles de ladera, aconsejan diseños suaves en estos taludes, que si llegasen a ser importantes (circunstancia poco probable dada la morfología que conforma a estos terrenos) requerirán posiblemente algunas medidas de estabilización.

Capacidad portante: Sólo debe esperarse un comportamiento moderado en la resistencia de estos terrenos en el caso favorable de cimentar sobre zonas en donde la serie sedimentaria integrada por horizontes calizos y calizas margosas en alternancia con margas y arcillas. Es posible que la composición mayoritaria de los niveles calizos posibilitasen una respuesta moderadamente alta a las solicitudes de carga, pero esta circunstancia tendrá que ser confirmada siempre con estudios de detalle. Se trata de una formación con rápidos cambios entre facies carbonatadas y arcillosas y con presencia constante de arcillas expansivas que posibilitan la aparición de asientos diferenciales con suma facilidad; circunstancia que puede detectarse en edificaciones fundadas sobre estos terrenos. En ausencia de horizontes competentes carbonáticos o no (dado que también pueden presentarse intercalaciones de materiales volcánicos como piroclastos o coladas) la resistencia del terreno debe estimarse con los valores moderados más bien bajos. Se ha de tener muy especialmente cambios estacionarios en la humedad del terreno a nivel de cimentación.

Ripabilidad: Si exceptuamos algún horizonte calcáreo de alguna potencia, el resto, que será la gran mayoría del grupo litológico será ripable por medios mecánicos normales.

ARENISCAS, ARENAS Y FANGOS VARIOLADOS. LOCALMENTE CONGLOMERADOS Y BRECHAS (321b)

Este grupo litológico se describe en la Zona 3 donde se encuentra mejor representado.

CORAZAS FERRALITICAS (321a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por un nivel inferior de abundantes clastos silíceos y matriz arcillosa predominantemente de caolinita y parcialmente de gibbsita y illita. Le sigue un horizonte moteado ferruginoso, de un metro aproximadamente de potencia , con abundantes nódulos ferruginosos, cuarzo y caolinita. En el techo de este grupo es frecuente encontrar caparazones de hierro, hierro masivo que culmina con una coraza de óxidos de hierro de estructura ruiniforme o laminar a veces concrecional, nodular y pisolítica. La compacidad y la dureza son muy altas. (Foto 8).

- Estructura

Este grupo se encuentra fosilizando un paleorelieve sobre materiales paleozoicos o interestratificado dentro de otro grupos de edad terciaria. Es decir su disposición estratigráfica es variable. Yace de forma subhorizontal, y su estructura es tabular. Presenta importante variaciones laterales tanto en potencia como en composición. Se encuentra a menudo tectonizado, y no es raro encontrarlo fallado de forma inversa sobre los grupos paleozoicos. No obstante, en grado de fracturación y la intensidad del diaclasado son bajos. La potencia total es de 3 metros, y se estratifica en horizontes de 1 metro de potencia.



Foto 8. *Conglomerados ferruginosos del grupo litológico (321a), en la margen derecha del arroyo de la Zurda. Carretera de Alcolea de Calatrava a Corral de Calatrava.*

- Geotecnia

  Permeabilidad: Grupo permeable sólo por fisuración.

  Estabilidad natural: Es normal encontrar en las medias laderas, en donde este grupo suele encontrarse, bloques desprendidos de las pequeñas cornisas que la erosión diferencial provoca en él. Este tapizado de bloques sobre las laderas es un fenómeno viejo que no tiene en la actualidad apenas desarrollo.

  Taludes artificiales observados: Prácticamente no existen taludes de excavación en este grupo. En algún caso en donde estos materiales aparecen conformando parte del talud se puede observar la formación paulatina de cornisas debido a la diferencia de cementación entre el paquete que constituye la coraza y el terreno inmediato sobre el que se apoya que puede ser o no de mismo origen sedimentario: conglomerados y brechas de matriz limo-arenosa de borde de pequeñas cuencas o suelos de alteración.

  Taludes recomendados: Se podrán dar pendientes subverticales siempre que se evite la erosión del nivel más blando situado inmediatamente debajo del horizonte cementado, en el caso de que aflorase en el talud.

Capacidad portante: El paquete de costra ferralítica posee una alta capacidad de resistencia que en cierta manera puede resultar engañosa si su potencia es pequeña y los apoyos se efectúan a media ladera en donde este grupo conforma plataformas. La circunstancia apuntada anteriormente, de existir, normalmente en la base de las corazas, un terreno de mucha más baja competencia, al cual podrían llegar los efectos del bulbo de presiones, obliga a obtener un buen conocimiento de la estratigrafía local de este grupo. En cualquier caso, salvo que el apoyo se realizase próximo a los bordes escarpados que pueden formar estos materiales, podrá esperarse como mínimo una respuesta resistente moderada.

Ripabilidad: Las corazas que constituyen el horizonte superior de este grupo litológico no son ripables, pero los niveles inferiores de conglomerados y brechas menos cementados si lo serán; incluso si las corazas no son muy potentes podrían ser excavadas mecánicamente.

LAVAS VOLCÁNICAS (001a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por lavas masivas de origen volcánico. En la mayor parte de los casos son coladas, y sólo ocasionalmente son restos de chimeneas de edificios muy erosionados o diques. Son lavas de color negro, a menudo vacuolares, y frecuentemente presenta inclusiones de cuarcitas y calizas no digeridas de la roca caja o paredes de la chimenea. Se trata de rocas porfídicas, con fenocristales de olivino, augita y con una matriz de augita, opacos, olivino, feldespatos y feldespatoides. La clasificación petrológica de estás rocas se engloban en tres grupos: melilititas, nefelinitas y basaltos. La compacidad y dureza de las rocas se estima muy alta. (Foto 9).



Foto 9. *Aspecto superficial del grupo litológico (001a). Colada basaltica que da origen a la colada de Piedrabuena. Al fondo el morro de la Arzollosa, volcán del que procede la mencionada colada.*

- Estructura

Este grupo da relieves en mesa, como las coladas de Piedrabuena. Su distribución geográfica se reduce a la parte Este del Tramo. Es decir al área de Porzuna, Piedrabuena y Ciudad Real. El grado de fracturación y diaclasado ha de estimarse entre moderado y alto. Esta red de fracturación es la que favorece la infiltración en la población de Piedrabuena, generando un acuífero importante. El grado de alteración meteórica es bajo, En este sentido, sólo se ha generado un pequeño horizonte edáfico, en ningún caso superior a los 30 cm. En algunos casos este horizonte es coluvial - agrícola. Este grupo se estructura en coladas de potencia muy variable, por lo general entre 2 y 10 metros. Su aspecto suele ser masivo, aunque es igualmente frecuente encontrar estructuras aglomeradas y niveles de alteración con residuo de roca formando bolos. (Foto 10). A veces, estas coladas se encuentran intercaladas por niveles piroclásticos de naturaleza y estructura muy variada.



Foto 10. *Colada volcánica, grupo litológico (001a), con disyunción en bolos sobre los materiales de la raña pertenecientes al grupo litológico (350). Pk (258'5) de la carretera nacional 430.*

- Geotecnia

  Permeabilidad: Materiales permeables por fisuración.

  Estabilidad natural: En general, las amplias superficies llanas o de suave morfología a que dan lugar normalmente los materiales de este grupo litológico, constituyen áreas sin problemas al respecto. Sólo en ciertas circunstancias se puede hablar de una clara problemática de inestabilidad: Son los casos en los que las coladas for-

man plataformas, sobre materiales blandos y deformables que puedan aflorar en las laderas bajo los escarpes creados por las lavas; En estos casos, los problemas de desplomes y deslizamientos son frecuentes, y si las coladas son de dimensiones reducidas, el colapso gravitacional puede afectar a toda ella formándose una morfología escalonada.

En los procesos inestables observados se han podido diferenciar desde movimientos fósiles inactivos a procesos en estado latente y circunstancialmente activos.

Taludes artificiales observados: No existen en la práctica taludes de excavación en estos materiales si exceptuamos reducidos afloramientos en pequeños desmontes.

Taludes recomendados: La heterogeneidad litológica y estructural de las coladas lávicas no permite definir un tipo de talud ideal que en principio, podría pensarse sería de perfil muy fuerte con tendencia a la subverticalidad. Los cambios laterales y verticales en la textura y estructura de estas rocas, así como la alteración de las mismas pueden aconsejar taludes más tendidos, cuyos valores estarían en orden al 1H:1V. Circunstancialmente en zonas de plataformas, en donde es posible que estas rocas estén, rotas por procesos gravitacionales, las pendientes a dar, en orden a la estabilidad del talud, serían inferiores a esos 45°.

Capacidad portante: En principio debe esperarse una alta resistencia a los materiales de este grupo. No obstante, conviene tener en cuenta las circunstancias que rodean a este grupo litológico en orden a los cambios texturales y estructurales y a los procesos geomorfológicos en los que se ve inmerso, a veces, comentados ya en apartados anteriores. En razón de dichas circunstancias podrían darse problemas de asientos diferenciales de importancia, lo cual significa que a la hora de proyectar una cimentación sobre este grupo se requerirán estudios muy detallados sobre la estratigrafía local y la geomorfología del área.

Ripabilidad: Grupo mayoritariamente no ripable que presentará áreas con carácter marginal y algunas que lo serán por alteración, fisuración y cambios laterales y en profundidad de la textura y estructura.

ROCAS PIROCLASTICAS (001b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por rocas piroclásticas más o menos soldadas y de aspecto granular. Este grupo presenta variaciones texturales y composicionales. En este sentido, los depósitos piroclásticos se han separado en tres grupos texturales; cenizas, lapillis, escorias y bombas. Composicionalmente, la clasificación de estás rocas se incluyen dentro del grupo de las melilititas, nefelinitas y basaltos. La compacidad y dureza de las rocas se estima de moderada a baja, ya que algunos niveles se encuentran sueltos.

Las cenizas suelen ser escasas y más normales en el grupo (001c). Son depósitos de materiales finos, sueltos y de tonos cremas. Se trata de tobas cineríticas finas, medias y gruesas, estratificadas de forma planar y cruzada. Suele haber inclusiones de bloques (con estructuras de deformación por caída) de cuarcita, pizarras y calizas de tamaños muy variables (de 15 cm a 3 m). En los tamaños más finos de tobas (< 2 mm) hay inclusiones de megacristales muy fracturados de piroxenos principalmente, y en menor proporción de olivinos, cuarzos y feldespatos. Es frecuente encontrar intercalaciones de arcillas expansivas y lapillis.

Los lapillis son muy variables textural y composicionalmente. Son aglomerados de cantos heterométricos y poligénicos parcialmente cementados o sueltos. El lapilli más típico, explotado en canteras como árido de inmejorable calidad, está constituido por clastos angulosos de cuarcita (5 – 8 cm) y fragmentos volcánicos (2 – 3 cm), soldados de forma muy irregular por carbonatos. Los clastos de naturaleza volcánica son lavas vacuolares de color negro con inclusiones cuarcíticas no digeridas. El porcentaje de cuarcitas en los lapillis es muy variable, llegando a componer en algunos casos hasta el 95%. del depósito. Otros lapillis también muy explotados en canteras está constituidos por gravillas muy finas (0.5 cm - 2 cm) y angulosas de fragmentos de rocas volcánicas muy poco soldadas.

Las escorias y bombas son fragmentos volcánicos de caída de tamaño decimétrico. La naturaleza de los bloques, así como el quimismo, es igual que el de los lapillis y cenizas. Sin embargo, el tamaño es muy variable, ya que depende de la violencia de la explosión. (Foto 11).



Foto 11. *Materiales piroclásticos pertenecientes al grupo litológico (001b). En el centro de la imagen se puede observar una bomba dentro de los materiales fragmentarios. Cantera de picón en las proximidades de Alcolea de Calatrava.*

Estructura

Este grupo muestra relieves cónicos, o cónicos deteriorados, que pertenecen a edificios volcánicos estratificados. Es muy frecuente encontrar depresiones circulares en su interior producto de hundimientos del tipo caldera. Su distribución geográfica más importante se localiza en la Zona 1. Se trata de un conjunto muy heterogéneo, tanto textural como estructuralmente, entre los diferentes episodios de deposición. No obstante, existen niveles centimétricos de cenizas muy soldadas, recristalizadas, muy duras y altamente compactas. El grado de fracturación es bajo, y se han detectado algunas fallas de carácter inverso dentro de este grupo. El grado de dia

clasado se estima bajo debido a la naturaleza aglomerada del grupo. El grado de alteración meteórica es bajo, en este sentido, sólo se ha generado un pequeño horizonte edáfico, en ningún caso superior a los 30 cm. En algunos casos este horizonte es coluvial - agrícola. Este grupo se estratifica en capas de potencia métrica con disposición subhorizontal o suavemente buzando (10° a 30°) en las paredes de un estratovolcán. A veces, aunque no es muy frecuente, los episodios piroclásticos pueden verse acompañados de algún nivel de coladas. La potencia aproximada de este grupo litológico es muy variable y oscila de 10 a 50 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo considerado con permeabilidad entre alta y muy alta, en general, por porosidad intergranular. Superficialmente puede existir un suelo de alteración arcilloso que dificulte un tanto la infiltración rápida de las aguas de escorrentía superficial.

Estabilidad natural: En general es un grupo que presenta una buena estabilidad natural. No obstante, muy circunstancialmente, se ha observado alguna rotura de ladera, como la existente en el volcán de Picón, suscitada por el contacto con materiales mucho más blandos.

Taludes artificiales observados: No existe taludes excavados en la carreteras del Tramo. Los observados en canteras donde se explota estos materiales suelen tener paredes muy verticalizadas en donde los problemas de desprendimientos y desplomes de masas de roca (cantos o bloques) es normal. (Foto 12).

Taludes recomendados: En principio podrán diseñarse taludes entorno a valores 1H:3V. La gran heterogeneidad textural y estructural de estas formaciones supone que, con frecuencia se dan fenómenos de desmoronamiento por efectos de la erosión diferencial entre distintos niveles de piroclastos. Este hecho pudieran aconsejar durante la excavación, el adoptar otros perfiles más tendidos o medidas de consolidación. Una amplia cuneta al pie del talud es necesario siempre en este grupo.

Desde otro punto de vista, consideramos que las estructuras volcánicas que constituyen los edificios de cono cinder de los Campos de Calatrava deberían ser elementos del paisaje destinados a conservar, como patrimonio geológico, por su alto valor paisajístico y científico; dado que se trata de formas únicas en la península si exceptuamos las existentes en los Campos de Olot (Gerona). La presión a la que está sometida la morfología volcánica de esta región, por las explotaciones de los lapillis puzolánicos de los conos volcánicos, amenaza seriamente con la desaparición a plazo más o menos previsible de este paisaje singular.



Foto 12. *Cantera de picón de Alcolea de Calatrava. Obsérvese el mal estado de las laderas.*

Capacidad portante: Se considera que los materiales de este grupo litológico pueden presentar variaciones importantes en su respuesta resistente de unas áreas a otras incluso próximas. En principio no debe esperarse una capacidad portante por encima de estos valores moderados, debiéndose tener en cualquier circunstancia la posibilidad de presentarse asientos diferenciales. La posible presencia de arcillas expansivas intercaladas en horizontes de cenizas debe tenerse en consideración.

Ripabilidad: Grupo ripable.

ROCAS HIDROMAGMATICAS (001c)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por cenizas volcánicas con fragmentos subangulosos de cuarcitas, pizarras y rocas volcánicas en general. Petrológicamente constituye una toba poligénica lítica o lítico-cristalina, heterométrica, y con una proporción muy alta de fragmentos accidentales. El cemento volcánico de las rocas hidromagmáticas es una ceniza más o menos argilitizada y carbonatada. Estas rocas se han diferenciado de las piroclásticas del grupo (001b), ya que al estar constitui-

das principalmente por cenizas, sostiene un aspecto esencialmente terrígeno-fino, y constituye geotécnicamente un suelo de materiales finos con cantos subangulosos dispersos. Las cenizas contienen fragmentos dispersos de muy distinto tamaño y de naturaleza variable (cuarcitas, calizas, pizarras, vidrios volcánicos, diabasas, lherzolitas, etc...). El tamaño normal de los cantos oscila de 3 a 6 cm, aunque se han detectado diámetros mayores de 15 cm. Los cantos suelen tener formas ovaladas y redondeadas y no presentan reacción con la roca volcánica. Algunos niveles de explosión contienen macrocristales de anfiboles y piroxenos. La diferenciación de visu de estas rocas con los limos terciarios es difícil. La alterabilidad de este grupo se estima moderada-alta. La compacidad y dureza son moderados. (Foto 13).

- Estructura

Los relieves que conforma este grupo litológico son muy suaves, prácticamente se trata de planicies. A menudo muestra depresiones en su interior, actualmente rellenadas por lagunas endorreicas, producidas por explosiones freatomágmaticas que generan cráteres y "maares" de origen volcánico. Los afloramientos de este grupo se restringen al área este del Tramo. La estructura de sedimentación es tabular, en forma de manto, producida por una lluvia piroclástica. La disposición de estos materiales es subhorizontal. La potencia de las tongadas es variable, por lo general del orden métrico. Superficialmente es muy frecuente encontrar un horizonte edáfico de no más de 30 cm. El grado de alteración es bajo. El grado de fracturación es bajo. La densidad de diaclasado es muy baja, siempre superior a 5 metros. La potencia máxima aproximada de este grupo litológico es de 15 m.



Foto 13. *Materiales fragmentarios de origen volcánico, hidromagmático, pertenecientes al grupo litológico (001c). Pk (290) de la carretera nacional 430.*

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo con permeabilidad de moderada a baja por porosidad, aunque permite también una cierta infiltración por fisuración.

Estabilidad natural: Debido sin duda a la morfología suave que normalmente conforma los materiales de este grupo sólo se han detectado problemas de mención, respecto a la estabilidad natural, muy circunstancialmente. Se trata de algunas áreas de media ladera con pendientes más acusadas y que suelen soportar recubrimientos de materiales con capacidad de retención de agua meteórica; en estos casos se ha podido observar algunos movimientos de gravedad.

Taludes artificiales observados: El único talud de carretera, de alguna importancia, excavado en este grupo, dentro del Tramo, se localiza en las proximidades de la población de Piedrabuena. Se trata por otra parte de una zona de media ladera afectada por deslizamientos fósiles que han afectado a la carretera a consecuencia de su reactivación inducida por los temporales del invierno del 1997. La pendiente de este talud está en el entorno de 1’5H:1V.

Taludes recomendados: De no existir formaciones que puedan aportar agua o incluir freáticos colgados sobre este grupo los taludes que podrán soportar estos materiales se estima podrían estar en el entorno del 1H:1'5V. Es probable que incluso pudieran admitir pendientes algo más fuertes incluso en principio pero su deterioro podría ser rápido a corto o medio plazo por alteración.

Capacidad portante: Sólo debe esperarse una resistencia moderada en estos materiales, y si los apoyos superficiales se efectúan a media ladera, la capacidad resistente puede llegar a ser baja e incluir asientos importantes en el caso posible de existir una rotura a media ladera fósil, circunstancia probable si sobre la misma yace un recubrimiento coluvial, glacis o raña.

Ripabilidad: Grupo ripable en su totalidad.

3.2.5. Grupos geotécnicos

En este apartado se agrupan, según ciertas características geotécnicas comunes, las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior.

- Grupo geotécnico G1

  Aluvial. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológico A1 y a1. Está formado por gravas y gravillas subredondeadas y sueltas, de cantos de cuarcita, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. Materiales permeables por percolación y porosidad. Terrenos sometidos a la dinámica fluvial. Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para fundar sobre ellos estructuras de ningún tipo, de las cuales habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

- Grupo geotécnico G2

  Fondos de valle. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos A2, a2. Está formado por gravas y cantos de cuarcita y en menor proporción de cuarzo, pizarra, caliza y rocas volcánicas. Permeabilidad entre buena y moderada. Localmente pueden presentarse problemas por causa de una escorrentía superficial deficiente. Problemas de naturaleza erosiva en épocas de lluvias torrenciales. Terrenos poco o nada consolidados que sólo admiten cargas muy someras, donde cualquier solicitud de alguna entidad debe ser transferida al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

- Grupo geotécnico G3

  Raña, glacis, coluviales y abanicos aluviales. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos 350, D, d. Los materiales de este grupo geotécnico presentan normalmente una permeabilidad aceptable que pueden oscilar dentro de un amplio rango. En la base de apoyo de estas formaciones existirá con frecuencia un horizonte impermeable arcilloso de alteración del substrato o perteneciente al terciario. Constituyen superficies planas de muy suave pendiente terminadas en muchos casos en pequeños escarpes de bordes redondos, afectados con frecuencia de roturas por deslizamiento. Los taludes de excavación tendrán, normalmente, alturas bajas o medias como mucho. Los problemas que pueden presentarse será por desprendimiento de cantos o bolos y deslizamiento. En este último caso concurrirá casi siempre, un horizonte arcilloso en la base del talud. Es aconsejable no dar a los desmontes pendientes superiores al 1H:1V. La capacidad portante debe estimarse baja en principio; sin dejar, no obstante, de considerar la posibilidad de que la respuesta resistente pueda llegar a ser moderada en muchas ocasiones. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G4

  Recubrimientos de ladera. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico C. Materiales de permeabilidad variable entre alta y moderada y con una base de apoyo que es con mucha frecuencia un horizonte con características impermeables (terciario arcilloso o manto de alteración del substrato paleozoico). Constituyen terrenos en ladera, a veces muy pronunciados en donde los procesos fósiles de deslizamiento son estructuras frecuentes en las que se producen procesos de inestabilización en épocas lluviosas. Los taludes a excavar en este grupo serán normalmente de bajas alturas y los problemas que podrían suscitarse en los mismos serán de desprendimientos de cantos o bloques, o de deslizamiento si aflorase en el talud una base arcillosa. Las pendientes admisibles estarán siempre por debajo del 1H:1V. En principio debe suponerse una capacidad portante baja por este grupo geotécnico cuyos materiales son perfectamente ripables por medios mecánicos normales.

- Grupo geotécnico G5

  Calizas, calizas margosas, calizas arenosa y dolomías. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (322b1) y (322b2). Materiales permeables esencialmente por fisuración y karstificación. Originan normalmente morfologías suaves delimitadas a veces, por pequeños escarpes en donde es posible observar pequeños procesos de inestabilidad por desplomes o desprendimientos. Los taludes artificiales que podrían excavarse en estos materiales serían de bajas dimen

siones y los problemas, desprendimientos y desplomes de reducida intensidad, serían suscitados como consecuencia de la erosión diferencial entre capas. La capacidad portante podrá oscilar entre valores altos y moderados dependiendo de la abundancia e importancia de los horizontes calizos con respecto a los horizontes margosos intercalados. Otro aspecto que debe tenerse en cuenta en relación a las solicitaciones de carga sobre estos terrenos, es la posible existencia de zonas de disolución kárstica, que nunca podría ser muy importante en ellos. Otras áreas en donde las calizas pueden aparecer con características resistentes modificadas son las zonas de contacto con los centros eruptivos o los afectados por hundimientos de calderas fósiles en profundidad. Los materiales de este grupo geotécnico sólo serán ripables o de ripabilidad marginal en una proporción más bien baja.

- Grupo geotécnico G6

  Formaciones margo-arcillosas, vulcano-sedimentarias y caliza-margosas. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico (322a). Grupo de naturaleza impermeable que presenta, circunstancialmente, horizontes permeables por intercalación de piroclastos volcánicos y horizontes calizomargosos que lo podrían ser por fisuración o disolución. La componente esencial margo-arcillosa de estos terrenos en los que están presentes arcillas expansivas demuestran una mala estabilidad natural cuando conforman terrenos de media ladera; especialmente si se le superpone una formación que pueda crear un acuífero colgado. Los taludes de excavación requerirán pendientes tendidas que, con excepción de aquellos que aparecieran armados con intercalaciones calizo-margosas, no deberían sobrepasar valores situados en el entorno del 1’5H:1V. La capacidad resistente de estos terrenos debe considerarse mala en general y será baja con facilidad en razón de la existencia de arcillas expansivas especialmente en apoyos a media ladera. En cualquier caso se impondrá siempre la necesidad de evitar en lo posible cambios temporales en las condiciones de humedad del terreno y de los freáticos superficiales en zonas de fundación de estructuras. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G7

  Formaciones de naturaleza detrítica limo-arcillosas y areno-conglomeráticas poco consolidadas. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico 321b. Formaciones con permeabilidad diversa según sea la naturaleza de los horizontes constitutivos de la misma a nivel local. Los rápidos y constantes cambios laterales en estas formaciones de borde de pequeñas cuencas continentales caracterizan esta alternancia en la vertical y horizontal de horizontes permeables e impermeables. En general predomina el carácter poco permeable. La estabilidad natural de este grupo no es buena cuando conforma morfologías de media ladera; es muy frecuente ver a estos terrenos estructurados por deslizamientos fósiles. Los taludes de excavación no deberían superar el 1H:1V estimando, por otra parte, que en mu-

chas ocasiones los desmontes requerirán pendientes más tendidas. Los taludes que podrán excavarse en este grupo serán normalmente de tamaño pequeño o moderado. La capacidad portante podrá fluctuar entre moderada y baja. A media ladera se debe temer siempre los procesos de rotura por gravedad pre-existentes. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G12

  Materiales volcánicos de proyección aérea. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (001b) y (001c). Los materiales de este grupo geotécnico presentan permeabilidades que pueden oscilar de altas a moderadas por porosidad esencialmente. La estabilidad natural suele ser aceptable. Los taludes de excavación existentes en canteras adolecen de fenómenos de desprendimiento y desplomes. Los taludes aconsejables quedan comprendidos en el entorno de los valores 1H:3V y 1H:1'5V en razón de la heterogeneidad estructural y textural de las formaciones. La capacidad portante se estima en principio de valor moderado como mucho, debiéndose considerar como probable la suscitación de asientos diferenciales. Materiales ripables.

- Grupo geotécnico G13

  Rocas volcánicas masivas y aglomerados. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico (001a). Materiales permeables por fisuración. La estabilidad natural se ve afectada por deslizamientos de ladera al pie de los escarpes creados por las coladas que descansan sobre formaciones margosas arcillosas del Plioceno. Los taludes de excavación que pueden adoptar estas rocas tienden a la subverticalidad. No obstante de áreas con problemas de alteración o de roturas gravitacionales las pendientes requerirán ser mucho más tendidas. La capacidad portante se estima alta en principio, aunque conviene tener en cuenta los cambios texturales y estructurales frecuentes en estas rocas, la alteración de las mismas y los fenómenos geomorfológicos que afectan a la estabilidad natural que pueden hacer descender mucho la capacidad resistente de este grupo geotécnico localmente. Los materiales serán no ripables mayoritariamente.

3.2.6. Resumen de los problemas geotécnicos que presenta la Zona 1

El territorio ocupado por la Zona 1 presenta problemas de tipo hidrogeológico, litológico, geomorfológico y geotécnico.

Desde el punto de vista hidrogeológico se puede destacar el carácter impermeable de muchas de las formaciones litológicas de las Zona y la posible instalación de pequeños freáticos estacionales superficiales.

Los problemas litológicos parten de la existencia de arcillas expansivas y yesos en la formación pliocena vulcano - sedimentaria que cubre gran parte de la Zona 1.

Los procesos geomorfológicos suscitados por la dinámica fluvial en los lechos y terrazas de inundación de los ríos y arroyos, dan lugar a impactos muy fuertes sobre todo tipo de infraestructuras que interceda en estos espacios. La baja permeabilidad de los terrenos y la mala escorrentía superficial favorece la creación de zonas de encharcamientos, y la existencia de áreas endorreicas de origen volcánico genera la formación de lagunas funcionales en épocas de lluvias importantes. En relación con los materiales arcillosos vulcano - sedimentarios se han desarrollado deslizamientos de ladera que en la actividad han sido en algún caso reactivados por fenómenos de erosión fluvial o antrópica.

Los problemas geotécnicos procederán de la baja capacidad de carga que presentan algunas formaciones geológicas y muy especialmente de los posibles asientos diferenciales que podrían presentarse en la formación vulcano - sedimentaria por la presencia de arcillas expansivas y la presencia de sales solubles. En general podría decirse que con muy diferentes grados de incidencia y la mayoría de las formaciones de la Zona 1 podrían dar problemas de capacidad portante.

3.3. ZONA 2: SIERRAS PALEOZOICAS

3.3.1. Geomorfología

La Zona 2 se sitúa en las estribaciones sur de los Montes de Toledo en su tránsito a la comarca de los Campos de Calatrava.

El paisaje dominante está constituido por los relieves apalachianos originados por las sierras paleozoicas. La cuarcita Armoricana y las series cuarcítico - areniscosa alternantes del Ordovícico inferior son los principales elementos litológicos constructores de los relieves serranos en el ámbito del Tramo. La orientación de las sierras están condicionadas por la estructuración hercínica y fracturación posterior. En la mitad meridional del Tramo se reconocen alineaciones dominantes de dirección ESE-ONO y E-O que se ven interrumpidas por efectos de una importante fracturación. En la zona septentrional las direcciones son variables con sierras de tendencia subelíptica y subcircular, como consecuencia de domos y cubetas debidas a interferencias de las distintas fases de plegamiento.



Foto 14. *El volcán de Peñarroya emerge entre los materiales cuarcíticos y pizarrosos del Tremadoc en lo alto de la sierra existente al Sur de Alcolea de Calatrava.*

Dentro de los relieves serranos se ubican materiales volcánicos, especialmente en las sierras incluidas en los dominios del Campo de Calatrava al Este del Tramo que constituyen los márgenes de la Zona 1. Estos aparatos volcánicos crean, a veces, edificios que destacan sobre el horizonte de la sierra como en el caso del volcán Peñarroya. (Foto 14). También son frecuentes las depresiones endorreicas creadas por calderas de explosión como la del propio volcán Peñarroya. Otras lagunas de origen volcánico situadas entre sierras son: Fuentilejo, Lucianejo y Michos.

Se conservan restos de una superficie de erosión antigua, desnivelada por fracturas recientes, observables en la sierra de los Gindos, Roca de Remero, y cerro de los Cubos entre otros lugares del Tramo.

Las vertientes de las sierras cuarcíticas suelen estar regularizadas y tapizadas por importantes masas de derrubios de ladera y glacis de acumulación. Las cabeceras de las vertientes suelen estar ocupadas por canchales o pedreras de origen periglaciar creadas por crioclastismo de las cuarcitas armoricanas intensamente fracturadas. Estas vertientes están afectadas por procesos geomorfológicos de reptación y deslizamiento fósiles y activos en la actualidad.

Los procesos gravitacionales desarrollados en las sierras paleozoicas imprimen unos rasgos muy característicos a las mismas. Los grandes corrimientos que afectaron a importantísimas masas de cuarcitas y pizarras, se vieron facilitados por una disposición favorable de los estratos en las laderas estructurales y al fuerte diastrofismo sufrido por estas rocas. En muchos casos los planos que han intervenido en el movimiento gravitacional, habían actuado como plano de falla o de desplazamiento entre capas en las fases de plegamiento. (Foto 15).

La importantísima alteración desarrollada sobre los materiales precámbrico - paleozoicos desde el final de la orogenia Hercínica, es un fenómeno que se hizo esencialmente penetrativo en las zonas con mayor grado de diastrofismo; áreas falladas y brechificadas, y en los materiales más pizarrosos. (Foto 16). Los mantos de alteración creados se cargaron de componente arcilloso de naturaleza caolínica. Los numerosos fenómenos de deslizamiento que, con carácter fósil, latente o activo, afecta a la orla de coluviones que tapiza casi sin solución de continuidad las laderas de las sierras paleozoicas deben en gran parte su inestabilidad al substrato arcilloso, y asimismo inestable, representado por los mantos de alteración sobre los que se asientan.



Foto 15. *Estrato pizarroso alterado y brechificado que representa una superficie de despegue entre capas en la fase de plegamiento. Posteriormente a funcionado y sigue funcionando como horizonte de corrimiento gravitacional de las capas de cuarcita. Carretera local 721 de Piedrabuena a Arroba de los Montes, pk.(15).*



Foto 16. *Alteración diferencial entre estratos de cuarcitas y pizarras. Carretera nacional.*

Los fenómenos de deslizamiento y solifluxión son fenómenos de tuvieron un amplio desarrollo en fases de clima periglaciar de las que se han heredado algunas formas muy características. En la actualidad estos fenómenos se siguen dando por reactivación de estructuras preexistentes. (Foto 17).

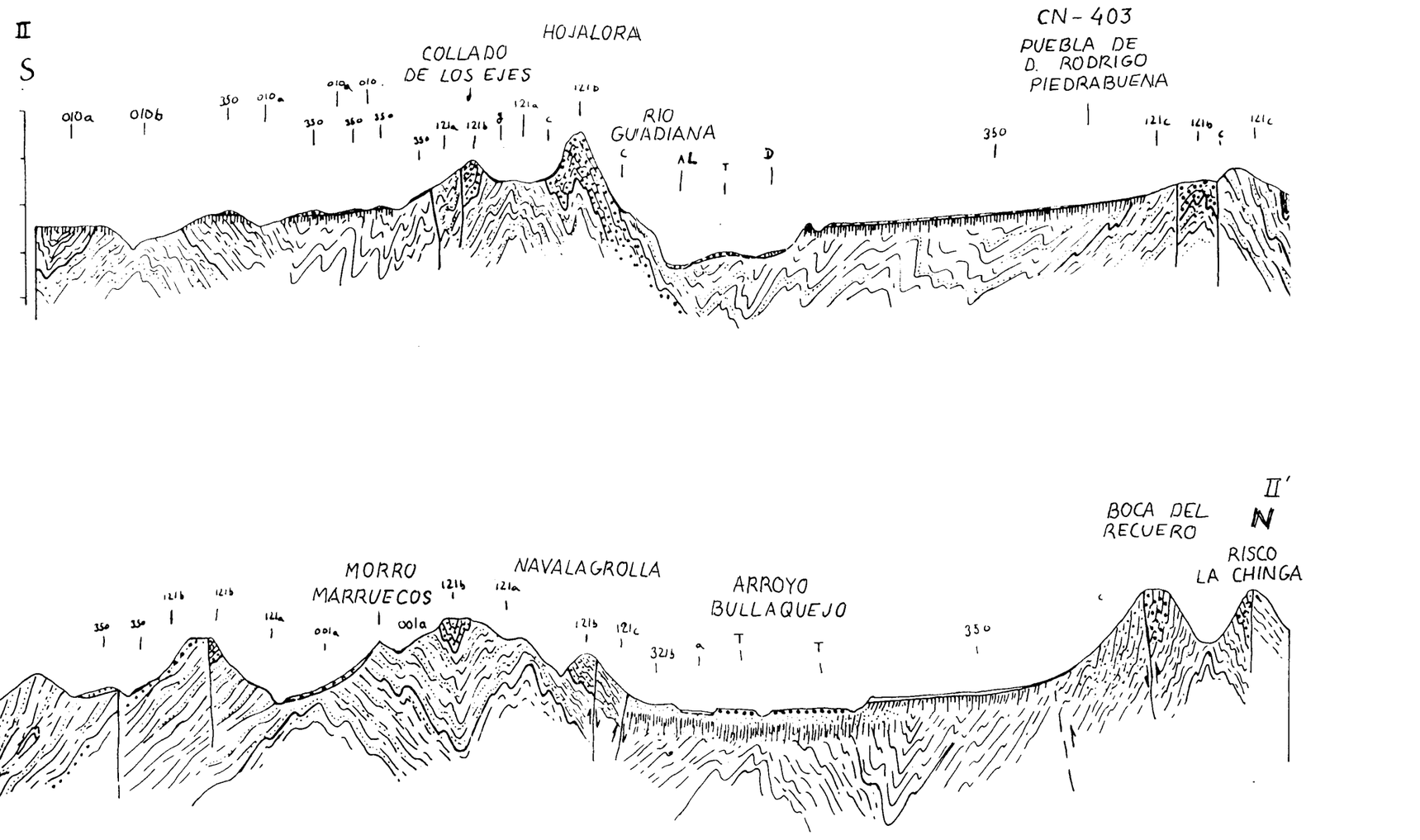


Foto 17. *Deslizamiento activo sobre los coluviales y el manto de alteración del grupo litológico (010a). Se puede observar como este deslizamiento se superpone a otras estructuras fósiles de mayor envergadura parcialmente borradas por la acción del hombre y la erosión. Fuente del tío Marcelo, NO de la Hoja 758.*

En la salida de los barrancos los depósitos de aluvión se depositan formando conos y abanicos aluviales, anastomosados en muchas ocasiones.

3.3.2. Tectónica

Los materiales constitutivos de las sierras del Tramo (Figura 12) deben su estructura a las distintas fases de deformación de la orogenia Hercínica.



LEYENDA

Al	Aluvial	121c	Areniscas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras
T	Terraza	121b	Cuarcitas
C	Coluvial	121a	Cuarcitas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras
G	Glacis	010b	Pizarras, calizas, grauvacas, areniscas y brechas intraformacionales
350	Raña		
321b	Areniscas, arenas y fangos variolados. Localmente conglomerados y brechas	010a	Pizarras y grauvacas
		001a	Lavas volcánicas

0 1000 2000m

ESCALA 1:50.000

FIGURA 12. CORTES GEOLOGICOS CORRESPONDIENTES A LA ZONA 2

FIGURA 12. CORTES GEOLÓGICOS CORRESPONDIENTES A LA ZONA 2.

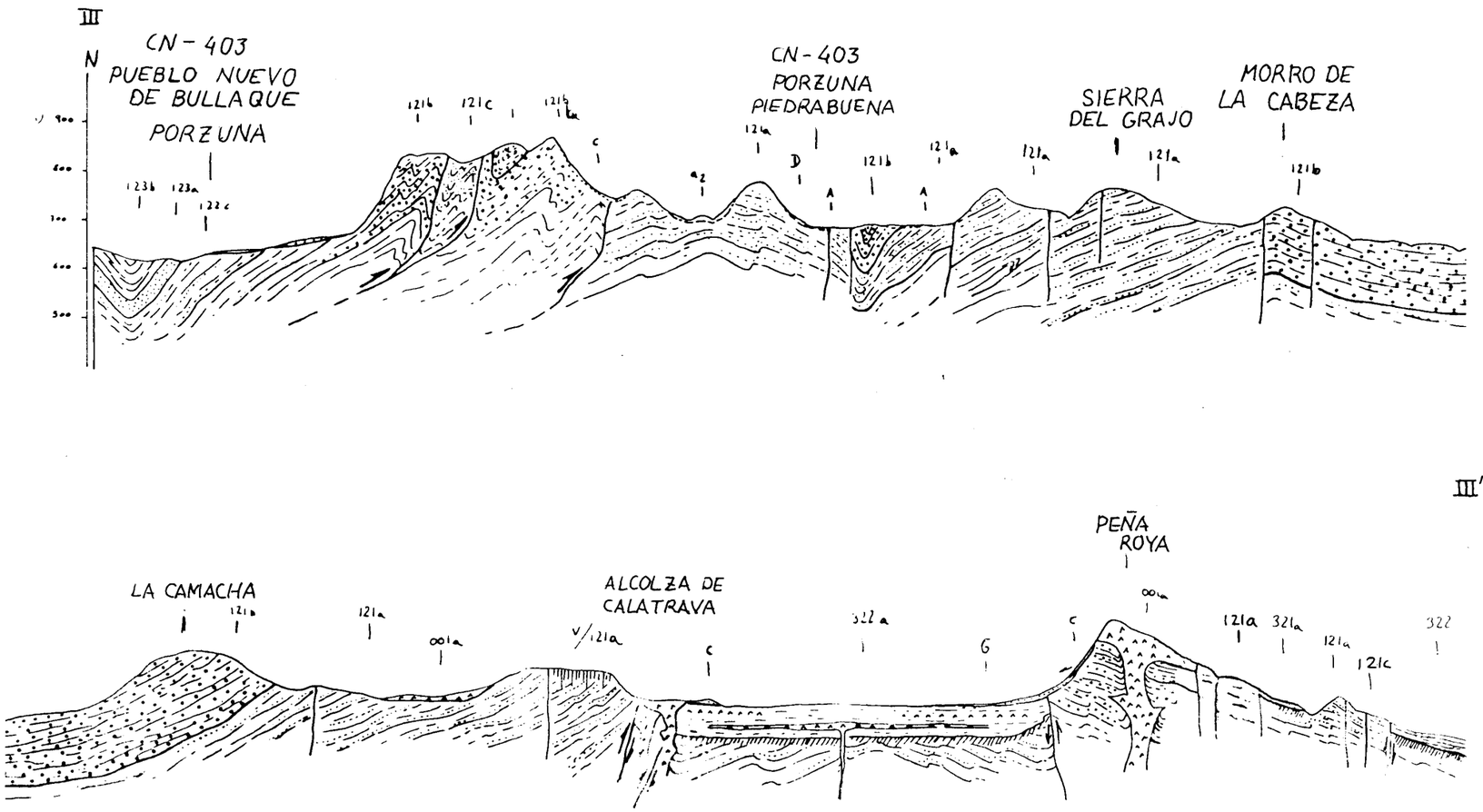


FIGURA 12 Bis. CORTES GEOLOGICOS CORRESPONDIENTES A LA ZONA 2

FIGURA 12. CORTES GEOLÓGICOS CORRESPONDIENTES A LA ZONA 2.

Como se ha descrito en el capítulo de tectónica general existieron tres fases de deformación, de las cuales la primera fue la más importante y dio lugar a pliegues de dirección ONO-ESE a E-O.

La segunda fase deformó los pliegues de la primera creando macropliegues de rumbo NE-SO cruzados con aquellos, circunstancia que dará lugar a la formación de domos y cubetas.

Por último se produce una fase tardía de fracturación con creación de los siguientes sistemas de fallas en esta región:

- ONO-ESE (N100°E): Son subparalelas a los pliegues de 1ª fase. Su componente principal es inversa con vergencia Sur.

- ENE-OSO a E-O (70°-80° a 90°): Son las fallas más abundantes, su desarrollo es kilométrico y de geometría anastomosada. Muestran movimientos de desgarre inversos con vergencia sur.

- NE-SO (140°-170°). Son las fallas de menor desarrollo.

Las estructuras más importantes existentes en el Tramo son:

Domo anticlinal y depresión sinclinal de Alcolea de Calatrava-Picón-Piedrabuena, que delimita las depresiones rellenas por material plioceno y volcánico constitutiva de la Zona 1.

- Relieves estructurales apalachianos anticlinales y sinclinales al Sur y Sureste de Porzuna.

- Cierre oriental del anticlinorio de Navalpino el extremo noroeste del Tramo.

- Domos y cubetas del área central del Tramo: las cubetas suelen estar rellenas por materiales pliocenos y cuaternarios y constituyen parte de la Zona 3.

Los domos y estructuras anticlinales forman sierras estructurales en las cuarcitas del Ordovícico, destacando entre otras las siguientes:

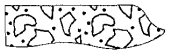
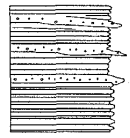
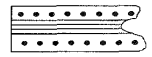
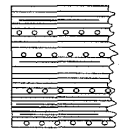
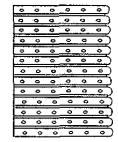
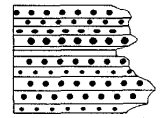
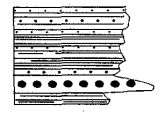
COLUMNA	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCION	EDAD
	A1	G1	ALUVIAL	Cuaternario
	A2	G1	FONDOS DE VALLE	Cuaternario
	C,c	G3	COLUVIALES	Plio-Cuaternario
	V	G7	MANTO DE ALTERACION	Terciario
	321b	G7	CONGLOMERADOS, BRECHAS, ARENISCAS, ARENAS Y FANGOS VARIOLADOS	Terciario
	321b1	G7	LIMOS, ARENAS Y CORAZAS FERRALITICAS	Terciario
	321a	G7	CORAZAS FERRALITICAS	Terciario
	123b	G9	PIZARRAS DE CANTERA	CARADOC
	123a	G10	CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122c	G8	ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122b	G13	TOBAS Y TUFITAS	LLANVIR.-LLANDE.
	122a	G9	PIZARRAS	LLANVIRNIENSE
	121c	G8	ARENISCAS, ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	AREN.-LLANVIR.
	121b	G10	CUARCITAS	ARENIG
	121a	G8	CUARCITAS, ARENISCAS, PIZARRAS Y LIMOLITAS	TREMAD.-AREN.
	121a1	G10	CONGLOMERADOS, CUARCITAS Y ARENISCAS CONGLOMERATICAS	TREMAD.-AREN.

FIGURA 13. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 2.

- Domo del Bullaque.

- Domo de Valdelapedriza.

- Anticlinal del Bullaquejo.

- Domo de la Valdemera.

- Sierras perimetrales del sinclinorio de la Puebla de Don Rodrigo, cuyo núcleo está ocupado por el valle del río Guadiana y constituye parte de la Zona 3 como área de depresión.

- Sierras ordovícicas perimetrales del Domo de Cerezuela.

3.3.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica de la Zona 2 se contempla en la Figura 13.

3.3.4. Grupos litológicos

ALUVIALES (A1, a1)

Este grupo se describe en la Zona 1 donde se encuentra mejor representado.

FONDOS DE VALLE (A2)

Este grupo se describe en la Zona 3 donde se encuentra mejor representado.

COLUVIALES (C,c)

- Litología

  Este grupo está constituido por coluviales de pie de ladera y por los canchales de los relieves cuarcíticos originados en diversas fases de configuración de las laderas a lo largo del Plio-cuaternario. Los canchales están constituidos por cantos y bloques, heterométricos y de naturaleza principalmente cuarcítica con muy poca matriz; en mucha menor proporción también se han detectado cantos de pizarra. La matriz de los canchales es principalmente arenosa y limosa, con gravillas angulosas dispersas. Los cantos y bloques son muy angulosos y su tamaño medio está comprendido entre los 20 y 30 cm. Los coluviales de pie de ladera presentan un tamaño medio menor y están ligados por una cantidad mucho más importante de

matriz. Están constituidos por cantos y gravas angulosas de cuarcita, pizarra y en menor proporción cuarzo. La matriz de este último tipo de depósito está formada principalmente por arenas y limos arcillosos de tonos rojizos. La alterabilidad de este grupo se estima moderada-alta. (Foto 18).

- Estructura

Este grupo conforma canchales de pendientes moderadas y fuertes, y aureolas coluvionales de pendientes más suaves y tendidas en sus pies. Se han detectado en la observación fotogeológica, estructuras deslizadas con formas de "media luna" con un origen no muy claro entre reptaciones tipo creep, movimientos rotacionales y acumulaciones "morrénicas". Se deposita con una pendiente subparalela a la inclinación de la ladera. Interiormente presenta una estructura masiva. Los canchales tienen una estructura cartográfica en nevero, mientras que el resto del grupo presenta una estructura en cuña o cuña-aureola. La potencia de este grupo se estima entre 0.5 m y 3 m para (c), y entre 3 m y 10 m para (C).



Foto 18. *Conglomerado brechoide rico en finos constitutivos de los coluviales típicos de las zonas de piedemonte de los relieves cuarcíticos. En esta pequeña zanja en la cuneta de la carretera de Abenojar se puede observar la poca estabilidad de los taludes excavados en este tipo de material.*

- Geotecnia

Permeabilidad: Superficialmente este grupo litológico, que engloba recubrimientos de ladera de distinto porte por la potencia y porcentaje en la proporción de finos, suele presentar un horizonte de lavado que faculta una buena infiltración por percolación de las aguas meteóricas al cuerpo del coluvión que contiene en general una abundante matriz limo-arcillosa con capacidad de retención importante del elemento líquido. En general puede hablarse de una permeabilidad media moderada.



Foto 19. *Foto tomada desde el p.k.(258) de la CN-430. En primer término un pequeño talud de excavación en materiales de la raña grupo 350. Al fondo una ladera cubierta por derrubios de gravedad con una amplia zona de canchales, en la que pueden apreciarse rasgos de inestabilidad fósil. Coluvial y raña constituyen un manto de recubrimiento sobre los materiales del paleozoico sin solución de continuidad.*

Estabilidad natural: La inestabilidad fósil, latente y activa observada en los derrubios de ladera, que de forma continua tapizan las vertientes de las sierras paleozoicas, es muy patente. La morfología desarrollada por los procesos geomorfológicos en el transcurso del cuaternario describen una fenomenología en clima periglaciar en el cual los movimientos gravitacionales han sido favorecidos por la existencia de un substrato pizarroso profundamente alterado que constituye un horizonte o manto

con alto contenido en caolín o bien un substrato roto y descompuesto por corrimientos entre estratos en laderas estructurales. Muchas de las formas observadas presentan características que semejan a pequeños frentes morrénicos que podrían haberse formado por desplazamiento de pequeñas masas de hielo o bien parece más lógico tratase de procesos de solifluxión que darán lugar a esas masas semicirculares de derrubios a modo de “barjanas de piedra”. En cualquier caso, el substrato alterado de plasma caolínico interviene como causa esencial en el proceso inestable. (Foto 19).

En algunos casos, el material de derrubio coluvial se sitúa sobre las formaciones terciarias de limos, arenas y fangos variolados alimentados a su vez por el desmantelamiento del manto de alteración pre-eoceno, al inicio del terciario. En estos casos también se observa una inestabilidad de vertiente clara asociada a estas situaciones.

Taludes artificiales observados: Los taludes excavados en los mantos de recubrimiento coluvial alcanzan normalmente alturas pequeñas, y cuando el talud adquiere dimensiones por encima de la normal potencia del coluvión (entre 0’5 y 10 metros), este aparece conformando la montera del desmonte.

En razón de su grado de compactación y composición granulométrica, normalmente abundante en cantos angulosos de cuarcita, las pendientes de los taludes pueden oscilar entre el 1H:1V y el 1’5H:1V.

Los problemas de inestabilidad observados son claros cuando en el substrato de apoyo aparece la formación arcillosa que constituye el manto de alteración pre-eoceno o la base del terciario con características similares; circunstancia difícil de discernir a veces.

Taludes recomendados: En general no deben diseñarse taludes en materiales de coluvión superiores al 1H:1V, pendiente esta que, en numerosas ocasiones, resultará excesiva debido a la abundancia de áreas con inestabilidad fósil o latente dentro del grupo litológico. En estos casos, con un coluvial de composición muy arcillosa o que se apoya sobre un substrato que lo es, las pendientes aconsejables serán 1’5H:1V como máximo.

Los taludes excavados sobre estos materiales coluviales, especialmente cuando se trate de horizontes ricos en componentes limo-arcillosos deberá obtarse a la creación de un tapiz vegetal para evitar la constante colmatación de las cunetas.

Capacidad portante: Este grupo litológico no debe considerarse nunca como una formación susceptible de soportar cargas de alguna entidad. Localmente en áreas de coluvial potente y antiguo situado sobre un substrato paleozoico no alterado y sin visos de rotura de ladera podrá ser valorado positivamente para soporte de pequeñas solicitudes de carga.

Ripabilidad: Materiales ripables en su totalidad.

COLUVIALES SOMEROS SOBRE PIZARRAS Y CUARCITAS, Y MATOS DE ALTERACIÓN (V)

ARENISCAS, ARENAS Y FANGOS VARIOLADOS, LOCALMENTE CONGLOMERADOS Y BRECHAS. 321b1.- ARENAS, FANGOS Y NIVELES FERRALITICOS (321b)

Estos grupos se describen en la Zona 3 donde se encuentran mejor representados.

CORAZAS FERRALITICAS (321a)

Este grupo se describe en la Zona 1 donde se encuentra mejor representado.

PIZARRAS DE CANTERA (123b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por un tramo inferior de pizarras muy homogéneas, también llamadas pizarras de cantera y un tramo superior también pizarroso pero con intercalaciones de arenisca y cuarcitas. El tramo inferior, de 110 m de potencia, está constituido por pizarras limolíticas y micáceas grises y negras, que por alteración dan tonos verduscos. Se han detectado nódulos calcáreos en la base. El tramo superior, de aproximadamente 100 m de potencia, está constituido por una alternancia irregular de capas decimétricas de pizarras limolíticas grises, areniscas cuarcíticas lajeadas, micáceas y cuarcíticas. Presentan una compacidad y dureza muy buenas. (Foto 20).

- Estructura

Este grupo conforma morfológicamente vertientes y pies de ladera y están circunscritas al núcleo del sinclinal de Porzuna. Posee una estructura tabular, y su grado de metamorfismo es muy bajo. El plegamiento es suave y presenta buzamientos fuertes en los flancos del sinclinal. El grado de fracturación es moderado. La intensidad de diaclasado se estima alto. La alteración de este grupo es moderada-alta. La potencia máxima estimada para este grupo litológico es de 210 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo permeable sólo por fisuración.

Estabilidad natural: En las pocas laderas naturales constituidas por este grupo dentro del Tramo, se han podido observar algunas estructuras superficiales debidas a corrimiento de capas en pendientes de tipo estructural, o vuelco de estratos en capas con buzamientos contrapendiente.



Foto 20. *Fotografía realizada en la casa Navalta junto al arroyo de Porzuna a los materiales pizarrosos pertenecientes al grupo litológico (123b), EN de la Hoja 758 de Casas del Río.*

Taludes artificiales observados: No existen taludes de excavación de mención en este grupo litológico dentro del Tramo de estudio.

Taludes recomendados: Como en todo el resto del paleozoico, el diseño de taludes deberá estar muy condicionado a las interrelaciones entre la geometría del trazado y la de las discontinuidades estructurales del grupo. En general se puede aconsejar que en cortes perpendiculares al rumbo de las capas o con buzamientos contratalud no se superen el 1H:1'5V. En el resto de situaciones se requerirán taludes que oscilarán entre el 1H:1V y el 1'5H:1V para los casos muy desfavorables.

Capacidad portante: Las condiciones resistentes de los materiales de este grupo litológico, cuando no están alterados, deben considerarse altas en general. No obstante en apoyos superficiales a media ladera la capacidad portante del terreno puede estar debilitada debido a roturas de gravedad en la ladera por corrimiento entre capas y vuelco de estratos.

Ripabilidad: Grupo considerado con ripabilidad marginal en alta proporción bajo los primeros metros alterados o descompuestos superficiales.

CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS (123a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por dos tramos potentes de cuarcitas separados por un tramo más blando a la erosión constituido por pizarras, areniscas y cuarcitas. Los tramos potentes cuarcíticos tienen un espesor aproximado de 15 metros, el basal, y 30 metros, el de techo. Se trata de cuarcitas de grano grueso fino a limolíticas de tonos pardos y blanquecinos. En el tramo de techo algunas cuarcitas son de color malva. Poseen una estratificación en bancos de decimétricos a métricos. Los tramos cuarcíticos dan lugar a relieves positivos del tipo apalachiano. El tramo intermedio es más blando a la erosión y da un relieve negativo. Este tramo está constituido por una alternancia de pizarras y areniscas y suele estar por lo general cubierto de derrubios de ladera y coluviales. La compacidad y dureza se estiman altas. (Foto 21).

- Estructura

Los afloramientos de este grupo litológico están circunscritos a la estructura sinclinal de Porzuna, esencialmente. El plegamiento de este grupo se considera moderado ya que se adapta a una estructura sinclinal muy sencilla, laxa y con una suave inmersión al oeste. El grado de fracturación se considera entre moderado y alto, y se encuentra afectado por un sistema de fracturas NE-SO y NO-SE. La intensidad de diaclasado se estima alta. La dirección de los bancos en los flancos del pliegue es aproximadamente N100°E. El buzamiento varía fuertemente desde subvertical en los flancos (70°N - 80°N) hasta 10° - 25° en la terminación periclinal en las proximidades de Porzuna. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima en 100 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Materiales permeables por fisuración.

Estabilidad natural: En los escasos terrenos en los que aflora este grupo litológico, no se han observado problemas de mención en orden a la estabilidad.

Taludes artificiales observados: El único talud de excavación observado en este grupo ha sido el desmonte practicado para la explotación de sus materiales en cantera. Se trata de un talud muy verticalizado en el que se observa una predisposición a desprendimientos de pequeños volúmenes de roca.

Taludes recomendados: El diseño de los escasos taludes que pudieran excavarse en los materiales de este grupo deberán estar condicionados teóricamente por la geometría de las discontinuidades estructurales de la roca. En principio, con estratos cortados muy perpendicularmente a la dirección de la estratificación o con buzamientos contrapendiente, que pudiéramos considerar condiciones favorables a la estabilidad no debería sobrepasarse valores del tipo 1H:2V. En cortes sesgados a la dirección de las capas y con buzamientos fuertes hacia la calzada, es aconsejable no rebasar la pendiente de los 50°.

Capacidad portante: Los materiales constitutivos de este grupo litológico deben considerarse en general como un cimiento con alta y muy alta resistencia. No obstante en los límites de este grupo a techo y muro, en el tránsito a las formaciones pizarrosas que lo enmarcan, las condiciones resistentes en apoyos superficiales a media ladera pueden ser localmente moderadas.

Ripabilidad: Grupo no ripable en general.

ARENISCAS MICÁCEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS (122c)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por una alternancia irregular de capas decimétricas, y ocasionalmente centimétrica, de pizarras limolíticas grises y areniscas cuarcíticas de grano fino a limolíticas, más o menos micáceas. Presentan tonalidades grises y verdosas en corte alterado. Las areniscas y cuarcíticas poseen granos

angulosos de cuarzo, abundantes micas, como la moscovita, biotita y clorita que se encuentran entre el 5 y 10 %, un 10 % de óxidos de hierro de alteración de siderita. La matriz es clorítica y representa el 20 – 25 % del total de la roca. Se encuentra muy cubierto por los coluviales procedentes del grupo litológico 121d. La compacidad es moderada - alta, y la dureza moderada. El grado de alteración es moderado - bajo en los niveles cuarcíticos y moderado - altos en las pizarras. (Foto 22).



Foto 21.- *Materiales cuarcíticos de la base del grupo litológico (123a), arroyo de Porzuna, NE de la Hoja 758 de Casas del Río.*

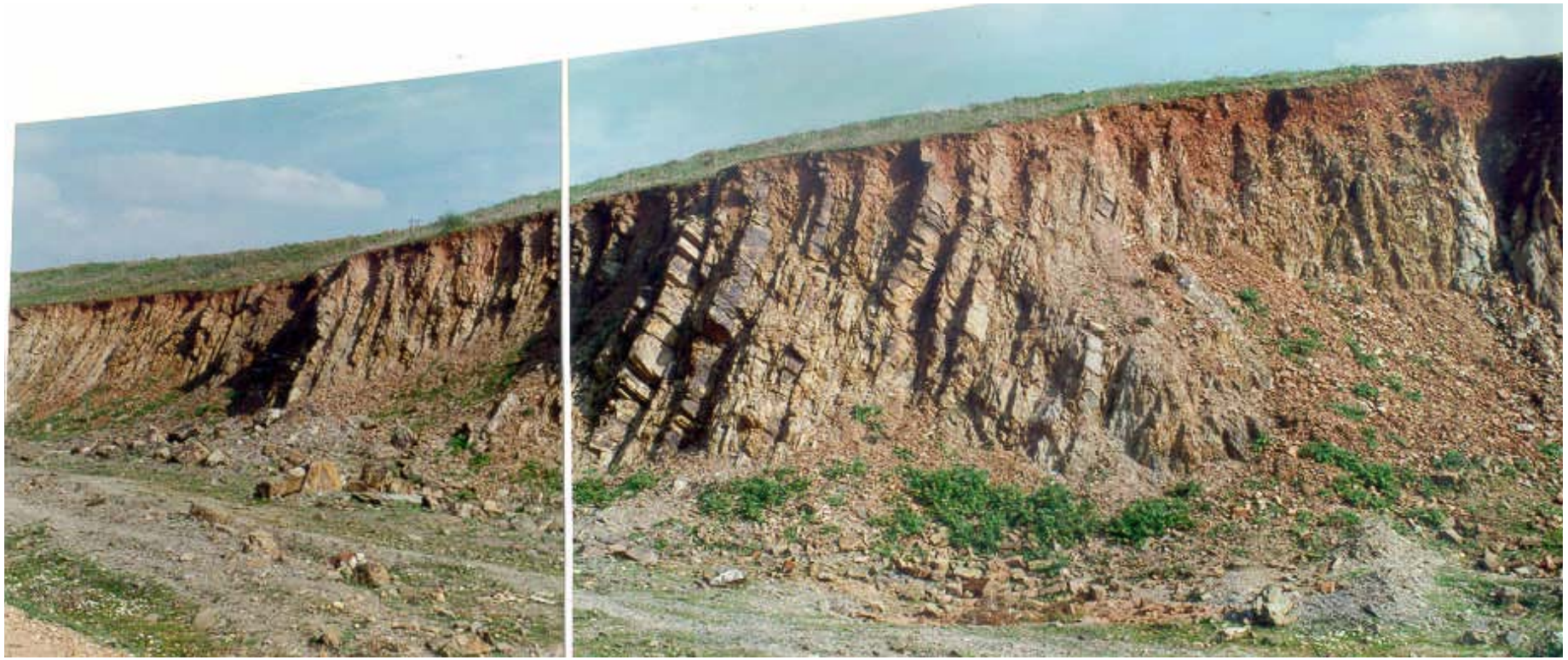


Foto 22. *Talud generado sobre los materiales pizarrosos y cuarcíticos del grupo litológico (122c). Confluencia del arroyo de Porzuna y arroyo de la Media Legua. EN de la Hoja 758 de Casas del Río.*

- Estructura

  Los materiales de este grupo litológico están ubicados dentro de una estructura sinclinal. Geográficamente los afloramientos se encuentran limitados en una estrecha franja al norte de la localidad de Porzuna. El plegamiento de este grupo se considera moderado ya que se adapta a una estructura sinclinal muy sencilla, laxa y con una suave inmersión al oeste. El grado de fracturación se considera entre moderado y alto, y se encuentra afectado por un sistema de fracturas NE-SO y NO-SE. La intensidad de diaclasado se estima alta. La dirección de los bancos en los flancos del pliegue es aproximadamente N100°E. El buzamiento varía desde 60° en los flancos, hasta 35° - 30° en la terminación periclinal en las proximidades de Porzuna. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima entre 125 y 150 metros.

- Geotecnia

  Permeabilidad: Grupo con permeabilidad baja posible sólo a través de superficies de discontinuidad tectónica o estratigráfica.

  Estabilidad natural: En zonas de ladera se han podido observar fenómenos de vuelco de estratos y reptación del manto superficial del suelo de alteración o coluvial. (Foto 23). En general dada la morfología suave en la que se desarrolla este grupo los problemas mencionados son localizados.



Foto 23. *Vuelco de estratos y cicatrices de corrimiento de cuñas en los taludes del grupo litológico (112c). Confluencia del arroyo de Porzuna y de la Media Legua.*

Taludes artificiales observados: Los taludes de excavación existen son de tamaño bajo. Construidos en pendientes muy fuertes, han evolucionado a perfiles muy irregulares por problemas de inestabilidad; los estratos de pizarras se suelen descomponer con facilidad, y el alto grado de diaclasado y fracturación de la roca propicia desprendimientos, desplomes y corrimientos de cuñas abundantes.

Taludes recomendados: La orientación del plano del talud con respecto a la geometría de los planos de estratificación y de las discontinuidades tectónicas principales debe determinar normalmente el perfil del talud de excavación. No obstante se estima aconsejable no dar a estos terrenos pendientes por encima de los 45°, con carácter general en taludes medios, haciendo constar que en muchas ocasiones las condiciones estructurales aconsejarán taludes más tendidos. En taludes pequeños se pueden excavar taludes fuertes y dejar que evolucionen siempre que exista una amplia cuneta al pie del talud.

Capacidad portante: Las condiciones resistentes del terreno ante cargas superficiales a media ladera deben estimarse como mucho moderadas. Se considera la posibilidad en esas condiciones de provocarse asientos diferenciales de magnitud reducida normalmente.

Ripabilidad: Los materiales de este grupo al menos en los primeros metros superficiales serán ripables en alto porcentaje y el resto presentará una ripabilidad marginal en gran medida.

TOBAS Y TUFITAS (122b)

PIZARRAS (122a)

Estos grupos se describen en la Zona 3 donde se encuentran mejor representados.

ARENISCAS, ARENISCAS MICÁCEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS (121c)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por areniscas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras. Se trata de una alternancia irregular de capas de centimétricas a decimétricas. Las cuarcitas son blanquecinas, de grano fino, a veces limolíticas (con abundancia de moscovita y biotita ferruginosa), formadas por granos subangulosos de cuarzo y una proporción estimable (10% - 15%) de óxidos de hierro asociados a minerales pesados (circón, rutilo, turmalina y opacos). Los términos areniscosos son micáceos, lajeados, y tienen un color pardo amarillento. Las pizarras son limolíticas con colores gris pardusco y gris verdoso. Este grupo litológico se encuentra

muy cubierto, algunas veces por los canchales y coluviales procedentes de los escarpes de la cuarcita Armoricana (grupo 121b), y otras veces por un importante manto de alteración de edad aproximadamente pre-eocena.

- Estructura

Presenta un relieve en lomas y constituye en la gran mayoría de las veces la rampa morfológica de la cuarcita Armoricana. Es decir, el nexo de unión entre las líneas de cumbres de la cuarcita Armoricana, y la campiña metamórfica o las diferentes superficies de glacis. Presenta una estructura tabular. El plegamiento es intenso, con abundantes pliegues y planos de cabalgamiento interno del tipo banco sobre banco. El grado de fracturación y diaclasado se considera elevado y muy variable. Esta variabilidad depende de la cercanía a accidentes tectónicos de primer orden. El grado de alteración es alto, llegando prácticamente a ser localmente una arcilla. Interiormente el grupo se encuentra muy bioturbado. El grado de metamorfismo es muy bajo. La potencia aproximada de este grupo litológico oscila entre 200 y 300 metros. (Foto 24).



Foto 24. *Aspecto superficial de las areniscas, cuarcitas y pizarras pertenecientes al grupo litológico (121c). Camino local de Alcolea de Calatrava a Corral de Calatrava, Casa de Coello, Sierras de Medias Lunas.*

- Geotecnia

Permeabilidad: Materiales permeables sólo por fisuración.

Estabilidad natural: Se han observado corrimientos de ladera a favor de los planos de estratificación y en combinación con discontinuidades tectónicas. Estos fenómenos se desarrollan en vertientes en donde este grupo, circunstancia por otra parte bastante frecuente, constituye o tiende a constituir pendientes estructurales favorecidas por la alineación de las sierras con los ejes de plegamiento.

Taludes artificiales observados: Los taludes de excavación existentes en el Tramo sobre este grupo son reducidos y de características bajas o medias. Es frecuente que estos se excaven con direcciones sensiblemente coincidentes o formando ángulos pequeños con los planos de estratificación; cuando esto ocurre y el buzamiento de las capas es claramente desfavorable (buzan hacia la calzada con ángulos entre 30° y 55°), los problemas de corrimientos de estratos y cuñas es muy acusado. En taludes bajos sensiblemente perpendiculares a la estratificación perfiles subverticales se mantienen bien con pequeños problemas de cuñas inestables. (Foto 25).

Taludes recomendados: En taludes de excavación en donde se cortan las capas con dirección sensiblemente al rumbo de las capas y con buzamiento desfavorable debe tenderse siempre a crear un talud con pendiente menor que la presentada por la estratificación cuando sea factible el diseño. Se debe pensar que serán necesarias medidas de refuerzo o contención en el talud. Para situaciones de cortes transversales a las estructuras pueden darse casos muy extremos en razón del grado de tectonicidad y alteración de las capas. En estos casos, los valores a considerar podrían oscilar entre los 1H:2V para situaciones favorables y 1H:1V, en condiciones medias. En el resto de las situaciones, que serán mayoría; es decir en cortes sesgados a la estructura, el buzamiento de las capas debe resultar determinante en el diseño del talud con independencia de que las discontinuidades tectónicas reduzcan aún más las posibilidades geométricas del talud. Como norma general no deberían proyectarse, en este grupo, desmontes con pendientes superiores a los 1H:1’5V, a no ser que se tengan un conocimiento muy claro de las características positivas del terreno en este aspecto.



Foto 25. *Corrimiento en pizarras del grupo 122a en la zona de transición al grupo 121c. Carretera nacional 430 pk.(260).*

Capacidad portante: Este grupo litológico está constituido por materiales de alta o muy alta resistencia. No obstante en zonas de media ladera con pendientes estructurales, en donde se han observado fenómenos de deslizamientos gravitacionales, las condiciones resistentes del terreno serán como mucho moderadas, o incluso bajas, para solicitaciones de alguna entidad a niveles superficiales o poco profundos.

Ripabilidad: Salvo en áreas de alta tectonicidad y alteración en donde el terreno será en gran proporción ripable o marginal, el resto del grupo no lo será mayoritariamente.



Foto 26. *Cuarcitas armoricanas constitutivas del grupo litológoco 121d, en la vertiente suroeste de la sierra de Valpérez al sureste de Luciana. Laderas estructuradas por grandes y profundos corrimientos fósiles como puede deducirse del escarpe de falla gravitacinal que destaca por su claridad en la zona alta de la sierra.*

CUARCITAS (121b)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por cuarcitas blancas, rojizas por alteración en áreas de fracturas, cristalinas, y estratificadas en bancos de espesor métrico o centimétrico. Suelen distinguirse dos grandes paquetes de 200 o 300 metros de potencia separados por un nivel de areniscas de bancos finos que da una pequeña depresión. El tamaño del grano de las cuarcitas varía de fino a medio. La matriz es muy escasa, y cuando tiene lugar es sericítica y en una proporción menor del 5 %. (Foto 26).

- Estructura

  La serie “Armoricana” integrante de este grupo es el principal elemento constructor del relieve. En él se ubican las cotas más elevadas del Tramo, y dibujan una superficie grabada en un relieve apalachiano. Posee una estructura tabular. Los bancos

cuarcíticos tienen una estructura lentejonar, e interiormente masiva y suelen tener un espesor que varia entre 20 centímetros y 1.5 metros. El grado de fracturación y diaclasado se debe considerar a grandes rasgos elevado, aunque sufre grandes variaciones dependiendo del contexto tectónico en el que se ubica. El plegamiento es de forma global intenso. Interiormente se han detectado numerosos planos de cabalgamiento de tipo apalachiano (banco sobre banco). La compacidad y la dureza son muy elevados. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima entre 350 – 400 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Materiales que sólo son permeables por fisuración.

Estabilidad natural: Cabría aquí repetir mucho de casi todo lo descrito para el grupo precedente 121a. Los estratos cuarcíticos, que constituyen mayoritariamente este grupo, ocupan normalmente las cimas o divisorias de aguas de gran parte de las sierras del Tramo. Sus estratos se alinean por lo regular con la dirección de las mismas al tratarse de relieves estructurales que siguen el rumbo de los ejes de los pliegues hercínicos. A consecuencia de ello, es frecuente que una de las dos vertientes se constituya como ladera estructural en donde la pendiente natural tiende a adquirir la del plano de estratificación de las capas, lo cual ha dado lugar que a favor de los planos de discontinuidad estratigráficas y en combinación con los tectónicos se hayan originado corrimientos gravitacionales de todo tipo y dimensiones, (Foto 26) especialmente en los niveles con estructuras sedimentarias de tipo alternante en donde los bancos de cuarcita intercalan horizontes de pizarras; horizontes que por otra parte, en muchas ocasiones, ya han tenido un juego de despegue tectónico como planos de corrimiento entre capas de los procesos de compresión y plegamiento. (Foto 27). En la actualidad la inestabilidad está relegada esencialmente a las capas más superficiales del terreno y sus recubrimientos en los tramos de ladera altos con fuertes pendientes.

Taludes artificiales observados: Dado el frecuente emplazamiento de este grupo litológico en las divisorias de aguas de las sierras del Tramo, no suelen ser muy frecuentes los taludes de excavación sobre el mismo, excepto en aquellas carreteras que se ven obligadas a atravesarlas más o menos perpendicularmente.



Foto 27. *Problema de corrimiento de cuñas en los taludes de excavación del grupo litológico (121b). Pk(15) de la carretera regional 721. Se trata de un tramo de transición al grupo litológico 121c. Los planos estratigráficos que actúan como superficies de corrimiento contienen un horizonte pizarroso centimétrico o decimétrico alterado y brechificado como consecuencia de haber actuado como superficies de despegue en el plegamiento hercínico.*

Los taludes excavados en este grupo suelen ser en general de pequeña o media altura y de tipo subvertical o perfil muy fuerte. Mantienen en general una buena estabilidad excepto en el caso que las capas sean cortadas en dirección paralela o sensiblemente paralela a la estratificación y esta buce hacia la calzada. En estos casos los problemas de inestabilidad por corrimientos de estratos y cuñas suele ser acusado. (Foto 27).

Taludes recomendados: Salvo en las áreas en donde este grupo pueda aparecer fuertemente tectonizado permitirá en la mayoría de los casos diseñar taludes entre fuertes y subverticales; especialmente si se excavan más o menos perpendiculares a la dirección de la capas. La fuerte inclinación que normalmente presentan los materiales de este grupo favorece también el diseño de taludes con fuerte inclinación cuando las capas se cortan en direcciones sesgadas que formen un fuerte ángulo con la dirección de las capas. Cuando los taludes a excavar sean sensiblemente coincidentes con el rumbo de las capas, y el buzamiento de las mismas sea hacia la calzada siempre que la inclinación de los planos de estratificación superen

la subhorizontalidad se deberían dar pendientes al talud que impidieran el afloramiento en el mismo de dichos planos especialmente si la serie cuarcítica intercala horizontes pizarrosos alterados, laminados y brechificados. En este último caso y cuando se trate de tramos a media ladera se debe investigar con detenimiento la estructura local ante la posibilidad de que pueda existir estructuras fósiles de corrimiento a favor de capas o planos de falla.

En áreas de alta tectonicidad y alteración profunda los taludes no deberán sobrepasar pendientes del orden 1:1'5.

Capacidad portante: La mayor parte de los materiales de este grupo litológico presenta una capacidad portante muy alta. Circunstancialmente en áreas de alta tectonicidad y alteración las condiciones resistentes pueden descender a moderadas. Con relación a las zonas medias y altas de las laderas con pendientes estructurales, en donde se han observado corrimientos gravitacionales de capas o grandes cuñas, las condiciones portantes del terreno, en los niveles más superficiales pueden ser bastante críticas para solicitaciones importantes.

Ripabilidad: Grupo no ripable.

CUARCITAS, ARENISCAS, PIZARRAS, LIMOLITAS Y CONGLOMERADOS (121a)

CUARCITAS Y CONGLOMERADOS (121a1)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por una serie alternante de cuarcitas, areniscas, pizarras y limolitas; en la base de la serie existen intercalaciones de conglomerados siliceos. Las cuarcitas son arenitas gruesas, a veces microconglomeráticas, recristalizadas y fracturadas. La estructura alternante es irregular con bancos métricos de cuarcitas y arenitas, y de centimétricos a métricos de, limolitas y pizarras. Las capas presentan tonos verdosos, rojizos y cremas amarillentos. El paso al grupo litológico 121b es transicional, aumentando las intercalaciones y la potencia de niveles de cuarcitas y areniscas a techo. Compacidad y dureza muy altas en los tramos cuarcíticos. Los conglomerados intercalados en los tramos basales de la serie, son de cantos siliceos de cuarzo y cuarcita, redondeados y fuertemente cementados en matriz silícea. En algunas áreas de la Hoja 758 se ha diferenciado como el subgrupo litológico (121a1) niveles más cuarcíticos y localmente conglomeráticos que dan en el paisaje un resalte morfológico. (Foto 28). Amplias áreas en estos terrenos presentan un manto de alteración muy importante que afecta con mayor profundidad a los horizontes pizarrosos y a las áreas más tectonizadas. Estos sectores, que suelen dar lugar a un suelo coluvio-eluvial, constituyen el grupo litológico V/.



Foto 28. *Relieve ruiniforme de los niveles cuarcíticos del subgrupo litológico (121a1). Siera del Montanar. EN de la Hoja 758 de Las Casas del Río.*

- Estructura

Este grupo constituye la rampa de los relieves apalachianos de la cuarcita Armoricana. Cuando aflora en amplia superficie, muestran un relieve alomado, en el que los tramos más cuarcíticos dan resaltes morfológicos menos destacados que los de la “cuarcita Armoricana”. El contacto con las unidades cenozoicas está muy alterado. La mayor parte de su extensión cartográfica se encuentra cubierta por coluviales y canchales, sobre todo el contacto con el grupo litológico (121b) correspondiente a la cuarcita Armoricana. Los bancos de conglomerados presentan una estructura lentejonar y una continuidad lateral escasa. El grado de fracturación y la intensidad de diaclasado se consideran altos. La intensidad de plegamiento es muy alta, con abundantes mantos de cabalgamiento de banco sobre banco. La disposición y el buzamiento varía mucho por la complicación tectónica del área. La potencia aproximada para este grupo litológico se estima entre 500 y 700 metros. (Foto 29).

- Geotecnia

Permeabilidad: La existencia de una red densa de fracturas y diaclasado procura, en esta formación constituida por materiales impermeables, infiltración por fisuración, muy desigual según las áreas y en razón del grado de alteración de estos materiales. La escorrentía superficial puede presentar un flujo lento a través de los suelos de recubrimiento.

Estabilidad natural: En las áreas ocupadas por este grupo litológico se han observado y señalado con alguna frecuencia deslizamientos y corrimientos de ladera importantes; aunque es en las masas de derrubios, que cubren sus laderas, cartografiadas como grupo C, en donde el fenómeno adquiere dimensiones espectaculares con un desarrollo, a veces, generalizado a lo largo de toda la vertiente de una sierra.

Entre las causas que motivan los fenómenos de inestabilidad observados, hay que señalar las siguientes como más importantes:

a) Constitución rítmica de la serie estratigráfica en bancos de distinta competencia y resistencia (cuarcita-arenisca-pizarra).

b) Existencia de multitud de planos de discontinuidad (sedimentarios y tectónicos), muchos de los cuales, entre los sedimentarios, han jugado ya como horizontes de despegue entre capas en los procesos tectónicos.



Foto 29. *Cuarcitas del grupo litológico (121a). En el talud se observan problemas de desprendimientos y corrimientos de cuñas. En la esquina superior izquierda de la foto, donde se observa una rotura fósil del talud. En la mitad derecha se puede apreciar una estructura de movimiento a favor esencialmente de una superficie de estratificación con rotura de los paquetes superiores y flexión de los inferiores.*

c) Profunda alteración en muchas áreas del Tramo, asociadas normalmente con zonas de falla y fracturas importantes, circunstancia frecuente por otra parte. Esta alteración puede adquirir algunos metros de potencia haciéndose más penetrativa en los estratos pizarrosos. Existe también un fenómeno de caolinización profunda que acompaña a este manto de alteración.

d) Disposición estructural de las discontinuidades y horizontes de alteración favorables al movimiento en las vertientes.

e) Existencia de horizontes freáticos, permanentes o temporales, que provocan presiones intersticiales.

Taludes artificiales observados: Son raros los taludes de excavación con dimensiones mayores a 10 metros. En general predominan los pequeños desmontes y los de dimensiones medias.

Las pendientes que se ha intentado dar a los taludes han sido fuertes pero el resultado ha sido siempre unos taludes irregulares como consecuencia de una inestabilidad de bloques y grandes cuñas favorecidas por la estructura alternante de capas de muy distinta competencia, el fuerte diastrofismo, y la alteración profunda, que presenta con frecuencia la formación. (Foto 30).

Taludes recomendados: En principio habrá que decir que serán los datos estructurales del terreno los que deban definir las características del talud. Por otra parte, como este conocimiento casi nunca llega a ser medianamente correcto antes de la excavación lo normal suele ser dar al talud la pendiente que este podría soportar en las mejores condiciones estructurales. Es una opción que puede adoptarse siempre que se haya previsto contar con un tiempo suficiente para que el talud adquiera un perfil más o menos estable en base a una inestabilidad.

En las mejores condiciones (bancos verticales u horizontales de naturaleza masiva sin grandes zonas de dislocación y alteración, cortados perpendicularmente a la dirección de los planos) la pendiente que podría darse sería del tipo subvertical. Pero lo normal será la existencia de repliegues y abundantes zonas de dislocación y alteración de los estratos más pizarrosos intercalados. Por otra parte, será frecuente la existencia, en los primeros metros del terreno, de roturas de tipo gravitacional que afectan tanto al suelo de recubrimiento como a las capas del substrato rocoso que conforma este grupo. En consecuencia se estima que pendientes por encima del 1H:1'5V ya darán problemas importantes de deslizamiento y corrimiento de grandes cuñas y que lo aconsejable será no sobrepasar en principio estos valores si no se tienen buenos conocimientos del terreno; a sabiendas de que en muchas zonas del

talud terminan por definirse pendientes menores y otras en donde la subverticalidad sería posible. En cualquier caso será normal que los primeros metros del terreno requieran pendientes del orden de 1'5:1 a 2:1.



Foto 30. *Talud de excavación en los materiales alternantes cuarcíticos del grupo litológico (121a). En él se observan problemas de corrimiento de cuñas, y como ha sido retirada la montera coluvial para evitar problemas de deslizamiento.*

Se debe proyectar siempre una amplia cuneta al pie del talud en relación con la altura del mismo.

Capacidad portante: Se trata sin duda de una formación constituida mayoritariamente por estratos de alta o muy alta resistencia. No obstante en apoyos muy superficiales, especialmente a media ladera, se pueden dar con bastante frecuencia problemas de asientos diferenciales debido a fenómenos de alteración profunda de substrato esquistoso y areniscoso que llega a constituirse como un terreno arcillo - arenoso con abundante plasma caolínico. La fuerte dislocación tectónica de las capas y la frecuente existencia de roturas de gravedad en los horizontes más superficiales en áreas con pendientes acusadas son circunstancias a tener muy en cuenta en estos terrenos a la hora de fundar estructuras. Localmente la existencia de grandes corrimientos fósiles deparará áreas con condiciones resistentes muy por debajo de los que normalmente debe presentar, a poco que se profundice en el terreno, este grupo, es decir, alta o muy alta.

Ripabilidad: Las áreas cartografiables como (V/121a) en donde se supone la existencia de un manto de alteración profundo del grupo se considera que este será ripable o marginal en parte muy importante del mismo en los primeros metros del terreno. En el resto no será ripable mayoritariamente.

3.3.5. Grupos geotécnicos

En este apartado se agrupan, según ciertas características geotécnicas comunes, las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior.

- Grupo geotécnico G1

  Aluvial. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológico A1 y a1. Está formado por gravas y gravillas subredondeadas y sueltas, de cantos de cuarcita, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. Materiales permeables por percolación y porosidad. Terrenos sometidos a la dinámica fluvial. Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para fundar sobre ellos estructuras de ningún tipo, de las cuales habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

- Grupo geotécnico G2

  Fondos de valle. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos A2, a2. Está formado por gravas y cantos de cuarcita y en menor proporción de cuarzo, pizarra, caliza y rocas volcánicas. Permeabilidad entre buena y moderada. Localmente pueden presentarse problemas por causa de una escorrentía superficial deficiente. Problemas de naturaleza erosiva en épocas de lluvias torrenciales. Terrenos poco o nada consolidados que sólo admiten cargas muy someras, donde cualquier solicitud de alguna entidad debe ser transferida al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

- Grupo geotécnico G8

  Alternancias con areniscas, cuarcitas y pizarras. Este grupo geotécnico esta constituido por los grupos litológicos 121a, 121c 122c.

  Materiales de baja y muy baja permeabilidad que presentan a niveles de formaciones una infiltración a través de todas las discontinuidades del terreno (estratigráficas y tectónicas principalmente). Con respecto a la estabilidad natural existen rasgos en el paisaje de procesos amplios y profundos y bastante generalizados de co-

rrimientos de ladera, de carácter fósil normalmente, surgidos al abrigo de las vertientes estructurales, la fuerte tectónica y alteración profunda que se observa en las zonas de las grandes fallas que recorren el territorio. En la actualidad los procesos son muy localizados y mucho más superficiales.

Los taludes de excavación estarán profundamente condicionados a la geometría de las discontinuidades estratigráficas, tectónicas y metamórficas, así como a la alteración profunda que puede presentar el terreno; alteración que será irregular y que afectará, más a los estratos pizarrosos y areniscosos que a los cuarcíticos, y a las áreas de influencia tectónica que a las no afectadas por fracturas importantes. En general se deben considerar en estos terrenos taludes con pendientes medias. Evolucionaran normalmente a taludes irregulares por movimientos de cuñas. En Tramos de series muy cuarcíticas los taludes podrán adquirir pendientes fuertes o muy fuertes. Necesitarán amplias cunetas a pie del desmonte que puedan recoger las masas de roca movilizadas por inestabilidad gravitacional.

La capacidad resistente de los materiales de estos grupos es alta a muy alta en principio, pero conviene tener presente la cantidad de factores negativos que afectan a estos grupos; especialmente la alta tectonicidad y la alteración profunda que les afecta en amplias áreas. Estas circunstancias pueden hacer disminuir mucho la capacidad portante en estos terrenos; en especial en apoyos a media ladera en tramos con predominio de horizontes pizarrosos.

La existencia de series muy cuarcíticas junto a otras que lo son menos, hará que la ripabilidad de estos terrenos será como mucho de carácter marginal y en baja proporción, si exceptuamos las áreas en donde exista un manto de alteración, que suele ser profundo, en cuyo caso la formación será ripable, en gran proporción, en este nivel y como poco tendrá carácter marginal.

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 2

El territorio ocupado por la Zona 2 presenta problemas de tipo topográfico, geomorfológico y geotécnicos especialmente.

El carácter serrano y agreste de la Zona 2 condiciona el trazado de las carreteras actuales y futuras a seguir preferentemente los corredores naturales de los numerosos valles fluviales existentes. No obstante, en gran parte de las innumerables sierras que cruzan la Zona 2, la necesidad teórica de trasponerlas, no supondrá en la mayoría de las ocasiones, problemas graves de trazado dada la relativa poca altura, casi siempre menos de 150 metros, que habría que superar.

La inestabilidad gravitacional fósil observada en las vertientes de las sierras, muestra los rasgos de unos procesos muy importantes desarrollados esencialmente en un clima periglaciar. En la actualidad estos fenómenos son muy atenuados pero subsiste la posibilidad de reactivarlos a poco que se modifiquen las condiciones de equilibrio, muy estricto en muchos casos, de dichas estructuras de deslizamiento; especialmente las existentes en masas coluviales, depósitos terciarios del plioceno y materiales pizarrosos del zócalo precámbrico - paleozoico.

Los problemas geotécnicos provendrán por una parte de la baja resistencia de las áreas inmersas en los problemas geomorfológicos citados anteriormente y la de los terrenos, así mismo citados, que de forma mayoritaria los sustentan. De otra, la excavación de desmontes presentará regularmente problemas de estabilidad de taludes; En las formaciones terciarias y cuaternarias los problemas tendrán normalmente una dimensión moderada en razón de las potencias de los estratos, en tanto que en los materiales metamórficos la problemática de deslizamiento y corrimientos de estratos y cuñas puede llegar a ser muy importante en taludes altos.

3.4. ZONA 3: DEPRESIONES ENTRE SIERRAS

3.4.1. Geomorfología

Relacionadas con los principales cauces fluviales existen una serie de valles recubiertos parcial o totalmente por materiales del Plioceno y Cuaternario.

Estas depresiones se constituyen unas veces como plataformas disectadas por los arroyos y ríos de la zona creando barrancos encajados con escarpes y laderas pronunciadas a los fondos, aterrazados o no, de los valles. Otros valles enlazan sus fondos aterrazados con pendientes que ascienden suavemente a los pies de las sierras cuarcíticas al haber quedado desmantelados, en su mayor parte, los depósitos pliocenos coronados por los distintos niveles de raña o glacis que constituyen las plataformas. En algunos casos es el curso fluvial el que ha incidido poco sobre los sedimentos pliocenos.

En la mayoría de las depresiones existentes en el Tramo, el encajamiento de le red fluvial ha desmantelado en mayor o menor medida los depósitos pliocenos y cuaternarios dejando al descubierto el substrato paleozoico que en algunos casos como en las depresiones del río Tierteafuera y Esteras ocupan la mayor parte de la misma.

Las depresiones más importantes de la zona son:

Depresión del río Guadiana

Parte de esta depresión queda dentro de la Zona 1. Su orientación dominante es ONO-ESE y viene a ocupar un área sinclinal en la estructura paleozoica a lo largo del Sur del Tramo. Un curso con terraza de inundación amplia y terrazas en graderío encajadas en los materiales pliocenos se hace fuertemente meandriforme y encajado en aquella zona en donde la plataforma de la raña que ocupa la mayor parte de la depresión aún no ha sido desmantelada. El encajamiento del río ha profundizado en los materiales paleozoicos que conforman el núcleo del sinclinal constituido mayoritariamente por las pizarras del Llanvirniense - Llandeilo que afloran en amplias extensiones en ambas márgenes del río y en los arroyos afluentes. (Foto 31).

Depresiones de la cuenca del Bullaque

En la zona centro y norte del Tramo, el río Bullaque y su afluente el río Bullaquejo junto a otras menos importantes, constituyen amplios valles rellenos por los depósitos plio-cuaternarios en donde los márgenes de las terrazas de inundación, amplias y atravesadas por canales anastomosados, enlazan con las pendientes de tipo raña, glacis y abanicos aluviales que se elevan suavemente hasta los pies de las sierras. Sólo en las márgenes del río Bullaque se puede hablar de un desarrollo en terrazas o terrazas-glacis.

Los afloramientos del zócalo paleozoico o los relieves residuales incluidos en esta zona son escasos

Depresión del río Esteras

La cabecera del río Esteras constituye, en el extremo suroeste del Tramo, una amplia depresión de morfología elíptica con orientación NE-SO en el centro de la cual se emplaza el pueblo de Saceruela.

Geomorfológicamente esta cubeta es el resultado final de la profunda excavación del núcleo de una amplia estructura domática que deja al descubierto, en el fondo del área desmantelada, los materiales del zócalo precámbrico y rodeando al mismo, a modo de anfiteatro las series cuarcíticas de la base del Ordovícico labradas como agrestes sierras. (Figura 14).

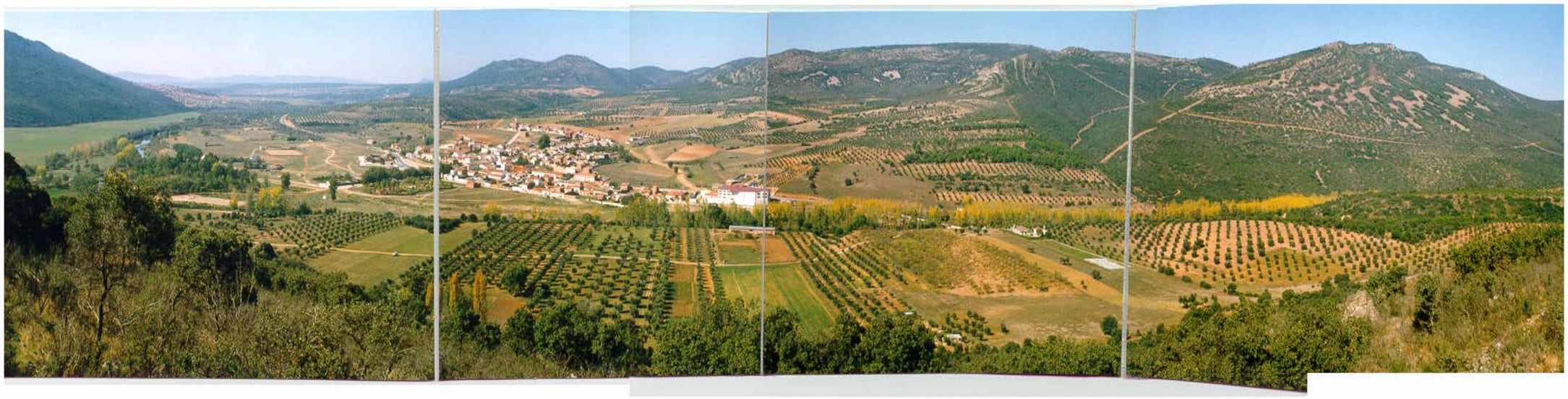
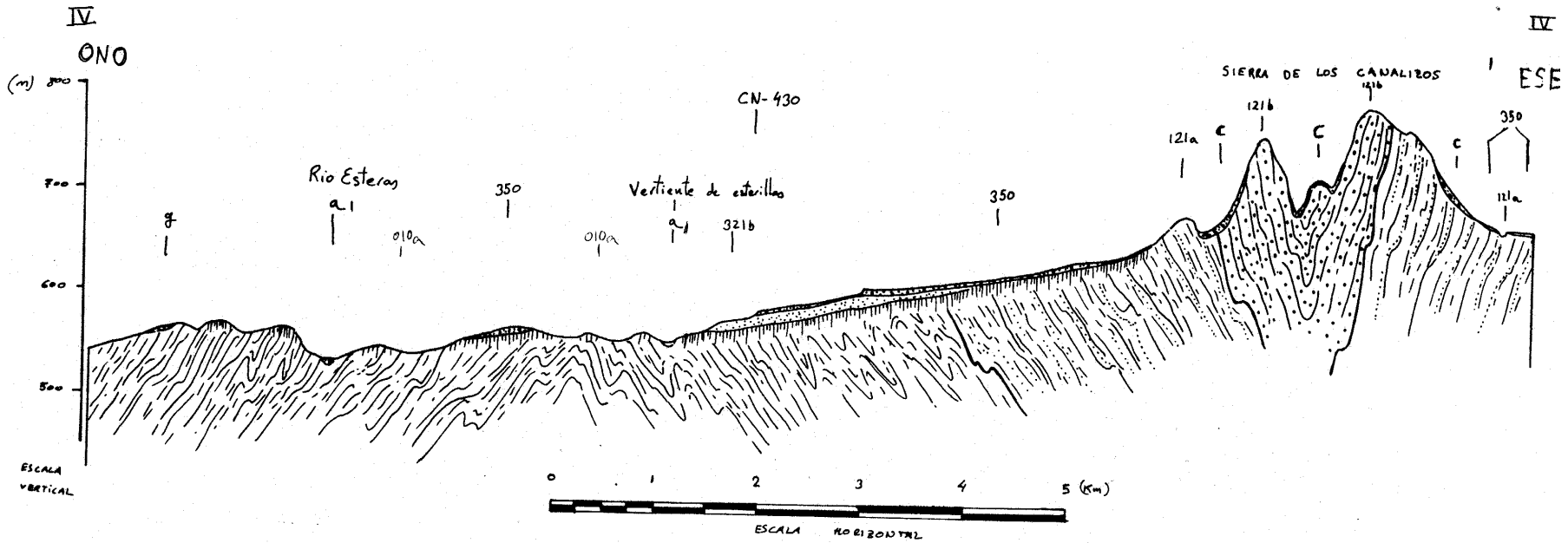


FOTO 31. VISTA PANORÁMICA DE LA DEPRESIÓN DEL RÍO GUADIANA, A SU PASO POR LA LOCALIDAD DE LUCIANA. EN ELLA SE PUEDE OBSERVAR LA AMPLITUD DE SUS TERRAZAS Y LA EXTENSIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE GLACIS..



A1	- Aluvial
C	- Coluviales
G	- Glacis
350	- Raña
321b	- Areniscas, arenas y fangos variolados. Localmente conglomerados y brechas
121b	- Cuarcitas
121a	- Cuarcitas, areniscas micaceas, cuarcitas y pizarras
010a	- Pizarras y grauvacas

FIGURA 14. CORTE GEOLÓGICO DE LA ZONA 3.

La amplia plataforma labrada sobre los materiales precámbricos fue cubierta posteriormente por depósitos pliocenos y cuaternarios durante una serie de fases morfogenéticas de erosión-sedimentación.

En la actualidad la cubeta del domo de Saceruela en la cabecera del río Esteras presenta una orla de plataformas de piedemonte que arrancan de la base de las sierras sobre las cuales se encajan los arroyos que parten de ellas. El desmantelamiento de estos depósitos pliocenos y cuaternarios deja al descubierto las pizarras y grauvacas precámbricas en una amplia extensión en el centro de la depresión.

Depresión del Tierteafuera

En el Centro-Sur del Tramo y al Sur de las sierras que delimitan el valle del Guadiana por su margen izquierda se desarrolla un terreno de penillanura disectado por el río Tierteafuera y sus afluentes. Esta depresión, al igual que ocurre en la del río Esteras en Saceruela, está labrada sobre una amplia estructura domática que deja al descubierto en el fondo de la misma un complejo anticlinorio en materiales precámbricos que ocupan en la actividad la mayor parte de ella. Arrancando del pie de las sierras que la limitan por el norte existe una orla de depósitos plio-cuaternarios estructurados como plataformas de piedemonte en general muy desmanteladas.

Sobre la Zona 3 se producen en la actualidad procesos geodinámicos muy importantes relacionados con los cauces fluviales. Durante la ejecución del presente trabajo se pudo constatar la funcionalidad de las amplias terrazas de inundación de la red fluvial del Tramo. Con motivo del importante periodo de lluvias del invierno del 1996-97 se pudo observar los efectos del desbordamiento de todos los ríos y arroyos de la región y el fuerte impacto que el efecto hidrodinámico de las aguas ejerció sobre todo tipo de infraestructuras que de alguna forma habían invadido los lechos de inundación de la cuenca sin prever en fenómeno recurrente, sobre el que, las generaciones actuales parecen haber perdido todos los datos de la memoria histórica y hacer ojos ciegos y oídos sordos a los conocimientos y datos científicos actuales que se tienen sobre estos fenómenos. (Fotos 32 y 33).



Foto 32. *Viviendas en el borde de la terraza de inundación del río Bullaque. Tabla de Yedra en la crecida del invierno 1996-97.*



Foto 33. *Deslizamiento de las margas pliocenas en la margen izquierda del río Guadiana en la zona de Alarcos como consecuencia de la sobre-excavación realizada por las aguas de crecida en el invierno 1996-97.*

3.4.2. Tectónica

Dentro de la Zona 3 existe toda una historia geológica de los materiales constitutivos del Tramo.

Los materiales precámbricos y paleozoicos que afloran en los fondos de las cubetas y penillanuras de esta zona fueron afectados, como ya ha quedado descrito en el capítulo de geología general y en el correspondiente a la zona 2, por las orogenias Hercínica y Pre-hercínica, esencialmente por la primera caracterizada por sus tres etapas de deformación.

Asimismo los depósitos de edad pliocena han sido afectados por reactivaciones de las fallas hercínicas en fases de compresión durante la orogenia Alpina.

Los recintos delimitados por las áreas constitutivas de la Zona 3, se corresponden con estructuras creadas por la orogenia Hercínica se trata de cubetas sinclinales o domos anticlinales desmantelados, los cuales descritos ya en el capítulo de geomorfología son.

- Sinclinorio de la Puebla de Don Rodrigo o Depresión del Guadiana.

- Cubetas de la cuenca del Bullaque.

- Domo de Saceruela en la cabecera del río Esteras.

- Anticlinorio de Abenojar excavado por la cuenca del río Tierteafuera.

En general cabe decir que la estructuración y tectonicidad de los materiales precámbricos y paleozoicos es muy alta en todos las Zonas y la alteración debida a gran parte al alto diastrofismo sufrido por las rocas muy profundas en amplias extensiones del Tramo especialmente en las áreas representadas por la Zona 3.

3.4.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica de la Zona 1 se contempla en la Figura 15.

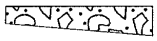
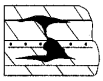
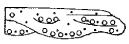
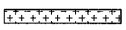
COLUMNA	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCION	EDAD
	A1	G1	ALUVIAL	Cuaternario
	A2	G1	FONDOS DE VALLE	Cuaternario
	At	G3	TERRAZA ALUVIAL	Cuaternario
	I	G2	AREAS ENDORREICAS	Cuaternario
	T,t	G3	TERRAZAS	Cuaternario
	C,c	G3	COLUVIALES	Plio-Cuaternario
	D,d	G3	CONOS DE DEYECCION	Plio-Cuaternario
	g	G3	GLACIS	Plio-Cuaternario
	350	G3	RAÑA	Terciario
	010e	G10	CUARCITAS	PRECAMBRICO
	010d	G11	DOLOMIAS	PRECAMBRICO
	010c	G10	CONGLOMERADOS	PRECAMBRICO
	010b	G8	ARENISCAS, GRAUVACAS Y PIZARRAS	PRECAMBRICO
	010a	G9	PIZARRAS Y GRAUVACAS	PRECAMBRICO
	001b	G13	GRANITOIDES	PRECAMBRICO

FIGURA 15. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 3.

3.4.4. Grupos litológicos

FONDOS DE VALLE (A2,a2)

- Litología

  Este grupo está constituido por gravas y cantos de cuarcita y en menor proporción de cuarzo, pizarra, caliza y rocas volcánicas, con abundante matriz de arenas, limo y arcillas. Interiormente presenta cuerpos canalizados con materiales más groseros tipo grava y cantos y con una matriz fundamentalmente arenosa. Se trata de materiales sueltos y no consolidados por lo que la compacidad y la dureza se estiman prácticamente nulas.

- Estructura

  Este grupo constituye el fondo de los valles y vaguadas mayores. Cartográficamente posee una estructura tabular e interiormente se presenta masivo. Presenta cuerpos canalizados en su interior de escasa continuidad lateral. Se dispone subhorizontalmente. La potencia de este grupo litológico oscila entre 0.5 y 3 metros para (a2) y entre 3 y 5 metros para (A2).

- Geotecnia

  Permeabilidad: Terrenos en general con permeabilidad entre buena y moderada. Localmente pueden presentarse problemas por causa de una escorrentía superficial deficiente.

  Estabilidad natural: No son terrenos en donde puedan darse problemas de inestabilidad natural si exceptuamos los de naturaleza erosiva que pudieran derivarse en épocas de lluvias torrenciales.

  Capacidad portante: Terrenos poco o nada consolidados que sólo admitirán cargas muy someras. Cualquier solicitud de alguna entidad deberá transferirse al substrato próximo.

  Ripabilidad: Grupo ripable en su totalidad.

TERRAZA ALUVIAL O LLANURA DE INUNDACIÓN (At)

- Litología

Este grupo está constituido por gravas y cantos de cuarcita y en menor proporción de cuarzo, pizarra, caliza y rocas volcánicas, con abundante matriz de arena, limo y arcilla. Se trata de depósitos sueltos y sin consolidar. Interiormente presenta cuerpos canalizados formados por materiales más gruesos, del tipo grava y canto, y con una matriz fundamentalmente arenosa. Ocasionalmente pueden existir zonas pantanosas como las situadas en las inmediaciones del puente de Alarcos en la terraza de inundación del río Guadiana en donde se forman incipientes turberas. (Fotos 34 y 35). La compacidad y la dureza del grupo se estima baja.



Foto 34. *Lecho aluvial y llanura de inundación pantanosa del río Guadiana. Puente de Alarcos. Límite oriental del Tramo.*

- Estructura

Este grupo constituye las llanuras aluviales y las llanuras de inundación de los ríos y arroyos del Tramo. Cartográficamente presenta una estructura tabular, e interiormente su estructura es masiva. Se dispone de una forma horizontal. La potencia de este grupo litológico es muy variable y oscila entre 0.5 y 4 metros.



Foto 35. Vista del puente de la CN-430 sobre el río Guadiana en la Zona de Alarcos durante la crecida del invierno de 1996-97. Se puede apreciar los desperfectos del firme como consecuencia de las deformaciones sufridas por el terraplen que se apoya sobre los depósitos pantanosos de la terraza de inundación.

- Geotecnia

  Permeabilidad: Se trata de terrenos con permeabilidad por percolación y porosidad que pueden ser deficiente, frecuentemente, debido a la abundancia de lechos limo-arcillosos, circunstancia que acarrea asimismo problemas de encharcamientos por falta de escorrentía superficial.

  Estabilidad natural: Los problemas de estabilidad en estos terrenos son de origen hidrodinámico y están ligados a los ciclos climáticos que determinan las crecidas de los ríos y arroyos de la región. A este respecto, durante la ejecución del presente trabajo, en el invierno de 1996-97, se coincidió con una espectacular crecida de los cauces a consecuencia de un fuerte y prolongado periodo de lluvias, circunstancia que permitió observar en vivo los efectos geodinámicos de las aguas sobre los terrenos, así como, el efecto catastrófico sobre las infraestructuras creadas, imprudentemente, invadiendo terrenos sujetos a unos procesos que retornan siempre, pasando una factura muy cara a nivel económico y humano a veces. (Foto 36 y 37).



Foto 36. *Crecida del río Bullaque a su paso por Tabla de la Yedra. Ocupando el lecho de inundación con motivo del fuerte temporal de lluvias en invierno de 1996-97.*



Foto 37. *Desplome en el terraplén del trasdós del estribo del puente sobre el arroyo de la Puente, cercanías de Saceruela.*

Capacidad portante: Sólo cabe esperar respuestas muy moderadas de resistencia en estos terrenos e incluso claramente bajas en algunas áreas en donde incluso pueden presentarse zonas pantanosas con existencia de turberas incipientes como en el caso de la terraza de inundación del río Guadiana próximas al Puente de Alarcos en la carretera nacional 430. (Foto 35).

En general se deben temer asientos diferenciales por la estructura lentejonar de los depósitos detríticos y la posibilidad de implantación de freáticos estacionales a nivel de superficie, así como, los humedecimientos del terreno por causa de una mala escorrentía superficial y baja permeabilidad de los horizontes limo-arcillosos de inundación.

En cualquier caso, la inundación de carácter cíclico de estos terrenos, impone la necesidad de estudios y diseños adecuados para cualquier infraestructura que se apoye sobre los mismos, con el fin paliar los efectos de las riadas. Por otra parte, la fundación de aquellas estructuras que requieran respuestas resistentes de alguna entidad tendrán que referirse al substrato normalmente próximo que podrá ser de naturaleza terciaria o paleozoica.

Ripabilidad: Grupo ripable en su totalidad.

TERRAZAS (T,t)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por las terrazas aluviales del río Guadiana y Bullaque, integradas por gravas de cantos cuarcíticos, fundamentalmente, y algunos, muy esporádicos, de cuarzo, pizarra y calizas. Interiormente presenta cuerpos lenticulares, a modo de paleocanales, con materiales más gruesos y redondeados, del tipo grava, y con una matriz escasa y fundamentalmente arenosa. El tamaño medio de los cantos está entre 2 y 6 cm. Se trata de depósitos sueltos y sin consolidar. La dureza y compacidad se estiman de bajas a moderadas. (Foto 38).



Foto 38. *Terraza del río Guadiana sobre las pizarras alteradas del grupo litológico (122a). Pk(14) de la carretera de Alcolea de Calatrava a Los Pozuelos de Calatrava.*

- Estructura

  Este grupo conforma las vegas de los grandes cursos fluviales del Tramo de estudio (Guadiana y Bullaque). Se dispone subhorizontalmente y posee una estructura tabular. Interiormente presenta una estructura masiva. No son terrazas potentes, el espesor no supera los 4 metros.

- Geotecnia

  Permeabilidad: Este grupo litológico se considera que su gran mayoría es permeable por percolación y porosidad. La existencia de lechos limo-arcillosos intercalados o en superficie atenúa la permeabilidad e infiltración de las aguas meteóricas dando lugar a áreas con mal drenaje superficial.

  Estabilidad natural: Se ha observado que terrazas depositadas sobre formaciones paleozoicas de naturaleza pizarrosa que poseen un potente manto de alteración, o sobre los materiales terciarios de naturaleza arcillo-margosa presentan frecuentes roturas de naturaleza gravitacional y deformaciones de gran amplitud. (Foto 39).



Foto 39. *Terrazas del río Guadiana vistas desde el pk.(264) de la CN-430. Se puede apreciar en ellas un escalonamiento que se corresponde más con una rotura de naturaleza gravitacional del substrato pizarroso alterado que a las distintas fases de encajamiento del río. Al fondo las sierras del Campillo y Villareal estructuradas por fallas profundas de gravedad.*

Taludes artificiales observados: Se trata en general de desmontes de escasa altura que de no aflorar en la base un substrato arcilloso de un posible manto de alteración en pizarras paleozoica o correspondiente a materiales terciarios, puede aguantar pendientes que van desde subverticales en los lechos de gravas a inclinaciones entorno a los 60° - 55° en los horizontes limo-arenosos; los cuales aparecen afectados por una erosión en cárcavas que terminan por provocar desprendimientos y desplomes de los depósitos de gravas que les superponen.

Taludes recomendados: En principio, y en ausencia de estructuras que hagan prever la existencia de roturas de tipo gravitacional, los perfiles a dar en este grupo puede estar entre los valores 1H:1V y 1H:1'5V.

Capacidad portante: Se debe considerar a este grupo litológico con capacidad resistente moderada como mucho, y siempre que los depósitos adquieran cierta potencia, dado que en muchas ocasiones el substrato puede ser de peores características que la terraza. A este respecto convendrá siempre tener un perfecto conocimiento del perfil de la terraza incluyendo las características del terreno que la soporta. En general se considera que las solicitudes de carga con alguna entidad deben remitirse al subtrato.

La presencia de limos y limos arcillosos en superficie o intercalados en lechos lenticulares pueden dificultar el drenaje superficial y facultar la existencia de freáticos temporales a nivel de superficie que pueden dar lugar a pequeños asientos diferenciales en situación de cargas por infraestructuras.

Ripabilidad: Materiales ripables en su totalidad.

COLUVIALES (C,c)

Este grupo se describe en la Zona 2 donde se encuentra mejor representado.

CONOS DE DEYECCIÓN (D,d)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por depósitos heterométricos de gravas y cantos, subangulosos a subredondeados cuya naturaleza litológica está claramente influida por la composición de sus áreas de drenaje. Está sostenido por una proporción muy elevada de limos y arcillas. Se han detectado conos de deyección muy antiguos, incluso formando parte de los materiales de los grupos litológico (350) y (321b). La alterabilidad se estima moderada-alta.

- Estructura

Este grupo conforma laderas de pendientes suaves y tendidas. La continuidad lateral de este grupo es muy escasa. Se dispone subhorizontalmente. Interiormente presenta una estructura masiva, y en conjunto una estructura en cuña-abanico. El grado de fracturación es muy bajo. La potencia de este grupo se estima entre 0.5 m y 3 m para (d), y entre 3 m y 10 m para (D).

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo formado por materiales con permeabilidad variable en general aceptable por percolación y porosidad aunque la alta proporción de matriz limo-arcillosa que presentan muchos lechos lenticulares de su estructura dificultan localmente la transmisibidad.

Estabilidad natural: Los terrenos ocupados por este grupo litológico están sometidos, en gran parte, a los problemas de dinámica fluvial (erosión y aterramiento) en épocas de grandes avenidas.

Capacidad portante: De los materiales de este grupo pueden esperarse respuestas resistentes moderadas, y la posibilidad de darse problemas, también moderadas por asientos diferenciales. La escasa potencia de estos depósitos en muchas ocasiones, obligará a transferir el substrato cualquier solicitud de esfuerzos.

Ripabilidad: Grupo ripable en toda su extensión.

COLUVIALES SOMEROS SOBRE PIZARRAS Y CUARCITAS, Y MATOS DE ALTERACIÓN (V)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por un manto profundo de alteración meteórica que puede alcanzar 10 metros de potencia, sobre el que suele existir un suelo de naturaleza coluvio - eluvial, cuya potencia media se puede estimar en 1’5 m, constituido por limos, arcillas y cantos dispersos de cuarcita con un tamaño medio comprendido entre 3 y 6 centímetros. Por debajo de este manto coluvial se sitúa el horizonte de alteración, sobre los materiales metamórficos, de edad mesozoica. El horizonte superior es un horizonte de color crema con tonalidades naranja-amarillento

y verde claro. Este horizonte es muy plástico. Por debajo de este nivel aparece un horizonte de tonos verdes y rojizos conformando un "pseudogley" al cual se superpone a otro de tono mucho más rojizo y arcilloso. Esta alteración es particularmente importante en las zonas de falla y despegues entre capas, donde coexisten paquetes cuarcíticos y pizarrosos muy poco alterados, con áreas profundamente alteradas donde el reconocimiento de la roca madre es imposible. Localmente, estas áreas aparecen como un conjunto brechoide confundible con los materiales detríticos terciarios pertenecientes al grupo litológico (321b). En estos niveles de alteración son frecuentes las rubefacciones, los niveles siderolíticos con neoformación de hematites y gohetita, las caolinizaciones y las carbonataciones. La compacidad y la dureza de este grupo se estima muy baja. (Fotos 40 y 41).

- Estructura

Este grupo conforma relieves alomados y en áreas de ladera o vaguadas. Los mantos de alteración no tienen signos de plegamiento, aunque se pueden observar pliegues remanentes de edad hercínica pertenecientes a la roca madre. Un caso análogo ocurre con las fallas. Sin embargo se han detectado fallas de tipo inverso afectando a este grupo, concretamente en el contacto con las cubetas terciarias. No obstante, el grado de fracturación es muy bajo o nulo a nivel global. Se estructura en horizontes de potencia métrica, y el espesor medio estimado para este grupo varía ampliamente, debido a sus condicionantes genéticos, entre 3 y 10 metros.



Foto 40. *Detalle de la alteración sobre los materiales cuarcíticos y pizarrosos del grupo litológico (121c). Nótese como la alteracíon presenta una clara anisotropía, siendo mucho más intensa en los materiales pizarrosos. Pk(31) de la carretera regional 721.*



Foto 41. *Perfil litológico del manto de alteración constitutivo del grupo (V), en el que se pueden observar los diferentes estadios evolutivos de este tipo de suelos. Puerto de las Peñas Pardas, pk(34) de la carretera nacional (430).*

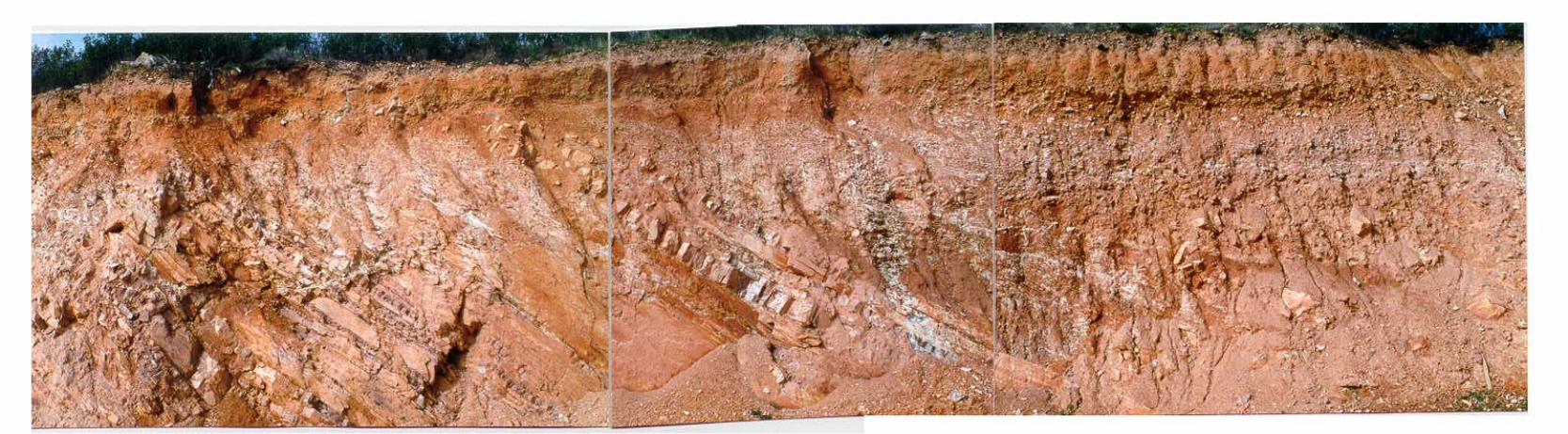


Foto 42. Depósitos coluviales sobre pizarras, areniscas y cuarcitas del grupo litológico 121a en el que se aprecia un horizonte de alteración importante. En relación con este horizonte se puede observar como el nivel más superficial del coluvión está fosilizando a otros mantos de derrubios de gravedad que muestran claramente estructuras de deslizamiento. Carretera local de Porzuna a Picón, pk.(7).

- Geotecnia

Permeabilidad: El horizonte superior coluvio - eluvial se considera con permeabilidad media - alta en tanto que el manto de alteración presenta una naturaleza impermeable clara.

Estabilidad natural: En relación con el horizonte de alteración se ha desarrollado a lo largo del Plio-cuaternario toda una serie de procesos de inestabilidad de vertientes que de forma muy atenuada subsiste en la actualidad. De alguna forma, la gran mayoría de los grandes deslizamientos y corrimientos de ladera fósiles que afectan a potentes masas coluviales, a las series alternantes pizarroso - areniscosas y a la formación terciaria tienen su origen en este manto de alteración Pre-eoceno.

Taludes artificiales observados: Son muchos los taludes de pequeña y mediana altura en los que puede observarse este horizonte de alteración. Con frecuencia, se puede apreciar en ellos, rasgos de esa inestabilidad fósil comentada anteriormente y que de alguna forma va a condicionar la estabilidad del talud en este nivel. (Foto 42).

Taludes recomendados: Los taludes de excavación que afecten a este grupo litológico deben diseñarse con una pendiente muy tendida en el horizonte constitutivo del mismo. En general, no deberían diseñarse con pendientes superiores a 1H:1V, valor que en muchas ocasiones resultará necesario rebajar.

Capacidad portante: Como mucho puede esperarse una resistencia moderada a nivel local circunstancialmente, aunque como normal, se considera a este grupo litológico, de estructura superficial, con condiciones portantes bajas.

Ripabilidad: Grupo ripable.

RAÑAS (350) - NIVELES DE GLACIS (g)

- Litología

En este grupo litológico se incluyen los diferentes niveles de deposición que conforman las superficies culminantes del terciario comúnmente denominada raña (grupo litológico (350)) y los diferentes niveles de glacis (grupo litológico (g)), de edad cuaternaria. El grupo litológico (350) es un conglomerado de cantos heterométricos (el tamaño medio oscila entre 10 y 20 cm), fundamentalmente cuarcíticos, y en menor proporción de cuarzo, irregularmente cementado por carbonatos y con una matriz arenosa y arcillosa. Es muy frecuente encontrar un horizonte, de 0.5 m

de potencia, culminando la raña, de gravillas sueltas, de cuarcita alterada con una pátina ferruginosa, de cantos redondeados, homogéneos y de 1 cm de diámetro. Dentro de la raña (350) se han incluido sus vertidos y algunos niveles de glacis encajados sobre esta superficie que muy frecuentemente queda estructurado con escarpes de erosión de origen poligénico. Los depósitos de vertido de raña y los "rañizos" encajados sobre el nivel más alto de la raña, están constituidos por gravas y gravillas no superiores a los 7 centímetros de diámetro inmersos en una abundante matriz arcillosa y arenosa. (Foto 43).



Foto 43. *Talud excavado sobre los materiales del grupo litológico (350). Pk(255) de la carretera nacional 430.*



Foto 44. *Morfología típica del grupo litológico (350). En último plano, se pueden observar los relieves ancianos ordovícicos, disectados por la superficie de erosión fundamental. Raña de Valhondo desde el puerto de Veredas, Hoja 783 de Abenojar.*

Los niveles de glacis pertenecientes al grupo litológico (g) están constituidos por gravas y gravillas silíceas de cantos de 10 cm de diámetro soportado por una matriz arenosa y arcillosa. Muy a menudo este grupo litológico aparece muy enriquecido en matriz, haciéndose muy arenoso y arcilloso, y presentando los cantos de forma dispersa. A veces, debido a la alta proporción de finos, estos materiales se podrían clasificar como un mudstone. La alterabilidad se estima entre moderada y alta, dependiendo fundamentalmente del contenido de finos.

- Estructura

Este grupo litológico conforma los depósitos de las diferentes superficies de erosión-deposición que se han generado desde el Plioceno al Pleistoceno. La raña, estratigráficamente, culmina las cuencas terciarias y constituye un pedimento que arranca de los relieves cuarcíticos ordovícicos. Los niveles de glacis se encajan en la raña movilizando parte de sus materiales. Su disposición es subhorizontal. Su ubicación junto a importantes accidentes tectónicos, y la presencia de coladas volcánicas sobre la superficie de la raña, sugiere la posibilidad de una tectonicidad, muy local, moderada-alta. La estructura interna de este grupo se considera masiva. A escala cartográfica posee una estructura en cuña ya que la potencia va aumentando a medida que nos separamos de los relieves cuarcíticos. Debido a este fenómeno la potencia de este grupo es muy variable y oscila de 0.5 a 10 metros. (Foto 44).

- Geotecnia

Permeabilidad: Formaciones con permeabilidad por percolación y porosidad que podrán oscilar de alta a moderada en proporción del contenido arcilloso del grupo litológico a nivel local.

Estabilidad natural: La circunstancia de que estos grupo litológicos, especialmente el (350), se sitúe sobre formaciones de naturaleza detrítico arcillosa del Terciario o sobre un horizonte de alteración arcilloso en pizarras paleozoicas propicia la existencia de fenómenos de deslizamiento en los bordes de los terrenos aterrazados como consecuencia del encajamiento de la red fluvial por debajo del nivel de las rañas y glacis. (Foto 45).



Foto 45. *Talud artificial inestable excavado en un sector de ladera con deslizamientos fósiles que implican a pizarras del grupo 122a y a depósitos de raña 350, carretera nacional 430, pk. (254).*

Taludes artificiales observados: Taludes de excavación que afecten exclusivamente a estas formaciones son lógicamente de pequeña entidad debido a la escasa potencia de los mismos salvo raras excepciones en donde ha sido cortado en nivel de raña mas alto. Los taludes conformados oscilan entre pendientes 1H:1V y 1’5H:1V, evolucionando posteriormente en razón del grado de compactación y proporción del componente arcilloso del grupo litológico a nivel local. La evolución de la raña inicial, creando niveles escalonados de rañas secundarias heredadas y glacis a lo largo del cuaternario, determina la existencia de diferenciaciones en la potencia, compactación y proporción entre elementos finos y gruesos en distintos niveles.

Es frecuente ver a estos grupos coronando los taludes excavados en las formaciones terciarias o paleozoicas. En estos casos su comportamiento depende de la posibilidad de que existan o pueda instalarse un horizonte freático, en el contacto, ya que en el caso positivo esta circunstancia constituirá un elemento negativo para la estabilidad del talud.

Taludes recomendados: Si los desmonte van a afectar sólo a estos grupos litológicos, es decir, no van a tener alturas importantes normalmente, el perfil en principio que podrá darse no debe exceder del 1H:1V. En los casos en donde estas forma-

ciones se vean afectadas por deslizamientos de ladera, o se vea muy poco compactada o con alta proporción arcillosa, el talud no debe superar el 1’5H:1V.

Capacidad portante: Las condiciones resistentes de este grupo pueden variar en un amplio margen que va desde respuestas moderadas a bajas en razón de su potencia, compactación, condiciones de estabilidad natural, composición litológica y naturaleza del substrato.

En condiciones normales de plataformas llanas o de muy suave pendiente, suele constituir un buen cimiento para la calzada siempre que no exista un horizonte freático de naturaleza temporal a nivel de superficie. En solicitaciones de alguna importancia el bulbo de presiones será referido normalmente al substrato.

ARENISCAS, ARENAS Y FANGOS VARIOLADOS, LOCALMENTE CONGLOMERADOS Y BRECHAS (321b) ARENAS, FANGOS Y NIVELES FERRALITICOS (321b1)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por areniscas, arenas y fangos variolados; y localmente por conglomerados y brechas. Estos últimos son muy abundantes en la base del grupo, donde los cantos de cuarcita aparecen alterados y heterométricos (con un tamaño medio entre 15 y 20 centímetros). Presenta subproductos edáficos como la caolinita y costras ferralíticas. Las brechas basales se sitúan en el contacto con el substrato paleozoico y precámbrico que sufre una alteración muy intensa con neoformación de arcillas edáficas (caolinita illita, gibbsita, etc ...) y costras ferralíticas. A veces la alteración del substrato es tan intensa que es imposible diferenciarlo del grupo litológico 321b en facies arcillo-arenosa depositado encima. Debido a esta razón, se ha cartografiado, en algunas áreas, el substrato profundamente alterado como el grupo litológico (321b) debido a la similitud de facies, comportamiento geotécnico similar y/o imposibilidad de representación cartográfica, en casos de áreas muy reducidas. Los fangos variolados están constituidos por arenas arcillosas y limosas con intercalaciones de niveles lentejonares de conglomerados de cantos de cuarcita subredondeados y redondeados. Localmente estos conglomerados pueden adquirir potencias importantes, del orden de los 3 ó 4 metros, como en el arroyo de los Gavilanes , en las proximidades de la localidad de Saceruela. Las arenas arcillosas y limos son de colores pardo - rojizos y de tonos vinosos, localmente pardo - amarillentas y blancas. Es frecuente encontrar pequeños niveles centimétricos ferralíticos de origen edáfico intercalados en este grupo. En algunas áreas del Tramo, como en la Hoja 784 se ha definido como subgrupo litológico (321b1) a las facies arenosas y limosas del presente grupo litológico con numerosas intercalaciones, de aproximadamente un metro de potencia, de brechas ferruginosas y costras ferralíticas. (Fotos 46 y 47).



Foto 46. *Facies arenosas y caolínicas del grupo litológico (321b). Nótese el acarcavamiento y los pequeños desplomes generados en la esquina derecha con motivo de las fuertes precipitaciones del invierno 1996-97. El talud culmina con un nivel de terraza. Puente de Luciana.*

- Estructura

El grupo litológico tiene una estructura tabular en conjunto. Los conglomerados basales poseen una geometría de cuña, y las intercalaciones conglomeráticas en las arenas y fangos, lenticular. Se disponen discordantemente sobre en substrato metamórfico (paleozoico y precámbrico indistintamente) intensamente alterado. Rellenan por lo general un paleorelieve, completando las cubetas de Piedrabuena-Bullaque, Porzuna y El Casarejo. Se disponen subhorizontalmente, suavemente deformado y fallado. En el contacto con las sierras paleozoicas, las fallas son de tipo inverso. Un bonito ejemplo de este tipo de contacto se encuentra en el puerto de los Quejigares, en el pk(4.5) de la carretera de Picón a Porzuna. Este grupo litológico se encuentra erosionado y fosilizado por el grupo litológico 350, perteneciente a la raña, y los diferentes niveles de glacis (g). Su potencia en todo el tramo no excede de los 20 – 30 metros.



Foto 47. *Conglomerados y fangos variolados pertenecientes al grupo litológico (321b). Carretera nacional 430 de Luciana a Piedrabuena.*

- Geotecnia

Permeabilidad: La constitución litológica de este grupo dominado por depósitos de naturaleza limo-arenosa y limo-arcillosa, hacen de él una unidad con comportamiento de baja o muy baja permeabilidad en la mayoría del cuerpo del mismo, pero por otra parte, el contenido de horizontes detríticos gruesos con alta permeabilidad intercalados en la serie, faculta la existencia de freáticos colgados o cautivos en la formación.

Estabilidad natural: En áreas en donde este grupo litológico constituye medias laderas, se ha detectado en ellas, con cierta frecuencia, fenómenos de inestabilidad fósil. En relación con este tipo de procesos geomorfológicos se pueden apuntar algunas causas que los rigen:

a) La base de la formación se apoya normalmente sobre un substrato paleozoico alterado profundamente. Este manto de alteración constituye un horizonte enteramente arcilloso con alto contenido en caolín.

b) En la composición del propio grupo abundan los componentes arcillosos con alto contenido en caolines y en algunos casos es posible la presencia de montmorillonita.

c) Presencia de freáticos colgados o cautivos creados por los depósitos detríticos gruesos que intercala el grupo litológico, o bien se le superponen como es el caso de rañas, glacis, coluviales o terrazas aluviales.

Taludes artificiales observados: Se trata normalmente de desmontes de pequeña o mediana dimensión, casi siempre por debajo de los 10 metros.

Debido a los cambios laterales que puede sufrir este grupo litológico los taludes pueden aparecer conformados por horizontes exclusivamente limo-arenosos y limo-arcillosos, por estos mismos materiales intercalando lechos de conglomerados, o bien por una abundancia de horizontes detríticos gruesos y escasez de lechos limo-arcillosos. La gran mayoría de ellos son los creados por los horizontes limo-arenosos y limo-arcillosos de tonos variolados que intercalan algún lecho de conglomerado; lo normal también es que en estos taludes exista en coronación un horizonte de raña, glacis coluvial o terraza.

Los problemas detectados en la mayoría de ellos provienen de su fácil erosionabilidad con formación de cárcavas e inestabilidad por desplomes así como deslizamiento por flujos superficiales y rotacionales en los horizontes más arcillosos que normalmente se corresponden con los tramos basales en el que se incorpora el horizonte de alteración de transición al substrato.

Taludes recomendados: La variabilidad litológica y las circunstacias geomorfológicas diversas de estos terrenos condicionan taludes de excavación de pendientes muy distintas según los casos locales. En los tramos de naturaleza más arenolimosa y con detritos gruesos las pendientes de tipo 1H:1'5V incluso más fuertes serían recomendables con el fin de evitar problemas erosivos excesivos. La aparición de horizontes muy arcillosos enriquecidos en caolín como los existentes en las zonas próximas al contacto con el substrato alterado y en áreas afectadas por deslizamientos fósiles obligarán al tendido del talud por debajo del 1'5H:1V.

Capacidad portante: En relación con la diversidad litológica, estructural y geomorfológica ya apuntadas en apartados anteriores, la capacidad resistente de este grupo litológico se considera que podrá oscilar normalmente entre moderada y baja circunstancialmente en zonas de media ladera. En cualquier caso se aconseja la ejecución de estudios pormenorizados de este grupo en caso de necesidad de apoyos en él.

Ripabilidad: Grupo ripable en su totalidad.

TOBAS Y TUFITAS (122b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por una sucesión de tobas y tufitas volcánicas en bancos de espesor métrico y decamétrico, concordantes con la estratificación. Las tobas son rocas piroclásticas, bien soldadas y constituidas por fragmentos de roca volcánica y metamórfica. Los clastos de roca volcánica son mayoritarios, presentan tonos verdosos y un aspecto vítreo. Las tufitas están constituidas por areniscas cuarcíticas con fragmentos de rocas volcánicas. Dentro del paquete volcánico es frecuente encontrar intercalaciones de naturaleza pizarrosa que suelen incluir en su interior material de tipo piroclástico. Se han detectado algunos niveles de alteración hidrotermal o pneumatolítica, que presentan en su interior minerales como azufre, yeso y otros sulfatos. La compacidad y la dureza se estiman muy altas. En términos generales presenta una alterabilidad muy baja, si se exceptúan los niveles que contienen sales. (Fotos 48 y 49).



Foto 48. *Pizarras y rocas vólcanicas pertenecientes al grupo litológico (122b). pk(243) de la carretera nacional 430.*

- Estructura

  Estratigráficamente se sitúa dentro del grupo litológico 122a. Estructuralmente está ubicado exclusivamente dentro del sinclinal de La Puebla de Don Rodrigo. Los mejores afloramientos están entre el kilómetro 242 y 244 de la Carretera Nacional 430 Badajoz - Cuidad Real. Posee una buena continuidad lateral. En su conjunto posee una estructura lentejonar. Se encuentra fuertemente plegado y fracturado. La intensidad del diaclasado se considera moderada. El buzamiento de las capas es subvertical.. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima entre 75 y 200 metros.



Foto 49. *Detalle de los materiales soldados de tipo piroclástico pertenecientes al grupo litológico (122b). Pk (243) de la carretera nacional 430.*

- Geotecnia

  Permeabilidad: Materiales sólo permeables por fisuración. Conjunto poco permeable en general.

  Estabilidad natural: Se han detectado algunas roturas de pendiente fósiles debido a corrimientos.

  Taludes artificiales observados: El talud excavado en esta formación lo hace perpendicular a la capa. Los estratos duros y competentes de los materiales volcánicos resisten bien las pendientes fuertes adoptadas en el talud aunque no están ausentes problemas de desprendimientos y corrimientos de cuñas. Los paquetes más pizarrosos sufren una degradación más rápida.

  Taludes recomendados: En direcciones de excavación que formen en ángulo superior a los 45° con el rumbo de las capas, los taludes aconsejables no deben exceder del valor 1H:2V, el cual, será válido asimismo para taludes con capas a contrapendiente.

Capacidad portante: Los materiales de este grupo, especialmente los horizontes de estratos potentes volcánicos poseen una capacidad resistente muy elevada, en tanto que los de naturaleza pizarrosa sólo se les puede exigir una respuesta moderada en apoyos superficiales a media ladera. Circunstancialmente estos terrenos están afectados por roturas de gravedad, a consecuencia de lo cual, las condiciones resistentes del terreno en estas áreas, localizadas, quedarán disminuidas. La posible presencia de sales solubles en algunas capas pizarrosas aconseja en cualquier caso a estudios pormenorizados en la detección de estos elementos por sus implicaciones geotécnicas y su problemática de agresividad.

Ripabilidad: Grupo no ripable en su gran mayoría.

PIZARRAS (122a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por pizarras pardo negruzcas en corte fresco y de tonos verdosos y rojizos el horizonte de alteración. Se trata de pizarras microcristalinas de sericita y clorita con una cantidad muy variable, dependiendo de los tramos, de limo fino de cuarzo y micas. Se trata en su conjunto, de una serie bastante homogénea litológicamente. Presentan una compacidad alta. La dureza se estima moderada. El grado de alteración es muy alto, en especial bajo el contacto con las unidades cenozoicas. Localmente, como producto de la alteración este grupo puede transformarse en una arcilla muy plástica de tonos rojos vinosos. A veces es frecuente encontrar pequeños niveles de areniscas y cuarcitas ricas en óxidos de hierro y micas generalmente oxidadas a la base de la unidad. Estos pequeños niveles detríticos son de grano fino, subredondeados y subangulosos, y están formados mayoritariamente por cuarzo, y en menor proporción fragmentos de roca volcánica alterada a cloritas y óxidos de hierro. Suele estar muy cubierto por coluviales y mantos de alteración pertenecientes al grupo litológico (C1), o por otros diversos depósitos cuaternarios, muy someros, tipo glacis. En el área Oeste del Tramo en las cercanías del Puente de Retama sobre el río Guadiana aparecen intercalaciones importantes de rocas volcánicas, que cuando tienen unas dimensiones significativamente cartografiables, se han diferenciado como el grupo litológico 122b. (Foto 50).

- Estructura

Da lugar a áreas deprimidas y a relieves muy suaves. Cartográficamente, se localiza a lo largo de la margen derecha del río Guadiana. Las pizarras presentan una esquistosidad hercínica muy penetrativa, por lo que es muy difícil diferenciar las superficies de estratificación original. El grado de plegamiento se considera intenso en

todo el grupo. Asimismo, se han detectado muchas fallas inversas y planos de cabalgamiento en el interior de este grupo. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima en 500 metros.



Foto 50. *Cuarcitas alteradas pertenecientes al grupo litológico (122a) en el pk (260'5) de la carretera nacional 430.*

- Geotecnia

Permeabilidad: Este grupo presenta una impermeabilidad muy alta y solo por fisuración lo será de forma muy moderada.

Estabilidad natural: Las zonas ocupadas por los materiales de este grupo es normal que hayan desarrollado un paisaje escarpado que delata una débil resistencia ante la erosión lineal, especialmente en áreas donde los paisajes aparecen con un manto de alteración profundo. Por otra parte los movimientos gravitacionales de ladera son relativamente frecuentes cuando estos materiales soportan algún grupo litológico que pueda crear un acuífero colgado sobre las pizarras; normalmente los materiales detríticos del terciario y cuaternario; problemática que se ve favorecida por la alteración profunda que se observa en gran parte de este grupo. (Foto 51).



Foto 51. *Pequeña cantera de arcillas donde se explotó los materiales alterados del grupo litológico (122a). Pk (261) de la carretera nacional 430.*

Taludes artificiales observados: Se trata en general de desmontes bajos o medios que no superan los 10 metros de altura normalmente en los cuales la pendiente dada suele oscilar entre el 1H:2V y el 1H:1'5V, raramente el 1H:1V. El deterioro de estos taludes están muy relacionados con el grado de alteración de la roca y muy especialmente con la existencia de formaciones suprayacentes que constituyan acuíferos, como pueden ser los depósitos de raña o coluviones potentes. En estos casos es normal que las pizarras se vean afectadas por deslizamientos que reactivan antiguos movimientos fósiles o latentes. En cualquier caso es normal encontrar en el primer metro del terreno de las superficies de media ladera, aunque sean poco pronunciadas fenómenos de vuelco y reptación de estratos. (Fotos 52 y 53).



Foto 52. *Talud excavado sobre los materiales pizarrosos del grupo litológico (122a). Pk(264) de la carretera nacional 430.*



Foto 53. *Corrimiento de una cuña en pizarras deslizadas del grupo 122a en zona de contacto por falla con el grupo 122b. Pk.(243) de la carretera nacional 430.*

Taludes recomendados: Siempre que las pizarras están desprovistas de recubrimientos potentes constituidos por formaciones permeables que puedan crear acuíferos colgados, las pendientes aconsejables pueden oscilar entre la 1H:1'5V y 1H:1V para las áreas con mayor alteración y la 1H:2V para las pizarras poco alteradas. Circunstancialmente la estructura local desfavorable (alta tectonicidad, alteración profunda, roturas de ladera fósiles o latentes) requerirá taludes del orden 1'5H:1V o incluso más tendidos, o bien el adoptar medidas de contención. En las áreas en las que afloran algunos tramos constituidos por alternancias de pizarras y areniscas tableadas los taludes quedarán muy condicionados por la disposición de las capas, y los taludes a dar podrán oscilar entre 1H:2V y 1H:1V aunque lo aconsejable sería no proyectar pendientes por encima de 1H:1'5V.

Es recomendable la construcción de amplias cunetas al pie del talud y cunetas de guarda en la construcción de los mismos.

Capacidad portante: Los materiales de este grupo deben considerarse de resistencia moderada ante cargas superficiales; especialmente en solicitaciones a media ladera en donde con cierta frecuencia las condiciones portantes pueden llegar incluso a ser bajas en razón de la alteración profunda de la roca y la existencia de roturas de ladera por deslizamientos fósiles. En terrenos de superficies alomadas en áreas de poco a nada alteradas, la capacidad portante del terreno será normalmente alta o moderadamente alta, especialmente en los Tramos más altos de la serie en donde son frecuentes los Tramos de alternancias de pizarras, areniscas y cuarcitas.

Ripabilidad: Grupo mayoritariamente ripable que puede presentar localmente características de marginal en áreas de pizarras poco o nada alteradas con alternancias o no de arenisca y cuarcitas.

PIZARRAS Y GRAUVACAS (010a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por los tramos turbidíticos precámbricos aflorantes en el Tramo, y en menor proporción por la serie detrítico carbonatada que se intercala entre dos potentes series turbidíticas. Una característica bastante generalizada de los materiales que integran este grupo litológico es su alto grado de alteración y la potencia importante que adquiere la misma.

Las turbiditas constituyen series rítmicas muy monótonas donde alternan bancos grauváquicos gris verdosos y lutíticos verdosos, los primeros inferiores al metro. Las grauvacas se componen, principalmente de cuarzo, generalmente volcánico, en una proporción de hasta el 50% del total de la roca, con tamaño de grano varia-

ble entre 4 y 800 micras, feldespato (hasta el 20%), fragmentos de roca (entre el 10% y 20%), biotita (5%) y accesorios como circón, apatito, esfena y opacos. Como consecuencia del metamorfismo regional aparece en la matriz detrítica clorita y sericita por recristalización. Muy frecuentemente la roca está contaminada por oxidos de hierro que pueden llegar en ocasiones a suponer el 70% del total de la roca.

Las intercalaciones lutíticas entre los bancos de grauvacas corresponden a una pelita de color verdoso con aportes de cuarzo que puede llegar hasta el 50 % del total de la roca. La matriz es arcilloso - lutítica muy abundante (35 % - 40 %) que ricristaliza en sericita y clorita evidenciando un metamorfismo reginal muy bajo. Los óxidos de hierro pueden alcanzar el 15 % de la roca. (Foto 54).



Foto 54. *Relieve alomado en la serie turbidítica del grupo 010a. Entre las pizarras lutíticas alteradas destaca un paquete de garuvacas con dirección sinuosa y buzamiento verticalizado. Proximidades del cortijo Casas de la Dehesilla al Oeste del río Hojalora.*

La inclusión de una parte de los afloramientos de la serie carbonatada en este grupo, siempre en proporción superficial mucho menor que la ocupada por los materiales turbidíticos, se corresponde con tramos más lutíticos y alterados, en los que predominan las pizarras de diferente granulametría. Las de grano fino (limo - arcilla) están compuestas por sericita, clorita, óxidos de hierro, minerales opacos y cuarzo,

este último en proporción del 5% - 10%. Los otros niveles son de fracción arena fina, y están formados por cuarzo (40%) y feldespatos (40%) muy alterados, casi transformados en cemento. Los opacos son el 5% de la roca.

Las calizas son bioclásticas, oscuras, casi negras y aunque en la serie pueden adquirir espesores entre 2 cm y 6 ó 7 m en las áreas incluidas en este grupo no será normal encontrar bancos potentes. Las arcosas y grauvacas aunque están presentes en toda la sucesión son más frecuentes hacia el techo de la serie. En los enclaves incorporados a este grupo litológico son desde luego de menor importancia.

- Estructura

En los materiales incluidos dentro de este grupo litológico estarían representados, a grandes rasgos, gran parte de la serie precámbrica del Tramo. Se recogen en él mismo, la serie turbidítica inferior de edad Vendiense cuya potencia se estima estre 500 y 600 m, una parte del afloramiento de la serie detrítica carbonatada que se superpone a la anterior y puede llegar a espesores entre 350 y 120 m, y finalmente otro tramo lutitico grauváquico a techo de la serie que con el anterior representan al vendiense superior.

La serie precámbrica representada por estos materiales constituye una amplia estructura anticlinal (Domo de Abenojar) con varios ejes orientados N-S aproximadamente que son cortados por fallas de direcciones NE-SO y NO-SE que estructuran y tectonizan muy fuertemente a los materiales. El contacto que estas series establecen con el Ordovícico es discordante y con frecuencia mecanizado.

Este grupo constituye relieves alomados y suaves, que perfilan una superficie de planización. Se encuentra siempre en cotas inferiores a los relieves cuarcíticos paleozoicos. Posee una estructura tabular, alternante irregular y bastante homogénea. Los bancos grauváquicos poseen una potencia que oscila entre 10 cm y 1 m, localmente estos bancos pueden tener potencias algo mayores como 2 ó 3 m. Por lo general la estructura de los bancos es masiva. La continuidad lateral de los bancos supera la centena de metros. Los bancos pizarrosos tienen una potencia entre 50 cm y 2 m, y se encuentran frecuentemente laminados. En grado de alteración es variable, pero se puede dar como alto en términos generales. El grado de fracturación y la intensidad de diaclasado son altos. El grado de metamorfismo es muy bajo. Se encuentra intensamente plegado y fallado.

- Geotecnia

Permeabilidad: Este grupo presenta permeabilidad solamente por fisuración. No obstante pueden diferenciarse al menos dos áreas diferentes al respecto en razón del grado de meteorización del grupo. En los terrenos donde existe un manto profundo de alteración meteórica la capacidad de infiltración de las aguas de escorrentía es menor que aquellos en donde tal capa de suelo no existe o es muy escasa.



Foto 55. *Deslizamiento en profundidad de los materiales alterados del grupo litológico (010a). En el segundo plano se observa como la carretera ondula a consecuencia de los movimientos de la ladera. Camino al castillo de Hojalora desde la Casa de las Terceras.*

Estabilidad natural: Las pizarras y grauvacas, por lo general muy alteradas en este grupo, no resisten pendientes acusadas y a veces ni siquiera moderadas, constatado al haber observado alguna rotura de ladera en terrenos suavemente alomados. (Foto 55). Los problemas de inestabilidad de laderas está muy catalizado por la existencia de plataformas de erosión y acumulación de glacis y rañas que se apoyan sobre este grupo creando sobre el mismo pequeños freáticos colgados que a la postre son los causantes de la inestabilidad observada. Se trata de un fenómeno bastante extendido. Cuando los materiales aflorantes están desprovistos de ese manto de alteración profundo el terreno presenta una buena estabilidad natural.

Taludes artificiales observados: Prácticamente no existen en el Tramo taludes de excavación en estos materiales. Los observados fuera del mismo en materiales sin alteración son de dimensiones medias y de perfiles muy fuertes.

Taludes recomendados: La excavación de taludes en rocas muy alteradas de este grupo litológico requerirá en general pendientes muy tendidas no superiores al 1’5H:1V, y en el caso de existir una montera de material granular procedente de una raña o glacis convendría eliminarla retranqueando en lo posible este nivel y drenar convenientemente, de las plataformas creadas, las aguas meteóricas mediante cunetas de guarda.

En los terrenos no alterados que son los menos en este grupo, el diseño de taludes debe estar condicionado por la estructura local que presenta el grupo. En el caso favorable los desmontes podrían admitir valores en el entorno 1H:1’5V a 1H:2V. En condiciones favorables inducidas por las direcciones y entramado de los planos de estratificación, esquistosidad, diaclasado y fractura, las pendientes aconsejables pueden descender hasta por debajo del valor 1H:1V. Lo normal es que no puedan excavarse taludes con pendientes superiores al 1H:1V debido a la alteración profunda que afecta a gran parte de este grupo litológico y a su alto grado de diastrofismo.

Capacidad portante: Las rocas alteradas de este grupo, que son mayoría se las debe suponer con resistencias de moderadas a bajas. A media ladera no es aconsejable cimentar superficialmente; especialmente si existen por encima plataformas con depósitos detríticos (rañas, glacis, etc ...), ya que, en estos casos es muy frecuente que las laderas estén afectadas por deslizamientos de gravedad.

Las rocas poco o nada alteradas del grupo se consideran con resistencia alta aunque en apoyos superficiales a media ladera la capacidad portante puede llegar a ser moderada en razón de la estructura.

Ripabilidad: La mayoría del grupo, al menos en los primeros metros que se aprecian alterados, será ripable. No lo serán por medios mecánicos normales las áreas poco o nada alteradas y las situadas por debajo del horizonte de alteración.

PIZARRAS, CALIZAS, GRAUVACAS, ARENISCAS Y BRECHAS INTRAFORMACIONALES (010b)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por la serie intermedia del Vendiense de naturaleza detrítico carbonatada situada entre las series turbidíticas que constituyen en su mayoría el grupo 010a.

  Los materiales más abundantes son las pizarras que presentan bandeados milimétricos y centimétricos de diferente granulometría. Las de grano fino son del orden limo - arcilla y están compuestos por sericita, clorita, óxidos de hierro, minerales opacos y cuarzo, este último en una proporción del 5 %. Los de grano más grueso son de tipo arena fina y están formados por cuarzo (40 %) y feldespato (40 %) muy alterados y transformados casi a cemento. Los minerales opacos representan al 5 % del total de la roca.

  Las calizas son de tonos obscuros, casi negros. Se intercalan entre las pizarras en bancos que pueden tener potencias entre unos pocos centímetros y 6 ó 7 metros.

  Se trata de bioclastitas ricas en restos orgánicos con una textura alotriomorfa heterogranular de cristales de calcita maclados polisintéticamente. En la composición aparece también cuarzo detrítico de tamaño arena fina en proporción del 5% - 10%, así como elementos terrígenos tamaño fino en proporción menor del 5%, opacos y sombras de elementos aloquímicos que corresponden a fósiles.

  Las grauvacas y areniscas arcósicas están presentes en toda la sucesión. Se intercalan constituyendo bancos de 20 – 40 cm de potencia, incrementando su presencia hacia el techo de la serie. Las arcosas se componen de cuarzo (60 % - 70 %) y feldespato alterado generalmente a sericita. La turmalina, circón, rutilo, micas y opacos constituyen los minerales accesorios. El cemento está integrado por sericita y óxidos de hierro.

  Las grauvacas se componen de cuarzo (50% - 65%), feldespatos (10% - 25%) muy alterados a sericita y óxidos de hierro, y minerales accesorios (circón, apatito, rutilo, micas y opacos). El cemento es limo - arcilloso y ocupa el 15% del total de la roca.

  Dentro de este grupo aparecen también en la zona del río Hojalora un tramo de brechas intraformacionales formadas por cantos de materiales grauváquicos, semejantes en todo a las grauvacas que constituyen las series turbidíticas, inmersos en una matriz inicial lutítica. En campo, estos esquistos suelen presentarse menos alterados que las pizarras y grauvacas de las series turbidíticas inferior y superior. (Foto 56).



Foto 56. *Relieve y aspecto superficial de las rocas constitutivas del grupo litológico (010b). En primer término se observan brechas intraformacionales. En un plano intermedio se observa la serie detrítico carbonatada coronada por las dolomías del grupo 010d. Casa de Navalsordo. Proximidades del castillo de Hojalora.*

- Estructura

Este grupo constituye relieves alomados y suaves, que perfilan una superficie de planización. Muestra una resistencia a la erosión más importante que el grupo (010a), debido a su menor grado de alteración. Se encuentra siempre en cotas inferiores a los relieves cuarcíticos paleozoicos. Posee una estructura tabular, alternante irregular y bastante homogénea. Por lo general la estructura de los bancos es masiva. Los materiales de este grupo afloran dentro de una estructura anticlinal (Domo de Abenojar) que ocupa la mayor parte de la franja sur del Tramo correspondiente a la Hoja 783 (Abenojar). Una serie de grandes pliegues anticlinales orientados de Norte a Sur y cortados por fallas de dirección NE-SO y NO-SE, estructuran y tectonizan fuertemente a estos terrenos. El contacto que se establece con el Ordovícico es discordante y frecuentemente mecanizado. El grado de metamorfismo es muy bajo. La potencia de este grupo litológico se estima que puede estar comprendida entre 120 y 350 metros.

- Geotecnia

Permeabilidad: Grupo permeable sólo por fisuración.

Estabilidad natural: En general no se han observado problemas de mención en estos terrenos.

Taludes artificiales observados: Dentro del Tramo no existen taludes de excavación en este grupo si exceptuamos pequeños desmontes en caminos.

Taludes recomendados: En general, los taludes que podrán excavarse en este grupo litológico tendrán pendientes superiores a 1H:1’5V, llegando en casos favorables a poder definir taludes subverticales. No obstante, debe pensarse que se trata de materiales fuertemente estructurados y tectonizados que crearán problemas de inestabilidad de cuñas y corrimientos entre capas, como norma general en todos los taludes. La gravedad de este problema que deberá dilucidarse en cada caso concreto, con estudios detallados será en definitiva la que condicionará, a nivel local, las características aconsejables en cada caso.

Capacidad portante: Salvo en laderas con fuertes pendientes en donde los apoyos superficiales pueden encontrar terrenos rotos por vuelco de estratos o muy tectonizados circunstancialmente, pueden hacer que la respuesta resistente sea moderada o incluso, en casos muy desfavorables, baja. Estos terrenos se deben considerar con capacidad portante alta en general.

Ripabilidad: En principio este grupo no se le considera ripable por medios mecánicos normales.

CONGLOMERADOS 010c)

- Litología

Este grupo litológico esta constituido por conglomerados poligénicos integrados principalmente por cantos redondeados de origen ígneo y metamórfico, cuarzo y cuarcita, aunque también son frecuentes los de naturaleza pizarrosa y esquistosa, y con un tamaño medio comprendido entre 0.5 y 5 cm. Es un conjunto granosostenido y fuertemente ligado por un cemento silíceo. El cemento constituye menos del 5% del total de la roca, y está compuesto mayoritariamente por cuarzo y en menor proporción sericita, clorita y óxidos ferruginosos. La potencia de los bancos es muy variable, pero suele ser siempre del orden métrico. La compacidad y la dureza es muy alta.



Foto 57. *Conglomerados precámbricos pertenecientes al grupo litológico (010c) formando una pequeña cuerda en contacto con los materiales del grupo 010b. Fotografía tomada desde las ruinas del castillo de Hojalora.*

- Estructura

  Este grupo presenta pequeñas crestas dentro del relieve alomado del precámbrico. (Foto 57). Su distribución geográfica se restringe al área sur del Tramo estudiado. Los afloramientos tienen una estructura lenticular y su continuidad lateral no supera el kilómetro. Los bancos tienen interiormente una estructura masiva. El grado de alteración es bajo. La fracturación y la intensidad del diaclasado son altos. Se encuentran intensamente plegados y el grado de metamorfismo es muy bajo. Como norma general los buzamientos son fuertes o muy fuertes. La potencia aproximada del grupo varía mucho, desde 2 m en el arroyo de Las Huertas hasta casi 70 metros en el río Tierteafuera.

- Geotecnia

  Permeabilidad: Grupo permeable por fisuración.

  Estabilidad natural: Gran parte de los escasos afloramientos de este grupo se ven estructurados por roturas de gravedad a media ladera. Se trata en estos casos de corrimiento de estos estratos sobre pizarras alteradas en áreas donde además se aprecia una gran tectonicidad.

  Taludes artificiales observados: No existen en este grupo dentro del Tramo.

Taludes recomendados: Estas rocas permiten excavarse con taludes subverticales.

Capacidad portante: Estos materiales poseen una alta resistencia y compacidad. No obstante, y aunque es muy poco probable que los pequeños afloramientos llegasen a ser afectados por alguna estructura, se debe tener en cuenta las implicaciones de estos materiales en deslizamientos de ladera en parte de los afloramientos existentes, lo cual supone una rebaja sustancial de las condiciones resistentes de estos terrenos ante solicitaciones de carga.

Ripabilidad: Materiales no ripables.

DOLOMIAS (010d)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por dolomías masivas de tonos marrón - crema. Al microscopio presenta una textura en mosaico heterogranular de cristales sub e idiomorfos de dolomita ferrosa. Localmente presenta un aporte detrítico apreciable, con granos de cuarzo de tamaño arena. Existen variaciones laterales importantes en la litología, predominando en algunos lugares intercalaciones cuarcíticas y otros niveles calizos. La compacidad y la dureza son altas. (Foto 58).



Foto 58. Fotografía realizada desde la entrada de la cueva de los Muñecos a los materiales del grupo litológico (010d). Se puede observar su intensa fracturación, su aspecto superficial tipo kárstico con alguna surgencia en el talud.

- Estructura

  La morfología de este grupo, típicamente kárstica, muestra un relieve en lomas y la superficie del afloramiento constituye un lapiaz en toda su extensión. Este grupo esta localizado casi enteramente al norte de río Hojalora, en el paraje de la Cueva de los Muñecos. Esta cueva es una cavidad de origen karstico. A escala de afloramiento posee una estructura tabular bien estratificada con bancos de orden métrico, incluidos dentro del núcleo del anticlinorio de Abenojar. Presentan un grado de fracturación alto, y una intensidad de diaclasado moderada - alta. La potencia de este grupo se estima en 250 metros.

- Geotecnia

  Permeabilidad: Este grupo litológico presenta una alta permeabilidad por fisuración y karstificación.

  Estabilidad natural: En las laderas escarpadas de las márgenes del río Hojalora encajado en estos materiales se puede apreciar que este grupo posee en general una buena estabilidad natural, aunque en el meandro del río Tierteafuera de donde desemboca el Hojalora existe una gran rotura de gravedad en las calizas.

  Taludes artificiales observados: No se han detectado en el Tramo de estudio taludes excavados en estos materiales.

  Taludes recomendados: En taludes medios, las pendientes que en principio podrían diseñarse serían fuertes, en el entorno de 1H:3V. Por otra parte es muy probable que dada la fuerte estructuración de estos materiales y la profunda karstificación, surjan frecuentes problemas de desprendimientos, rellenos arcillosos y voladizos que requerirán tratamientos locales o diseños más tendidos.

  Capacidad portante: La dureza y compacidad de las calizas dolomíticas confieren al grupo una alta o muy alta capacidad de carga en general. Sin embargo, la estructura kárstica de estas rocas introducen un factor importante de incertidumbre a la hora de apoyar en ellos estructuras que transmitirán cargas de alguna entidad. El karst existente ha dado lugar a una cavidad visitable, denominada Cueva de los Muñecos, en el afloramiento más importante de estas rocas situado en la zona de confluencia de los ríos Hojalora y Tierteafuera.

  Con lo descrito se quiere significar la importancia y necesidad de obtener datos detallados en profundidad en casos de cimentación de estructuras.

  Ripabilidad: Grupo no ripable.

CUARCITAS (010e)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por cuarcitas blancas con un tamaño de grano variable entre 0.5 y 1.5 mm. La naturaleza de los granos es principalmente silícea, y su naturaleza es ígnea y metamórfica, y constituyen el 95% del total de la roca. Los granos tienen un grado de redondez elevado y la esfericidad es media. En mucha menor proporción (3%) contiene granos de feldespato, ya en calidad de accesorio. La matriz es muy escasa y el cemento es detrítico muy fino (limolítico-arcilloso) y ferruginoso.

- Estructura

  Este grupo aparece intercalado dentro de los grupos litológicos (010a) y (010b), y constituye pequeños resaltes topográficos dentro de estos grupos. La estructura es tabular con forma lenticular, y su continuidad lateral es bastante escasa. Alterna irregular con pequeñas pasadas de pizarras que no superan el centímetro de espesor. La compacidad y la dureza son muy altas. El grado de alteración es alto, al igual que el de fracturación y la intensidad de diaclasado. Se encuentra intensamente plegado con un grado de metamorfismo muy bajo. La disposición y el buzamiento varía ampliamente dependiendo de la estructura tectónica en la que se encuentra involucrado. La potencia de este grupo oscila entre 10 y 70 metros.

- Geotecnia

  Permeabilidad: Materiales solo permeables por fisuración.

  Estabilidad natural: No se han observado problemas en los reducidos afloramientos de este grupo en la zona del Tramo.

  Taludes artificiales observados: No existen en este grupo.

  Taludes recomendados: Se podrán excavar con pendientes subverticales.

  Capacidad portante: Se estima alta en general.

  Ripabilidad: Materiales no ripables.

GRANITOIDES (002)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por diques de granitoides. Se trata de una roca muy compacta, con una alterabilidad muy baja y de color verde grisáceo. Presenta una textura porfídica de fenocristales de cuarzo, feldespato y augita, dentro de una matriz microcristalina verde grisácea. Los fenocristales de cuarzo son muy limpios, holocristalinos e idiomorfos, y su tamaño oscila entre 3 y 5 mm. Los feldespatos poseen un color crema claro, y los bordes están parcialmente alterados. Los cristales son idiomorfos y faneríticos, y el tamaño medio de los fenocristales es de 4 mm. Las augitas son muy frescas y presentan un color negro brillante, son faneríticas y euhedrales, con un tamaño medio de 1 mm. La roca presenta una dureza y compacidad muy altas. (Foto 59).



Foto 59. *Bolo de granitoides perteneciente al grupo litológico (002). Casa de Cabeza Labrada, proximidades de la Majada de las Camas.*

- Estructura

Este grupo apenas da en el paisaje resaltes dentro del relieve alomado del precámbrico. Su distribución geográfica se restringe prácticamente al Sur del tramo. Intruye dentro del grupo litológico (010a). Presenta una estructura tabular en dique,

con una disposición subvertical. La continuidad de los diques no supera en ningún caso los 1000 metros. Interiormente presenta una estructura porfídica, sin orientación cristalográfica y muy uniforme a escala de afloramiento. La compacidad y dureza de estas rocas se estima muy altas. el grado de alteración es bajo. El grado de fracturación es alto, y la intensidad del diaclasado es moderada. En los afloramientos observados no se han detectado signos de plegamiento. El grado de metamorfismo es muy bajo. La potencia de los diques es muy variable y oscila desde los no cartografiables por tener una potencia de escasos metros, a los cartografiables con alrededor de 100 metros.

- Geotecnia

  Permeabilidad: Materiales con permeabilidad por fisuración exclusivamente.

  Estabilidad natural: Grupo sin problemas al respecto debido a sus pequeños afloramientos dentro otras razones.

  Taludes artificiales observados: No existen.

  Taludes recomendados: Por sus escasos afloramientos en la zona de estudio es poco probable la construcción de taludes artificiales en estas rocas. No obstante se puede estimar que estas rocas pueden excavarse con taludes subverticales.

  Capacidad portante: La resistencia de los granitoides debe estimarse muy alta en principio. No obstante se debe considerar la posible existencia de áreas de alteración en estos materiales intrusivos que harían disminuir la capacidad portante hasta valores moderados.

  Ripabilidad: Grupo no ripable; sólo en áreas de alteración, posibles, lo sería.

3.4.5. Grupos geotécnicos

En este apartado se agrupan, según ciertas características geotécnicas comunes, las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior.

- Grupo geotécnico G1

  Aluvial. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológico A1 y a1. Está formado por gravas y gravillas subredondeadas y sueltas, de cantos de cuarcita, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. Materiales permeables por percolación y porosidad. Terrenos sometidos a la dinámica fluvial. Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para fundar sobre ellos estructuras de

ningún tipo, de las cuales habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

- Grupo geotécnico G2

  Fondos de valle. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos A2, a2. Está formado por gravas y cantos de cuarcita y en menor proporción de cuarzo, pizarra, caliza y rocas volcánicas. Permeabilidad entre buena y moderada. Localmente pueden presentarse problemas por causa de una escorrentía superficial deficiente. Problemas de naturaleza erosiva en épocas de lluvias torrenciales. Terrenos poco o nada consolidados que sólo admiten cargas muy someras, donde cualquier solicitud de alguna entidad debe ser transferida al substrato próximo. Materiales excavables en su totalidad.

- Grupo geotécnico G3

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupo litológicos 350, g, D, d, T, AT. Las formaciones litológicas que integran este grupo geotécnico presentan permeabilidades que pueden oscilar de muy altas a moderadas e incluso bajas. Los terrenos aquí incluidos están sometidos al impacto de los procesos dinámico - fluviales con sus secuelas de erosión, aterramientos e inundaciones. La mala escorrentía superficial, la posible presencia de horizontes limo - arcillosos y la existencia de un subálveo próximo en las terrazas debe estimarse baja e incluso a veces muy baja por la presencia de áreas pantanosas y turbosas. La fundación de estructuras habrá que referenciarlas normalmente al substrato. Materiales perfectamente ripables.

- Grupo geotécnico G7

  Formaciones de naturaleza detrítica limo-arcillosas y areno-conglomeráticas poco consolidadas. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico 321b. Formaciones con permeabilidad diversa según sea la naturaleza de los horizontes constitutivos de la misma a nivel local. Los rápidos y constantes cambios laterales en estas formaciones de borde de pequeñas cuencas continentales caracterizan esta alternancia en la vertical y horizontal de horizontes permeables e impermeables. En general predomina el carácter poco permeable. La estabilidad natural de este grupo no es buena cuando conforma morfologías de media ladera; es muy frecuente ver a estos terrenos estructurados por deslizamientos fósiles. Los taludes de excavación no deberían superar el 1H:1V estimando, por otra parte, que en muchas ocasiones los desmontes requerirán pendientes más tendidas. Los taludes que podrán excavarse en este grupo serán normalmente de tamaño pequeño o moderado. La capacidad portante podrá fluctuar entre moderada y baja. A media ladera se debe temer siempre los procesos de rotura por gravedad pre-existentes. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G9

  Grupo pizarroso y pizarro-grauvaquico. Este grupo está conformado por los grupo litológicos 010a, 010b, 122a, 123. Materiales que condicionan sus respuestas geomecánicas a su naturaleza esquistosas pizarreña a pizarroso - grauváquico y al muy alto diastrofismo provocado por la tectónica. Son terrenos muy poco permeables y la que puedan tener es de naturaleza fisural. La estabilidad natural de las vertientes que constituyen es muy deficiente cuando presentan un manto de alteración superficial importante y existe alguna formación de naturaleza permeable que constituyan freáticos colgados sobre ellas. Los taludes que podrán soportar dependerá del grado de alteración de las rocas y la geometría local de las discontinuidades estratigráficas, metamórficas y tectónicas. En general son terrenos en los que normalmente no deberían proyectarse taludes por encima del 1H:1V. La capacidad de carga puede fluctuar en un amplio registro de valores que abarcan desde altos a bajos; estos últimos serán posibles en áreas de medias laderas en zonas de alteración profunda, en donde las roturas de vertiente por gravedad son frecuentes. En general debe esperarse respuestas resistentes moderadas en cargas superficiales en gran parte por los terrenos ocupados por estos materiales, sin olvidar que existen también áreas importantes de esquistos poco alterados y de morfología adecuada muy aptos para soportare cargas importantes. Gran parte de estos terrenos se pueden incluir en el grupo de materiales ripables y de ripabilidad marginal. Las pizarras muy alteradas de los grupos (010a) y (122a) lo serán en gran medida. Por otra parte, los grupos 010b y 123 lo más que podrán presentar una ripabilidad marginal en pequeñas áreas. En todos los casos se considera medios mecánicos normales.

- Grupo geotécnico G10

  Cuarcitas y conglomerados siliceos. Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (010c) y (010e). Estos materiales sólo presentan permeabilidad por fisuración. La estabilidad natural de los terrenos que constituyen una buena en general, aunque en ellos se da de forma moderada procesos de desprendimientos en los escarpes serranos que suelen conformar. Los taludes de excavación podrán diseñarse con pendientes muy fuertes con tendencia a la subverticalidad, aunque siempre estarán sometidos a procesos de desprendimientos de bloques y cuñas debido a la fuerte tectonicidad que normalmente acompaña a las formaciones hercínicas en el Tramo. La capacidad portante debe estimarse muy alta en principio. Grupo no ripable.

- Grupo geotécnico G11

  Calizas y dolomías. Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico (010d). Los materiales constitutivos de este grupo son permeables por fisuración y karstificación. Su estabilidad natural es buena aunque se ha observado alguna rotura de ladera por gravedad, fósil. Los taludes de excavación que se aconseja diseñar en estos terrenos deberían tener pendientes medias no superiores al 1H:1'5V en razón de la fuerte estructuración de las rocas y la probable presencia de rellenos arcillosos de cavidades kársticas. La capacidad portante debe considerarse en principio como alta y muy alta, aunque la karsticidad de estos terrenos supone la introducción de un factor de incertidumbre y riesgo que habría que despejar en cualquier caso. Grupo no ripable.

3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 3

Los terrenos ocupados por la Zona 3 presentan problemas de tipo topográfico, hidrológicos, litológico, geomorfológico y geotécnico.

Los problemas topográficos proceden de la necesidad de enlazar entre si las plataformas creadas por las rañas y glacis pasando sobre los barrancos encajados que las disectan y descender desde dichas plataformas a las terrazas bajas de los valles, descensos obligados, dada la morfología de los valles, que conectarán en muchas ocasiones superficies con desnivel de más de 100 metros.

Los problemas hidrológicos se relacionan con la falta de escorrentía superficial en áreas de plataforma y terrazas bajas y la existencia de acuíferos colgados creadas entre los materiales detríticos de las rañas, glacis y terrazas y el substrato terciario o precámbrico - paleozoico.

La presencia de formaciones arcillosas en terrenos del Plioceno y en los mantos de alteración de origen terciario sobre el zócalo precámbrico - paleozoico, así como la posible presencia de limos, arcillas y turbas en las terrazas de inundación de los valles fluviales principales, será motivo de problemas en la construcción de infraestructuras viales.

La problemática geomorfológica se desarrolla en tres frentes. Por un lado, los procesos erosivos son bastante importantes en una red hidrográfica muy diversificada y de carácter dendrítico en muchas ocasiones. Ligado a los procesos de dinámica fluvial el impacto de avenidas periódicas, que inundan las amplias terrazas bajas aluviales, puede llegar a ser muy importante sobre las infraestructuras de cualquier tipo asentadas sobre aquellas. Por último existe una fenomenología de inestabilidad de laderas que si bien no es en general muy profunda esta por otra parte muy extendida en los taludes naturales de los barrancos y valles encajados en las plataformas pliocuaternarias en cuya base afloran los materiales terciarios arcillosos a los metamórficos pizarrosos muy alterados.

Los problemas geotécnicos derivan esencialmente de la falta de resistencia de muchas formaciones que ocupan la Zona 3, especialmente las formaciones arcillosas del Terciario y Cuaternario y las pizarras alteradas del Precámbrico y Paleozoico. La excavación de taludes creará en estas zonas una problemática de deslizamiento de tipo rotacional esencialmente, cuya base de despegue se referenciará normalmente en los horizontes arcillosos pliocenos y el nivel de alteración profunda que afecta al substrato antiguo.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS TOPOGRAFICOS

La accidentada orografía del Tramo surcada de sierras en todas direcciones se ve paliada en parte por la existencia de una amplia red de valles fluviales que facilitan el tránsito de unas áreas a otras.

Las sierras cuarcíticas del Ordovícico impondrán siempre a los valles fluviales y a las depresiones al norte y al sur del Tramo como los únicos corredores naturales para cualquier vía de comunicación. En cualquier caso los itinerarios de dirección E-O que serían los que interesan esencialmente a este estudio encontrarían dificultades moderadas dado que existen importantes valles que a grandes rasgos se alinean con estas direcciones y que posibilitarían trazados bastante idóneos no exentos como se ha dicho antes de algunas dificultades.

4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS HIDROLOGICOS

El agua es siempre el factor catalizador de casi todos los problemas que afectan a las vías de comunicación. En el caso del Tramo en estudio se deben destacar tres ámbitos en donde la presencia de agua, de recurrencia estacional o permanente, es causa de problemas para los infraestructuras que de alguna forma interfirieran directa o indirectamente con ellas.

La abundancia de terrenos arcillosos y de arcillas expansivas con yesos en terrenos del plioceno supone que estos sean altamente sensibles a los cambios de humedad de los mismos.

La presencia de yesos diseminados en esta formación supone un riesgo de agresividad de las aguas de circulación freáticas. La existencia de estructuras de deslizamientos fósiles y latentes en las laderas recubiertas por derrubios de gravedad y substratos precámbrico - paleozoicos alterados suponen asimismo, terrenos muy proclives a la deformación natural y muy especialmente bajo sobrecargas impuestas si el agua está presente.

Con ocasión de las lluvias torrenciales del invierno de 1996 - 97 muchas laderas estructuradas con deslizamientos fósiles o latentes reactivaron dichas estructuras ante una sobrecarga hídrica muy importante creadora de altas subpresiones en el terreno. Con motivo de las lluvias descritas y mencionadas asimismo en los capítulos que se trata de procesos geomorfológicos, elevaron considerablemente los niveles piezométricos, los cauces de inundación se desbordaron, las pequeñas cuencas endorreicas creadas por los

cráteres de explosión del vulcanismo de los Campos de Calatrava, secas durante muchos años, se vieron colmatadas.

Los problemas que el agua puede crear en regiones climáticas extremas de tipo mediterráneo como las existentes en la zona son sin duda muy importantes a todos los niveles.

4.3. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS LITOLOGICOS

Los problemas que pueden derivarse de la naturaleza litológica de las formaciones existentes en el tramo se polarizan de forma muy especial en los materiales pliocenos de naturaleza arcillosa y margosa que rellenan las pequeñas cuencas del Tramo formando parte de las Zonas 1 y 3. Serán los grupo litológicos 321b y 322a los que en principio deberán considerarse como más peligrosos a la hora de proyectar estructuras sobre ellos; en especial el grupo 322a en el que las arcillas expansivas son componentes importantes en las capas de deposición margosa y arcillosa. La presencia de yesos dispersos en las margas y arcillas abunda en las características negativas a nivel geotécnico de esta formación.

Otros materiales que ocupan también amplias extensiones y que pueden resultar muy problemáticas son los mantos de alteración profunda (V) en las series pizarrosas y pizarroso - grauváquicas del Precámbrico y Ordovícico. El componente caolínico de estos horizontes es muy alto y los problemas de asientos en los mismos puede ser importantes.

Por último en las terrazas de inundación de los principales cursos fluviales de la zona; especialmente el del río Guadiana de detectan zonas pantanosas de turbas y arcillas y limos de inundación de baja resistencia.

4.4. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS

Los procesos actuales de la geodinámica externa se desarrollan en tres áreas bien diferenciadas: vertientes de las sierras, laderas creadas por el encajamiento de arroyos sobre plataformas de raña y materiales pliocenos en general, y por último los lechos y terrazas de inundación de los cursos fluviales.

Las vertientes de las sierras presentan los siguientes procesos geomorfológicos:

- Alimentación de los canchales creados en el pleistoceno por crioclastismo en un clima periglaciar. Estas pedreras son superficies vivas en la actualidad.

- Deslizamiento por flujo o reptación de importantes masas de derrubios de gravedad estructuradas como deslizamientos fósiles originados mayoritariamente durante las fases periglaciares del clima de la región.

- Corrimientos entre capas y cuñas en laderas estructurales. Estos fenómenos que fueron importantísimos en etapas pretéritas durante el encajamiento de la red fluvial y períodos periglaciares, está supeditada actualmente a una posible reactivación de las grandes estructuras gravitacionales que estructuran las sierras paleozoicas, por modificaciones de la morfología actual de origen antrópico.

- Fenómenos de erosión y deposición en el curso y desembocadura de los arroyos y barrancos que disectan las sierras.

Las laderas excavadas en las depresiones que constituyen las zonas 2 y 3 las caracteriza los siguientes procesos morfodinámicos:

- Deslizamiento de depósitos detríticos de raña o glacis sobre los terrenos de la base de terciario de naturaleza limo-arcillosa o sobre el nivel de alteración de las pizarras paleozoicas o precámbricas.

- Deslizamientos de ladera en pizarras o pizarras y grauvacas muy alteradas.

- Desprendimientos y corrimientos ocasionados en laderas escarpadas construidas sobre calizas o dolomías.

- Erosión lineal dendrítica en áreas de pizarras alteradas.

Los lechos fluviales y las terrazas de inundación constituyen un área amplia e importante desde el punto de vista de la delimitación de espacios de corredor para trazados de infraestructuras de comunicación lineales.

Los problemas de naturaleza hidrodinámica son muy importantes y deben pesar mucho a la hora de diseñar infraestructuras sobre estos terrenos. Las inundaciones acontecidas durante el invierno 1996-7, en el proceso de ejecución de este estudio, dejaron constancia de que por espaciados que sean los periodos de recurrencia de estos fenómenos no deben menospreciarse ni olvidarse su impacto catastrófico cuando no son tenidos en cuenta.

4.5. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOTECNICOS

Los problemas de naturaleza geotécnica vendrán por una parte por la falta de resistencia de algunas formaciones, la expansividad de otras, los cambios de nivel de horizontes freáticos superficiales, la disolubilidad en rocas y presencia de oquedades, que en última instancia determinarán asientos diferenciales importantes en el apoyo de estructuras.

La importante componente margo-arcillosa, y margo-yesífera a veces, de los terrenos terciarios de edad pliocena; en especial los del grupo (322a) en el que la presencia de arcillas expansivas es muy importante, significa la presencia de un factor que, unido a la existencia de cambios estacionales de los niveles freáticos de estos terrenos supondrá una causa muy concreta en la inducción de asientos diferenciales importantes ante sobrecargas de los mismos.

Los materiales volcánicos como piroclastos de caída y productos hidromagmáticos aflorantes o intercalados en la serie pliocena son terrenos flojos que pueden dar lugar a la aparición de asientos diferenciales.

La terraza de inundación del río Guadiana en las proximidades del puente de Alarcos son terrenos blandos y pantanosos y turbosos con capacidad de carga muy baja. Es posible que en otras áreas de las terrazas bajas de las principales cursos fluviales existan arcillas y limos incluso lechos turbosos con características similares.

La existencia de deslizamientos de ladera fósiles en las vertientes de las sierras paleozoicas y en las laderas labradas sobre pizarras y pizarras y grauvacas del Paleozoico y Precámbrico respectivamente constituyen áreas flojas de baja capacidad portante.

Otras áreas con bajas características mecánico - resistentes son las afectadas por una alteración profunda que se concentra fundamentalmente en las series pizarrosas del Precámbrico y Ordovícico, aunque también afectan a las series alternantes pizarro - cuarcíticas de las mismas en especial en la influencia de las grandes fallas que los atraviesan con creación de amplias franjas de brechificación y milonitización. El caolín es el componente arcilloso más importante de la matriz de estas estructuras de alteración.

Un problema mucho más localizado es el referente a al posibilidad de asientos o colapsos gravitacionales debidos a la existencia de cavidades kársticas. Ello es posible en las formaciones calizas y dolomíticas existentes en la zona, ya que tanto en las dolomías del Precámbrico como en las calizas pliocenas se han detectado fenómenos de karstificación.

4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

La red de carreteras del Tramo de estudio es escasa en gran parte del mismo. La arteria principal que atraviesa el territorio es la carretera nacional 430 que sigue a grandes rasgos una dirección E-O hasta su conexión ya fuera del Tramo y dentro de la provincia de Badajoz con la CN-502. Itinerarios E-O, sólo existe en el estudio algunos tramos de carreteras locales o comarcales. Al norte, la carretera comarcal o autonómica de 2º orden que desde Porzuna se dirige a Malagón por el Este y a Horcajo de los Montes por el Oeste. En el centro del Tramo, la carretera local que une Piedrabuena con Arroba de los Montes. Por el Sur prácticamente no existen carreteras mencionables ya que la local que une los Pozuelos de Calatrava con Abenojar y Saceruela queda prácticamente fuera del Tramo en su gran mayoría.

En conexiones N-S la problemática en sí cabe mayor. Entre Ciudad Real y Piedrabuena siguiendo la carretera nacional 430 se pueden coger algunas carreteras locales hacia el norte o sur. En Piedrabuena la carretera autonómica de primer orden 403 establece una buena conexión hacia el norte con la provincia de Toledo. Hacia el Sur es una local que a través de los Pozuelos de Calatrava conecta con la autonómica de primer orden 411 entre las poblaciones de Cabezarados y Corral de Calatrava. Pasado Piedrabuena, en un trayecto de 34 kilómetros, no existe posibilidad de ninguna conexión hasta el Puente de Retama en donde se puede tomar la local a Saceruela. El valle de Río Guadiana al Sur de la carretera nacional 430 y las sierras que lo delimita por su margen izquierda, así como las importantes sierras existentes al norte de dicha carretera, han dificultado estas conexiones N-S en este área. No se comprende por otra parte la situación de enlace entre las poblaciones de Luciana por la ausencia de un paso funcional sobre el río Guadiana, ya que la posibilidad actual es tomar un pequeño, estrecho y sinuoso puentecillo sin protección, sólo apto para animales y pastores, o bien vadear el río en épocas de estío.

El interés de este estudio se centra principalmente en la caracterización de los terrenos en orden al diseño de trazados de dirección E-O. En este sentido no existen demasiadas alternativas fuera de los valles importantes que con esta dirección, aproximadamente, constituyen los corredores naturales por donde discurren las actuales carreteras.

El valle del río Guadiana es sin duda la arteria fluvial más importante que ha utilizado la carretera nacional 430 en su trazado sobre el área de estudio. Alternativas dentro de este Tramo no existen muchas, pero las hay que podrían mejorar el itinerario actual.

En principio se han considerado cuatro zonas de corredor de posibles itinerarios E-O o próximos al mismo:

- Corredor norte o corredor de Porzuna

  Este corredor se desestima dado que si bien dentro del Tramo de estudio constituye un área de posible trazado cuando se quiere prolongar en dirección Oeste, existen serios problemas de continuidad.

- Corredor central por el valle del Arroyo de Bullaquejo

  Este corredor se ha desestimado ya que su prolongación por el oeste lo introduce en la Reserva Nacional del Cijar.

- Corredor centro - sur por los valles del Bullaque – Guadiana

  Este corredor es el que se considera, en principio, esencial en este estudio y sobre el cual, se han barajado algunas alternativas que pueden mejorar su itinerario.

- Corredor sur

  Se ha considerado la posibilidad de un itinerario al sur del valle del río Guadiana a través de los terrenos alomados precámbricos y plio-cuaternarios de la depresión de Abenojar hasta Saceruela. Aunque parte de él rebasa los límites geográficos del estudio se ha considerado por presentar una alternativa muy interesante para un nuevo trazado.

CORREDOR CENTRO - SUR POR LOS VALLES DE LOS RÍOS BULLAQUE Y GUADIANA

Las posibles alternativas al itinerario actual de la carretera nacional 430 en la dirección E-O arrancarían a la altura de Alcolea de Calatrava en donde a partir del p.k.(290) aproximadamente, se podría coger un trazado por el norte del pueblo para salir al arroyo del Bullaque y por él, al valle del río del mismo nombre y con la carretera nacional 430 a la altura del p.k.(277), aproximadamente, evitando así un trazado más largo por Piedrabuena como en la actualidad. A partir de este punto, el nuevo corredor sugerido se adentraría por el valle del arroyo de Valdelamadera. En este itinerario se podría encontrar alguna problemática de estabilidad en la excavación teórica de taludes tanto en los materiales plio-cuaternarios o paleozoicos. Remontando hasta el cortijo de casas de Valdelamadera, bien por el arroyo de este nombre o por el de Valmayor algo más al sur el corredor descendería por el arroyo de Valzarzoso para situarse en la plataforma plio-cuaternaria de la raña desde la que se iniciaría el descenso al valle del Guadiana a la altura del Puente de Retama. A partir de este punto se han considerado dos posible itinerarios, el actual por el valle del río Guadiana o el que sigue la carretera local que se dirige a Saceruela remon

tando el arroyo Garganta de las Parras. Este último itinerario formaría parte o enlazaría con el corredor sur que evitaría el trazado actual de la carretera nacional 430 por la margen izquierda del valle del río Guadiana, con ciertas dificultades de trazado.

El itinerario alternativo propuesto evitaría el trazado por el tramo angosto del Bullaque entre Piedrabuena y Luciana en donde la problemática de inestabilidad de laderas es muy acusada.

CORREDOR SUR

Los corredores por el Sur del Tramo de estudio ocuparían mayoritariamente bandas estrechas en el límite del mismo, excediendo en anchura los límites impuestos por el estudio.

Penetraría el corredor por el extremo suroriental del Tramo para, una vez cruzado el río Guadiana tomar la margen derecha del mismo. Siguiendo un trazado E-O y después de atravesar la carretera local que une Alcolea de Calatrava y Corral de Calatrava, el corredor se aleja del río por efectuar este un gran meandro, pero vuelve a conectar con él a poco menos de tres kilómetros. Llegado a este punto existe la posibilidad de seguir el curso del Guadiana hasta Luciana por la margen izquierda del río por considerarla geotécnicamente más adecuada, o bien continuar en dirección E-O una vez cruzado el río para pasar al norte de Pozuelos de Calatrava, ya fuera del Tramo. Desde Los Pozuelos el corredor quedaría fuera de la zona de estudio, aunque próximo a él, y seguiría a grandes rasgos el trazado actual de las locales que unen a este último pueblo con Abenojar y Saceruela. Desde esta carretera local el corredor se divide en dos ramales posibles, uno descendería en dirección nor-noroeste ascendiendo por el puerto de las Veredas para enlazar con la carretera local que desde el puente de Retama se dirige a Saceruela. Tomando un corto tramo de este itinerario, hasta salir de la sierra de Torneros, en dirección Saceruela, discurriría por las rampas de la raña en dirección NO para enlazar con la carretera local que une las poblaciones de Puebla de Don Rodrigo y Agudo ya fuera del Tramo; y más adelante con la carretera nacional 430. Otra opción sería continuar por el corredor actual de la local a Saceruela y desde este pueblo tomar itinerario de dirección NE para enlazar con la carretera nacional 430 a través de los amplios valles entre sierras o bien dirigirse en dirección de Agudo tomando la carretera local que se dirige a Valdemanco del Esteras abandonándola ya fuera del Tramo para tomar un Trazado más directo a la población de Agudo, en donde se enlazaría con la carretera nacional 502.

Consideramos que el corredor sur contiene ciertas condiciones morfológicas y geotécnicas positivas que lo podrían hacer muy interesante como para tenerlo en consideración en un nuevo trazado de conexión E-O entre Extremadura y La Mancha.

CORREDOR DE TRAZADO SUGERIDO

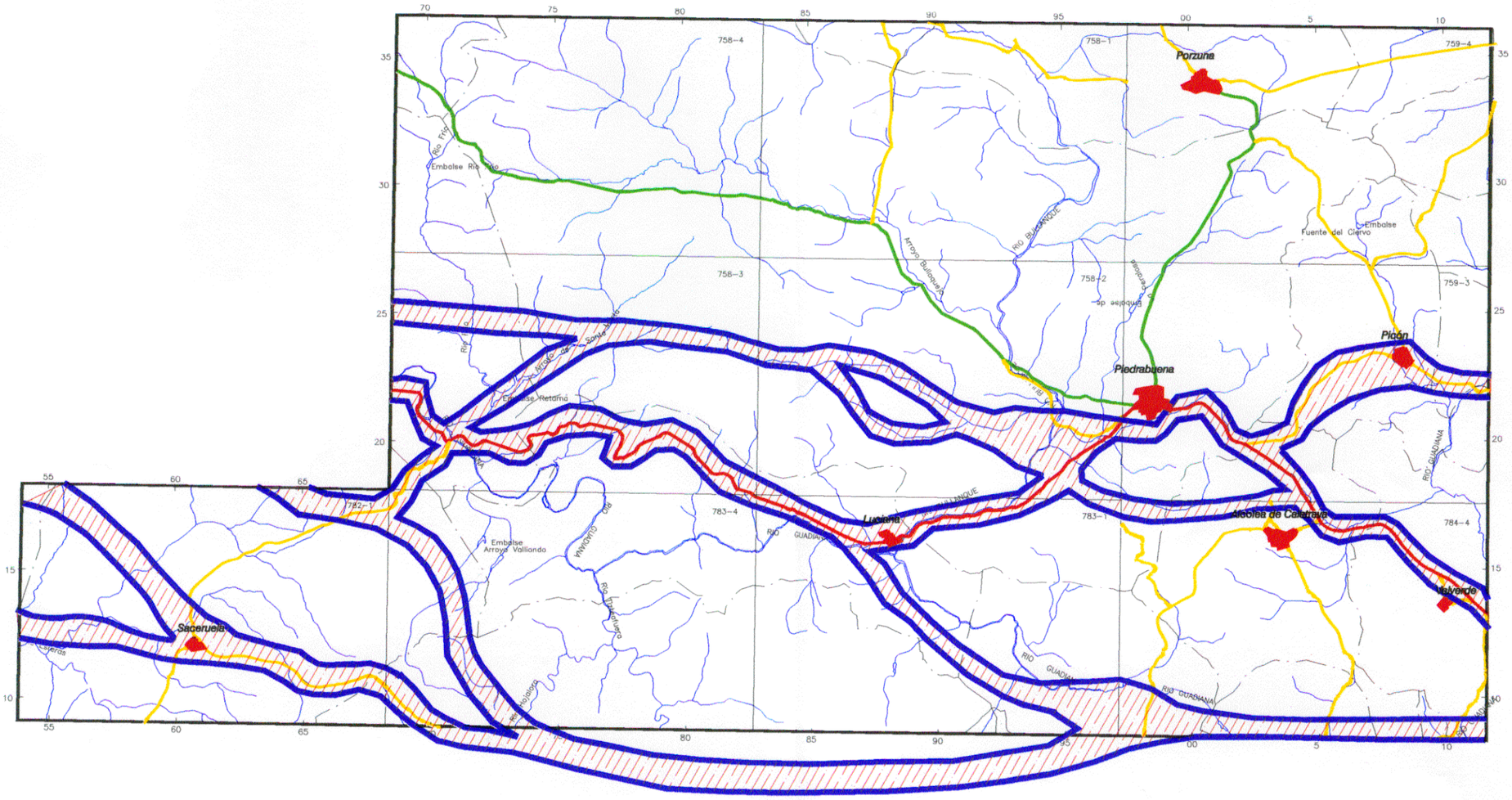


FIG. 16 ESQUEMA DE LOS CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS EN EL TRAMO

Escala 1:200.000

CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDO DEL ITINERARIO CIUDAD REAL-BADAJOZ

Una de las finalidades de un Estudio Previo de Terrenos es la de proponer corredores para futuras vías de comunicación, dentro del área estudiada.

En este caso, fruto del Estudio realizado, se ha llegado a la conclusión de la conveniencia de proponer corredores en dirección Este-Oeste que abarquen una zona más extensa.

Aunque la unión entre Ciudad Real y Badajoz se sale del ámbito de este Estudio, se ha considerado necesario incluirla debido a la importancia dentro de la comunicación Este-Oeste de la Península.

La interconexión de las poblaciones de Ciudad Real y Badajoz tiene hasta la localidad de Agudo dos corredores alternativos, uno norte y otro sur. A partir de esta localidad, existe una única opción hasta Badajoz.

La Alternativa sur arranca de Ciudad Real por la carretera nacional 420 hasta la localidad de Corral de Calatrava. Llegado a este punto, continúa por el corredor de la carretera local que conduce a la localidad de Cabezarados, y a partir de allí, por el actual de la carretera nacional 424 hasta Abenojar. Existe también otro corredor posible entre Corral de Calatrava y Abenojar pasando por Pozuelos de Calatrava.

Desde la localidad de Abenojar, el corredor sigue en dirección Oeste por la carretera local que lleva a Saceruela. En este tramo de Abenojar a Saceruela, y en las proximidades de la Sierra de los Canalizos, existe una alternativa de interconexión con la opción norte, al oeste de la Sierra de los Buitres. La alternativa sur enlaza finalmente con la carretera nacional 503 a la altura de Valdemanco del Esteras para terminar en la localidad de Agudo.

La opción norte arranca con dirección este desde Ciudad Real por la carretera nacional 430 hasta la localidad de Retama. Desde esta localidad hasta Agudo, el corredor toma una dirección OSO pasando por la Sierra de los Terneros.

A partir de la localidad de Agudo existe un corredor único que coincide con el actual de las carreteras locales que unen las localidades de Tamurejo, Siruela, Talarrubias, y pasando el Embalse de Orellana, Casas de San Pedro. Desde Casas de San Pedro se conecta con el actual corredor de la carretera nacional 430 hasta Badajoz.

En la figura 16 bis se muestran los diferentes corredores propuestos para unir Ciudad Real con Badajoz.

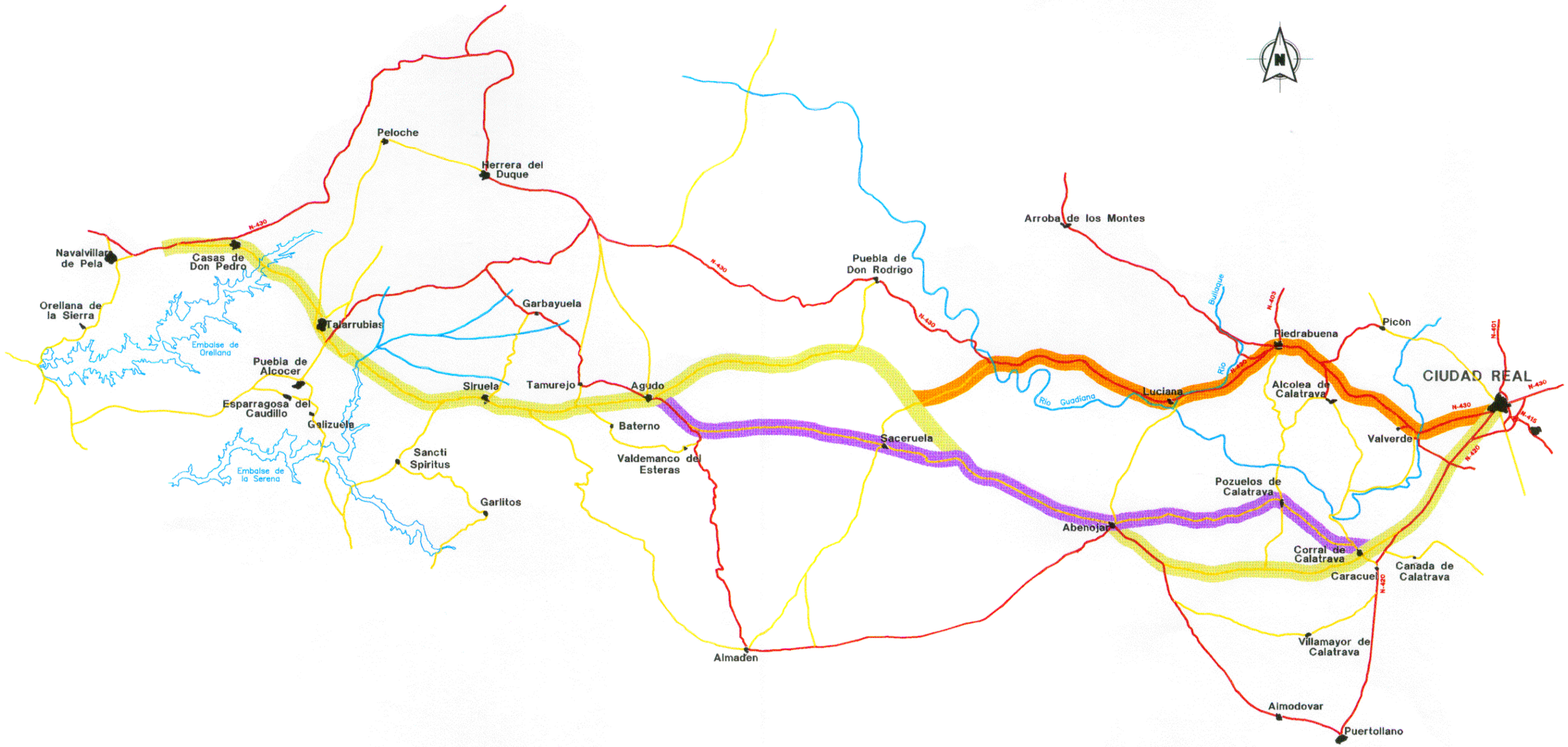


Figura 16 Bis
CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS DEL ITINERARIO CIUDAD REAL-BADAJOZ
ESCALA 1:400.000

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente estudio no incluye un análisis detallado de los yacimientos de materiales del Tramo, ya que dicho análisis desbordaría, por su metodología especial y amplitud, el alcance de los Estudios Previos de Terrenos.

No obstante, se ha considerado conveniente presentar, de forma ordenada, la información recogida sobre yacimientos con motivo de la realización del Presente Estudio Previo. Estos datos no constituyen una recopilación sistemática y exhaustiva, aunque pueden ser útiles para futuros trabajos.

La información que a continuación se expone se refiere exclusivamente a yacimientos de materiales utilizables en obras de carretera (canteras, graveras y materiales para terraplenes y pedraplenes).

5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

Los yacimientos rocosos considerados en este estudio presentan mayoritariamente dos litologías: volcánica y cuarcítica. No se han detectado canteras sobre estos materiales, incluso las antiguas canteras de Piedrabuena de adoquines, actualmente se encuentran integradas en el paisaje urbano. Por esta razón, todos los yacimientos rocosos del Tramo se han estimado como yacimientos para estudiar con más detalle como potenciales a explotar.

Los yacimientos rocosos de origen volcánico, están constituidos por las coladas de lavas masivas pertenecientes al grupo litológico (001a). Se trata de un material duro. En el área de Piedrabuena, este tipo de material ha dado los siguientes valores:

Peso específico Aparente / Real	Absorción %	Estabilidad SO4 Mg	Coeficiente Los Ángeles	Adhesividad al betún	% CO3Ca
2.896 / 3,19	3,182	2,686	20,91	99,5	1,00

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

Los yacimientos rocosos de naturaleza cuarcítica son abundantísimos en todo el Tramo de estudio, por lo que los accesos son buenos a las áreas de cantera. Aparecen prácticamente en todos los puntos donde existe una elevación topográfica. La cuarcitas se encuentran intercaladas en pizarras o en grandes bancos. Los explosivos son necesarios en la explotación, y su coeficiente de aprovechamiento es 0’85. La calidad del material es buena para árido de hormigones pero deficiente para árido de carretera debido a que presenta una baja adhesividad a los betunes.

En la Figura 20 se encuentran situados los yacimientos rocosos en el Tramo estudiado, y en la Figura 17 se especifican las características y la importancia de cada uno.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

SIMBOLO	INTERES	SITUACION	GRUPO LITOLOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-1	Alto abandonado	759-3	001a	Nefelinitas y Basaltos	Buenos por la localidad de Piedrabuena.
YR-2	Bajo abandonado	784-4	121a	Cuarcitas y pizarras	Bueno en el pK (16) de la carretera de Pozuelos de Calatrava a Alcolea de Calatrava.

FIGURA 17. CUADRO - RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

Los materiales que constituyen la gran mayoría de los yacimientos granulares en el Tramo son de origen aluvial, coluvial y volcánico.

En los aluviales de los cursos fluviales más importantes del Tramo (Guadiana y Bullaque), y en los depósitos coluviales, se ubican los yacimientos granulares más importantes. El material predominante es grava polimíctica y principalmente silícea.

Las gravas aluviales, están constituidas por cantos cuarcíticos redondeados inmersos en una matriz arenosa. La explotación no entraña problemas, salvo la hidrodinámica en épocas de crecida. Los accesos a las áreas de afloramiento son muy buenos. Las reservas se consideran medianas, ya que la potencia de los aluviales y las terrazas es muy variable y poco potente en términos generales. El coeficiente medio de aprovechamiento, basándose en el contenido medio de finos, se estima en 0’65.

Las gravas coluviales están constituidas por cantos cuarcíticos angulosos y subangulosos, heterométrica y con muy poca matriz, generalmente arenosa e inferior al 10 % del total de la roca. Las reservas son muy grandes, y la explotación y los accesos son muy buenos. Salvo los coluviales tipo canchal, la mayoría de los coluviales que orlan los relieves cuarcíticos, poseen una alteración importante. Este hecho hace que los valores de sus características como árido, expuestos a continuación, den como resultado una dureza deficiente. El coeficiente medio de aprovechamiento se estima en 0’8.

Peso específico Aparente / Real	Absorción %	Estabilidad SO4 Mg	Coeficiente Los Ángeles	Adhesividad al betún	Presencia de sulfatos
2,593 / 2,711	1,672	1,568	28,44	99,7	Sí

También se han incluido como yacimientos granulares los materiales arenosos del grupo litológico 321b. Se trata de arenas siliceas blancas o rojizas, bien clasificadas y estratificadas, redondeadas y con una matriz limo-arcillosa. Los accesos son buenos y próximos a la red de carreteras, como en el caso de Luciana. Las reservas son muy importantes y su explotación es fácil. Su coeficiente medio de aprovechamiento como árido de hormigón está próximo al 0’85.

Dentro del grupo litológico 321b, también se han detectado potentes niveles de conglomerados cuarcíticos, de cantos redondeados, y de aspecto global masivo. Estos niveles son particularmente importantes cerca de la localidad de Saceruela, donde hemos citado el yacimiento granular YG-11 para estudiar con más detalle para una futura explotación.

En la Figura 20 se encuentran situados los yacimientos granulares en el Tramo estudiado, y en la Figura 18 se especifican las características y la importancia de cada uno.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

SIMBOLO	INTERES	SITUACION	GRUPO LITOLOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG-1	Medio abandonado	759-3	At	Gravas	Bueno en p.K.(15'1) de la carretera de Picón a Ciudad Real.
YG-2	Abandonado	784-4	001a	Picón	Bueno por los alrededores de la localidad de Alcolea de Calatrava
YG-3	Abandonado	784-4	001a	Picón	Buenos por en p.K.(294) de la carretera nacional 430.
YG-4	Alto Abandonado	783-1	321b	Arenas	Buenos en el Puente de Luciana sobre el río Guadiana.
YG-5	Bajo Abandonado	784-4	T	Gravas	Buenos en el p.K.(14'5) de la carretera Pozuelos de Calatrava - Alcolea de Calatrava.
YG-6	Alto Abandonado	784-4	C	Gravas	Buenos en el p.K.(7'5) de la carretera Pozuelos de Calatrava - Alcolea de Calatrava.
YG-7	Alto Abandonado	759-3	C	Grava	Bueno por el p.K.(123'8) de la carretera nacional 403.
YG-8	Alto Abandonado	782-1	321b	Grava	Bueno a través de la carretera nacional 430 en el cruce con la Vertiente de Esterillas, cercanías de Saceruela.
YG-9	Alto Activo	758-2	T	Gravas	Bueno en el p.K.(3) de la antigua carretera nacional 430.

FIGURA 18. CUADRO - RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5.4. MATERIALES PARA PRESTAMOS

Los mejores yacimientos para préstamos los constituyen los materiales aluviales cuaternarios del tramo de estudio.

Prácticamente son utilizables para préstamos la gran mayoría de los materiales detríticos cenozoicos. No obstante, los grupos litológicos (l) y (322a) deben considerarse desechables como préstamos. El grupo litológico (l), que constituye las lagunas endorreicas, no se considera apto por el alto contenido en finos, materia orgánica y sales, y el grupo (322a) evidentemente por su altísimo contenido en arcillas expansivas.

El grupo (321b) posee materiales de unas magnificas propiedades para su utilización como préstamos, como en el caso del YG-8. El YG-4, contiene un alto contenido en arcillas plásticas por lo que se recomienda su uso para préstamos de núcleo de terraplén.

5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE

En la Figura 19 se muestra un cuadro-resumen de los yacimientos rocosos y granulares que por su importancia pudieran ser objeto de un estudio más detallado. Los depósitos volcánicos, coluviales y las superficies de la raña, en toda su amplitud se consideran yacimientos rocosos potenciales, que pudieran ser objeto de un estudio más detallado.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

SIMBOLO	INTERES	SITUACION	GRUPO LITOLOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG-5	Bajo Abandonado	784-4	T	Gravas	Buenos en el p.K.(14'5) de la carretera Pozuelos de Calatrava - Alcolea de Calatrava.
YG-8	Alto Abandonado	782-1	321b	Grava	Bueno a través de la carretera nacional 430 en el cruce con la Vertiente de Esterillas, cercanías de Saceruela.

FIGURA 19. CUADRO - RESUMEN DE LOS YACIMIENTOS A ESTUDIAR CON MÁS DETALLE.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

L E Y E N D A

YR	YACIMIENTO DE ROCA
YG	YACIMIENTO GRANULAR
	YACIMIENTO ACTIVO
	YACIMIENTO INACTIVO
	YACIMIENTO A ESTUDIAR EN DETALLE

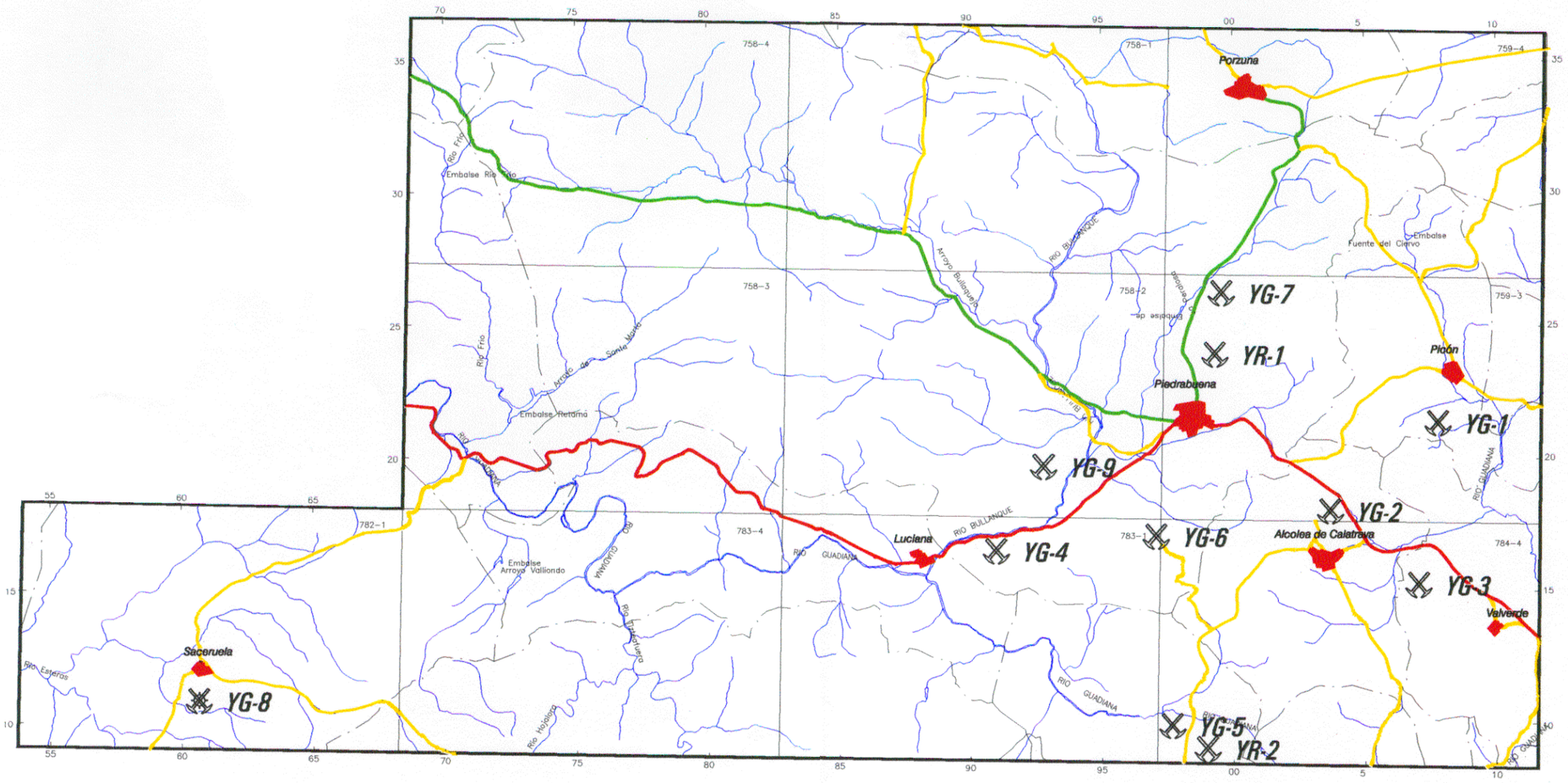


FIG. 20 MAPA DE SITUACION DE LOS YACIMIENTOS ROCOSOS Y GRANULARES

Escala 1:200.000

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1987).- “Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, Hoja 782, Valdemanco de Esteras”. IGME.

- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1989).- “Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, Hoja 758, Casas del Río”. IGME.

- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (1989).- “Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, Hoja 759, Piedrabuena”. IGME.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO

(1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350

** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

* NEOGENO 2

2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense

1** MIOCENO

Superior	Messinense; Tortoniense	Pontiense	Pantiense s.str.; Vallesense
Medio	Serravallense; Langhiense	Helvetiense	Vindoboniense
Inferior	Burdigaliense; Aquitaniense		

* PALEOGENO 1

3** OLIGOCENO — Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense

2** EOCENO

Superior	Priaboniense=Ludense=Bartonense	
Medio	Biarritzense; Luteciense	
Inferior	Cuisiense; Ilerdiense	- Ypresiense, Sparnaciense

1** PALEOCENO — Thanetiense; Montiense; Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

* CRETÁCICO 3

2** SUPERIOR — Maestrinchtiense; Campaniense; Santoniense; Coniaciense (2); Turonense; Cenomanense — Senonense

1** INFERIOR — Albense; Aptense; Barremiense; Hauteriviense; Valagieniense; ? Berriasiense=Wealdense — Facies Urgoniense; Neocomiense (marino); Facies Wealdense (continental)

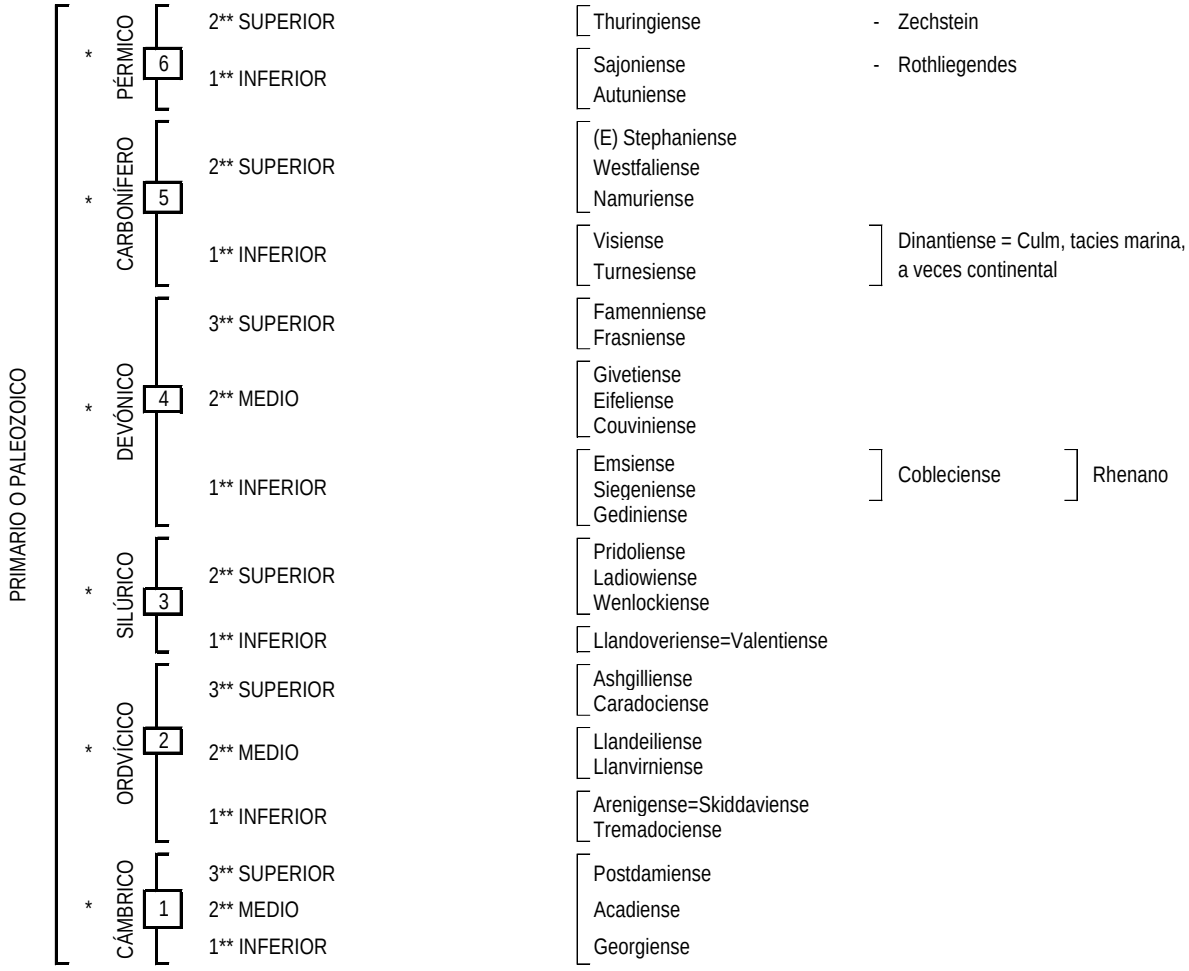
* JURÁSICO 2

3** MALM	Superior	Portlandiense=Tithonico; Kimmeridgiense; Oxfordiense
2** DOGGER	Medio	Calloviense; Bathoniense; Bajociense; Aaleniense
1** LIAS	Inferior	Toarciense; Pliensbachiense; Sinamuriense; Hettangiense

* TRIÁSICO 1

3** SUPERIOR	Retiense; Noriense; Carniense	Keuper
2** MEDIO	Ladiniense; Anisiense=Virglonense	Muschelkalk
1** INFERIOR	Werfeniense	Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observa iones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiera, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

b) Se consideran de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados " terrenos de transición ", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

c) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos " in situ ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la que de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2-3kg/cm^2) produce asientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso , la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materias de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos de estabilidad de los taludes, asignados a los distintos materiales del Tramo, un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras " subvertical " (ángulo de más de 65º) y " subhorizontal " (ángulo de menos de 10º).

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

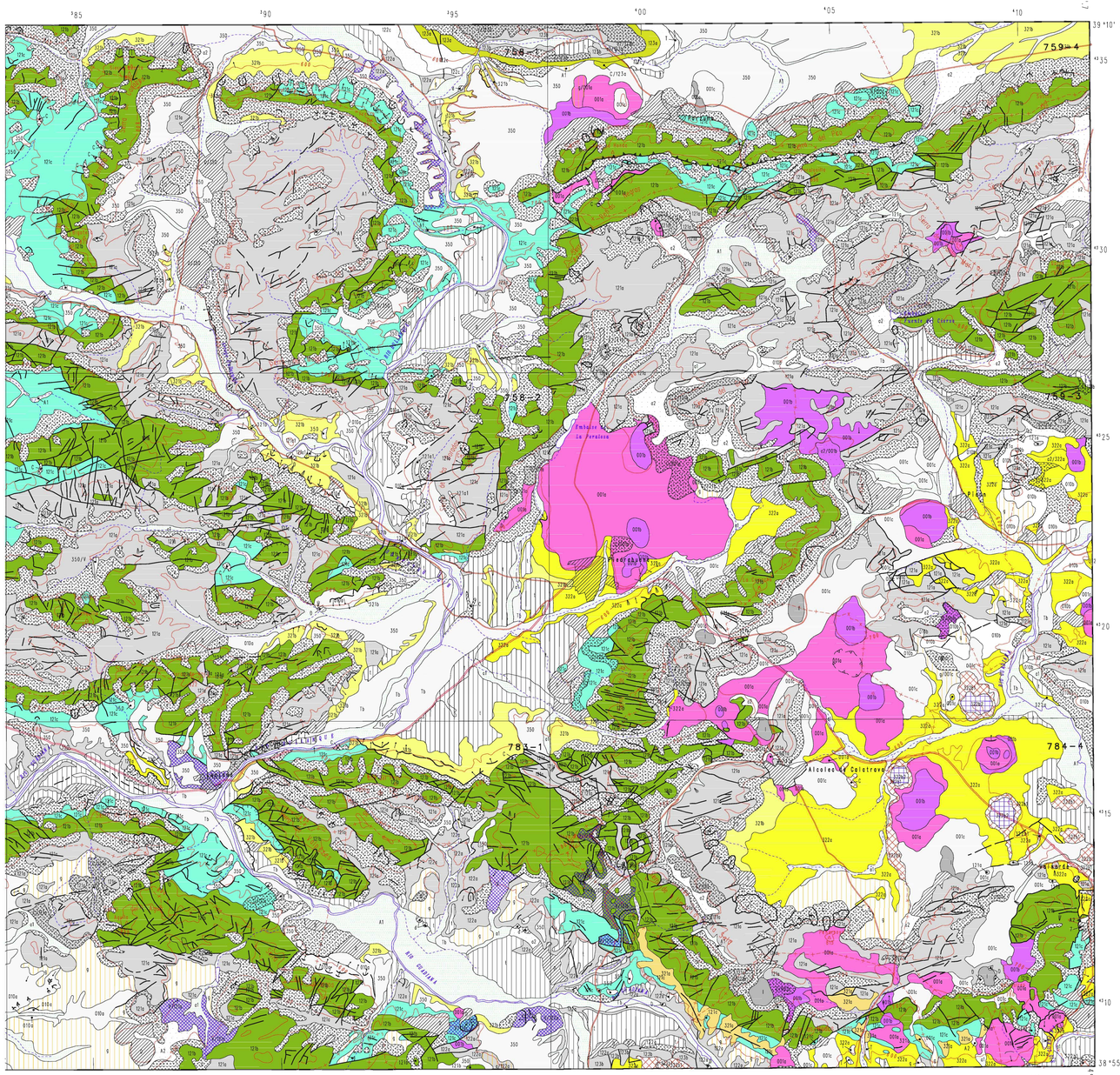
Drenaje

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

8. PLANOS

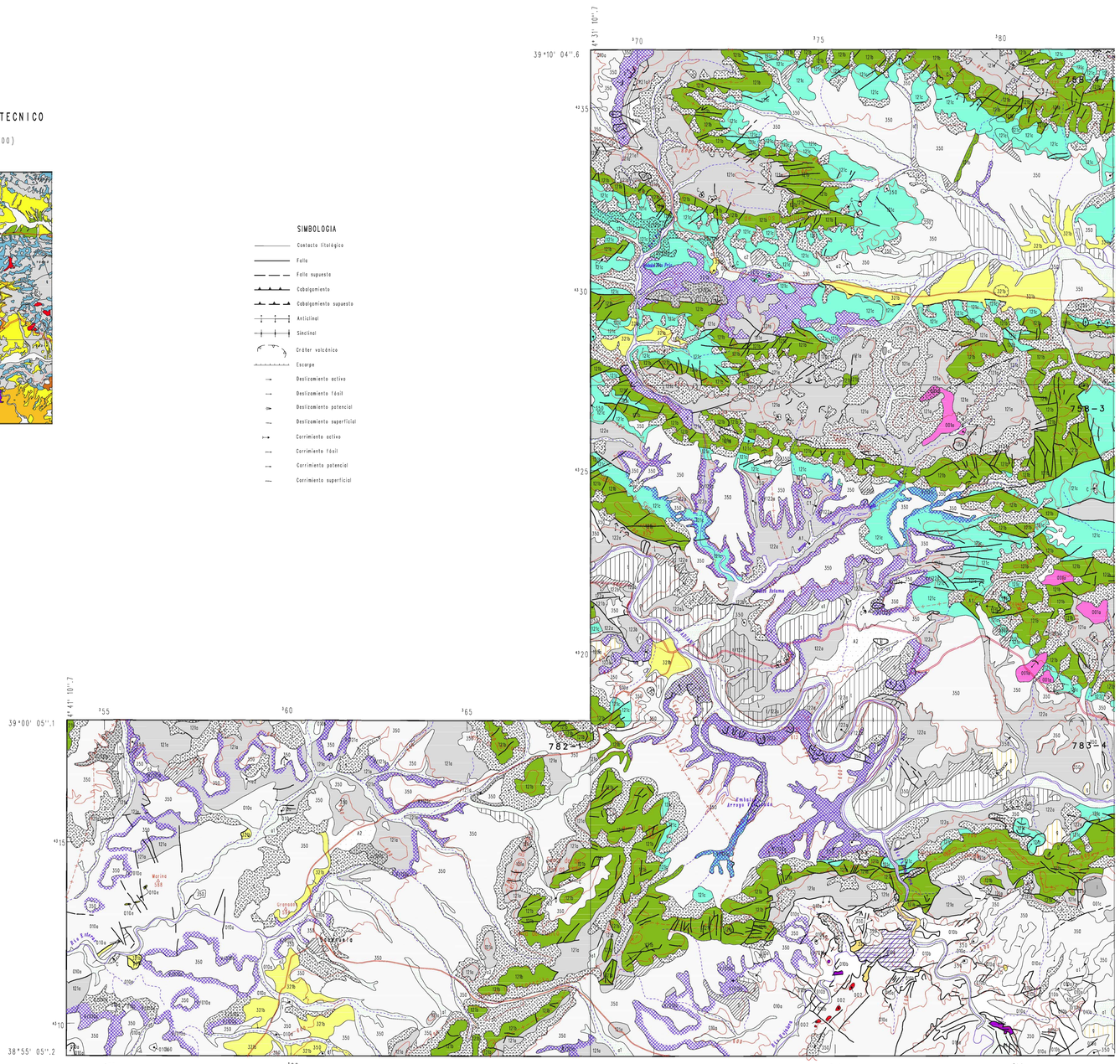
MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


758-1
759-4
758-2
783-1
784-4
Embalse de Peñarroya
Alcoba de Los Pedroches
Alcolea del Calatrava
Cabeza del Caballo
Cerro Cabeza del Caballo
Cerro Cabeza del Caballo
Cerro

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


4°31' 10".7
4°41' 10".7
39°10' 04".6
38°55' 05".2
3°70
3°75
3°80
3°55
3°60
3°65
3°35
3°30
3°25
3°20
3°15
3°10
758-3
782-1
783-4
Rivera de Pedroches
Arroyo Retama
Arroyo Valdeazogue
Arroyo Valdeazogue
Arroyo Valdeazogue



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Ciudad Real-Badajoz

Tramo: Herrera del Duque-Puebla de Don Rodrigo



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

98-02

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Ciudad Real-Badajoz

Tramo: Herrera del Duque-Puebla de Don Rodrigo

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCIÓN 4

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGÍA 7
2.2. TOPOGRAFÍA 17
2.3. ESTRATIGRAFÍA 20
2.4. TECTÓNICA 23
2.5. GEOMORFOLOGÍA 25
2.6. SISMICIDAD 34

3. ESTUDIO DE ZONAS 36

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 36
3.2. ZONA 1: SIERRAS PALEOZOICAS Y VALLES ENTRE SIERRAS 39

3.2.1. Geomorfología 39
3.2.2. Tectónica 43
3.2.3. Columna estratigráfica 47
3.2.4. Grupos litológicos 47
3.2.5. Grupos geotécnicos 109
3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 114

3.3. ZONA 2: LLANURAS Y DEPRESIONES SOBRE MATERIALES PRECÁMBRICOS 117

3.3.1. Geomorfología 117
3.3.2. Tectónica 118
3.3.3. Columna estratigráfica 119
3.3.4. Grupos litológicos 120
3.3.5. Grupos geotécnicos 142
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 145

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 147

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS 147
4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS HIDROLÓGICOS 147
4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS LITOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES 148

ÍNDICE (cont.)

Pág.

4.4. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS 149
4.5. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS 150
4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 155

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS 162

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 162
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS 162
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES 165
5.4. MATERIALES PARA PRÉSTAMOS 167
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MÁS DETALLE 167

6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA 170

7. ANEJOS 171

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 172
7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 175

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Estudio Previo de Terrenos es determinar los condicionantes geológicos y geotécnicos que de alguna manera pueden influir en una obra de tipo lineal como es una carretera.

Así, se analizan las características litológicas, estructurales y geomorfológicas más sobresalientes, y también otros factores condicionantes de índole geotécnica.

La estabilidad natural de las formaciones (deslizamientos, desprendimientos, etc.) y la posible utilización de las rocas en la construcción de las diversas capas de firmes de carretera, se estudian con particular interés.

El Tramo Herrera del Duque-Puebla de Don Rodrigo está ubicado en las provincias Badajoz y Ciudad Real (véase su situación en la Figura 1), y comprende las siguientes hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000:

Nº	HOJA	CUADRANTES
756	Herrera del Duque	1-2-3
757	Puebla de Don Rodrigo	1-2-3-4
781	Siruela	1-4
782	Valdemanco del Esteras	4

El Estudio consta de dos documentos: Memoria y Planos.

La Memoria está dividida en siete capítulos, cuyo contenido se describe brevemente a continuación.

El primer capítulo constituye la presente Introducción al Estudio. En el segundo se realiza una descripción general del Tramo, atendiendo a sus características topográficas, estratigráficas, tectónicas, geomorfológicas y sísmicas.

En el tercero de los capítulos se realiza una división del Tramo en Zonas, según criterios geomorfológicos y tectónicos, y se definen los grupos litológicos y geotécnicos que las integran.

Un resumen de los problemas generales topográficos, hidrológicos, litológicos, geomorfológicos y geotécnicos, junto con la descripción de los corredores de trazado sugeridos, se presenta en el cuarto capítulo.

En el quinto capítulo se hace un estudio resumido de los yacimientos rocosos y granulares más importantes ubicados en el Tramo.

El capítulo sexto se dedica a la bibliografía consultada, y el último capítulo corresponde a los anejos.

En cuanto a los Planos, se incluyen dos mapas litológico-estructurales a escala 1:50.000, que representan la totalidad de la extensión del Tramo, y cuatro esquemas (geológico, geotécnico, de suelos y formaciones de pequeño espesor, y geomorfológico) a escala 1:200.000.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Jesús Martín Contreras
Ldo. en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. José Luis Antón Vicente
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Julián Cuesta Romero
Ldo. en Ciencias Geológicas



FIGURA 1
ESQUEMA DE SITUACIÓN DEL TRAMO: HERRERA DEL DUQUE-PUEBLA DE DON RODRIGO

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGÍA

Las características climáticas del Tramo se han deducido a partir de los datos aportados por una serie de estaciones meteorológicas, pertenecientes a la red del Instituto Nacional de Meteorología.

La elección de las estaciones se ha realizado atendiendo a tres criterios fundamentales: el primero de ellos es que las estaciones se distribuyan a lo largo de todo el Tramo, el segundo que cada estación contenga el mayor número de variables posibles registradas y el tercero que los años apuntados en cada estación abarquen, a ser posible, como mínimo períodos consecutivos de 30 años, que corresponde al período climático estándar fijado por la Organización Meteorológica Mundial.

Las estaciones consultadas han sido: Herrera del Duque (nº 4244), Tamurejo (nº 4316), Sancti Spiritus (nº 4318) y Puebla de Don Rodrigo (nº 4220 A). Los cuadros 1 a 4 muestran los datos resumen de las estaciones meteorológicas consultadas.

La precipitación anual del Tramo es superior a la media nacional, ya que oscila entre 536,7 mm en Sancti Spiritus hasta 675,9 mm en Herrera del Duque. En todas las estaciones las precipitaciones se distribuyen análogamente durante el año: hay un período de estiaje de Junio a Septiembre y un aumento progresivo de la pluviosidad hacia los meses iniciales y finales del año. Las precipitaciones tienen lugar en un promedio de 43 días de lluvia.

La nieve no es significativa en el Tramo. El número de días de nieve en las estaciones consultadas oscila entre 0 y 2.

Las temperaturas medias anuales oscilan entre 14,9 ºC y 16,4 ºC. Las temperaturas máximas medias están comprendidas entre 34,0 ºC y 35,6 ºC y corresponden a los meses de Agosto y Julio respectivamente; y las mínimas medias mensuales varían entre 1,7 ºC y 4,0 ºC para el mes de Enero.

La temperatura máxima extrema es de 41,3 ºC y la mínima extrema de –5,1 ºC.

La oscilación máxima extrema es de 45,1 ºC y la mínima extrema de 14,4 ºC.

Las tormentas se producen en un promedio de 5 días al año, y son más abundantes en el periodo más cálido, que abarca desde los meses de Mayo a Septiembre y en las proximidades de Herrera del Duque y Tamurejo.

Las precipitaciones en forma de granizo están presentes durante 0,75 días al año y se distribuyen también en las proximidades de Herrera del Duque y Tamurejo.

Las nieblas aparecen en un promedio anual de 9,8 días y se forman fundamentalmente durante los meses de Octubre a Abril, aunque también están presentes en el resto del año de forma minoritaria.

La pluviometría y las temperaturas observadas en las estaciones meteorológicas reflejan que el clima del Tramo Herrera del Duque-Puebla de Don Rodrigo es de tipo continental. Es decir, veranos muy calurosos e inviernos muy fríos, con una pluviometría escasa y distribuida en los periodos primaveral e invernal.

En las figuras 2 a 5 se muestran los gráficos de precipitación y temperatura de las estaciones consultadas.

ESTACION DE HERRERA DEL DUQUE. 1967 - 1996

MES	PRECIPITACION (l/m2)				Nº DE DIAS DE ...								TEMPERATURAS (ºC)						
	TOTAL	MAXIMA EN 24 H	MAXIMA	MINIMA	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMEN-TA	NIEBLA	ROCIO	ESCAR-CHA	NIEVE EN SUELO	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
													MAXIMA	MINIMA	EXTREMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	MEDIA
Enero	89,0	24,8	309,6	0,0	6,6	0,1	0,0	0,0	1,8	0,0	3,0	0,1	15,8	-2,2	18,0	9,2	11,4	2,2	6,8
Febrero	92,6	25,2	253,9	3,3	6,3	0,2	0,1	0,1	0,9	0,0	1,2	0,1	19,3	-1,0	20,4	10,1	13,5	3,5	8,5
Marzo	53,4	18,1	195,5	0,4	4,5	0,1	0,2	0,3	0,3	0,0	0,1	0,0	24,6	0,9	23,7	12,1	17,6	5,5	11,6
Abril	64,1	19,3	184,3	0,6	6,2	0,1	0,4	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	27,6	2,6	24,9	12,3	19,7	7,4	13,5
Mayo	55,3	21,0	154,8	11,6	5,9	0,0	0,2	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0	31,6	5,8	25,8	13,1	24,0	10,9	17,4
Junio	32,1	14,4	137,2	0,0	3,6	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	37,9	10,6	27,3	14,8	30,5	15,7	23,1
Julio	9,1	6,2	64,2	0,0	1,2	0,0	0,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	41,3	13,9	27,4	16,6	35,6	19,0	27,3
Agosto	9,9	8,5	67,5	0,0	1,1	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	14,5	26,5	16,2	35,0	18,7	26,8
Septiembre	26,4	15,0	92,4	0,0	2,6	0,0	0,1	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	37,1	10,7	26,4	14,5	30,1	15,7	22,9
Octubre	61,4	19,4	232,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	30,1	5,4	24,7	11,6	22,4	10,7	16,5
Noviembre	84,2	27,6	218,3	0,4	6,0	0,0	0,0	0,2	1,2	0,0	0,3	0,0	22,5	0,9	21,6	10,2	16,4	6,2	11,3
Diciembre	98,4	27,4	267,1	0,0	5,3	0,2	0,0	0,1	2,1	0,0	1,7	0,0	16,6	-1,5	18,1	8,9	12,3	3,5	7,9
ANUAL	675,9	27,6	-	-	55	1	1	7	7	0	6	0	41,3	-2,2	43,5	12,5	22,4	9,9	16,1

CUADRO 1.
DATOS DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO EN EL PERIODO 1967 - 1996
CORRESPONDIENTE A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE HERRERA DEL DUQUE.

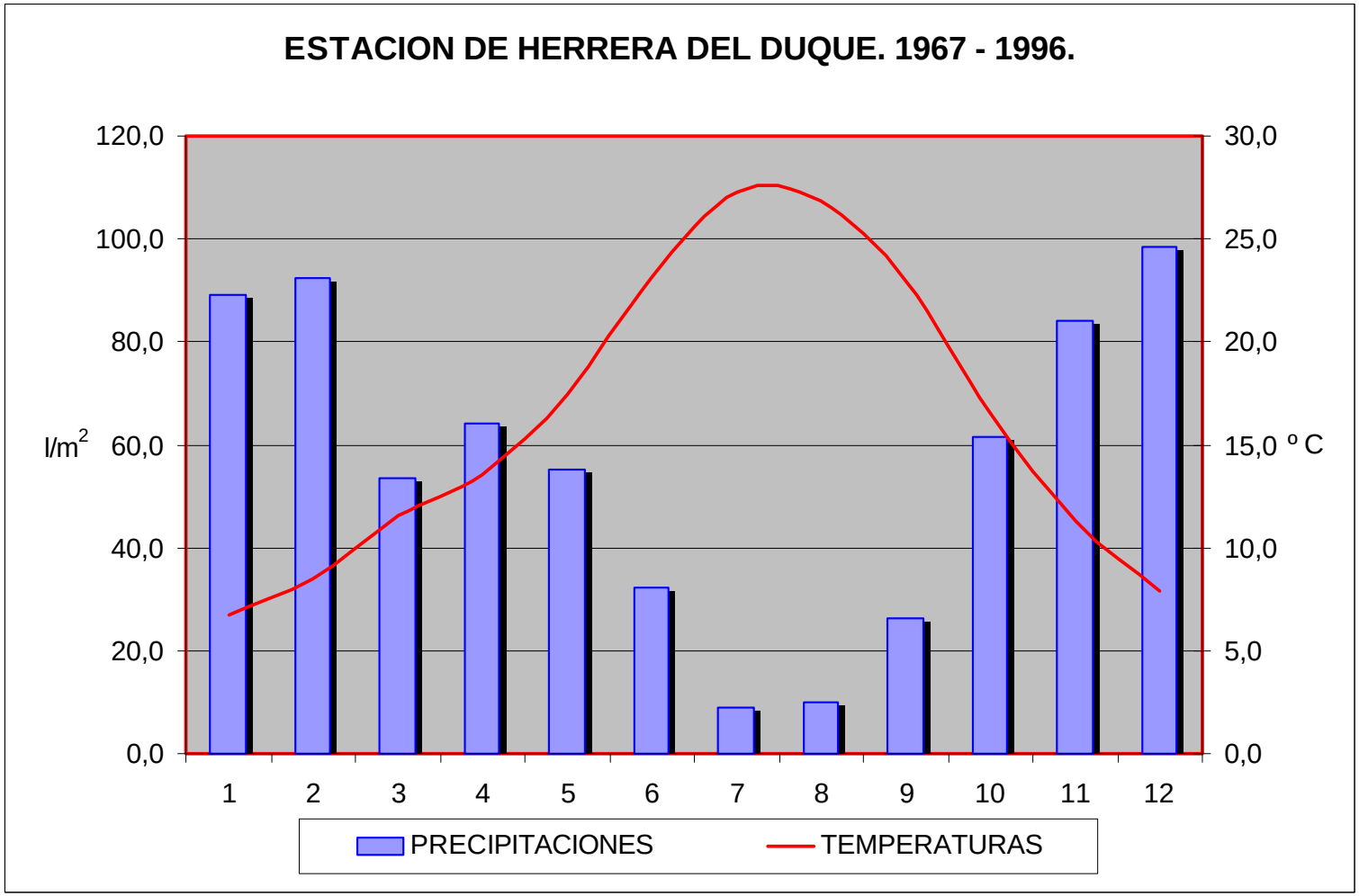


FIGURA 2.- GRÁFICO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

ESTACIÓN DE TAMUREJO 1967-1996

MES	PRECIPITACION (l/m2)				Nº DE DIAS DE ...								TEMPERATURAS (°C)						
	TOTAL	MAXIMA EN 24 H	MAXIMA	MINIMA	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMEN-TA	NIEBLA	ROCIO	ESCAR-CHA	NIEVE EN SUELO	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES MEDIOS		
													MAXIMA	MINIMA	EXTREMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	MEDIA
Enero	80,9	26,1	253,4	0,0	5,9	0,1	0,3	0,3	3,6	1,6	5,2	0,0	15,3	-1,2	16,5	7,6	11,2	3,6	7,4
Febrero	77,4	22,1	234,3	1,3	6,0	0,3	0,4	0,2	2,6	4,0	3,7	0,2	18,8	-0,6	19,4	8,1	12,8	4,6	8,7
Marzo	51,3	18,4	199,7	0,5	4,9	0,2	0,3	0,6	1,5	5,0	1,7	0,1	23,7	1,7	22,0	10,5	17,1	6,6	11,9
Abril	60,8	18,1	171,5	4,0	5,2	0,1	0,6	1,2	1,6	5,1	0,5	0,0	25,7	3,2	22,5	10,5	18,8	8,3	13,5
Mayo	53,1	19,6	192,1	6,0	5,7	0,0	0,3	1,7	1,0	4,4	0,1	0,0	30,7	6,2	24,5	12,1	23,6	11,6	17,6
Junio	38,6	17,1	155,2	0,0	3,3	0,0	0,2	1,7	0,9	1,2	0,0	0,0	36,7	10,3	26,4	13,1	29,5	16,4	23,0
Julio	8,6	5,8	67,6	0,0	0,9	0,0	0,0	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	40,6	14,1	26,5	15,0	34,6	19,6	27,1
Agosto	8,3	6,8	56,5	0,0	0,8	0,0	0,0	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	40,2	14,1	26,1	14,9	34,1	19,2	26,6
Septiembre	29,1	16,4	161,5	0,0	2,1	0,0	0,0	0,8	0,3	0,4	0,0	0,0	35,8	11,2	24,6	12,8	29,5	16,8	23,2
Octubre	59,7	21,8	198,3	0,0	5,9	0,0	0,1	0,7	1,0	3,5	0,2	0,0	29,4	6,7	22,7	10,1	22,0	11,9	16,9
Noviembre	77,5	26,2	208,3	0,0	6,2	0,0	0,0	0,3	3,1	5,0	2,1	0,0	22,4	2,3	20,1	8,4	16,0	7,6	11,8
Diciembre	84,9	24,7	247,0	0,4	5,2	0,2	0,2	0,0	4,1	1,9	3,4	0,0	17,1	-0,5	17,6	7,3	12,4	5,0	8,7
ANUAL	630,2	26,2	-	-	52	1	2	9	20	32	17	0	40,6	-1,2	41,8	10,9	21,8	10,9	16,4

CUADRO 2.
DATOS DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO EN EL PERIODO 1967 - 1996
CORRESPONDIENTE A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE TAMUREJO.

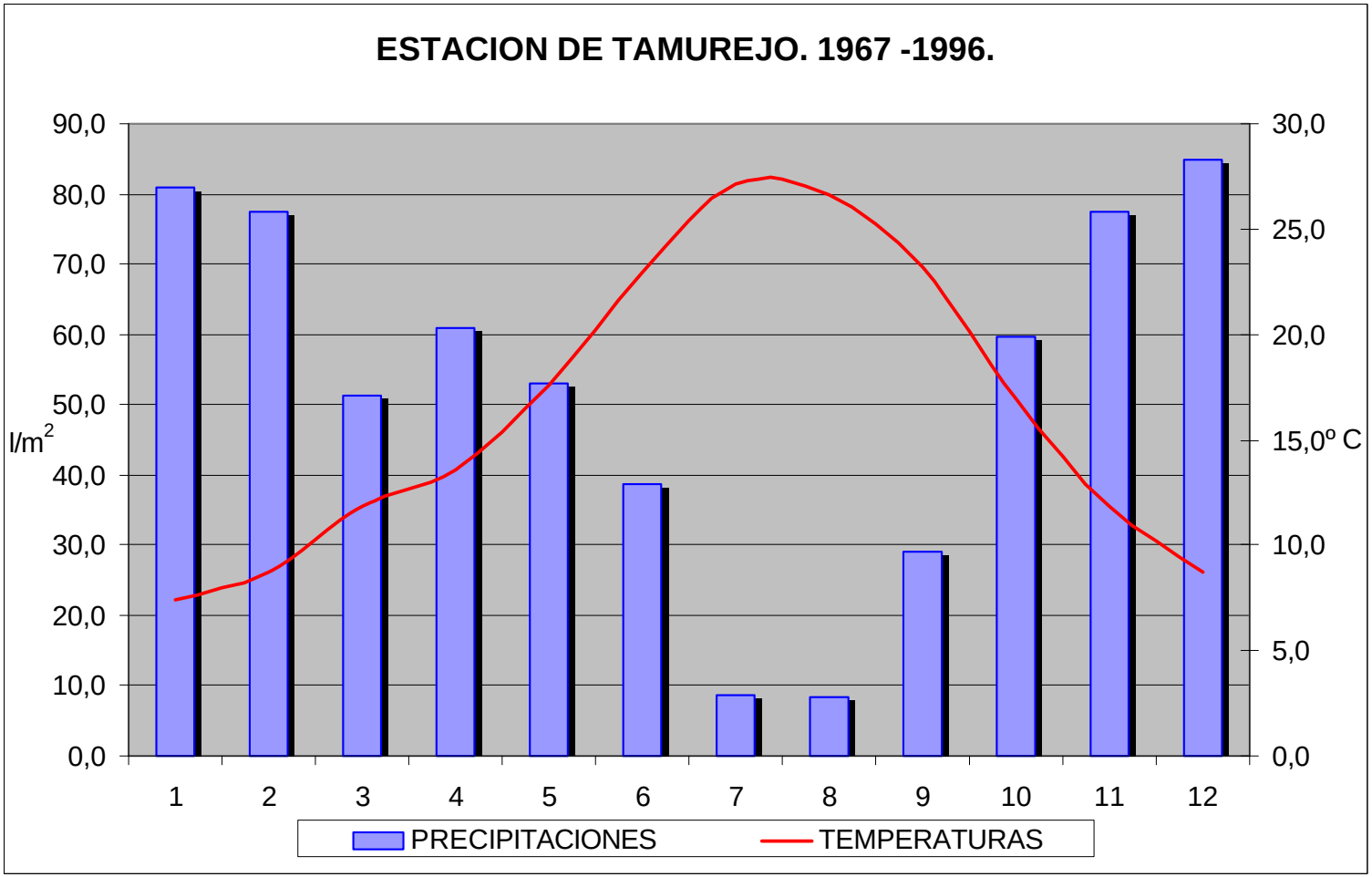


FIGURA 3.- GRÁFICO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

ESTACIÓN DE SANCTI SPIRITUS 1968-1983

MES	PRECIPITACION (l/m2)				Nº DE DIAS DE ...								TEMPERATURAS (°C)						
	TOTAL	MAXIMA EN 24 H	MAXIMA	MINIMA	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMEN-TA	NIEBLA	ROCIO	ESCAR-CHA	NIEVE EN SUELO	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES		
													MAXIMA	MINIMA	EXTREMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	MEDIA
Enero	58,2	16,1	188,0	0,0	4,3	0,1	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	15,2	0,8	14,4	6,7	10,7	4,0	7,3
Febrero	71,6	19,5	189,0	0,0	4,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	16,6	1,7	14,9	6,9	11,6	4,7	8,2
Marzo	48,5	17,8	132,0	16,0	4,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	22,3	2,3	20,1	9,3	15,4	6,1	10,7
Abril	56,9	14,7	192,0	7,5	3,5	0,0	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	26,3	3,7	22,6	10,6	18,8	8,2	13,5
Mayo	41,4	14,2	99,5	6,0	3,8	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	31,0	6,0	25,0	11,9	23,0	11,2	17,1
Junio	40,5	18,6	133,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0	10,8	25,2	13,0	29,0	16,0	22,5
Julio	6,8	4,6	32,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	38,5	15,1	23,4	13,9	33,5	19,6	26,6
Agosto	9,0	8,3	54,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	38,8	14,6	24,2	14,2	34,0	19,8	26,9
Septiembre	32,3	18,7	156,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	34,7	11,8	22,8	11,8	28,9	17,1	23,0
Octubre	49,1	14,5	271,0	0,5	2,8	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	28,2	8,5	19,7	8,9	21,6	12,7	17,2
Noviembre	53,9	19,3	151,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	22,3	3,6	18,7	8,0	16,0	8,0	12,0
Diciembre	68,5	21,7	179,0	0,0	2,8	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	16,5	1,3	15,1	6,1	10,9	4,9	7,9
ANUAL	536,7	21,7	-	-	32	0	0	2	1	0	0	0	38,8	0,8	38,0	10,1	21,1	11,0	16,1

CUADRO 3.
DATOS DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO EN EL PERIODO 1968 – 1983
CORRESPONDIENTE A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE SANCTI SPIRITUS.

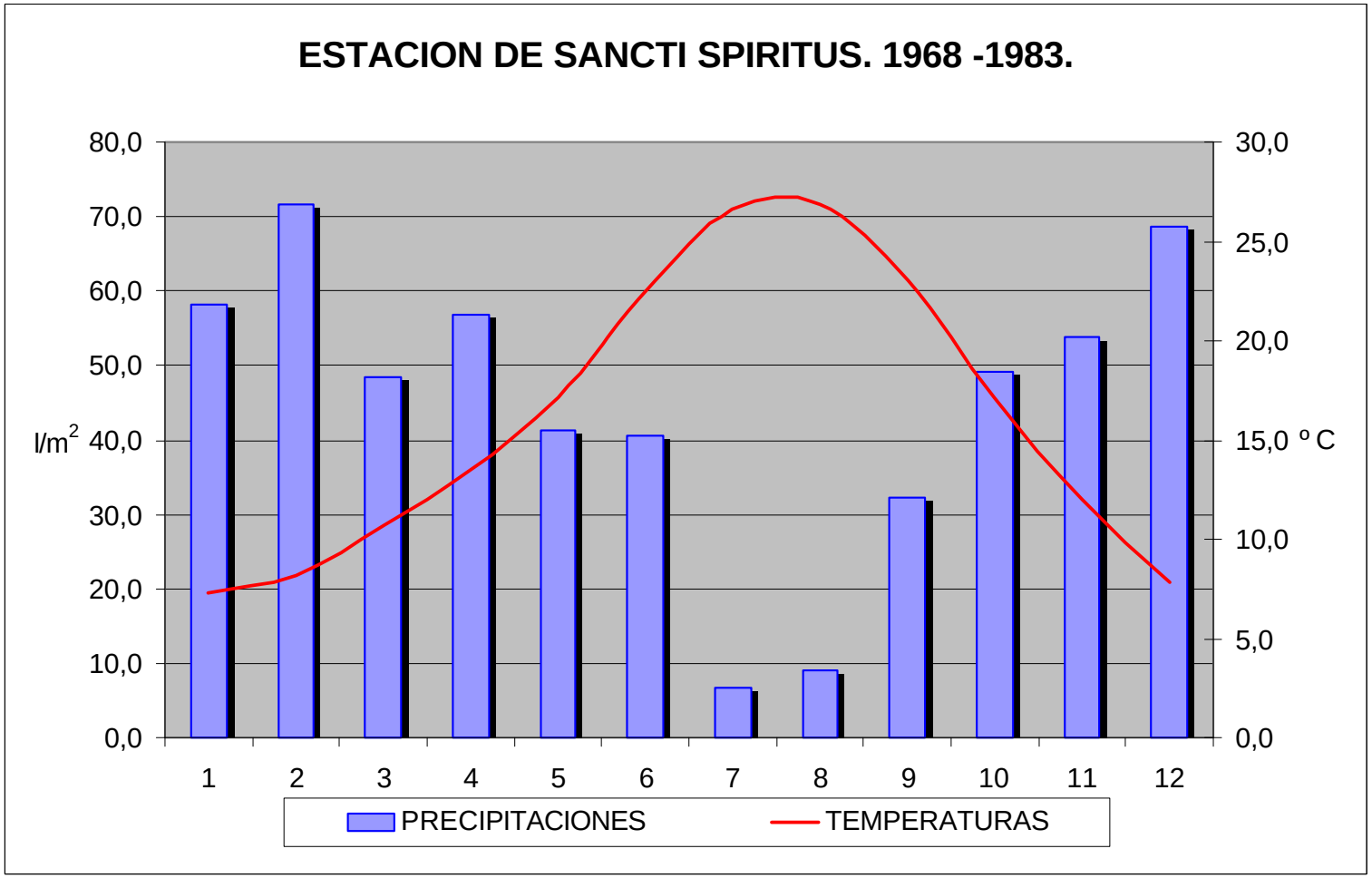


FIGURA 4.- GRÁFICO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

ESTACIÓN DE PUEBLA DE DON RODRIGO 1976-1996

MES	PRECIPITACION (l/m2)				Nº DE DIAS DE ...								TEMPERATURAS (°C)						
	TOTAL	MAXIMA EN 24 H	MAXIMA	MINIMA	LLUVIA	NIEVE	GRANIZO	TORMEN-TA	NIEBLA	ROCIO	ESCAR-CHA	NIEVE EN SUELO	EXTREMAS		OSCILACIONES		VALORES		
													MAXIMA	MINIMA	EXTREMA	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	MEDIA
Enero	65,7	20,9	247,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	3,0	0,0	14,7	-4,8	19,5	9,2	10,9	1,7	6,3
Febrero	62,6	20,2	177,5	1,0	3,7	0,1	0,0	0,0	2,0	0,0	3,1	0,0	20,4	-5,1	25,6	11,1	12,8	1,7	7,3
Marzo	31,3	12,7	107,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	1,8	0,0	25,0	-2,0	27,0	13,9	17,5	3,6	10,6
Abril	68,6	19,9	112,0	7,0	4,2	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0	1,1	0,0	25,6	-0,1	25,7	13,2	18,7	5,5	12,1
Mayo	43,9	18,5	109,0	2,0	3,2	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	31,6	3,4	28,1	14,6	24,0	9,4	16,7
Junio	23,2	11,8	99,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	36,3	8,4	27,9	15,6	29,4	13,8	21,6
Julio	11,1	8,0	72,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	11,5	28,5	17,2	34,2	17,0	25,6
Agosto	8,7	7,5	52,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	39,6	12,1	27,5	16,9	33,6	16,7	25,1
Septiembre	24,6	14,7	81,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	35,9	7,4	28,4	15,8	29,0	13,2	21,1
Octubre	56,8	20,0	179,4	0,0	4,7	0,0	0,0	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	28,6	3,1	25,5	12,2	21,4	9,2	15,3
Noviembre	75,1	24,5	197,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,1	2,8	0,0	1,3	0,0	23,0	-2,0	25,0	10,0	15,7	5,7	10,7
Diciembre	86,5	24,8	291,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,7	0,0	16,4	-3,4	19,8	7,9	11,0	3,0	7,0
ANUAL	558,4	24,8	-	-	34	0	0	3	11	0	12	0	40,0	-5,1	45,1	13,1	21,5	8,4	14,9

CUADRO 4.
DATOS DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS DEL AÑO MEDIO EN EL PERIODO 1976 - 1996
CORRESPONDIENTE A LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE PUEBLA DE DON RODRIGO.

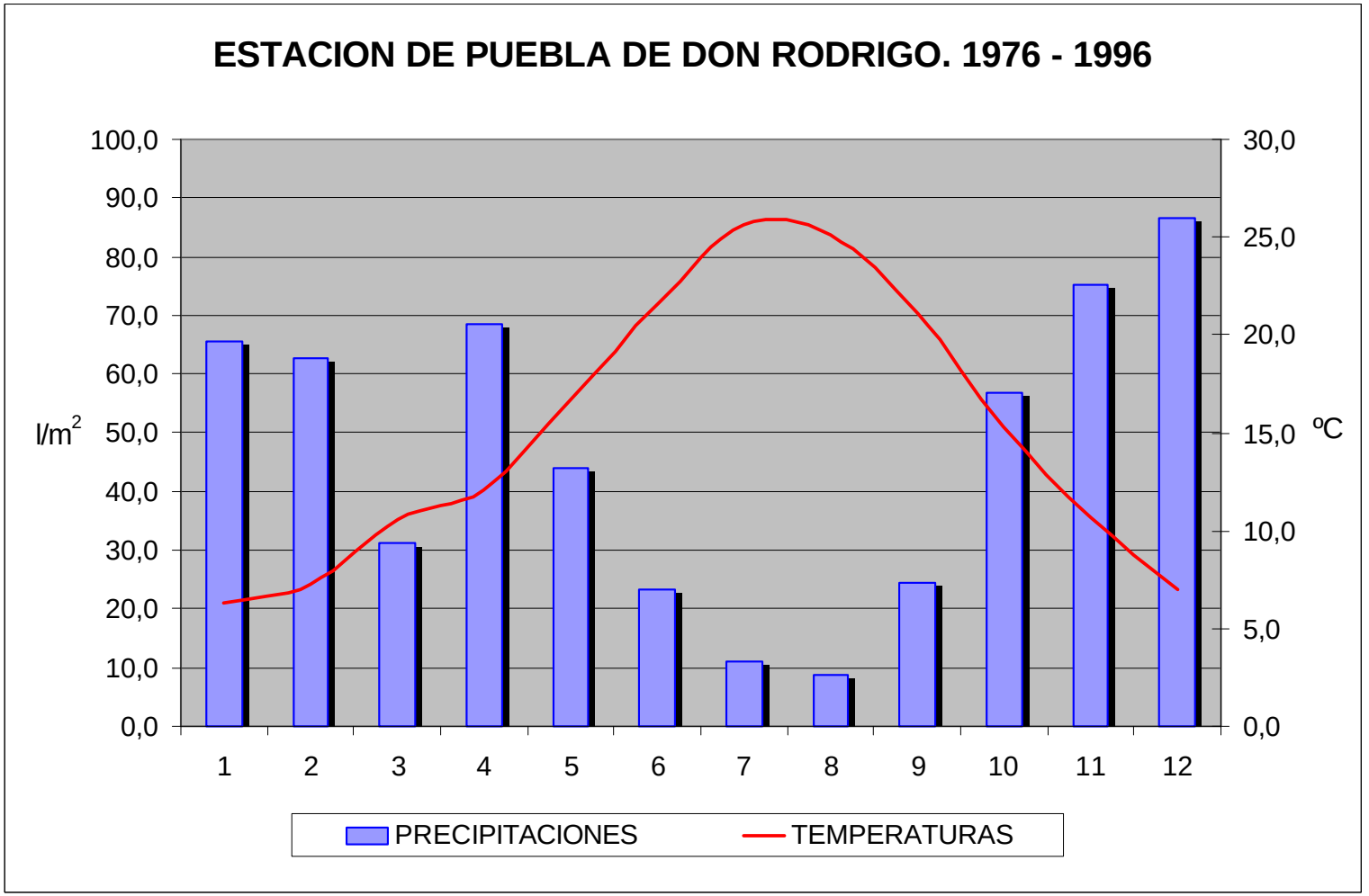


FIGURA 5.- GRÁFICO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

2.2. TOPOGRAFÍA

Geográficamente, el Tramo estudiado se sitúa a caballo entre la parte occidental de la provincia de Ciudad Real y el límite NE de la provincia de Badajoz. Comprende parte de los términos municipales de Puebla de Don Rodrigo, Agudo, Saceruela, Valdemanco del Esteras y Arroba de los Montes (correspondientes a la provincia de Ciudad Real) y de Fuenlabrada de los Montes, Villarta de los Montes, Garbayuela, Siruela, Tamurejo, Baterno y Sancti-Spiritus (pertenecientes a la provincia de Badajoz).

El Tramo estudiado se sitúa en un área montañosa de la cuenca del río Guadiana, nexo orográfico de unión entre los Montes de Toledo, al Norte, y las estribaciones de Sierra Morena, al Sur.

El relieve actual se caracteriza por ser de tipo apalachiano, con áreas sinclinales colgadas, resultado de la actuación de varios ciclos de erosión sucesivos. Se distinguen, pues, varias superficies de erosión en las que se ha encajado la red hidrográfica actual, y sobre ellas destacan especialmente los relieves de la Cuarcita Armoricana, que da las mayores cotas (FOTO 1).



Foto nº 1. Los relieves alomados de la Sierra de Saceruela separan el amplio valle del río Guadiana, labrado sobre las pizarras del núcleo del Sinclinal de Puebla de Don Rodrigo (grupo litológico 122a), del Vallejo del Caballo, pedimento recubierto por los depósitos de raña.

Desde el punto de vista topográfico, en el Tramo se muestra un claro contraste entre las alineaciones serranas constituidas por la Cuarcita Armoricana, y las llanuras implantadas sobre los relieves precámbricos (Llanuras de La Serena y Fuenlabrada).

Los bancos correspondientes a la Cuarcita Armoricana generan todos los relieves en las sierras de la zona; que corresponde a un relieve moderado y generalizadamente montañoso, con varias sierras cuarcíticas de orientaciones ONO-ESE y también NE-SO de 800-870 m de altitud promedio, que desciende suavemente hacia el valle del Guadiana. Las pendientes son acusadas, de entre 25 y 35% en las vertientes, y perfil cóncavo.

Entre las numerosas sierras que integran el área de estudio, cabe citar la Sierra de Enmedio, Sierra de Higueruela, Sierra de los Pedernales, Sierra de Saceruela, Sierra Gorda, Sierra de Dos Hermanas, Sierra de Castillejo, Sierra del Bonal, Sierra de los Castrejones, Sierra de Santana, Sierra de los Villares, Sierra de Mirabueno, Sierra de Siruela, Sierra de Agudo y Pescadera, como las más importantes.

Entre las sierras cuarcíticas, la característica fisiográfica más destacable la constituye la presencia de zonas planas, a veces extensas, denominadas "rañas", que forman superficies elevadas disectadas por una red fluvial muy encajada, con vertientes pronunciadas. La superficie de la Raña se encuentra a cotas variables entre los 660 y los 550 m, dependiendo de los lugares.

Hacia el Oeste, el tipo de paisaje predominante es de escaso relieve, débilmente alomado, desarrollado sobre los materiales precámbricos. Morfológicamente, las unidades precámbricas originan áreas deprimidas, a veces parcial a totalmente recubiertas por la Raña, y circundadas por las sierras cuarcíticas. Se sitúan entre las cotas de 530-420 m en la Llanura de La Serena y 520-480 m en la de Fuenlabrada, descendiendo suavemente hacia el Guadiana.

Las cotas máximas del Tramo se sitúan en las sierras cuarcíticas, estando las mayores alturas en la Sierra de Siruela, donde destaca como cota más alta los 940 m del Cerro de Motilla; y las mínimas en la zona de las llanuras o depresiones precámbricas, concretamente en el cauce del río Guadalemar en la Llanura de La Serena (320 m).

La red fluvial se encuentra bien desarrollada, y se organiza en torno a dos cursos principales: el Guadiana, y el río Siruela-Agudo, afluente suyo por medio del Zújar.

La incisión de estos ríos y sus afluentes ha sido muy importante, existiendo diferencias de cotas entre los cauces y los vértices más elevados de hasta 620 m.

Los principales valles entre sierras corresponden a los ríos Guadiana (FOTO 2), Agudo, arroyo de las Quejigas y arroyo de Las Aceas.



Foto nº 2. Meandro del río Guadiana en las inmediaciones de Puebla de Don Rodrigo, excavado sobre la formación pizarrosa que constituye el grupo litológico 122a. Al fondo se observan las plataformas de las rañas que se extienden al pie de los relieves cuarcíticos.

En las llanuras precámbricas los principales valles corresponden a los ríos Guadalemar, Siruela-Agudo, Pelochejo y Esteras. En estos, debido a la suave pendiente, los cursos fluviales han modelado numerosos meandros que, al bajar el nivel de base, se han ido encajando progresivamente en la llanura alomada.

2.3. ESTRATIGRAFÍA

En el área ocupada por el Tramo estudiado afloran materiales pertenecientes al Precámbrico, Paleozoico, Terciario y Cuaternario (Figura 6).

Desde el punto de vista estratigráfico se diferencian claramente dos áreas, una situada al Este y formada por materiales paleozoicos; y otra, al Oeste, caracterizada por la mayor presencia del Precámbrico.

COLUMNA	GRUPO LITOLOG.	GRUPO GEOTEC.	DESCRIPCION	EDAD
	A	G1	ALUVIONES ACTUALES Y LLANURA ALUVIAL	CUATERNARIO
	AC	G1	ALUVIAL—COLUVIAL (FONDOS DE VALLE)	CUATERNARIO
	T	G1	TERRAZAS FLUVIALES	CUATERNARIO
	E	G1	ZONAS ENDORREICAS	CUATERNARIO
	P	G4	PEDRERAS	CUATERNARIO
	C	G3	COLUVIALES	PLIO—CUATERNARIO
	D	G2	CONOS DE DEYECCION	PLIO—CUATERNARIO
	G	G2	GLACIS	PLIO—CUATERNARIO
	350	G2	RAÑAS	PLIO—CUATERNARIO
	322	G5	CONGLOMERADOS, FANGOS EDAFIZADOS Y ARENAS	TERCIARIO (PLIOCENO)
	143b	G9	PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS	DEVONICO SUP.
	143a	G9	PIZARRAS, CUARCITAS Y ARENISCAS	DEVONICO SUP.
	141e	G9	PIZARRAS, ARENISCAS Y CALIZAS	DEVONICO INF.
	141c	G6	CALIZAS	DEVONICO INF.
	141d	G8	CUARCITAS	DEVONICO INF.
	141b	G9	PIZARRAS, ARENISCAS Y CALIZAS	DEVONICO INF.
	141a	G8	CUARCITAS Y ARENISCAS	DEVONICO INF.
	100	G9	PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS	SILURICO SUP.— —DEVONICO INF.
	130	G9	PIZARRAS AMPELITICAS	SILURICO
	131	G8	CUARCITAS	SILURICO INF.
	123b	G7	GRAUVACAS Y PELITAS	SILURICO INF.
	123a	G9	PIZARRAS	ORDOVICICO SUP.
	100	G9	PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS	SILURICO SUP.— —DEVONICO INF.
	130	G9	PIZARRAS AMPELITICAS	SILURICO
	131	G8	CUARCITAS	SILURICO INF.
	123b	G7	GRAUVACAS Y PELITAS	SILURICO INF.
	123a	G9	PIZARRAS	ORDOVICICO SUP.
	120b	G8	CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS	ORDOVICICO MED—SUP.
	122d	G9	PIZARRAS, ARENISCAS MICACEAS Y CUARCITAS	ORDOVICICO MED.
	122c	G7	ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	ORDOVICICO MED.
	122b	G9	TUFITAS	ORDOVICICO MED.
	122a	G9	PIZARRAS	ORDOVICICO MED.
	120a	G7	ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	ORDOVICICO INF—MED.
	121b	G8	CUARCITAS (FACIES ARMORICANA)	ORDOVICICO INF.
	121a	G7	CUARCITAS, ARENISCAS, LIMOLITAS, PIZARRAS Y CONGLOMERADOS	ORDOVICICO INF.
	121a1	G8	CUARCITAS Y CONGLOMERADOS	ORDOVICICO INF.
	010d	G11	DOLOMIAS	PRECAMBRICO
	010c	G11	CONGLOMERADOS	PRECAMBRICO
	010b	G10	LIMOLITAS Y PELITAS CON ARENISCAS	PRECAMBRICO
	010a	G10	PIZARRAS Y GRAUVACAS	PRECAMBRICO
	002	G11	FILONES DE CUARZO	
	001	G12	DIABASAS	

FIGURA 2. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL DEL TRAMO DE ESTUDIO

En el Precámbrico Superior pueden distinguirse dos unidades litoestratigráficas separadas por una discordancia, que afloran en diversas estructuras anticlinales; de las cuales las más extensas son el Anticlinorio de Agudo-Valdemanco y el Anticlinal de Ibor-Guadalupe. La unidad inferior está formada fundamentalmente por grauvacas y pelitas, en facies turbidíticas, que pasan lateralmente a facies desorganizadas. La unidad superior incluye una formación basal conglomerático-areniscosa, a la que siguen areniscas y pelitas.

El Paleozoico se dispone discordantemente sobre cualquiera de ambas unidades precámbricas, dependiendo de los lugares, y comienza con depósitos del Ordovícico Inferior; falta por tanto el Cámbrico, lo cual es un rasgo característico de esta zona del Macizo Ibérico. Una discontinuidad estratigráfica de menor amplitud que la anterior y no tan extensa regionalmente se localiza en el Ordovícico superior.

Por lo demás, y salvo las discordancias y lagunas estratigráficas citadas, las diversas unidades litoestratigráficas muestran sucesión continua hasta el Devónico Superior. En el Sinclinal de Herrera del Duque se conserva la sucesión paleozoica más completa.

El Ordovícico está representado hasta el Caradoc, y comienza con una serie alternante de hasta 300 m de areniscas, cuarcitas y pizarras (Tremadoc-Arenig), frecuentemente con conglomerados basales, a los que sigue la Cuarcita Armoricana (Arenig), de unos 300 m de potencia; encima hay alternancias de 80 a 200 m de areniscas, cuarcitas y pizarras (Arenig-Llanvirn) y después una potente serie pizarrosa, de hasta 500 m de potencia (Llanvirn-Llandeilo), con intercalaciones de tufitas y de alternancias arenisco-pizarrosas. A esta serie pizarrosa suceden alternancias de areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras (Llandeilo), de unos 120 m de potencia, que culminan con una barra cuarcítica de 60 a 80 m (Llandeilo Sup.-Caradoc Inf.), a la que sigue una nueva formación pizarrosa (Caradoc) de hasta 120 m de espesor.

Salvo algunas intercalaciones volcanosedimentarias discontinuas en el Ordovícico Medio, las formaciones ígneas están ausentes en el ámbito de la zona estudiada.

Las formaciones de edades comprendidas entre el Ordovícico terminal y el Devónico Superior sólo se hallan presentes en el Sinclinal de Herrera del Duque. Se trata de pizarras y cuarcitas dominantes con algún tramo carbonatado.

Todos los materiales citados integran el zócalo hercínico en el Tramo. Sobre ellos, discordantemente, se disponen diversas formaciones terciarias de escasa potencia, ligadas a los diversos ciclos erosivos a que ha sido sometido ese zócalo. El Terciario está representado por sedimentos continentales generados mediante un dispositivo de relleno de abanicos aluviales.

Sobre el zócalo hercínico y bajo los sedimentos de la Raña, se encuentran, de forma discontinua, materiales detríticos atribuibles al Plioceno Inferior, de escasa potencia, que suelen aparecer muy recubiertos por derrubios procedentes de la Raña suprayacente. En la base hay un conglomerado brechoide con matriz ferruginosa que da lugar a encostramientos y corazas ferruginosas. Su potencia es escasa, del orden de los 4 m, y su edad se sitúa entre el Oligoceno Superior y el Mioceno Inferior. sobre estos materiales y lateralmente a ellos existe un depósito de 60 m de potencia máxima, constituido por conglomerados y areniscas de cemento ferruginoso y fangos edafizados con cantos dispersos.

Atribuibles al Plioceno Superior y Pleistoceno Inferior está la típica formación denominada "Raña", y otras formaciones litológicamente similares, y morfológicamente asociadas. Tapizan algunos de los piedemontes existentes en la base de los relieves importantes. Su espesor no supera los 10 m, y están ligadas a una superficie de erosión tallada sobre la práctica totalidad de formaciones del zócalo hercínico, salvo la Cuarcita Armoricana.

Los depósitos más recientes son cuaternarios, resultado de la disección fluvial y la evolución de pendientes consiguiente. Tienen escasa representación, a excepción de los materiales de origen coluvial que tapizan las vertientes de las alineaciones cuarcíticas.

2.4. TECTÓNICA

El Tramo de estudio está situado en la rama meridional de la Zona Centroibérica de JULIVERT (1972); o según la zonación clásica de LOTZE (1956), pertenece a la zona Luso-occidental-Alcudiense.

Los materiales más antiguos que constituyen esta región son de edad precámbrica. Sobre ellos se dispone discordantemente el Ordovícico. El resto de la sucesión paleozoica, que alcanza hasta el Devónico, ha quedado conservada en algunas estructuras sinclinales.

La estructura principal es de edad hercínica, aunque durante el Precámbrico Superior y el Cámbrico tuvieron lugar etapas de diastrofismo que se manifiestan actualmente como discordancias en el registro estratigráfico.

La estructura regional consiste en pliegues de dirección NO-SE a E-O con recorridos kilométricos afectados en mayor o menor grado por deformaciones tardías. Hacia el sector oriental de la región el cuadro estructural varía, dominando un diseño de interferencia de domos y cubetas. Varios sistemas de fracturas, la mayor parte de origen tardihercínico, completan el marco estructural. Los materiales precámbricos y paleozoicos no han experimentado metamorfismo regional, manteniéndose en ambiente de anquizona.

Desde el punto de vista de la fracturación, los niveles cuarcíticos han tenido un comportamiento más frágil, y son los que actualmente muestran mejor los resultados de las diferentes etapas de fracturación. Los niveles pizarrosos, por su mayor ductilidad, con frecuencia observan la deformación de manera continua, amortiguando las fallas.

La estructura actual es el resultado de la superposición de varias fases de deformación que tuvieron lugar entre el Precámbrico y el Carbonífero.

Deformaciones prehercínicas

Los materiales precámbricos tienen una estructura caracterizada por orientaciones y estilos propios, y diferentes de los que muestran los materiales paleozoicos. Existe una fase de deformación intraprecámbrica, responsable en gran parte de la disposición que presentan actualmente los materiales precámbricos.

Movimientos sárdicos

Son los responsables de la marcada discordancia que separa los materiales ordovícicos de su sustrato. No obstante, el paralelismo detectado entre los materiales del precámbrico situados por encima de la discordancia intraprecámbrica y los ordovícicos, confieren a la discordancia Sárdica que los separa, un carácter eminentemente erosivo, asociado a un proceso de transgresión y sin deformaciones importantes. Consecuencia de ello es el hecho de que la base del Paleozoico se apoye indistintamente sobre los diferentes materiales de las series precámbricas, pudiendo darse una discordancia angular cuando el apoyo se realiza en los materiales situados por debajo de la discordancia intraprecámbrica.

Deformaciones hercínicas

La deformación hercínica es la principal responsable de la estructura del Tramo. Afecta por primera vez a los materiales paleozoicos y se sobreimpone a las estructuras prehercínicas.

La primera fase hercínica es la más importante, y da lugar a las principales estructuras cartografiadas. Es una fase compresiva que origina pliegues, esquistosidad, cabalgamientos y fallas.

Los pliegues regionales tienen ejes de dirección NO-SE a E-O, con ejes subhorizontales. Los planos axiales varían entre subverticales a claramente vergentes hacia el SO. En los materiales paleozoicos constituidos por cuarcitas o alternancias, los pliegues generalmente son abiertos, angulosos, con flancos rectos y charnelas agudas. Los ángulos entre flancos varían entre 40º y 80º. En los materiales precámbricos y en los niveles pizarrosos, los pliegues son muy apretados, llegando a ser isoclinales.

La esquistosidad se desarrolla cuando la composición litológica lo permite. Suele aparecer en los materiales precámbricos, en las alternancias y en los niveles pizarrosos del Ordovícico. Es una esquistosidad de plano axial, con orientación primaria NO-SE a E-O y buzamiento de

30º a 90º hacia el NE. También puede aparecer reorientada por la segunda fase. En los niveles pizarrosos es una pizarrosidad que puede obliterar la estratificación.

Otras estructuras atribuibles a la primera fase son las fallas inversas y cabalgamientos que se desarrollan en los flancos cortos de los pliegues; así como algunas fallas paralelas a los ejes de los pliegues.

La segunda fase de deformación hercínica tiene menos importancia que la anterior y se caracteriza por las modificaciones que induce en las estructuras de primera fase. Origina macropliegues de rumbo NE-SO, cruzados con respecto a los anteriores, circunstancia que dará lugar a la formación de domos y cubetas.

La fracturación tardihercínica afecta a todas las estructuras de plegamiento anteriores. Se caracteriza por generar dos familias principales de desgarres, NO-SE dextrales y NE-SO senestrales, y posiblemente la reactivación de las fracturas anteriores.

Deformaciones alpinas y postalpinas

Las deformaciones que pueden observarse en los materiales pliocenos, así como la actividad volcánica desarrollada esencialmente durante el mismo período, en áreas cercanas al Tramo estudiado, delatan un contexto tectónico distensivo controlado por fallas del zócalo hercínico.

2.5. GEOMORFOLOGÍA

El Tramo estudiado se sitúa en un área montañosa de la cuenca del río Guadiana, nexo orográfico de unión entre los Montes de Toledo, al Norte, y las estribaciones de Sierra Morena, al Sur.

En el Tramo existe un claro contraste topográfico entre las alineaciones serranas constituidas por la Cuarcita Armoricana y las llanuras implantadas sobre los relieves precámbricos (Llanuras de La Serena y Fuenlabrada). Se caracteriza por un relieve apalachiano con áreas sinclinales colgadas.

La mayor parte de los autores coincide en considerar que a finales del Paleógeno, la región debía presentar un modelado de penillanura, labrada durante el Cretácico terminal o Paleógeno. Los restos actuales de esta superficie están representados por el enrasamiento o alineación de cumbres de las sierras de Cuarcita Armoricana.

La degradación en época alpina de esta penillanura, genera el relieve apalachiense característico, en el que la alteración que afecta al substrato paleozoico jugó un papel fundamental. Así, durante el Paleógeno y Mioceno Inferior, la región se vio sometida a intensos procesos de alteración química en condiciones de tipo tropical estacional, formándose los relieves residuales o *inselbergs*, en las cuarcitas del Ordovícico Inferior, a cuyos pies se acumularon lo-

calmente corazas ferralíticas. La alteración de los materiales pizarrosos precámbricos y paleozoicos alcanzó varias decenas de metros de profundidad, dando lugar a materiales fácilmente erosionables, que fueron desmantelados durante el Mioceno y sobre todo el Plioceno Inferior, produciéndose el relleno de las principales cuencas endorreicas y de pequeñas cuencas intramontañosas.

Con anterioridad al depósito de las Rañas se produce una nueva etapa de alteración química que se traduce en una intensa meteorización del sustrato, que en muchas zonas se suma a las alteraciones precedentes. Los abanicos aluviales que conforman las Rañas se depositan sobre dicha superficie alterada, colmatando las depresiones existentes entre los relieves. Este proceso da lugar a formas extensas de glacis de pie de monte.

La incisión cuaternaria, en particular la del río Guadiana y afluentes, disecta la superficie de la Raña de manera que el paisaje que puede observarse por encima del nivel de estas plataformas en muchas zonas presenta una geomorfología heredada de etapas anteriores, con retoques mínimos (pedreras): es el paisaje del Pliocuaternario. Por debajo del nivel de rañas, el paisaje es enteramente cuaternario con predominio de los procesos denudativos (FOTO 3).



Foto nº 3. Valle del Arroyo de Doña Juana. Se observa el encajamiento de la red fluvial sobre las plataformas de las rañas, que recubren a las pizarras del grupo litológico 122a aflorante en el núcleo del Sinclinal de Puebla de Don Rodrigo. Por encima destacan las cumbres de las sierras cuarcíticas.

El encajamiento de la red fluvial cuaternaria va a dar lugar a toda una jerarquización, con multitud de niveles de glacis de acumulación y erosión, importantes abanicos aluviales y plataformas de terraza que se interfieren y enlazan, pasando de unas superficies a otras. Sumándose a esta morfología pliocuaternaria existe un importantísimo recubrimiento coluvial en las vertientes.

En la actualidad, los procesos geomorfológicos que afectan a la estabilidad natural de las vertientes tienen lugar en las formaciones terciarias y en el recubrimiento cuaternario.

La formación terciaria cuyos materiales proceden directamente del desmantelamiento del manto de alteración creado sobre la superficie de los materiales hercínicos, ricos en caolín, darán lugar, por su naturaleza litológica, a una importante inestabilidad de laderas al ser disectados por el encajamiento de la red fluvial; y donde intervendrán de forma muy importante los freáticos colgados instalados sobre estas superficies terciarias, asociados a depósitos detríticos muy permeables interestratificados en el Terciario o superpuestos a él, como rañas, abanicos aluviales, glacis o coluviones.

Pueden diferenciarse varios dominios geomorfológicos relacionados directamente con las unidades morfoestructurales definidas por las grandes estructuras hercínicas y por los materiales postorogénicos.

Estos dominios son:

- Sierras cuarcíticas
- Plataformas de la Raña y relieves sobre materiales terciarios
- Valles entre sierras
- Depresión sinclinal o *Val* complejo de Herrera del Duque
- Llanuras y depresiones sobre materiales precámbricos

Sierras cuarcíticas

La Cuarcita Armoricana es el principal elemento constructor del relieve actual. Las directrices del mismo son estructurales, aunque no exactamente hercínicas, pues el rejuego de fallas tardías produce desplazamientos y condiciona la red de drenaje. Estos relieves, formados por barras rocosas de cuarcitas, se sitúan en los flancos de las estructuras mayores y sirven de límite entre las demás unidades o domos morfoestructurales. Presentan direcciones dominantes ONO-ESE que pasan a E-O, N-S y también NE-SO, originando sierras enlazadas de forma circular como consecuencia de una estructura creada por la interferencia de pliegues.

Las vertientes de las sierras cuarcíticas presentan pendientes acusadas y están tapizadas por importantes masas de derrubios de ladera, depósitos coluviales y de glacis coluviales. Estas vertientes muestran evidentes signos de inestabilidad, viéndose afectadas por reptaciones y deslizamientos fósiles y activos (FOTO 4). Otros procesos activos están en relación con la erosión por incisión lineal en pequeños barrancos.



Foto nº 4. Deslizamiento activo que afecta los coluviales y manto de alteración del grupo litológico 010a, y que se superpone a otras estructuras fósiles de mayor envergadura prácticamente desdibujadas. Fuente del tío Marcelo, en las cercanías de Arroba de los Montes.

Plataformas de la Raña y relieves sobre materiales terciarios

El enlace morfológico de las sierras cuarcíticas con la superficie de la Raña se verifica de forma gradual mediante glacis coluviales. El relleno de las depresiones por los materiales de la Raña se ha realizado mediante abanicos aluviales anchos y planos, de 2-4 km de longitud, que arrancan de las salidas de los principales valles entre sierras.

En áreas de interferencia de abanicos y/o conos de deyección, o entre estos y algún relieve residual, se formaron pequeñas zonas endorreicas, algunas de las cuales persisten en la actualidad.

Hay también algunos ejemplos de relieves residuales aislados, más o menos achatados, con vertientes regularizadas, que destacan en la superficie de la Raña. Esta superficie se encuentra en cotas variables entre los 660 y los 500 m, dependiendo de los lugares, mostrando siempre una pendiente muy suave.

Las plataformas de las rañas y glacis enlazan generalmente con el fondo de los valles, mediante un escarpe suavizado que da paso a una ladera de fuerte pendiente en la que, bajo los derrames procedentes del desmantelamiento de rañas y glacis, pueden presentarse los depósitos detríticos del Terciario o los materiales hercínicos, mayoritariamente pizarrosos.

En relación con estas vertientes que enlazan la plataforma finiterciaria y los valles actuales se ha desarrollado un proceso importante de inestabilidad de laderas (FOTO 5).



Foto nº 5. Bajo la superficie de la Raña se observa un deslizamiento de ladera que afecta al recubrimiento coluvial y al manto de alteración de la formación pizarrosa que conforma el grupo litológico 122a. Valle García, próximo a la localidad de Puebla de Don Rodrigo.

Valles entre sierras

Desde principios del Pleistoceno se ha producido el descenso del nivel de base de la red hidrográfica, que probablemente continua en la actualidad, y cuyo resultado más importante es la degradación de la superficie de la Raña; que puede aparecer perfectamente conservada o encontrarse casi totalmente desmantelada.

Este proceso se ha producido a partir de dos sistemas hidrográficos que constituyen los principales valles entre sierras: el del río Guadiana, y del río Agudo, arroyo de las Quejigas y arroyo de Las Aceas.

Bajo la influencia directa del Guadiana y sus afluentes más orientales, la superficie de la Raña ha quedado reducida a unos escasos restos conservados sobre hombreras más resistentes. El río Guadiana ha excavado un ancho valle sobre las pizarras del Ordovícico Medio, mediante erosión lateral por procesos divagantes meandriformes (VER FOTO 2), donde se aprecian áreas llanas de escasa extensión, constituidas por los diversos niveles de glacis y terrazas; y se encaja en profundas hoces en la Cuarcita Armoricana, aprovechando las mayores fracturas tardihercínicas (FOTO 6).



Foto nº 6. Río Guadiana internándose en el Estrecho de las Hoces, excavado en las sierras cuarcíticas del NE del Tramo.

Depresión sinclinal o Val complejo de Herrera del Duque

La Depresión Sinclinal o Val Complejo de Herrera del Duque es un área deprimida con numerosos relieves internos y limitada por las sierras cuarcíticas. Su orientación preferente es ONO-ESE, coincidente con las directrices principales, pasando hacia el este a NNO-SSE, como consecuencia del giro que sufren las estructuras al ser afectadas por fases hercínicas posteriores.

Se caracteriza por la ausencia de llanuras y por presentar un modelado básicamente estructural a base de barras rocosas formadas por los niveles cuarcíticos resistentes de la sucesión paleozoica, que alternan con tramos más blandos pizarrosos.

En conjunto, la depresión constituye un valle complejo colgado sobre los anticlinales donde aflora el Precámbrico, que da lugar a un relieve típicamente apalachiano.

Llanuras y depresiones sobre materiales precámbricos

Se sitúan en los núcleos de los Anticlinorios de Agudo-Valdemanco (Llanura de La Serena) (FOTO 7), Ibor-Guadalupe (Llanura de Fuenlabrada) Guadalemar (Depresión de Guadalemar), Arroba de los Montes (FOTO 8), y del Esteras (Depresión del Esteras). Dan lugar a zonas deprimidas con relieve suavemente alomado, circundadas por las sierras cuarcíticas. Los afluentes del Guadiana: Agudo, Siruela, Guadalemar y Pelochejo se encajan fundamentalmente en la llanura alomada.



Foto nº 7. *Depresión de Agudo (Llanura de La Serena). Corresponde a una depresión sobre los materiales precámbricos (grupo litológico 010a), circundada por sierras cuarcíticas cuya línea de cumbres corresponde a la Cuarcita Armoricana (grupo 121b). A la derecha de la imagen, destacando sobre la penillanura precámbrica, se observa el "monte isla" o inselberg de La Morra.*



Foto nº 8. Depresión sobre los materiales precámbricos (grupo litológico 010a) en Arroba de los Montes, circundada por sierras cuarcíticas cuya línea de cumbres corresponde a la Cuarcita Armoricana (grupo 121b).

Se reconoce la existencia de una antigua superficie de erosión, que se sitúa entre las cotas de 530-420 m en la Llanura de La Serena y 520-480 m en la de Fuenlabrada, descendiendo suavemente hacia el Guadiana. Está fosilizada por los sedimentos del Plioceno Inferior, aunque es probable que su construcción se haya iniciado en tiempos más antiguos (Paleógeno Superior-Mioceno Inferior), en relación con etapas de intensa alteración química. Esta superficie de erosión es la principal constructora de las llanuras que nos ocupan. La incisión cuaternaria da origen al relieve alomado que se observa actualmente.

Las plataformas de la Raña y relieves sobre materiales terciarios están bien representados en la Llanura de La Serena y Depresión de Guadalemar.

Es característica la presencia de una potente alteración anterior a la instalación de las rañas, que afecta a todos los materiales sobre los que reposa, muy patente en los Montes de Toledo y Extremadura.

En las penillanuras precámbricas, debido a la suave pendiente, los cursos fluviales han modelado numerosos meandros que, al bajar el nivel de base, se han ido encajando progresivamente; caso de los ríos Guadalemar, Zújar, Esteras y Siruela-Agudo.

2.6. SISMICIDAD

De acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-94). Real Decreto 2543/1994 de 29 de Diciembre (B.O.E. 8 de Febrero de 1995), según el artículo 1.2.3. se señala que no es obligatoria la aplicación de esta Norma *"cuando la aceleración sísmica de cálculo a_c sea inferior a 0,06 g"*. (g: aceleración de la gravedad).

En este mismo artículo se señala que *"la aplicación de esta Norma debe hacerse calculando la estructura para la acción sísmica definida en los capítulos 2 y 3 y respetando las reglas de proyecto y las prescripciones constructivas indicadas en el capítulo 4".*

Ninguno de los términos municipales atravesados por el Tramo estudiado, todos ellos en las provincias de Ciudad Real y Badajoz, se encuentra en la relación del Anejo 1 de la citada Norma. En esta relación se encuentran todos aquellos cuya aceleración sísmica básica (a_b) es igual o superior a 0,04 g.

Según el artículo 2.2:

$$a_c = c \cdot a_b$$

(c: coeficiente = 1,3 para t = 100 años)

Del lado de la seguridad, se toma $a_b = 0,04$ g.

Por tanto, se tiene:

$$a_c = 1,3 \cdot 0,04 = 0,052 \text{ g} < 0,06 \text{ g}$$

Luego no es necesario tener en cuenta los efectos sísmicos.

Según la Norma, se considera que *"una aceleración sísmica de cálculo inferior a 0,06 g no genera solicitaciones peores que las demás hipótesis de carga, dada la diferencia de coeficientes de seguridad y de acciones simultáneas que deben considerarse con el sismo"* (Comentarios del artículo 1.2.3.).

Por tanto, en el territorio en el que están ubicadas las obras proyectadas, no se esperan movimientos sísmicos capaces de provocar esfuerzos mayores que los considerados en otras situaciones de carga que no incluyen efectos provocados por terremotos.

En consecuencia, en los proyectos que se realicen en este Tramo, no es necesario considerar el efecto de las acciones sísmicas.

APARTADO DEROGADO

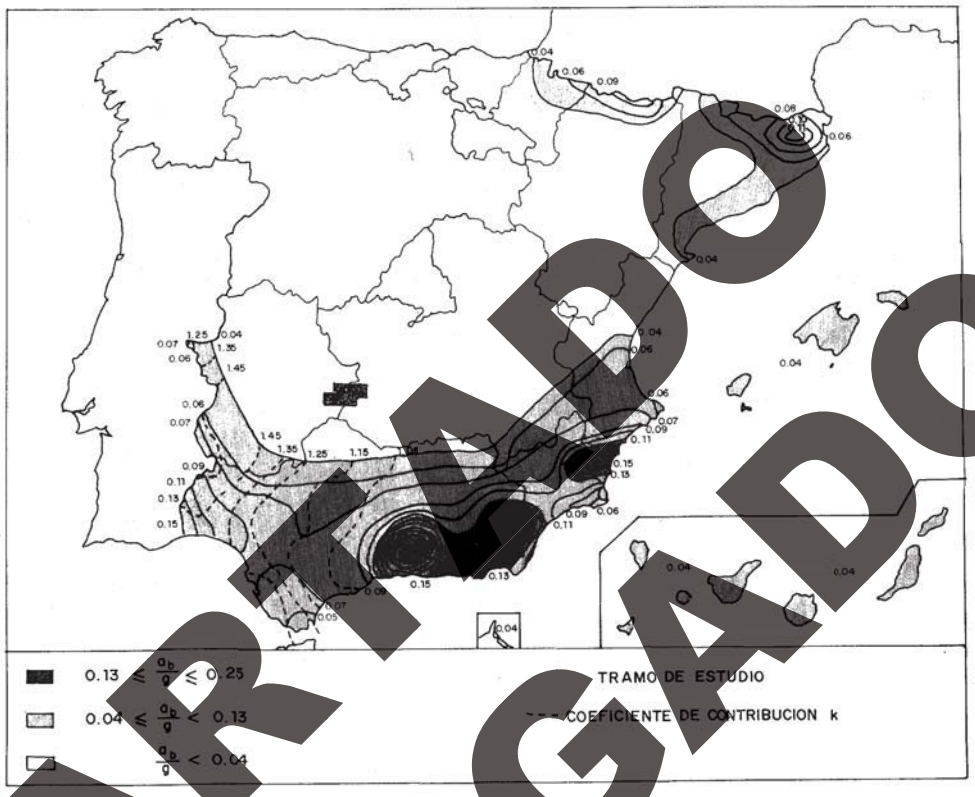


FIGURA 3. SITUACIÓN DEL TRAMO EN EL MAPA SISMORRESISTENTE.

APARTADO DEROGADO

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

Para una mejor sistematización de este Estudio se ha establecido una división del Tramo en dos Zonas, atendiendo a sus características litológico-estructurales y geomorfológicas, que son las que principalmente pueden condicionar las obras viales a realizar en un futuro. La distribución geográfica de estas Zonas se muestra en la Figura 4, y sus características diferenciadoras son las siguientes:

Zona 1: Se ha denominado "Sierras paleozoicas y valles entre sierras". Se desarrolla con mayor extensión en el sector oriental del Tramo estudiado. Está integrada por varios dominios geomorfológicos como son: las sierras cuarcíticas, las plataformas de la Raña y relieves sobre materiales terciarios, los valles entre sierras y la depresión sinclinal o Val complejo de Herrera del Duque (VER FOTO 1).

Morfológicamente constituye una unidad formada por los relieves apalachianos conformados por la Cuarcita Armoricana. Se trata de un relieve accidentado, montañoso en algunos casos, y de elevada altitud. La naturaleza de los materiales es eminentemente silícea, con alternancias de formaciones pizarrosas, areniscosas y cuarcíticas. La edad de estos materiales es Ordovícico, Silúrico y Devónico.

En esta Zona, la disposición estructural responde a una orientación general ONO-ESE y, dada su morfología accidentada, son poco practicables los accesos, sobre todo en dirección distinta a la de las estructuras.

El acceso en esta Zona se realiza a través de los principales cursos fluviales, que la surcan según la dirección ONO-ESE. La intercomunicación entre los distintos valles presenta dificultades de trazado y problemas geotécnicos relacionados con la estabilidad de las laderas.

Zona 2: Se ha denominado "Llanuras y depresiones sobre materiales precámbricos". Presenta un mayor desarrollo en el sector occidental del Tramo estudiado. Está integrada por los dominios geomorfológicos que constituyen las llanuras y depresiones sobre materiales precámbricos (VER FOTOS 7 y 8).

Morfológicamente se caracteriza por un relieve muy maduro, suave y alomado, surcado por arroyos poco funcionales, en valles encajados en el substrato. Son núcleos precámbricos culminados por una superficie de erosión, e intensamente alterados cuando se hallan cubiertos por materiales cenozoicos que, como las rañas, enlazan mediante conos de deyección y coluviales muy antiguos, con los relieves apalachianos de la Zona 1.

La naturaleza de los materiales silícea (pizarras y grauvacas), con recubrimientos detríticos terciarios y cuaternarios.

En esta Zona la morfología es suave y los problemas son escasos, en principio adecuada para obras viales.

LEYENDA

ZONA 1

ZONA 2

CORTES GEOLOGICOS

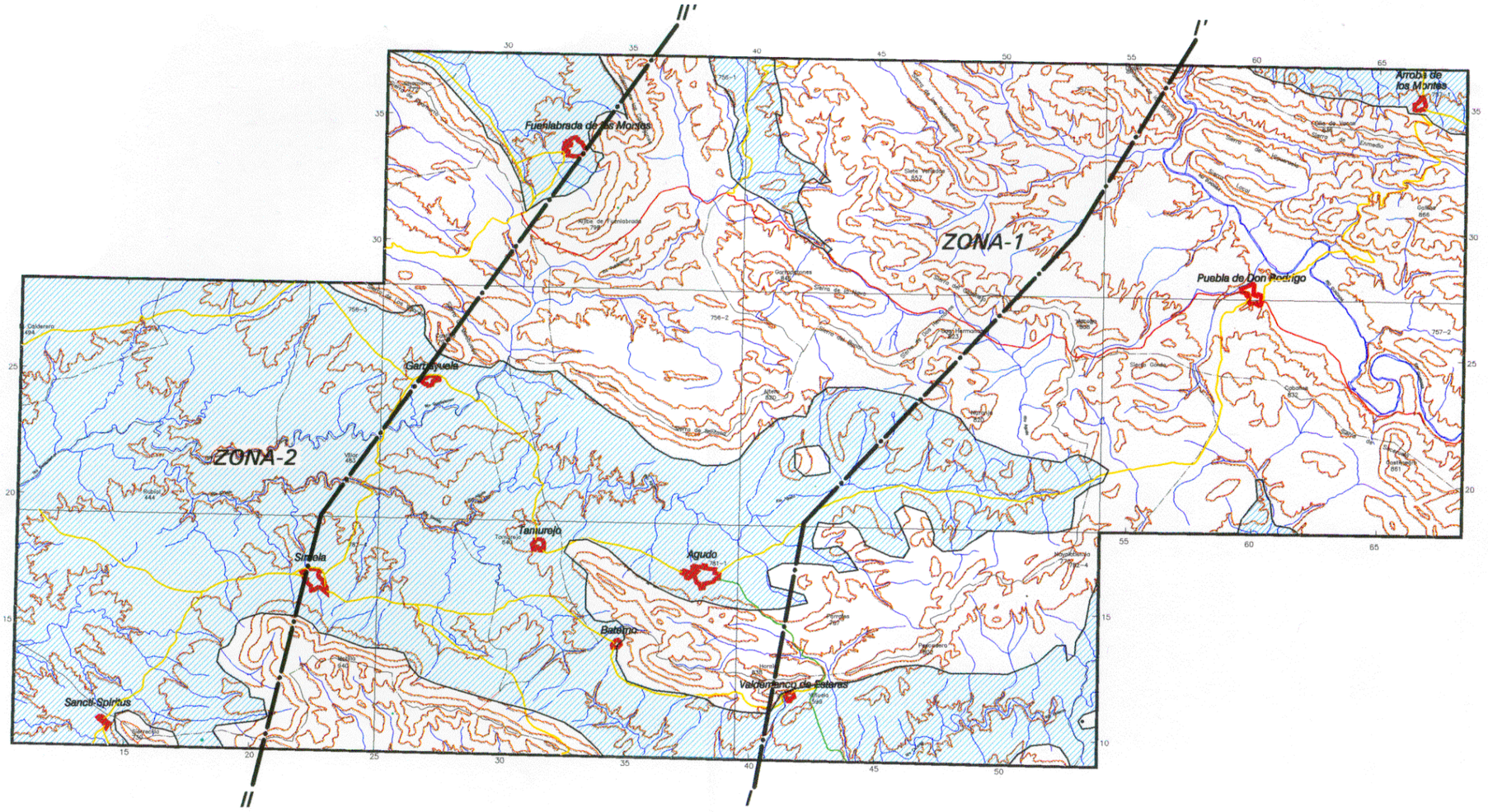


FIG. 4 ESQUEMA DONDE SE MUESTRA LA DIVISION EN ZONAS DEL TRAMO DE ESTUDIO Y LA TRAZA DE LOS CORTES GEOLOGICOS REALIZADOS.

Escala 1:200.000

3.2. ZONA 1: SIERRAS PALEOZOICAS Y VALLES ENTRE SIERRAS

3.2.1. Geomorfología

Esta Zona se desarrolla con mayor extensión en el sector oriental del Tramo estudiado.

El relieve es moderado y generalizadamente montañoso, con varias sierras cuarcíticas de orientaciones ONO-ESE y también NE-SO de 800-870 m de altitud promedio. Entre estas hay abundantes zonas planas, a veces muy extensas, con unos 600 m de altitud media, correspondientes a la superficie de la Raña. La red hidrográfica actual se presenta encajada en la superficie de la Raña, y se organiza entorno a dos cursos principales: el Guadiana, al NE, y el río Agudo, afluente suyo por intermedio del Zújar, en la parte central de esta Zona (420 y 520 m sobre el nivel del mar respectivamente para ambos cursos).

En el ámbito de esta Zona, las formas de relieve observables son resultado de los diversos procesos morfogenéticos que han actuado desde el Oligoceno-Mioceno Inferior, hasta la actualidad.

A grandes rasgos, pueden diferenciarse varios dominios geomorfológicos relacionados directamente con las unidades morfoestructurales definidas por las grandes estructuras hercínicas y por los materiales postorogénicos.

Estos dominios son:

- Sierras cuarcíticas
- Plataformas de la Raña y relieves sobre materiales terciarios
- Valles entre sierras
- Depresión sinclinal o Val complejo de Herrera del Duque

Sierras cuarcíticas

La Cuarcita Armoricana es el principal elemento constructor del relieve actual. Las sierras cuarcíticas presentan formas muy redondeadas, tanto en perfil como en planta. Las directrices del mismo son estructurales, aunque no exactamente hercínicas, pues el rejuego de fallas tardías produce desplazamientos y condiciona la red de drenaje. Estos relieves, formados por barras rocosas de cuarcitas, se sitúan en los flancos de las estructuras mayores y sirven de límite entre las demás unidades o domos morfoestructurales. Presentan direcciones dominantes ONO-ESE que pasan a E-O, N-S (terminación periclinal del Anticlinal de Ibor y otros) y también NE-SO (Pescadera-Navalonguilla), originando sierras enlazadas de forma circular como consecuencia de una estructura creada por la interferencia de pliegues.

La altura de las cumbres se sitúan entre 710 y 870 m, descendiendo suavemente hacia el valle del Guadiana. La incisión de este río y sus afluentes ha sido muy importante, existiendo diferencias de cotas entre los cauces y los vértices más elevados de 530 m.

Las vertientes de las sierras cuarcíticas presentan pendientes acusadas entre 25 y 35 % y perfil cóncavo. Están tapizadas por importantes masas de depósitos coluviales y de glacis coluviales antiguos (Pleistocenos). Las cabeceras de las vertientes suelen estar ocupadas por canchales o pedreras de origen periglaciar, creadas por crioclastismo de las barras de Cuarcita Armoricana, intensamente fracturadas. Estas vertientes muestran evidentes signos de inestabilidad, viéndose afectadas por reptaciones y deslizamientos fósiles y activos. Otros procesos activos están en relación con la erosión por incisión lineal en pequeños barrancos.

La importantísima alteración desarrollada sobre los materiales precámbricos y paleozoicos tuvo especial incidencia en aquellas zonas falladas y brechificadas, y sobre los materiales pizarrosos. Los mantos de alteración creados se enriquecieron en componente arcilloso de naturaleza caolinítica. Los numerosos fenómenos de deslizamiento que, con carácter fósil, latente o activo, afectan a la orla de coluviones que tapizan las laderas de las sierras paleozoicas, deben en gran parte su inestabilidad al substrato arcilloso y, asimismo inestable, representado por los mantos de alteración sobre los que se asientan (FOTO 9).



Foto nº 9. Gran deslizamiento fósil en estado latente, sobre los coluviales que se extienden bajo el Morro del Castillo, escarpe cuarcítico de la Sierra de Siruela.

Los fenómenos de deslizamiento y solifluxión son fenómenos que tuvieron un amplio desarrollo en fases de clima periglaciar de las que se han heredado algunas formas muy características. En la actualidad estos fenómenos se siguen produciendo por reactivación de estructuras preexistentes.

Plataformas de la Raña y relieves sobre materiales terciarios

El enlace morfológico de las sierras cuarcíticas con la superficie de la Raña se verifica de forma gradual mediante glacis coluviales. El relleno de las depresiones por los materiales de la Raña se ha realizado mediante abanicos aluviales anchos y planos, de 2-4 km de longitud, que arrancan de las salidas de los principales valles entre sierras. Al pie de algunos barrancos, de cabecera muy cóncava y redondeada, que descienden de las sierras, existen conos de deyección de menor tamaño que los abanicos de superficie convexa, mayor pendiente y situados a una cota ligeramente superior; por lo que deben ser algo posteriores a la génesis de la superficie de la Raña.

En áreas de interferencia de abanicos y/o conos de deyección, o entre estos y algún relieve residual, se formaron pequeñas zonas endorreicas, algunas de las cuales persisten en la actualidad (FOTO 10).



Foto nº 10. Zona endorreica donde se forman encharcamientos temporales en un área deprimida entre conos de deyección coalescentes, sobre la superficie de la Raña. Inmediaciones del P.K. 23+000 de la carretera de Puebla de Don Rodrigo a Agudo.

Hay también algunos ejemplos de relieves residuales aislados, más o menos achatados, con vertientes regularizadas, que destacan en la superficie de la Raña. Esta superficie se encuentra en cotas variables entre los 660 y los 500 m, dependiendo de los lugares, mostrando siempre una pendiente muy suave.

Las plataformas de las rañas y glacis enlazan generalmente con el fondo de los valles, mediante un escarpe suavizado que da paso a una ladera de fuerte pendiente en la que, bajo los derrames procedentes del desmantelamiento de rañas y glacis, pueden presentarse los depósitos detríticos del Terciario o los materiales hercínicos, mayoritariamente pizarrosos. Estos últimos suelen presentar un alto grado de alteración, consecuencia de los cual se desarrolla en ellos un drenaje dendrítico similar al que se desarrolla sobre los materiales detríticos de la base del Neógeno.

En relación con estas vertientes que enlazan la plataforma finiterciaria y los valles actuales se ha desarrollado un proceso importante de inestabilidad de laderas.

Valles entre sierras

Desde principios del Pleistoceno se ha producido el descenso del nivel de base de la red hidrográfica, que probablemente continua en la actualidad, y cuyo resultado más importante es la degradación de la superficie de la Raña; que puede aparecer perfectamente conservada o encontrarse casi totalmente desmantelada.

Este proceso se ha producido a partir de dos sistemas hidrográficos: el del río Guadiana en la mitad nororiental de la Zona, y el resto de arroyos en la suroccidental. El primero ha sido de iniciación más antigua y policíclico, presentando hasta ocho niveles de terrazas y glacis de vertiente o coluviales asociados. Las cotas del actual cauce del Guadiana se encuentran a 425-480 m. El segundo sistema (río Agudo, arroyo de las Quejigas y arroyo de Las Aceas) sólo presentan un único nivel de glacis-terraza. Su cota más baja es del orden de 530 m, y en su cabecera a penas han comenzado a disectar la superficie de la Raña.

Bajo la influencia directa del Guadiana y sus afluentes más orientales, la superficie de la Raña ha quedado reducida a unos escasos restos conservados sobre hombreras del grupo litológico 120a, más resistentes (VER FOTO 3). El río Guadiana ha excavado un ancho valle en las pizarras del grupo litológico 122a, mediante erosión lateral por procesos divagantes meandriformes, donde se aprecian áreas llanas de escasa extensión, constituidas por los diversos niveles de glacis y terrazas. Es un río obsecuente que se encaja en profundas hoces en la Cuarcita Armoricana, aprovechando las mayores fracturas tardihercínicas.

Depresión sinclinal o Val complejo de Herrera del Duque

La Depresión Sinclinal o Val Complejo de Herrera del Duque es un área deprimida con numerosos relieves internos y limitada por las sierras cuarcíticas. Su orientación preferente es ONO-ESE, coincidente con las directrices principales, pasando hacia el este a NNO-SSE, como consecuencia del giro que sufren las estructuras al ser afectadas por fases hercínicas posteriores.

Se caracteriza por la ausencia de llanuras y por presentar un modelado básicamente estructural a base de barras rocosas formadas por los niveles cuarcíticos resistentes de la sucesión paleozoica, que alternan con tramos más blandos pizarrosos. Así se definen una serie de seis sierras internas en la depresión, subparalelas a los relieves de la Cuarcita Armoricana y una depresión central formada por los materiales pizarrosos del Devónico Superior, situados en el núcleo del sinclinorio. El esquema morfológico se ve complicado por la fracturación que rompe y desplaza las hileras de cerros y por la aparición de cierres periclinales sinclinales locales.

En conjunto, la depresión constituye un val complejo colgado sobre los anticlinales donde aflora el Precámbrico, que da lugar a un relieve típicamente apalachiano. La red fluvial actual presenta características propias. El Guadalemar es un río consecuente con las estructuras debidas a la segunda fase hercínica; mientras que se reconoce como obsecuente frente a las direcciones estructurales ONO-ESE. El Arroyo de Valmayor discurre consecuentemente por el núcleo devónico del sinclinal.

3.2.2. Tectónica

La estructura de esta Zona está controlada por la naturaleza y disposición de los materiales que constituyen la pila sedimentaria y la secuencia y orientación de las fases de deformación que han afectado a este segmento de la Cadena Hercínica.

Se han diferenciado seis dominios estructurales que son los siguientes:

- Flanco meridional del Anticlinorio de Navalpino
- Sinclinorio de Puebla de Don Rodrigo
- Anticlinorio de la Sierra de Castillejo
- Sinclinorio de Herrera del Duque
- Terminación occidental del sinclinal de Almadén
- Sinclinorio de Agudo-Valdemanco

UNIDADES ESTRUCTURALES

- ANTICLINORIO DE IBOR
- ANTICLINORIO DE NAVALPINO
- SINCLINORIO DE HERRERA DEL DUQUE
- SINCLINORIO DE PUEBLA DE DON RODRIGO
- SINCLINAL DE ALMADEN
- ANTICLINORIO DE AGUDO - ANTICLINORIO DEL ESTERAS
- ANTICLINAL DE GUALEMAR
- ANTICLINORIO DE SIERRA DE CASTILLEJO

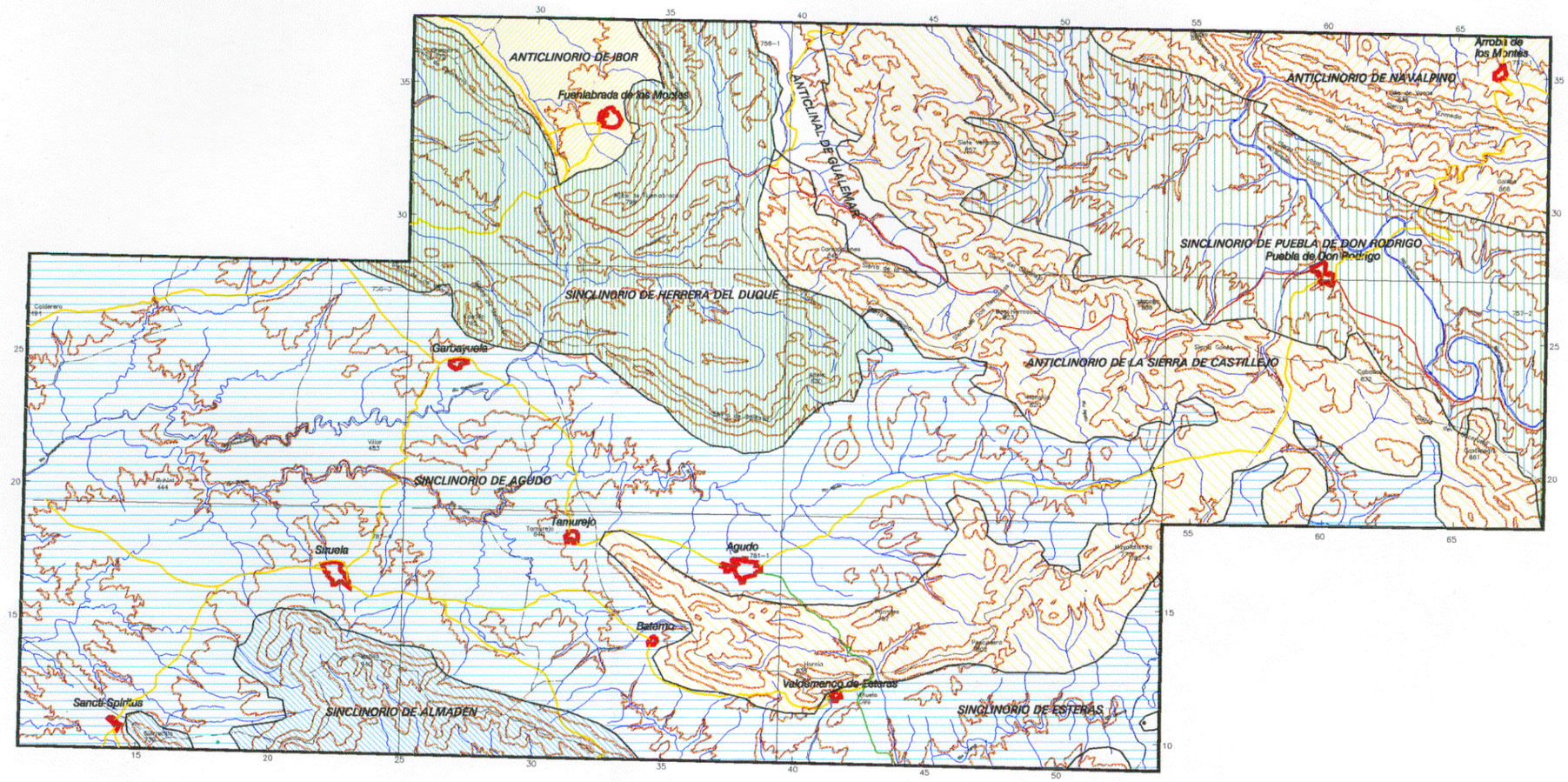


FIG. 5 ESQUEMA DE DOMINIOS ESTRUCTURALES DEL TRAMO

Escala 1:200.000

Flanco meridional del Anticlinorio de Navalpino

Ocupa el sector NE de la Zona. Es una estructura de rumbo ONO-ESE vergente hacia el SO, con su núcleo ocupado por materiales precámbricos. Unicamente está representada una parte de su flanco meridional.

En este dominio está incluida una zona de transición entre este dominio y en Sinclinorio de La Puebla de Don Rodrigo, correspondiente a la Sierra de Enmedio. Su estructura está constituida por una serie de pliegues de primera fase de rumbo ONO-ESE impresos en la Cuarcita Armoricana (grupo litológico 121b). En los núcleos sinclinales se conservan las alternancias de areniscas cuarcitas y pizarras del grupo litológico 120a, mientras que en algunos anticlinales llega a aflorar el Ordovícico inferior. Son pliegues largos, de 5 a 10 km de recorrido, con ligera vergencia hacia el SO.

La fracturación, importante, está definida por una familia de fallas con acusada componente de desgarre lateral derecho, y recorrido de hasta 10 km, de rumbo NO-SE. Los desgarres NE-SO, senestrales, tienen menor desarrollo en recorrido y número.

Sinclinorio de Puebla de Don Rodrigo

Tiene una anchura de 5 a 10 km. sus flancos están dibujados por la Cuarcita Armoricana, y el núcleo aparece ocupado fundamentalmente por las pizarras del grupo litológico 122a. Su rumbo es NO-SE a ONO-ESE, y la vergencia hacia el SO.

Las pizarras ordovícicas suelen presentar una esquistosidad muy penetrativa que puede obliterar la estratificación. Tiene un rumbo NO-SE, buzando de 40º a 80º hacia el NE.

Numerosas fallas de desgarre senestral afectan a la Cuarcita Armoricana.

Anticlinorio de la Sierra de Castillejo

Constituye el límite meridional del Sinclinorio de La Puebla. Comprende varias unidades estructurales con características propias.

El Anticlinal de Valtriguero está situado en el extremo NO de la Zona, condicionando el cierre NO del Sinclinorio de La Puebla, en el que penetra. Tiene dirección NO-SE y vergencia SO. El flanco meridional está laminado por un cabalgamiento que coloca el Precámbrico sobre la Cuarcita Armoricana. Los materiales precámbricos del núcleo muestran pliegues isoclinales, erguidos, muy apretados y con charnelas engrosadas y curvas. Su dirección, como la de la esquistosidad, varía de NO-SE a N-S.

El Anticlinal de Guadalemar aparece más al SO, quedando separado del anterior por una zona siclinorial. La dirección del anticlinal varía progresivamente desde NNO-SSE a ONO-ESE hacia el oeste, donde cierra periclinalmente. El dispositivo general es similar al del Anticlinal de Valtriguero, con materiales precámbricos en el núcleo, que cabalgan sobre el Paleozoico del flanco sur.

Hacia el SE de esta Zona 1, hay un área delimitada por el Cerro de Dos Hermanas, Sierra Gorda y el Cerro del Esparragal que está constituido básicamente por los niveles de la Cuarcita Armoricana y las alternancias del grupo litológico 121a. El Precámbrico aparece al pie del Cerro de la Naranja y ocupa el valle de la cabecera del río Agudo. Esta zona se caracteriza por una estructura de tipo domos y cubetas originada por la interferencia de pliegues de dirección NO-SE y pliegues NE-SO. Numerosas fallas secundarias resuelven la acomodación de las estructuras de interferencia.

Sinclinorio de Herrera del Duque

Se trata de un sinclinorio de primera fase hercínica que ocupa una gran parte del extremo más noroccidental de esta Zona.

Corresponde a un accidente de dirección ONO-ESE y está constituido por materiales paleozoicos, desde el Ordovícico al Devónico Superior. Los niveles duros de la Cuarcita Armoricana delinean perfectamente su contorno.

El flanco sur aparece verticalizado e incluso invertido, mientras que el flanco septentrional presenta una estructura algo más complicada, afectado por pliegues de segunda fase. La Cuarcita Armoricana describe un cierre periclinal, el del Anticlinorio de Ibor.

El núcleo del sinclinorio tiene una estructura de plegamiento relativamente sencilla, alojando toda la sucesión paleozoica. en general no hay pliegues a gran escala.

La extremidad oriental del sinclinorio adopta una disposición en cubeta transversal a la estructura general, por efecto de la interferencia de la segunda fase.

En la zona existen también dos fallas de dirección E-O a ENE-OSO, interpretadas como inversas y cabalgantes hacia el norte. La densidad de fracturas en el Sinclinorio de Herrera es elevada. Las fallas más importantes y más abundantes son las de rumbo NO-SE a NNO-SSE, que han actuado como desgarres dextrales, originando a veces bandas de cizallamiento relativamente amplias.

Terminación occidental del sinclinal de Almadén

Este dominio cubre la parte suroccidental de la Zona 1. Presenta su flanco sur muy verticalizado y tectonizado, con fracturas orientadas paralelamente a la traza axial del mismo y de gran continuidad lateral; mientras que su flanco norte está más tendido, sugiriendo una vergencia N para la estructura.

Sinclinorio de Agudo-Valdemanco

Situado al sur de esta Zona. En él se observa que, a nivel del Ordovícico Inferior, ambos flancos tienen buzamientos bajos.

3.2.3. Columna estratigráfica

Esta Zona se caracteriza por presentar un Ordovícico inferior detrítico, fundamentalmente cuarcítico, al que siguen diversas formaciones cuarcíticas y pizarrosas, con algunas intercalaciones volcánicas, hasta el Devónico, que solo se conserva en algunas estructuras sinclinales. todos estos materiales se encuentran plegados y fracturados, en un estadio muy bajo de metamorfismo regional.

Sobre estos materiales hercínicos se disponen, en zonas concretas, sedimentos arcillo-arenosos y conglomeráticos atribuibles al Plioceno Inferior, y sobre ellos, de forma generalizada, la superficie de Raña (Plioceno Superior). Glacis, coluviales, terrazas en los principales cauces fluviales y depósitos de ladera cuaternarios, completan el cuadro de materiales aquí presentes.

La columna estratigráfica de esta Zona 1 aparece en la Figura 6.

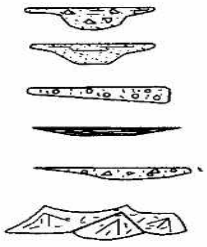
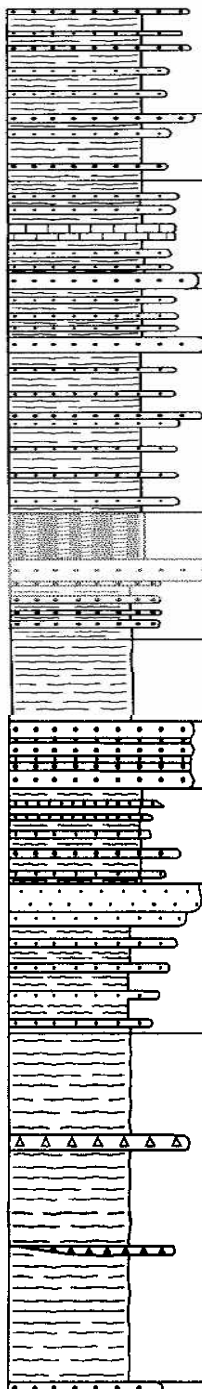
3.2.4. Grupos litológicos

En este apartado se describen la litología, estructura y características geotécnicas de los grupos litológicos que se han individualizado dentro de la Zona 1, en el presente Tramo del Estudio.

ALUVIONES ACTUALES Y LLANURA ALUVIAL (A)

- Litología

  Grupo constituido por gravas y gravillas subredondeadas y sueltas, de cantos de cuarcita, cuarzo, pizarra y arenisca, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. Los aluviales de arroyos y barrancos poseen un porcentaje mucho mayor de limos y arcillas. Se trata de materiales sueltos y no consolidados, por lo que su dureza y compacidad son prácticamente nulas.

COLUMNA	GRUPO LITOLOG.	GRUPO GEOTEC.	DESCRIPCION	EDAD
	A	G1	ALUVIONES ACTUALES Y LLANURA ALUVIAL	CUATERNARIO
	AC	G1	ALUVIAL—COLUVIAL (FONDOS DE VALLE)	CUATERNARIO
	T	G1	TERRAZAS FLUVIALES	CUATERNARIO
	E	G1	ZONAS ENDORREICAS	CUATERNARIO
	P	G4	PEDRERAS	CUATERNARIO
	C	G3	COLUVIALES	PLIO—CUATERNARIO
	D	G2	CONOS DE DEYECCION	PLIO—CUATERNARIO
	G	G2	GLACIS	PLIO—CUATERNARIO
	350	G2	RAÑAS	PLIO—CUATERNARIO
	322	G5	CONGLOMERADOS, FANGOS EDAFIZADOS Y ARENAS	TERCIARIO (PLIOCENO)
	143b	G9	PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS	DEVONICO SUP.
	143a	G9	PIZARRAS, CUARCITAS Y ARENISCAS	DEVONICO SUP.
	141e	G9	PIZARRAS, ARENISCAS Y CALIZAS	DEVONICO INF.
	141c	G6	CALIZAS	DEVONICO INF.
	141d	G8	CUARCITAS	DEVONICO INF.
	141b	G9	PIZARRAS, ARENISCAS Y CALIZAS	DEVONICO INF.
	141a	G8	CUARCITAS Y ARENISCAS	DEVONICO INF.
	100	G9	PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS	SILURICO SUP.— —DEVONICO INF.
	130	G9	PIZARRAS AMPELITICAS	SILURICO
	131	G8	CUARCITAS	SILURICO INF.
	123b	G7	GRAUVACAS Y PELITAS	SILURICO INF.
	123a	G9	PIZARRAS	ORDOVICICO SUP.
	120b	G8	CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS	ORDOVICICO MED—SUP.
	122d	G9	PIZARRAS, ARENISCAS MICACEAS Y CUARCITAS	ORDOVICICO MED.
	122c	G7	ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	ORDOVICICO MED.
	122b	G9	TUFITAS	ORDOVICICO MED.
	122a	G9	PIZARRAS	ORDOVICICO MED.
	120a	G7	ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	ORDOVICICO INF—MED.
	121b	G8	CUARCITAS (FACIES ARMORICANA)	ORDOVICICO INF.
	121a	G7	CUARCITAS, ARENISCAS, LIMOLITAS, PIZARRAS Y CONGLOMERADOS	ORDOVICICO INF.
	121a1	G8	CUARCITAS Y CONGLOMERADOS	ORDOVICICO INF.
	010a	G10	PIZARRAS Y GRAUVACAS	PRECAMBRICO
	001	G12	DIABASAS	

FIGURAº6. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 1

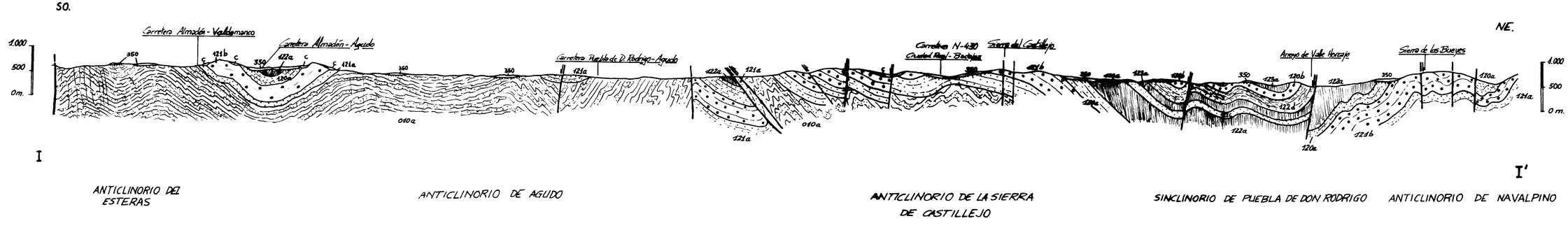


FIGURA 7

0 1 2 3 4 5 Km

ESCALA HORIZONTAL Y VERTICAL : 1/50.000

FIGURA 7.- CORTE GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO I-I'

- Estructura

Este grupo constituye el cauce de avenida y la llanura de inundación de los cursos fluviales del tramo. Se dispone horizontalmente y posee una estructura canalizada y tabular, netamente discordante con los grupos litológicos infrayacentes. Los materiales se disponen en forma de barras de canal, surcadas por numerosos canales de estiaje. Interiormente se presenta de una forma masiva. La potencia de este grupo litológico es de 0,5 a 7 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Terrenos sometidos a la dinámica fluvial. Problemas locales por socavación (FOTO 11).



Foto nº 11. Limos arenosos y lechos de gravas en la llanura aluvial (grupo litológico A) del río Guadiana, en un punto de ataque erosivo en la margen cóncava de un meandro.

Taludes artificiales: No se observan en esta Zona.

Hidrología: Materiales con permeabilidad media-alta, por infiltración, con niveles freáticos próximos a la superficie. La rápida evacuación de los aportes hídricos, en ocasiones, se ve dificultada por la existencia en profundidad de niveles freáticos o lechos im-

permeables, factores que evitan o interfieren en su normal saneamiento. Escorrentía poco activa.

Capacidad portante: Se estima en general baja. Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para fundar sobre ellos estructuras de ningún tipo; por lo que cualquier requerimiento algo importante de esfuerzo, de una estructura, habrá de ser remitido siempre al substrato.

En general, se deben temer asientos diferenciales por la estructura lentejonar de los depósitos detríticos y el posible establecimiento de freáticos estacionales a nivel de superficie; así como humedecimientos del terreno por causa de una mala escorrentía superficial y baja permeabilidad de los horizontes limo-arcillosos de inundación.

Características mecánicas: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

Empleo: Pueden ser considerados como adecuados o tolerables como material de préstamo. Sólo parcialmente constituyen yacimientos granulares.

ALUVIAL-COLUVIAL (FONDOS DE VALLE) (AC)

- Litología

Grupo constituido por gravas y cantos de cuarcita y, en menor proporción, de pizarra, cuarzo y arenisca, dispersas o dispuestas en lechos discontinuos, con abundante matriz de arena, limo y arcilla. Interiormente presenta cuerpos canalizados con materiales más groseros, tamaño grava, y matriz fundamentalmente arenosa. Se trata de materiales sueltos y no consolidados; por lo que la compacidad y la dureza se estiman prácticamente nulas.

- Estructura

Este grupo conforma el fondo de los valles menores y vaguadas, donde los aportes de tipo coluvial se ven tímidamente retrabajados por una incipiente acción aluvial. Se dispone subhorizontalmente y muestra una estructura tabular. Interiormente se presenta masivo, con cuerpos canalizados de escasa continuidad lateral. La potencia de este grupo litológico oscila entre 0,5 y 5 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Este grupo delimita áreas potenciales de actividad hidrodinámica, donde se pueden presentar problemas relacionados con erosiones en épocas de lluvias torrenciales.

Taludes artificiales: No se observan en esta Zona.

Hidrología: Terrenos con permeabilidad entre buena y moderada. Localmente pueden presentarse problemas por causa de una escorrentía superficial deficiente.

Capacidad portante: terrenos poco o nada consolidados que sólo admitirán cargas muy someras. Cualquier solicitud más importante deberá transferirse al substrato próximo.

Características mecánicas: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

Empleo: En general, pueden ser empleados como préstamos.

TERRAZAS FLUVIALES (T)

- Litología

Grupo litológico constituido por las terrazas aluviales del río Guadiana y de otros ríos del Tramo, de menor entidad. Está integrado por gravas redondeadas de cantos cuarcíticos fundamentalmente, y otros de cuarzo, pizarra y arenisca, con matriz arenosa y limosa. Presenta cuerpos lenticulares con gravas y escasa matriz, generalmente arenosa. El tamaño medio de los cantos oscila entre 2 y 6 cm. Son depósitos sueltos y sin consolidar, con dureza y compacidad bajas a moderadas. Ocasionalmente pueden existir, sobre estas terrazas, zonas anegadas, de carácter endorreico, como las situadas al SE de Puebla de Don Rodrigo.

- Estructura

Este grupo conforma las vegas del río Guadiana y de otros ríos menores. Posee estructuras típicas de canales rellenos por gravas y arenas, y, aquellas mejor conservadas, están recubiertas por limos y arenas de llanura de inundación. Se dispone subhorizontalmente y tiene una estructura tabular, masiva en su interior. No son terrazas muy potentes, el espesor no supera los 4 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Pendientes naturales subhorizontales y estables, salvo en aquellas zonas próximas a los bordes que forman escarpes. En el Tramo adyacente al que nos ocupa, se ha observado que terrazas depositadas sobre formaciones paleozoicas de naturaleza pizarrosa, que poseen un potente manto de alteración, o sobre los materiales terciarios de naturaleza limo-arcillosa, presentan frecuentes roturas de naturaleza gravitacional y deformaciones de gran amplitud.

Taludes artificiales:

- Pendientes: Se trata en general de desmontes de escasa altura que, de no aflorar en la base un substrato arcilloso correspondiente a un posible manto de alteración de pizarras paleozoicas o a materiales terciarios, pueden aguantar pendientes que van desde subverticales en los lechos de gravas, a inclinaciones entorno a los 60º- 55º en los horizontes limo-arenosos;

- Problemas: Aparecen afectados por una erosión en cárcavas del substrato arcilloso impermeable, que termina por provocar desprendimientos y desplomes de los depósitos de gravas suprayacentes.

- Taludes recomendados: En principio, y en ausencia de estructuras que hagan prever la existencia de roturas de tipo gravitacional, se pueden adoptar pendientes 1H:1V a 1H:1,5V.

  La existencia de niveles freáticos en el contacto con el substrato arcilloso impermeable, puede dar lugar a problemas de inestabilidad en los taludes de excavación, cuando este grupo quede colgado en la cabecera del desmonte. En tales circunstancias deben cuidarse las medidas de drenaje, tender los taludes a pendientes iguales o inferiores a 1,5H:1V, o diseñar medidas de contención.

Hidrología: Este grupo se considera en su gran mayoría permeable por percolación y porosidad. Escorrentía superficial poco activa. La existencia de lechos limo-arcillosos intercalados o en superficie, atenúa la permeabilidad e infiltración de las aguas meteóricas, dando lugar a áreas con mal drenaje superficial.

Capacidad portante: Moderada, siempre que los depósitos adquieran cierta potencia, dado que en muchas ocasiones el substrato puede ser de peores características que la terraza. A este respecto convendrá siempre tener un perfecto conocimiento del perfil de la terraza, incluyendo las características del terreno que la soporta. En general, se considera que las solicitudes de carga con alguna entidad deben remitirse al substrato inalterado.

La presencia de limos y limos arcillosos en superficie o intercalados en lechos lenticulares, pueden dificultar el drenaje superficial y facultar la existencia de freáticos temporales a nivel de superficie, que pueden dar lugar a pequeños asientos diferenciales en situación de cargas por infraestructuras.

Características mecánicas: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

Empleo: Suelen constituir yacimientos granulares de reducidas dimensiones. Algunos de ellos aprovechados en obras locales. En el caso de las terrazas del río Guadiana, la importancia de los yacimientos es ya considerable.

CONOS DE DEYECCIÓN (D)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por depósitos heterométricos de gravas subangulosas a subredondeadas, cuya naturaleza litológica está claramente influida por la composición de sus áreas de procedencia. Está sostenido por una proporción muy elevada de limos y arcillas. Se han detectado conos de deyección muy antiguos, incluso formando parte de los materiales de los grupos litológicos 350 y 322. La alterabilidad se estima moderada-alta.

- Estructura

Conforman laderas de pendientes suaves y tendidas, y también se encuentran sobre la terraza baja aluvial de los principales valles, en la desembocadura de pequeños arroyos. Se disponen subhorizontalmente, con una continuidad lateral muy escasa. En conjunto, presenta una estructura en cuña-abanico, masiva en el interior. La potencia se estima entre 0,5 y 10 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Los terrenos ocupados por este grupo litológico están sometidos, en gran parte, a los problemas de dinámica fluvial (erosión y aterramiento) en épocas de grandes avenidas.

Taludes artificiales: No se observan en esta Zona.

- Taludes recomendados: No deben superar pendientes mayores de 1H:1V.

Hidrología: Permeabilidad variable, en general moderada o baja; aunque la alta proporción de matriz limo-arcillosa que presentan muchos lechos lenticulares de su estructura dificultan localmente la transmisividad. Escorrentía superficial poco activa.

Capacidad portante: De los materiales de este grupo pueden esperarse respuestas resistentes moderadas, y la posibilidad de darse problemas, también moderados, por asientos diferenciales. La escasa potencia de estos depósitos, en muchas ocasiones, obligará a transferir al substrato cualquier solicitud de esfuerzos.

Características mecánicas: Son materiales excavables.

Empleo: Se estiman adecuados a tolerables para su utilización como préstamos, y pueden constituir yacimientos granulares de importancia.

GLACIS (G)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por gravas y gravillas silíceas de cantos de 10 cm de diámetro, fundamentalmente cuarcíticos, soportado por una matriz arenosa y arcillosa. Muy a menudo, este grupo aparece muy enriquecido en matriz, haciéndose muy arenoso y arcilloso, con cantos de forma dispersa. La alterabilidad se estima entre moderada y alta, dependiendo fundamentalmente del contenido de finos.

- Estructura

Los niveles de glacis se encajan en la raña, movilizando parte de sus materiales. Son depósitos de ladera con disposición subhorizontal y pendientes relativamente suaves, que conforman superficies culminantes del Terciario y Cuaternario. La estructura interna de este grupo se considera masiva. A escala cartográfica posee una estructura en cuña, debido a lo cual, la potencia es muy variable y oscila de 0,5 a 5 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: La circunstancia de que este grupo se sitúe sobre formaciones de naturaleza detrítico arcillosa del Terciario o sobre un horizonte de alteración arcilloso en pizarras paleozoicas, propicia la existencia de fenómenos de deslizamiento en los bordes de los terrenos aterrazados.

Taludes artificiales: Los taludes observados son de pequeña entidad, debido a la escasa potencia de este grupo. Generalmente se trata de desmontes donde esta formación queda colgada en la cabecera de los taludes excavados en las formaciones terciarias o paleozoicas.

- Pendientes: 1H:1V a 1,5H:1V

- Problemas: Los taludes evolucionan posteriormente en razón del grado de compactación y proporción del componente arcilloso del grupo a nivel local. Cuando esta formación queda colgada en la cabecera de los taludes, su comportamiento depende de la posibilidad de que exista o pueda instalarse un horizonte freático en el contacto con el substrato. En este caso, será esta circunstancia la que origine las inestabilidades del talud.

- Taludes recomendados: En desmontes bajos que sólo afecten a los materiales de esta formación, la pendiente no deberá exceder del 1H:1V. En desmontes de mayor altura, o en los casos donde esta formación se vea afectada por deslizamientos de ladera, se encuentre poco compactada o con alta proporción arcillosa, o quede colgada en la cabecera de los taludes, la pendiente no deberá superar el 1,5H:1V.

Hidrología: Formaciones con permeabilidad por percolación y porosidad, que podrá oscilar de alta a moderada en función del contenido arcilloso de la matriz a nivel local. La escorrentía superficial es poco activa, y a veces se ve dificultada por la existencia en superficie de un suelo arcilloso.

Capacidad portante: Las condiciones resistentes de este grupo pueden variar en un amplio margen que va desde respuestas moderadas a bajas, en razón de su potencia, compactación, condiciones de estabilidad natural, composición litológica y naturaleza del substrato.

En condiciones normales de plataformas llanas o de muy suave pendiente, suele constituir un buen cimiento para la calzada, siempre que no exista un horizonte freático de naturaleza temporal a nivel de superficie. En solicitaciones de alguna importancia, el bulbo de presiones será referido normalmente al substrato.

Características mecánicas: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

Empleo: Pueden constituir yacimientos granulares de importancia reducida, y son adecuados a tolerables para su empleo como préstamos.

COLUVIAL (C)

- Litología

  Este grupo está constituido por coluviales de pie de ladera. Están integrados por cantos y bloques angulosos o redondeados de cuarcita, pizarra, arenisca y, en menor proporción, cuarzo. La matriz (entorno al 40%) está formada por arenas y limos arcillosos de tonos rojizos (FOTOS 12 y 13).

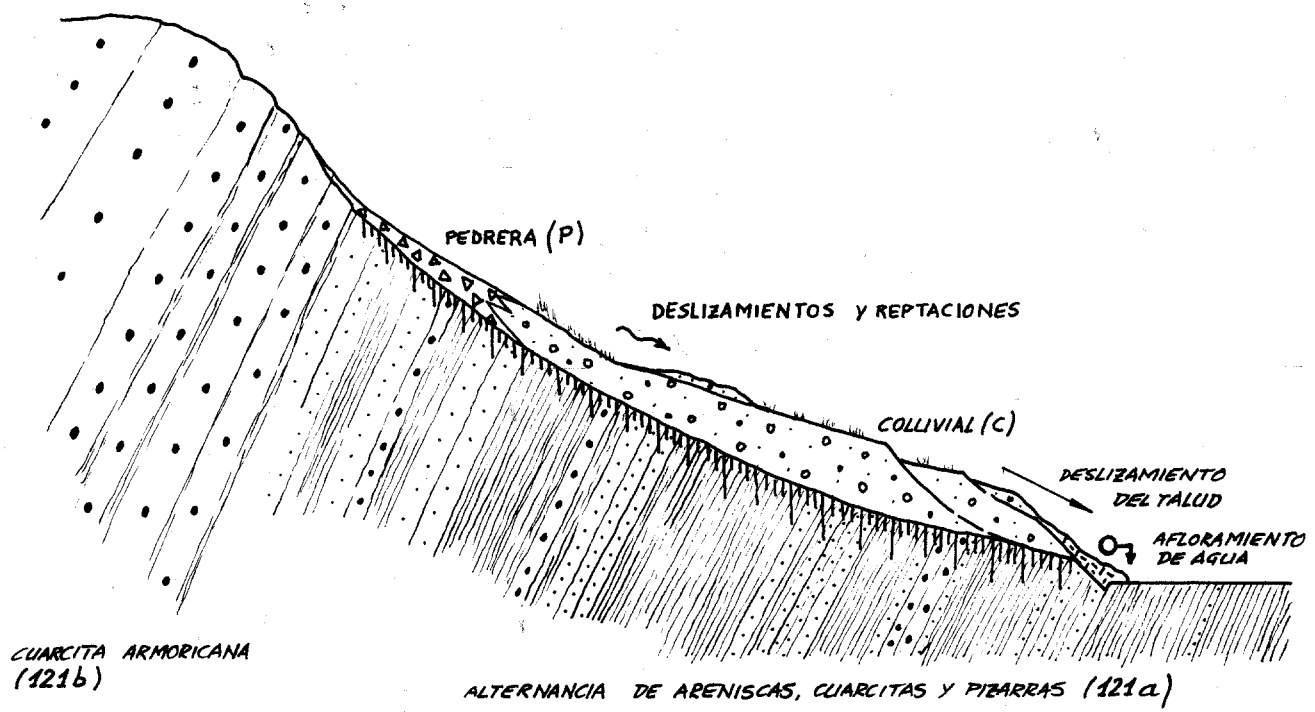


Foto nº 12. La línea de humedad marca el contacto entre los recubrimientos coluviales y el manto de alteración de la formación pelítica correspondiente al grupo litológico 010a. A través de esta superficie se producen los deslizamientos en el talud situado en el P.K. 9+000 de la carretera que conduce de La Puebla de Don Rodrigo a Agudo.



Foto nº 13. Deslizamientos en los taludes practicados en las masas coluviales que se extienden al pie de las sierras cuarcíticas, donde el agua infiltrada en las pedreras aflora por el pie de los desmontes. P.K. 4+800 de la carretera que conduce de Puebla de Don Rodrigo a Arroba de los Montes.

Bajo el coluvión puede existir un manto profundo de alteración meteórica, que llega a alcanzar 10 m de potencia, sobre los materiales metamórficos paleozoicos. Este horizonte es muy plástico. Por debajo de este nivel aparece un horizonte de tonos verdes y rojizos conformando un *pseudogley*, que se superpone a otro de tono mucho más rojizo y arcilloso. Esta alteración es particularmente importante en las zonas de falla y despegues entre capas, donde existen paquetes cuarcíticos y pizarrosos muy poco alterados, con áreas profundamente alteradas donde el reconocimiento de la roca madre es imposible. Localmente, estas áreas aparecen como un conjunto brechoide confundible con los materiales detríticos terciarios pertenecientes al grupo litológico 322.



FIGURA°8. SOBRE LOS MATERIALES COLUVIALES QUE, DE FORMA GENERALIZADA, TAPIZAN LAS LADERAS DE LAS SIERRAS PALEOZOICAS, ES MUY PATENTE LA INESTABILIDAD FÓSIL, LATENTE Y ACTIVA. ESTOS PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS HAN SIDO FAVORECIDOS POR LA EXISTENCIA DE UN SUBSTRATO PIZARROSO PROFUNDAMENTE ALTERADO, QUE CONSTITUYE UN HORIZONTE CON ALTO CONTENIDO EN CAOLÍN. MUCHAS FORMAS PRESENTAN CARACTERÍSTICAS QUE SEMEJAN PROCESOS DE SOLIFLUXIÓN.

LOS TALUDES ARTIFICIALES, CON FRECUENCIA SE VEN AFECTADOS POR PROBLEMAS DE INESTABILIDAD. LOS DESLIZAMIENTOS SE PRODUCEN A FAVOR DEL MANTO DE ALTERACIÓN PREEOCENO, POR LA PRESENCIA DE UN HORIZONTE FREÁTICO EN LA BASE DEL COLUVIÓN.

En estos niveles de alteración son frecuentes las rubefacciones, los niveles siderolíticos con neoformación de hematites y gohetita, las caolinizaciones y las carbonataciones. La dureza y compacidad de este grupo se estima muy baja.

La alterabilidad de este grupo se estima moderada-alta.

- Estructura

Este grupo conforma aureolas de coluviales, de pendientes suaves y tendidas, en áreas de ladera o vaguadas. Sobre estos terrenos se han observado estructuras deslizadas con formas de "media luna" con un origen combinado de deslizamientos rotacionales y traslacionales, junto con reptaciones tipo *creep*.

Se deposita con una pendiente subparalela a la inclinación de la ladera. Presenta una estructura en cuña o cuña-aureola, e interiormente la estructura es masiva. La potencia de este grupo se estima entre 0,5 m y 10 m.

En los mantos de alteración pueden llegar a reconocerse la estructura de la roca madre. Se estructura en horizontes de potencia métrica, y el espesor medio estimado para este grupo varía ampliamente, debido a sus condicionantes genéticos, entre 3 y 10 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Presentan pendientes naturales de hasta 35º al pie de los escarpes, y más tendidas, entre 8º y 12º, en las zonas más distales. La inestabilidad fósil, latente y activa sobre estos materiales que, de forma continua, tapizan las vertientes de las sierras paleozoicas, es muy patente (FOTO 14). La morfología desarrollada por los procesos geomorfológicos en el transcurso del Cuaternario describen una fenomenología, en clima periglaciar, en la cual los movimientos gravitacionales han sido favorecidos por la existencia de un substrato pizarroso profundamente alterado, que constituye un horizonte con alto contenido en caolín, o bien un substrato roto y descompuesto por corrimientos entre estratos en laderas estructurales.



Foto nº 14. Sierra de Siruela. Bajo los escarpes cuarcíticos se extiende una banda de derrubios o pedreras (grupo litológico P), a cuyo pie se desarrollan amplios coluviales siempre afectados por procesos de inestabilidad.

Muchas de las formas observadas presentan características que semejan procesos de solifluxión.

En otros casos, el material de derrubio coluvial se sitúa sobre las formaciones terciarias de limos, arenas y fangos variolados, alimentados a su vez por el desmantelamiento del manto de alteración pre-eoceno, al inicio del Terciario. En estos casos también se observa una inestabilidad de vertiente asociada a estas situaciones.

En relación con el horizonte de alteración, se ha desarrollado a lo largo del Plio-Cuaternario toda una serie de procesos de inestabilidad de vertientes que de forma muy atenuada subsiste en al actualidad. De alguna forma, la gran mayoría de los grandes deslizamientos y corrimientos de ladera fósiles que afectan a potentes masas coluviales, a las series alternantes pizarroso-areniscosas y a la formación terciaria, tienen su origen en este manto de alteración.

Taludes artificiales: Los taludes excavados en los mantos de recubrimiento coluvial alcanzan normalmente alturas pequeñas, y cuando el talud adquiere dimensiones por encima de la normal potencia del coluvión (entre 0,5 y 10 m), este aparece conformando la montera del desmonte.

- Pendientes: En razón de su grado de compactación y composición granulométrica, normalmente abundante en cantos angulosos de cuarcita, las pendientes de los taludes pueden oscilar entre 1H:1V y 1,5H:1V.

- Problemas: Con frecuencia se ven afectados por problemas de inestabilidad cuando en el substrato de apoyo aparece la formación arcillosa que constituye el manto de alteración pre-eoceno, o la base del Terciario con características similares. Se observan deslizamientos favorecidos por la presencia de un horizonte freático en la base del coluvión, y erosiones por las aguas de escorrentía (FOTO 15).



Foto nº 15. Deslizamiento en un talud excavado en materiales coluviales que descansan sobre el manto de alteración del grupo litológico 010a. P.K. 9+000 de la carretera que conduce de La Puebla de Don Rodrigo a Agudo.

- Taludes recomendados: Los taludes de excavación que afecten a este grupo litológico deben diseñarse con una pendiente muy tendida. En general, las pendientes no deberán ser superiores a 1H:1V; valor que, en muchas ocasiones, resultará necesario rebajar dado la abundancia de áreas con inestabilidad fósil o latente que afectan a este grupo litológico. En estos casos, con un coluvial de composición muy arcillosa o que se apoya sobre un substrato que lo es, al igual que en el caso de que quedasen colgados en la coronación de los taludes, las pendientes aconsejables serán 1,5H:1V como máximo.

Adicionalmente, es aconsejable en estos materiales, revegetar los taludes para evitar erosiones y la consiguiente colmatación de las cunetas.

Hidrología: Superficialmente suele presentar un horizonte de lavado que faculta una buena infiltración por percolación de las aguas meteóricas al cuerpo del coluvión, que contiene en general una abundante matriz limo-arcillosa, con capacidad de retención importante. En general puede hablarse de una permeabilidad media moderada; en tanto que el manto de alteración presenta una clara naturaleza impermeable. La escorrentía superficial es favorable. Pueden originarse reblandecimientos del terreno si se acumula agua en las cunetas.

Capacidad portante: Este grupo litológico no debe considerarse nunca como una formación susceptible de soportar cargas de alguna entidad. Localmente, en áreas de coluvial potente, situado sobre un substrato paleozoico no alterado ni afectado por procesos de inestabilidad, podrá ser valorado positivamente para soporte de pequeñas solicitudes de carga.

Características mecánicas: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

Empleo: Varían de inadecuados a tolerables como material de préstamo.

PEDRERAS (P)

- Litología

Este grupo está constituido por canchales de los relieves cuarcíticos, originados en diversas fases de configuración de las laderas a lo largo del Plio-Cuaternario. Están constituidos por cantos y bloques heterométricos y de naturaleza principalmente cuarcítica, con muy poca matriz arenosa y limosa. En mucha menor proporción pueden aparecer cantos de arenisca y pizarra. Los cantos y bloques son muy angulosos y su tamaño medio está comprendido entre los 20 y 30 cm (FOTO 16).



Foto nº 16. Explotación abandonada de áridos (YG-3) de la que se han extraído fragmentos de cuarcita de esta pedrera situada en el P.K. 9+500 de la carretera de La Puebla de Don Rodrigo a Arroba de los Montes.

- Estructura

  Este grupo conforma canchales de pendientes moderadas y fuertes. Tienen una estructura cartográfica de "nevero". La potencia de este grupo se estima entre 0,5 y 5 m.

- Geotecnia

  Estabilidad natural: En su mayor parte, estos materiales están fijados por la vegetación; no obstante, existen un lento movimiento superficial de bloques por acción de la gravedad.

  Taludes artificiales: No han sido observados en esta Zona.

  - Taludes recomendados: Los taludes de excavación que afecten a este grupo litológico deben diseñarse con una pendiente muy tendida. En general, las pendientes no deberán ser superiores a 1,5H:1V.

Hidrología: Permeabilidad muy alta por percolación.

Capacidad portante: Este grupo litológico no debe considerarse nunca como una formación susceptible de soportar cargas de alguna entidad.

Características mecánicas: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

Empleo: Suelen constituir yacimientos granulares de reducidas dimensiones. Algunos de ellos han sido aprovechados en obras locales como fuente de áridos. No obstante, su explotación ha sido limitada por motivos medio-ambientales.

ZONAS ENDORREICAS (E)

- Litología

Son limos y arcillas grises con cantos poligénicos dispersos, procedentes de los relieves circundantes, y elevado contenido en materia orgánica.

La fracción arcillosa está compuesta principalmente por esmectitas y, en menor proporción, por illita y caolinita. Las lagunas desarrolladas sobre las superficies de raña presentan indicios de sulfatos, carbonatos, nitratos y otras sales. La compacidad de estos materiales es muy baja. Se trata de materiales muy blandos no consolidados. Presentan una alterabilidad muy alta.

- Estructura

Son formaciones de muy reducida extensión y se localizan, bien sobre la superficie de la raña, o bien sobre el meandro abandonado del río Guadiana al SE de Puebla de Don Rodrigo (FOTO 17). Se deben a encharcamientos temporales, en épocas de lluvias, de pequeñas zonas deprimidas; para lo que precisa de un substrato arcilloso impermeable. En el caso de la instalada sobre el meandro abandonado, su carácter no es tan estacional debido a que probablemente esté bajo la influencia del nivel freático.



Foto nº 17. Entre los PP.KK. 231+500 y 233+000, la carretera N-430 discurre por una amplia zona endorreica situada al SE de Puebla de Don Rodrigo, sobre un meandro abandonado en las terrazas fluviales del río Guadiana. Sobre la calzada se observan numerosos asentamientos provocados por la baja capacidad portante del cimiento.

- Geotecnia

  Hidrología: Zonas endorreicas constituidas por materiales impermeables, que forman lagunas temporales o permanentes.

  Capacidad portante: Materiales muy blandos incapaces de soportar ningún tipo de carga.

RAÑAS (350)

Este grupo se describe en la Zona 2, ya que en ella presenta un desarrollo más importante (Página 126).

CONGLOMERADOS, FANGOS EDAFIZADOS Y ARENAS (322)

Este grupo se describe en la Zona 2, ya que en ella presenta un desarrollo más importante (Página 130).

PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS (143b)

- Litología

  Se trata de pizarras limolíticas gris-verdosas con intercalaciones de niveles centimétricos de areniscas y cuarcitas. Petrográficamente, los términos arenosos son limolitas de granos angulosos de cuarzo, con abundante moscovita alterada y matriz de sericita-clorita (alrededor del 30 %), a veces con óxidos de hierro y otras con restos bioclásticos abundantes (25 %). El grado de alteración es moderado-alto, en superficie.

- Estructura

  Este grupo litológico ocupa zonas de relieve deprimido, con perfiles suaves; muestra una estructura tableada, donde los materiales están fuertemente plegados y moderadamente fracturados. Constituye el núcleo del sinclinal de Herrera del Duque, ocupando el fondo del valle de los arroyos de Valmayor y Robledosa. La potencia aflorante se estima en unos 250 m.

- Geotecnia

  Estabilidad natural: Se han observado fenómenos de reptación de los suelos de alteración que recubren estos materiales, y deslizamientos profundos por socavación de los pies de las laderas.

  Taludes artificiales: No se han observado taludes de desmontes en estos materiales en el Tramo estudiado.

  - Taludes recomendados: La estabilidad de los taludes a adoptar estará condicionada por la estructura de la roca, la orientación de los planos de discontinuidad con respecto a la del talud, el grado de alteración y la intensidad de la fracturación. En los casos más favorables no se deberán adoptar pendientes superiores a 1H:1,5V; mientras que en los casos desfavorables las pendientes habrán de ser inferiores a 1H:1V. Aún así, no se impedirá la formación ocasional de cuñas y caídas de bloques de aquellos tramos mas fracturados. Siempre es aconsejable crear amplias cunetas al pie de los taludes.

  Hidrología: Permeabilidad baja por fisuración, y muy baja por infiltración en zonas alteradas. Escorrentía superficial baja-moderada.

Capacidad portante: En apoyos superficiales o poco profundos a media ladera, se debe estimar como moderada, e incluso moderadamente baja. En áreas de profunda alteración y tectonicidad, o inmersas en fenómenos de inestabilidad de vertientes, las resistencias serán bajas. En profundidad, los valores serán generalmente altos, aunque podrán oscilar y descender a moderados en áreas próximas, como consecuencia de la fuerte tectonicidad de los materiales.

Características mecánicas: Ripable en su mayor parte, a marginal.

PIZARRAS, CUARCITAS Y ARENISCAS (143a)

- Litología

Se trata de una sucesión constituida en la base por 45 m de pizarras limolíticas verde oliva, con intercalaciones esporádicas centi-decimétricas de areniscas. A techo afloran 25 m de areniscas, areniscas cuarcíticas y cuarcitas blancas y pardas de grano fino a limolíticas, formadas por granos subangulosos de cuarzo y matriz cristalina (15%) de caolinita-clorita, frecuentemente en agregados nodulosos. Localmente se observan óxidos de hierro asociados a la matriz. El grado de alteración es moderado-alto en las pizarras, y débil en las areniscas y cuarcitas.

- Estructura

Este grupo litológico muestra una estructura tableada, donde las pizarras están finamente laminadas en secuencias milimétricas y los niveles detríticos tienen laminación interna. Los materiales están fuertemente plegados y moderadamente fracturados. El tramo superior, de areniscas y cuarcitas, marca una resalte en el terreno. El afloramiento de estos materiales se circunscribe al núcleo del sinclinal de Herrera del Duque. La potencia aproximada de este grupo es de unos 70 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Se han observado fenómenos de reptación de los suelos de alteración que recubren al tramo pizarroso.

Taludes artificiales: No se han observado taludes de desmontes en estos materiales en el Tramo estudiado.

- Taludes recomendados: La estabilidad de los taludes a adoptar estará condicionada por la estructura de la roca, la orientación de los planos de discontinuidad con respecto a la del talud, el grado de alteración y la intensidad de la fracturación. En los casos más favorables, en los tramos pizarrosos, no se deberán adoptar pendientes superiores a 1H:1,5V; mientras que en los casos

desfavorables las pendientes habrán de ser inferiores a 1H:1V. En los tramos más areniscosos y cuarcíticos, las pendientes pueden ser más fuertes, de 1H:2V para los casos de orientaciones estructurales favorables. Aún así, no se impedirá la formación ocasional de cuñas y caídas de bloques de aquellos tramos mas fracturados.

En estos casos, siempre es aconsejable crear amplias cunetas al pie de los taludes.

Hidrología: Permeabilidad media-baja por fisuración, y muy baja por infiltración en zonas alteradas. Escorrentía superficial moderada.

Capacidad portante: En apoyos superficiales o poco profundos a media ladera, se debe estimar como moderada, e incluso moderadamente baja. En áreas de profunda alteración y tectonicidad, o inmersas en fenómenos de inestabilidad de vertientes, las resistencias serán bajas. En profundidad, los valores serán generalmente altos, aunque podrán oscilar y descender a moderados en áreas próximas, como consecuencia de la fuerte tectonicidad de los materiales.

Características mecánicas: Ripable a marginal en los niveles más superficiales, alterados y fracturados, y en los tramos pizarrosos. No ripable a mayores profundidades en los tramos areniscosos y cuarcíticos.

PIZARRAS Y ARENISCAS (141e). CALIZAS (141c)

- Litología

Grupo litológico constituido por pizarras gris verdosas o parduzcas, laminadas, con intercalaciones de areniscas, de espesor centi-decimétrico, con frecuentes costras ferruginosas de espesor milimétrico a techo de algunas capas.

Las areniscas son de grano fino, con óxidos de hierro (15-30 %), provenientes de alteración de sideritas, y matriz muy fina de sericita-caolinita irregularmente impregnada por óxido de hierro.

Son también muy abundantes, sobre todo en la parte media del grupo, las intercalaciones de 10-20 cm de calizas microcristalinas, bioclásticas y recristalizadas grises, que alternan con areniscas calcáreas y pelitas. Cuando la entidad del afloramiento ha permitido su representación cartográfica, se ha diferenciado como grupo litológico 141c.

El grado de alteración es moderado-alto, en superficie.

- Estructura

Este grupo litológico ocupa zonas de relieve deprimido, con pendientes suaves. Las pizarras presentan un bandeado centimétrico y los niveles detríticos tienen laminación interna. Están fuertemente plegados y moderadamente fracturados. El afloramiento de estos materiales se circunscribe al núcleo del sinclinal de Herrera del Duque. Corresponde este grupo litológico a un conjunto de unos 80-100 m de potencia. El espesor de la intercalación calcárea (grupo 141c) es muy variable, de 4 a 25 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Se han observado fenómenos de reptación de los suelos de alteración que recubren estos materiales, y deslizamientos profundos por socavación de los pies de las laderas. En los tramos calcáreos se pueden presentar áreas karstificadas con rellenos arcillosos.

Taludes artificiales: No se han observado taludes de desmontes en estos materiales en el Tramo estudiado.

- Taludes recomendados: La estabilidad de los taludes a adoptar estará condicionada por la estructura de la roca, la orientación de los planos de discontinuidad con respecto a la del talud, el grado de alteración y la intensidad de la fracturación. En los casos más favorables no se deberán adoptar pendientes superiores a 1H:1,5V; mientras que en los casos desfavorables las pendientes habrán de ser inferiores a 1H:1V. Aún así, no se impedirá la formación ocasional de cuñas y caídas de bloques de aquellos tramos mas fracturados.

  En el grupo litológico 141c se pueden aconsejar valores de 1H:2V.

  Siempre es recomendable, en estos materiales, crear amplias cunetas al pie de los taludes.

Hidrología: Permeabilidad baja por fisuración, y muy baja por infiltración en zonas alteradas. En los tramos calcáreos la permeabilidad es alta por fisuración y karstificación. Escorrentía superficial baja-moderada.

Capacidad portante: En apoyos superficiales o poco profundos a media ladera, se debe estimar como moderada, e incluso moderadamente baja. En áreas de profunda alteración y tectonicidad, karstificadas, o inmersas en fenómenos de inestabilidad de vertientes, las resistencias serán bajas. En profundidad los valores serán generalmente altos, aunque podrán oscilar y descender a moderados en áreas próximas, como consecuencia de la fuerte tectonicidad de los materiales.

Características mecánicas: Ripable en su mayor parte, a marginal. No ripables los tramos calcáreos más potentes.

CUARCITAS (141d)

- Litología

  Son cuarcitas blanquecinas, de compacidad y dureza muy elevadas, y débilmente meteorizadas.

- Estructura

  Morfológicamente se presenta como un resalte en el terreno. La estructura es tabular, con intenso plegamiento y alto grado de fracturación. Se localizan en el núcleo del sinclinal de Herrera del Duque. Constituye un nivel poco potente, de 2 a 5 m, que aparece a techo del grupo litológico 141b.

- Geotecnia

  Estabilidad natural: Se observan pequeños desprendimientos de bloques por descalce, y allí donde la fracturación es más intensa.

  Taludes artificiales:

  - Pendientes: Los taludes observados son de pequeña altura y pendientes subverticales.

  - Problemas: En general mantienen una buena estabilidad, con caídas ocasionales de bloques y formación de cuñas.

  - Taludes recomendados: Salvo en las áreas donde este grupo aparezca fuertemente tectonizado, las pendientes de los taludes se pueden diseñar subverticales; especialmente si se excavan más o menos perpendiculares a la dirección de las capas. La fuerte inclinación que suelen presentar los planos de estratificación favorece también el diseño de taludes con elevadas pendientes incluso cuando las capas sean cortadas oblicuamente.

    Cuando los taludes coincidan en orientación con los de las superficies de estratificación, y el buzamiento de las mismas sea hacia la calzada, se deberán adoptar para los taludes pendientes menores que el buzamiento de las capas.

  Hidrología: Materiales con elevada permeabilidad, sólo por fisuración.

Capacidad portante: La mayor parte de los materiales de este grupo litológico presenta una capacidad portante muy alta. Circunstancialmente, en áreas de alta tectonicidad y alteración, las características resistentes pueden descender a moderadas.

Características mecánicas: Grupo no ripable.

Empleo: Los materiales de este grupo son útiles para su empleo como áridos.

PIZARRAS, ARENISCAS Y CALIZAS (141b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por pizarras limolíticas laminadas, gris verdosas, con intercalaciones de areniscas, que pueden ser lenticulares o extensas lateralmente, de espesor centi-decimétrico. Esporádicamente se localizan tramos carbonatados que cuando alcanzan mayor desarrollo han sido diferenciados en la cartografía como grupo litológico 141c.

Petrográficamente, los tramos detríticos son cuarcitas limolíticas formadas por granos subredondeados de cuarzo, con óxidos de hierro de carácter detrítico (10-20%), con matriz sericítica (desde trazas hasta el 20%) y cemento de cuarzo.

El grado de alteración es moderado-alto, en superficie.

- Estructura

Este grupo litológico ocupa zonas de relieve deprimido. Las pizarras y areniscas se muestran laminadas interiormente; están fuertemente plegados y moderadamente fracturados. Se localizan en el núcleo del sinclinal de Herrera del Duque. Se trata de un grupo de unos 60 m de potencia.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Se han observado fenómenos de reptación de los suelos de alteración que recubren estos materiales, y deslizamientos fósiles de moderadas dimensiones. En los tramos calcáreos se pueden presentar áreas karstificadas con rellenos arcillosos.

Taludes artificiales: No se han observado taludes de desmontes en estos materiales en el Tramo estudiado.

- Taludes recomendados: La estabilidad de los taludes a adoptar estará condicionada por la estructura de la roca, la orientación de los planos de discontinuidad con respecto a la del talud, el grado de alteración y la intensidad de la fracturación. En los casos más favorables no se deberán adoptar pendientes superiores a 1H:1,5V; mientras que en los casos desfavorables las pendientes habrán de ser inferiores a 1H:1V. Aún así, no se impedirá la formación ocasional de cuñas y caídas de bloques de aquellos tramos más fracturados.

  En los tramos calcáreos se pueden aconsejar valores de 1H:2V.

  Siempre es recomendable, en estos materiales, crear amplias cunetas al pie de los taludes.

Hidrología: Permeabilidad baja por fisuración, y muy baja por infiltración en zonas alteradas. En los tramos calcáreos la permeabilidad es alta por fisuración y karstificación. Escorrentía superficial baja-moderada.

Capacidad portante: En apoyos superficiales o poco profundos a media ladera, se debe estimar como moderada, e incluso moderadamente baja. En áreas de profunda alteración y tectonicidad, karstificadas, o inmersas en fenómenos de inestabilidad de vertientes, las resistencias serán bajas. En profundidad los valores serán generalmente altos, aunque podrán oscilar y descender a moderados en áreas próximas, como consecuencia de la fuerte tectonicidad de los materiales.

Características mecánicas: Ripable en su mayor parte, a marginal.

CUARCITAS Y ARENISCAS (141a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por cuarcitas y areniscas ferruginosas, en capas decimétricas, con intercalaciones de pizarras y niveles lenticulares de areniscas. Son frecuentes las costras ferruginosas.

Petrográficamente son arenitas de grano medio subanguloso-subredondeado de cuarzo, con una fracción irregular de matriz sericítica (desde trazas hasta 15 %) y cemento de óxidos de hierro (15-50 %).

El grado de alteración es débil a moderado.

- Estructura

  Presenta una estructura tabular. El plegamiento es intenso y el grado de fracturación es elevado y muy variable, dependiendo de la cercanía a accidentes tectónicos de primer orden. Aflora exclusivamente en el núcleo del sinclinal de Herrera del Duque, en donde constituye un débil resalte estructural. Presenta frecuentes cambios de espesor, fundamentalmente debidos al paso lateral a facies arenosas. Este grupo constituye un paquete de unos 20 m de potencia.

- Geotecnia

  Estabilidad natural: Se observan pequeños desprendimientos de bloques por descalce, y allí donde la fracturación es más intensa.

  Taludes artificiales:

  - Pendientes: Los taludes observados son pocos y de alturas bajas. Es frecuente que estos estén excavados con direcciones perpendiculares a la estratificación, con pendientes subverticales.

  - Problemas: Los problemas son pequeños desprendimientos de bloques y cuñas.

  - Taludes recomendados: En taludes con una orientación similar al rumbo de las capas, y cuando el buzamiento de estas es desfavorable, debe tenderse la pendiente de aquellos hasta que su inclinación sea menor que la presentada por la estratificación. Cuando se trate de orientaciones oblicuas o transversales a las estructuras, las pendientes estarán condicionadas a las combinaciones geométricas de los planos de discontinuidad. En situaciones favorables pueden adoptarse pendientes de 1H:2V.

    Pueden darse, localmente, situaciones de intensa tectonización y/o alteración de la roca, que haga disminuir sus características geomecánicas.

  Hidrología: Materiales con elevada permeabilidad, sólo por fisuración.

  Capacidad portante: Se trata de materiales de alta a muy alta resistencia; no obstante, en zonas de media ladera con pendientes estructurales, las condiciones resistentes del terreno serán como mucho moderadas, para solicitaciones de alguna intensidad a niveles superficiales o poco profundos.

  Características mecánicas: Salvo en áreas intensamente tectonizadas o alteradas, donde puede llegar a ser ripable, el conjunto del grupo se considera no ripable.

CUARCITAS (131)

- Litología

  Este grupo litológico puede estar constituido por un sólo banco de cuarcita muy homogénea, sobre el que yacen areniscas finas limolíticas y pizarras, o por dos bancos cuarcíticos entre los que incluye pizarras y una alternancia de pizarras y areniscas. En otras ocasiones se trata de varias barras cuarcíticas dentro de una unidad areniscosa.

  Petrográficamente son arenitas formadas por granos subangulosos-subredondeados de cuarzo fino, con óxidos de hierro de carácter detrítico (5 %), de distribución irregular y matriz sericítica (10 %). Como accesorios se han reconocido circón, turmalina y moscovita.

  La compacidad es alta y su dureza muy alta. El grado de alteración, débil.

- Estructura

  Los bancos de cuarcita se forman por superposición de capas decimétricas. Da lugar a barras rocosas que originan importantes resaltes topográficos entre las ampelitas (grupo 130) y pelitas (grupo 123b) supra e infrayacentes. Los afloramientos de este grupo litológico están circunscritos a la estructura sinclinal de Herrera del Duque. El plegamiento de este grupo se considera moderado y su fracturación de moderada a alta. Es un grupo litológico que presenta notables variaciones de potencia. Puede aparecer un único banco de 20-22 m de espesor, o varias barras cuarcíticas alternantes con otras litologías, y totalizando más de 60 m.

- Geotecnia

  Estabilidad natural: No se han observado problemas de estabilidad importantes

  Taludes artificiales:

  - Pendientes: Los taludes observados son pocos y de alturas bajas. Es frecuente que estos estén excavados con direcciones perpendiculares a la estratificación, con pendientes subverticales.

  - Problemas: Los problemas son pequeños desprendimientos de bloques y cuñas.

  - Taludes recomendados: El diseño de los taludes que pudieran excavarse en los materiales de este grupo deberán estar condicionados por la geometría de las discontinuidades estructurales de la roca. En principio, con estratos cortados muy

perpendicularmente a la dirección de la estratificación o con buzamientos contrapendiente, que podemos considerar condiciones favorables a la estabilidad, no deberían sobrepasarse valores del tipo 1H:2V. En cortes sesgados a la dirección de las capas y con buzamientos fuertes hacia la calzada, es aconsejable no rebasar la pendiente 1H:1,5V.

Hidrología: Materiales permeables por fisuración.

Capacidad portante: Los materiales constitutivos de este grupo litológico deben considerase, en general, como un cimiento con alta y muy alta resistencia. No obstante, en los límites de este grupo a techo y muro, en el tránsito a las formaciones pizarrosas que lo enmarcan, las condiciones resistentes en apoyos superficiales a media ladera pueden ser localmente moderadas.

Características mecánicas: Grupo no ripable en general

Empleo: Material apto para su empleo como árido y la formación se considera cantera-ble.

PIZARRAS AMPELITICAS (130)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por pizarras negras con abundante contenido en materia orgánica (ampelitas) y pirita, con finas pasadas arenosas centi-decimétricas, de escasa continuidad lateral, intercaladas preferentemente en la parte media y alta del grupo. Son muy frecuentes los niveles milimétricos de óxidos de hierro procedentes de las piritas, generalmente asociados al techo de los niveles más arenosos.

Petrográficamente los niveles más detríticos son limolitas formadas por granos subangulosos de cuarzo, con moscovita y biotita cloritizada, óxidos de hierro de carácter detrítico (10 %) y matriz sericítica (10-25 %), con circón, turmalina, rutilo y opacos como accesorios. Son frecuentes los microbandeados entre limolitas y finas pasadas más lutíticas y/o ferruginosas.

La dureza es baja, y la compacidad muy alta. El grado de alteración es moderado.

- Estructura

En los tramos pizarrosos se observa una laminación interna muy fina. El grado de fracturación e intensidad del plegamiento son muy altos. El espesor de este grupo litológico es de unos 100-150 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Se observa cierta inestabilidad, por reptación, del recubrimiento más superficial de la roca y zona de alteración.

Taludes artificiales: No se han observado desmontes que afecten a este grupo litológico en el Tramo estudiado.

- Taludes recomendados: Se considera que pendientes por encima del 1H:1,5V pueden dar problemas de estabilidad por vuelcos y corrimientos, a poco que las condiciones estructurales sean desfavorables.

Hidrología: Permeabilidad muy baja, por fisuración. Escorrentía superficial dificultosa.

Capacidad portante: En apoyos superficiales o poco profundos, a media ladera, se pueden esperar comportamientos resistentes medios y medios-bajos. A mayor profundidad se encontrarán respuestas altas o moderadamente altas a solicitudes de carga.

Características mecánicas: Se considera que es un grupo ripable por medios mecánicos normales.

GRAUVACAS Y PELITAS (123b)

- Litología

Este grupo litológico consta de grauvacas con cantos cuarcíticos dispersos y pelitas con fragmentos de cuarcitas. Se trata de una sucesión de niveles lutíticos que contienen fragmentos ocasionales de cuarcitas que, a veces, presentan una cierta continuidad lateral, presentándose deformados y formando *slumps*. Es frecuente la presencia de niveles milimétricos con concentración de óxidos de hierro.

Petrográficamente, las lutitas presentan matriz sericítica irregularmente impregnada por óxidos de hierro (10-50 %), moscovita en finas láminas (5 %) y granos de arena fina-media de cuarzo (10 %) de tendencia subredondeada. Como accesorios aparecen biotita y turmalina.

Los niveles de grauvacas son arenitas de grano fino, subangulosas, con algún grano de tamaño grueso subredondeado de cuarzo, con matriz abundante de sericita (35 %), con moscovita fina (95 %) y leve impregnación de óxidos de hierro. Como accesorios aparecen circón, rutilo y opacos.

La dureza y compacidad son altas, y suelen aparecer moderada a débilmente meteorizados.

- Estructura

Son materiales con una estructura tableada, con los planos de esquistosidad muy marcados. La intensidad del plegamiento y el grado de fracturación son altos. Este grupo litológico presenta importantes variaciones de potencia, incluso desaparición y cambios laterales de facies. La potencia máxima puede llegar a ser de 90 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: No se han observado signos que hagan pensar en una problemática característica de este grupo.

Taludes artificiales: No se han observado desmontes significativos a lo largo del Tramo de estudio.

- Taludes recomendados: Pendientes superiores a 1H:1,5V crearán frecuentes e importantes problemas de estabilidad, principalmente en aquellos casos donde las discontinuidades se muestren desfavorables. Al igual que ocurre con el resto de los grupos litológicos paleozoicos, serán necesarios estudios detallados de la estructura para el diseño correcto de los taludes.

Hidrología: Permeabilidad moderada, por fisuración.

Capacidad portante: Se estima alta en general, aunque en apoyos superficiales o poco profundos a media ladera, la capacidad soporte debe considerarse sólo como moderada.

Características mecánicas: Ripabilidad marginal. Son ripables en alta proporción los primeros metros (3 a 5 m) del perfil del terreno, más afectados por la meteorización.

PIZARRAS (123a)

- Litología

Grupo litológico constituido por un tramo inferior de pizarras muy homogéneas, y un tramo superior, también pizarroso, pero con intercalaciones de arenisca y cuarcitas.

El tramo inferior, de 110 m de potencia, está constituido por pizarras limolíticas y micáceas grises y negras, que por alteración dan tonos verdosos. Se han detectado nódulos calcáreos en la base.

El tramo superior, de aproximadamente 100 m de potencia, está constituido por una alternancia irregular de capas decimétricas de pizarras limolíticas grises, areniscas cuarcíticas lajeadas, micáceas y cuarcíticas. Presentan una compacidad y dureza altas. La alterabilidad de este grupo es moderada-alta.

- Estructura

Este grupo conforma, morfológicamente, vertientes y pies de ladera, y está circunscrito al núcleo del sinclinal de Herrera del Duque y al de Puebla de Don Rodrigo. El grado de fracturación es moderado a alto. La potencia máxima estimada para este grupo litológico es de 210 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: En las laderas se observan algunas estructuras superficiales debidas a corrimiento de capas en pendientes de tipo estructural, o vuelco de estratos en capas con buzamientos contrapendiente.

Taludes artificiales: No se han observado taludes de excavación en este grupo litológico dentro del Tramo de estudio.

- Taludes recomendados: Como en todo el resto del paleozoico, el diseño de taludes deberá estar muy condicionado a las interrelaciones entre la geometría del trazado y la de las discontinuidades estructurales del grupo. En general, se puede aconsejar que, en secciones perpendiculares al rumbo de las capas o con buzamientos contratalud, no se supere el 1H:1,5V, y el 1,5H:1V para los casos muy desfavorables.

Hidrología: Permeable sólo por fisuración.

Capacidad portante: Las condiciones resistentes de los materiales de este grupo litológico, cuando no están alterados, deben considerarse altas en general. No obstante, en apoyos superficiales a media ladera, la capacidad portante del terreno puede estar debilitada por roturas de gravedad en la ladera, por corrimiento entre capas y vuelco de estratos.

Características mecánicas: Grupo considerado con ripabilidad marginal en alta proporción bajo los primeros metros alterados o descompuestos más superficiales.

PIZARRAS, ARENISCAS MICACEAS Y CUARCITAS (122d)

- Litología

Este grupo litológico está compuesto por pizarras limolíticas y arenosas, pizarras ampelíticas, areniscas cuarcíticas y cuarcitas alternantes en capas de orden decimétrico (FOTO 18).



Foto nº 18. Alternancia de pizarras ampelíticas, areniscas micáceas y cuarcitas (grupo litológico 122d) en un desmonte de reciente construcción en la carretera que une la N-430 con Agudo (variante de la N-502). Próximo al P.K. 203+000 de la CN-430.

Petrográficamente son cuarcitas finas, limolíticas, compuestas por granos subangulosos de cuarzo, plagioclasas alteradas (10 %), láminas de moscovita y biotita muy cloritizada, y óxidos de hierro de carácter detrítico (10-15 %). Presentan matriz clorítica (10-15 %) y desarrollo de cemento de cuarzo.

La compacidad es muy alta y la dureza es moderada en los tramos pizarrosos y alta en el resto. Las pizarras ampelíticas se alteran muy fácilmente por meteorización.

- Estructura

Constituye un tránsito gradual a las cuarcitas pertenecientes al grupo litológico 120b. Este grupo conforma, morfológicamente, vertientes y pies de ladera, y están circunscritas al núcleo del sinclinal de Herrera del Duque y al de Puebla de Don Rodrigo. El grado de fracturación es moderado a alto. La alterabilidad de este grupo es moderada-alta. Pizarras y areniscas presentan laminación interna. Su potencia se sitúa alrededor de 120 m.

- Geotecnia

  Estabilidad natural: Las laderas muestran pendientes de unos 30º. En ellas se han observado deslizamientos superficiales de menor importancia.

  Taludes artificiales:

  - Pendientes: Se ha observado un talud de 20 m de altura con una pendiente de 50º y dos bermas intermedias.

  - Problemas: La erosión diferencial de los niveles de pizarras ampelíticas deja descalzadas las capas de areniscas y cuarcitas, más competentes, y provoca la caída de bloques de tamaño pequeño y mediano. También se forman cuñas por la combinación de discontinuidades.

  - Taludes recomendados: Como en todo el resto del paleozoico, el diseño de taludes deberá estar muy condicionado a las interrelaciones entre la geometría del trazado y la de las discontinuidades estructurales del grupo. En general, se puede aconsejar que, en secciones perpendiculares al rumbo de las capas o con buzamientos contratalud, no se supere el 1H:1,5V, y el 1,5H:1V para los casos muy desfavorables.

  Hidrología: Permeable sólo por fisuración.

  Capacidad portante: Las condiciones resistentes de los materiales de este grupo litológico, cuando no están alterados, deben considerarse altas en general. No obstante, en apoyos superficiales a media ladera, la capacidad portante del terreno puede estar debilitada por roturas de gravedad en la ladera, por corrimiento entre capas y vuelco de estratos.

  Características mecánicas: Grupo considerado con ripabilidad marginal en alta proporción bajo los primeros metros alterados o descompuestos más superficiales. El 20 % del total es no ripable.

ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS (122c)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por una alternancia irregular de capas decimétricas y, ocasionalmente, centimétricas, de pizarras limolíticas grises y areniscas cuarcíticas de grano fino a limolíticas, más o menos micáceas. Presentan tonalidades grises y verdosas en corte alterado (FOTO 19).

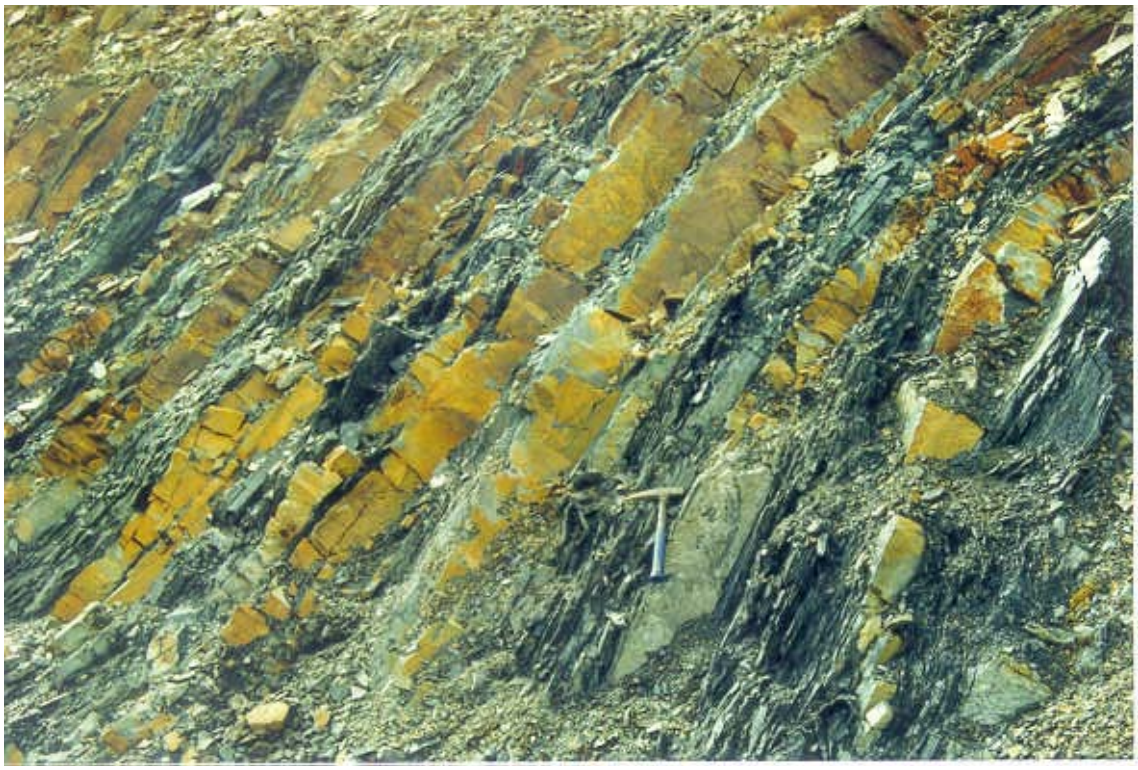


Foto nº 19. Alternancias rítmicas de pizarras limolíticas y areniscas pertenecientes al grupo litológico 122c.

Las areniscas y cuarcitas poseen granos angulosos de cuarzo, abundantes micas, como la moscovita, biotita y clorita, que se encuentran entre el 5 y el 10 %, un 10 % de óxidos de hierro de alteración de siderita. La matriz es clorítica y representa el 20-25 % del total de la roca.

La compacidad es moderada-alta y la dureza alta. El grado de alteración es moderado-bajo en los niveles cuarcíticos, y moderado-alto en las pizarras.

- Estructura

El plegamiento de este grupo es moderado y el grado de fracturación moderado-alto, afectado por fracturas NE-SO y NO-SE. Se presenta débilmente meteorizado. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima entre 125 y 150 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: No se han observado problemas de estabilidad importantes. Las pendientes naturales son 20º a 30º a favor del buzamiento, y de 50º cuando lo son en contra.

Taludes artificiales:

- Pendientes: Se han observado taludes de alturas medias (10 a 15 m) con pendientes de 45º y una berma intermedia (FOTO 20).



Foto nº 20. Desmonte practicado en las pizarras y areniscas del grupo litológico 122c en la variante a la carretera N-502. Próximo al P.K. 202+000 de la carretera N-430.

- Problemas: La facilidad con la que suelen descomponerse los estratos de pizarra, junto con el alto grado de fracturación de la roca, propician la formación de desprendimientos, desplomes y deslizamientos de cuñas.

- Taludes recomendados: La orientación del plano del talud con respecto a la geometría de los planos de estratificación y de las discontinuidades tectónicas principales, debe determinar normalmente el perfil del talud de excavación. No obstante, se estima aconsejable no dar a estos terrenos pendientes superiores a 1H:1V, con carácter general en taludes medios, haciendo constar que en muchas ocasiones las condiciones estructurales aconsejarán taludes más tendidos. En taludes pequeños se pueden excavar taludes fuertes y dejar que evolucionen siempre que exista una amplia cuneta al pie del talud.

Hidrología: Grupo con permeabilidad baja, posible sólo a través de superficies de discontinuidad tectónica o estratigráfica. Escorrentía superficial favorable.

Capacidad portante: Las condiciones resistentes del terreno ante cargas superficiales a media ladera deben estimarse moderadas. Existe la posibilidad, en esas condiciones, de que se produzcan asientos diferenciales de reducida magnitud.

Características mecánicas: Los materiales de este grupo, al menos en los primeros metros más superficiales, son ripables en alto porcentaje; el resto (50%) presentará una ripabilidad marginal o no será ripable.

TUFITAS (122b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por tufitas volcánicas en bancos de espesor métrico y decamétrico, concordantes con la estratificación. Están constituidas por areniscas cuarcíticas con fragmentos de rocas volcánicas. dentro del paquete volcánico es frecuente encontrar intercalaciones de naturaleza pizarrosa que suelen incluir en su interior material de tipo piroclástico. Se han detectado algunos niveles de alteración hidrotermal o pneumatolítica, que presentan en su interior minerales como azufre, yeso y otros sulfatos. La compacidad y dureza se estiman muy altas. En términos generales, presenta una alterabilidad muy baja, si se exceptúan los niveles que contienen sales (FOTO 21).



Foto nº 21. Aspectos de las tufitas (grupo litológico 122b) intercaladas entre pizarras y areniscas del grupo litológico 122a. P.K. 239+300 de la carretera N-430.

- Estructura

Estratigráficamente se sitúa dentro del grupo litológico 122a. Estructuralmente está ubicado exclusivamente dentro del sinclinal de La Puebla de Don Rodrigo. Los mejores afloramientos están entre el kilómetro 242 y 244 de la Carretera Nacional 430 Badajoz-Ciudad Real. En conjunto posee una estructura lentejonar, se encuentra fuertemente plegado y fracturado. El buzamiento de las capas es subvertical. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima entre 75 y 200 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Solamente se han observado desprendimientos de bloques en las laderas donde afloran.

Taludes artificiales: El talud observado es de 10 m de altura, y se excava perpendicularmente a las capas de esta formación.

- Pendientes: 75º

- Problemas: Los estratos duros y competentes de los materiales volcánicos resisten bien las pendientes fuertes adoptadas. Se forman desprendimientos y deslizamientos de cuñas de escasa entidad. Los paquetes más pizarrosos sufren una degradación más rápida.

- Taludes recomendados: En direcciones de excavación que formen un ángulo superior a los 45º con el rumbo de las capas, los taludes aconsejables pueden adoptar el valor 1H:3V; que también será válido para taludes con capas a contrapendiente.

Hidrología: Materiales sólo permeables por fisuración. Conjunto poco permeable en general.

Capacidad portante: Los materiales de este grupo, especialmente los horizontes de estratos potentes volcánicos, poseen una capacidad resistente muy elevada, en tanto que los de naturaleza pizarrosa sólo tienen una respuesta moderada en apoyos superficiales a media ladera. La posible presencia de sales solubles en algunas capas pizarrosas, aconseja la realización de estudios que permitan la detección de estos elementos, por sus implicaciones geotécnicas y los problemas de agresividad.

Características mecánicas: Grupo no ripable.

Empleo: Material útil como árido, pero dado la reducida extensión de sus afloramientos, no se considera viable la explotación de los mismos.

PIZARRAS (122a)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por pizarras y pizarras ampelíticas, pardo negruzcas en corte fresco, y de tonos verdosos y rojizos el horizonte de alteración. Se trata de pizarras microcristalinas de sericita y clorita con una cantidad muy variable, dependiendo de los tramos, de limo fino de cuarzo y micas. Se trata, en su conjunto, de una serie bastante homogénea litológicamente. Presentan una compacidad alta, y dureza moderada. El grado de alteración es muy alto, en especial bajo el contacto con las unidades cenozoicas. Localmente, como producto de la alteración de este grupo, puede transformarse en una arcilla muy plástica de tonos rojos vinosos (FOTO 22).

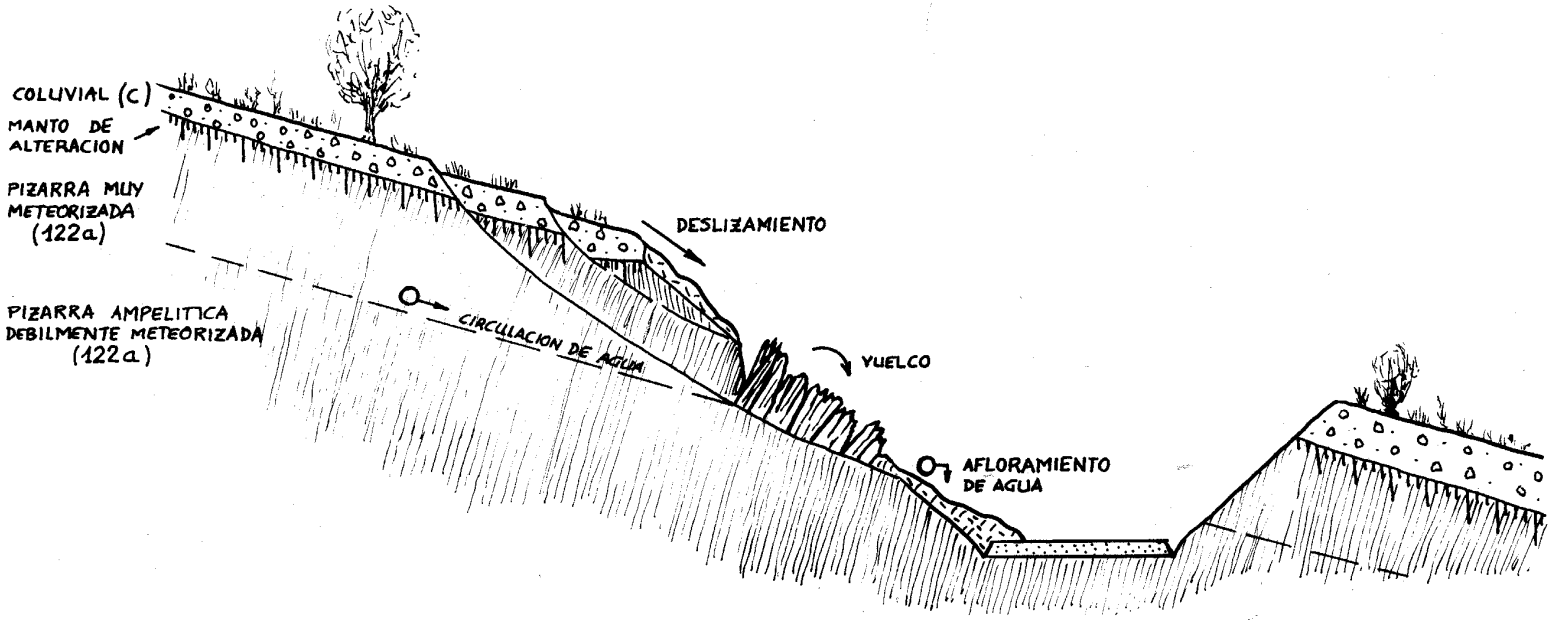


Foto nº 22. Aspecto que presentan las pizarras del grupo litológico 122a en el P.K. 3+500 de la carretera que conduce de Puebla de Don Rodrigo a Arroba de los Montes.

Presentan intercalaciones de areniscas y cuarcitas, ricas en óxidos de hierro hacia la base de este grupo. Estos niveles detríticos son de grano fino, subredondeados y subangulosos, y están formados mayoritariamente por cuarzo, y en menor proporción por fragmentos de roca volcánica alterada a cloritas y óxidos de hierro. Suele estar muy cubierto por coluviales y mantos de alteración, o por otros diversos depósitos cuaternarios, como glacis y terrazas. En la zona oriental del Tramo, en las cercanías de Puebla de Don Rodrigo, aparecen intercalaciones de rocas volcánicas (tufitas), que cuando tienen unas dimensiones cartografiables, se han diferenciado como grupo litológico 122b.

- Estructura

Da lugar a áreas deprimidas y a relieves muy suaves. Cartográficamente, se localiza en las estructuras sinclinales de Herrera del Duque y Puebla de Don Rodrigo, con una amplia extensión. Las pizarras presentan una esquistosidad hercínica muy penetrativa, que enmascara las superficies de estratificación. El grado de plegamiento es intenso en todo el grupo, y se han detectado numerosas fallas inversas y planos de cabalgamiento en el interior de este grupo. La potencia aproximada de este grupo litológico es de unos 500 m.



FIGURA° 9. LA ORIENTACIÓN DE LOS PLANOS DE ESQUISTOSIDAD DEL GRUPO LITOLÓGICO 122A FAVORECE LA FORMACIÓN DE INESTABILIDADES EN LOS TALUDES DE EXCAVACIÓN POR VUELCO. ESTOS PROCESOS ORIGINAN EL DESLIZAMIENTO DE MURAS DE TIERRA Y ROCA QUE SE ENCUENTRAN POR ENCIMA.

ESTOS FENÓMENOS SE VEN ACTIVADOS POR LA ACCIÓN DEL AGUA, QUE SE INFILTRA A TRAVÉS DE LOS RECUBRIMIENTOS COLUVIALES Y TRAMOS SUPERFICIALES DE PIZARRAS MÁS METEORIZADAS Y DESCOMPRIMIDAS, HASTA ALCANZAR UN NIVEL IMPERMEABLE CONSTITUIDO POR PIZARRAS AMPELÍTICAS DÉBILMENTE METEORIZADAS, QUE ACTÚAN COMO SUPERFICIE DE DESPEGUE DE ESTOS DESLIZAMIENTOS. ESTA SUPERFICIE SUELE MOSTRARSE SATURADA, AFLORANDO AGUA EN LOS TALUDES A FAVOR DE ELLA.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Las laderas muestran pendientes de unos 24º. Las áreas ocupadas por los materiales de este grupo corresponden a zonas deprimidas y fondos de valles, debido a la labilidad de las pizarras; casi siempre recubiertos por un manto de alteración profundo. Por otra parte, los movimientos gravitacionales de ladera son relativamente frecuentes cuando estos materiales soportan algún grupo litológico que pueda crear un acuífero colgado sobre las pizarras; normalmente los materiales detríticos del Terciario y Cuaternario.

Taludes artificiales: Se trata de desmontes bajos o medios que, por lo general, no superan los 10 m de altura.

- Pendientes: Suele oscilar entre el 1H:2V y el 1H:1,5V, y más raramente el 1H:1V.

- Problemas: El deterioro de estos taludes está muy relacionado con el grado de alteración de la roca y, muy especialmente, con la existencia de formaciones suprayacentes que constituyan acuíferos, como pueden ser los depósitos de raña o coluviones potentes. En estos casos es normal que las pizarras se vean afectadas por deslizamientos; y en otros casos reactivaciones de movimientos fósiles o latentes. En cualquier caso es normal encontrar en los primeros metros del terreno, en superficies a media ladera, y aunque sean poco pronunciadas, fenómenos de vuelco de estratos y reptación de los recubrimientos superficiales (FOTOS 23, 24 y 25).



Foto nº 23. Entre el P.K. 195+000 y el P.K. 197+000, las obras de ampliación y mejora de la carretera N-430 se han visto afectadas por numerosas roturas de los taludes, que, en algún caso, han obligado a retaluzar a 30º un desmonte diseñado en principio con taludes 1H:1V. Son las pizarras del grupo litológico 122a.



Foto nº 24. Rotura de un talud por vuelco de los planos de esquistosidad a favor del contacto con las pizarras ampelíticas. P.K. 195+000 a P.K. 197+000 de las obras de ampliación y mejora de la carretera N-430.



Foto nº 25. Rotura de un talud por vuelco de los planos de esquistosidad a favor del contacto con las pizarras ampelíticas. P.K. 195+000 a P.K. 197+000 de las obras de ampliación y mejora de la carretera N-430.

En taludes practicados en rocas moderada a débilmente meteorizadas, se observan problemas relacionados con deslizamientos a través de los planos de discontinuidad (FOTOS 26 y 27).



Foto nº 26. Deslizamientos planares a favor de superficies de esquistosidad y fallas en un talud excavado en las pizarras del grupo litológico 122a, en el P.K. 2+800 de la carretera de Puebla de Don Rodrigo a Arroba de los Montes.



Foto nº 27. Rotura del talud por la formación de cuñas al combinarse diferentes planos de discontinuidad, favorecido por la tectonización y alto grado de las pizarras del grupo litológico 122a. P.K. 238+500 de la carretera N-430.

- Taludes recomendados: Las pendientes estarán principalmente condicionadas al grado de meteorización de la roca y a la presencia de niveles de pizarras ampelíticas, muy proclives a la alteración.

  Siempre que las pizarras estén desprovistas de recubrimientos potentes de formaciones permeables que puedan dar lugar a acuíferos colgados, las pendientes aconsejables pueden oscilar entre 1H:1,5V y 1H:1V para las áreas con mayor alteración, y 1H:2V para las pizarras poco alteradas.

  Circunstancialmente, si la estructura local es desfavorable (alta tectonicidad, alteración profunda, roturas de ladera fósiles o latentes), requerirá taludes de orden 1,5H:1V o incluso más tendidos; o bien adoptar medidas de contención.

  En las áreas en las que afloran algunos tramos constituidos por alternancias de pizarras y areniscas tableadas, los taludes estarán muy condicionados por la disposición de las capas; y las pendientes a adoptar podrán oscilar entre 1H:2V y 1H:1V, aunque lo aconsejable sería no proyectar pendientes por encima de 1H:1,5V.

  Es recomendable la construcción de amplias cunetas al pie del talud para recoger posibles desprendimientos.

Hidrología: Este grupo es impermeable y tan sólo se producirá una filtración moderada a favor de los planos de fracturación. Los tramos de pizarras ampelíticas constituyen niveles impermeables, que retienen el agua infiltrada, originándose su hidratación y reblandecimiento, con la consiguiente reducción de sus características geomecánicas.

Capacidad portante: Los materiales de este grupo deben considerarse de resistencia moderada ante cargas superficiales; especialmente en solicitaciones a media ladera, en donde, con cierta frecuencia, las condiciones portantes pueden llegar incluso a ser bajas, en razón de la alteración profunda de la roca y la existencia de roturas de ladera por deslizamientos fósiles.

En terrenos de superficies alomadas, en áreas poco o nada alteradas, la capacidad portante del terreno será normalmente alta o moderadamente alta, especialmente en los tramos más altos de la serie, en donde son frecuentes las de alternancias de pizarras, areniscas y cuarcitas.

Características mecánicas: Grupo mayoritariamente ripable (80 %), que puede presentar localmente características de marginal a no ripable en áreas de pizarras poco o nada alteradas, con alternancias o no de areniscas y cuarcitas.

CUARCITAS (FACIES ARMORICANA) (121b)

- Litología

  Grupo litológico constituido por cuarcitas blancas, rojizas por alteración en áreas de fractura, cristalinas, y estratificadas en bancos de espesor métrico o decimétrico. Pueden aparecer interestratificados niveles caoliníticos. Suelen distinguirse dos grandes paquetes de 200 a 300 m de potencia, separados por un nivel de areniscas estratificadas en delgadas capas, que dan lugar a una depresión en el terreno. El tamaño de grano de las cuarcitas varía de fino a medio, con escasa matriz (< 5%) de tipo sericítico (FOTO 28).



Foto nº 28. Lechos de caolín interestratificados en las capas de cuarcita (grupo litológico 121b).

  La compacidad y dureza son muy elevadas y el grado de meteorización débil.

- Estructura

  Morfológicamente se presenta como un resalte de gran continuidad, constituyendo el principal elemento modelador del relieve. Da lugar aun relieve de tipo apalachiano. En este grupo se sitúan las cotas más elevadas del Tramo (FOTO 29).



Foto nº 29. Bancos de Cuarcita Armoricana (grupo litológico 121b) verticalizados en el Barranco del Chorro. Sierra de Higueruela.

La estructura del grupo es tabular, con bancos cuarcíticos de forma lentejonar, y capas con un espesor variable entre 0,2 y 1,5 m. El grado de fracturación es elevado, aunque varía en función de la proximidad a accidentes tectónicos importantes, pudiendo aparecer zonas de falla milonitizadas. El plegamiento es intenso, habiéndose detectado numerosos planos de cabalgamiento internos de tipo apalachiano. La potencia de este grupo litológico es de unos 300 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Los estratos cuarcíticos, que constituyen mayoritariamente este grupo, ocupan normalmente las cimas o divisorias de aguas de la mayor parte de las sierras del Tramo. Los estratos se alinean con la dirección de las sierras, al tratarse de relieves estructurales que siguen el rumbo de los ejes de los pliegues hercínicos. En consecuencia, es frecuente que una de las dos vertientes se constituya como ladera estructural, en donde la pendiente natural tiende a adquirir la del plano de estratificación; lo que da lugar a corrimientos gravitacionales a favor de los planos de estratificación y en combinación con discontinuidades tectónicas, especialmente en los niveles donde las cuarcitas intercalan horizontes de pizarras. Horizontes estos que en muchas ocasiones ya han sufrido un juego de despegue tectónico por corrimiento entre capas durante los procesos de compresión y plegamiento.

En la actualidad, la inestabilidad está relegada esencialmente a las capas más superficiales del terreno y sus recubrimientos, en los tramos de ladera altos y con fuertes pendientes.

Se observan importantes desprendimientos de bloques por descalce de los niveles más escarpados, y allí donde la fracturación es más intensa.

Taludes artificiales: Los taludes observados son de pequeña altura, y dada la ubicación de este grupo en la divisoria de aguas de las sierras del Tramo, lo frecuente es que los trazados sean perpendiculares a la estructura general.

- Pendientes: Suelen ser subverticales.

- Problemas: En general mantienen una buena estabilidad, con caídas ocasionales de bloques y formación de cuñas (FOTO 30).



Foto nº 30. Individualización y caída de bloques por la combinación desfavorable de diaclasas y planos de estratificación en un talud practicado en la Cuarcita Armoricana (grupo 121b), donde se observan capas con importantes alteraciones caoliníferas. Puerto de Riofrío.

- Taludes recomendados: Salvo en las áreas donde este grupo aparezca fuertemente tectonizado, las pendientes de los taludes se pueden diseñar subverticales; especialmente si se excavan más o menos perpendiculares a la dirección de las capas. La fuerte inclinación que suelen presentar los planos de estratificación

favorece también el diseño de taludes con elevadas pendientes incluso cuando las capas sean cortadas oblicuamente.

Cuando los taludes coincidan en orientación con los de las superficies de estratificación, y el buzamiento de las mismas sea hacia la calzada, se deberán adoptar para los taludes pendientes menores que el buzamiento de las capas; especialmente si la serie cuarcítica intercala horizontes pizarrosos alterados, laminados o brechificados. En este último caso y cuando se trate de tramos a media ladera, se deberá prestar especial atención a la estructura local ante la posibilidad de que pueda existir estructuras fósiles de corrimiento a favor de capas o planos de falla.

En áreas de alta tectonicidad y alteración profunda, los taludes no deberán sobrepasar pendientes de 1H:1,5V.

Hidrología: Materiales con elevada permeabilidad, sólo por fisuración.

Capacidad portante: La mayor parte de los materiales de este grupo litológico presenta una capacidad portante muy alta. Circunstancialmente, en áreas de alta tectonicidad y alteración, las características resistentes pueden descender a moderadas. Con relación a las zonas medias y altas de las laderas con pendientes estructurales, en donde se han observado corrimientos gravitacionales de capas o grandes cuñas, las condiciones portantes del terreno, en los niveles más superficiales, pueden ser bastante críticas para solicitaciones importantes.

Características mecánicas: Grupo no ripable

Empleo: Los materiales de este grupo son útiles para su empleo como áridos, y la formación puede ser canterable.

CUARCITAS, ARENISCAS, PIZARRAS, LIMOLITAS Y CONGLOMERADOS (121a)

CUARCITAS Y CONGLOMERADOS (121a1)

- Litología

Grupo litológico constituido por una serie alternante de cuarcitas, areniscas, pizarras y limolitas (FOTO 31); en la base de la serie existen intercalaciones de conglomerados silíceos (FOTO 32). Las cuarcitas son arenitas gruesas, a veces microconglomeráticas, recristalizadas y fracturadas. La estructura alternante es irregular, con bancos métricos de cuarcitas y areniscas, y de centimétricos a métricos de limolitas y pizarras. Las capas presentan tonos verdosos, rojizos y cremas-amarillentos.



Foto nº 31. Alternancia de areniscas, cuarcitas y pizarras del grupo litológico 121a, en un talud de la carretera local que conduce a Villarta de los Montes.



Foto nº 32. Microconglomerados y areniscas del grupo litológico 121a1 aflorando en un talud de la carretera que conduce a Villarta de los Montes desde la CN-430 (P.K. 12+000).

El paso al grupo litológico 121b es transicional, aumentando las intercalaciones y la potencia de niveles de cuarcitas y areniscas a techo. Los conglomerados intercalados en los tramos basales de la serie, son de cantos silíceos de cuarzo y cuarcita, redondeados y fuertemente cementados en matriz silícea. en algunas áreas se ha diferenciado, como subgrupo litológico 121a1, a niveles más cuarcíticos y localmente conglomeráticos, que dan en el paisaje un resalte morfológico.

Amplias áreas de estos terrenos presentan un manto de alteración muy importante, que afecta con mayor profundidad a los horizontes pizarrosos y a las áreas más tectonizadas. Estos sectores suelen dar lugar a un suelo coluvio-eluvial.

- Estructura

Morfológicamente se sitúa en las vertientes de los resaltes de la Cuarcita Armoricana. Cuando aflora en amplia superficie, muestra un relieve alomado, en el que los tramos más cuarcíticos dan resaltes morfológicos menos destacados que los de la Cuarcita Armoricana. El contacto con las unidades cenozoicas está muy alterado. La mayor parte de su extensión cartográfica se encuentra cubierta por coluviales y canchales, sobre todo en las proximidades del contacto con el grupo litológico 121b.

Los bancos de conglomerados presentan una estructura lentejonar y una continuidad lateral escasa. El grado de fracturación es alto, y muy alta la intensidad de plegamiento, con abundantes mantos de cabalgamiento de banco sobre banco. La disposición y el buzamiento varía en función de la complicación tectónica del área de afloramiento. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima en 300 m como máximo, y de 25 a 40 m el subgrupo 121a1.

- Geotecnia

Estabilidad natural: En las áreas ocupadas por este grupo litológico se han observado deslizamientos y corrimientos de ladera importantes; aunque es en las masas de derrubios, que cubren sus laderas, cartografiadas como grupo C, en donde el fenómeno adquiere dimensiones espectaculares, con un desarrollo, a veces, generalizado a lo largo de toda la vertiente de una sierra.

Entre las causas que motivan los fenómenos de inestabilidad observados hay que señalar, como más importantes, las siguientes:

a) Constitución rítmica de la serie estratigráfica en bancos de distinta competencia y resistencia (cuarcita-arenisca-pizarra).

b) Existencia de multitud de planos de discontinuidad (sedimentarios y tectónicos), algunos de los cuales han jugado ya como horizontes de despegue entre capas en los procesos tectónicos.

c) Profunda alteración, en muchas áreas del Tramo, asociadas normalmente con zonas de falla y fracturas importantes. Esta alteración puede adquirir algunos metros de potencia haciéndose más penetrativa en los estratos pizarrosos. Existe también un fenómeno de caolinización profunda que acompaña a este manto de alteración.

d) Disposición estructural de las discontinuidades y horizontes de alteración, favorables al movimiento en las vertientes.

e) Existencia de horizontes freáticos, permanentes o temporales, que provocan presiones intersticiales.

Taludes artificiales: En general son de alturas bajas.

- Pendientes: En general son pendientes fuertes y subverticales.

- Problemas: Se observan inestabilidades originadas por caídas de bloques y deslizamientos de cuñas, favorecidas por la estructura alternante de capas de muy distinta competencia, el fuerte diastrofismo y la alteración profunda que presenta con frecuencia la formación.

- Taludes recomendados: Las pendientes de los taludes estarán condicionadas por la estructura del terreno. Para condiciones favorables (bancos verticales u horizontales, de naturaleza masiva, reducida fracturación y alteración, o cortados perpendicularmente a la dirección de los planos) pueden adoptarse pendientes subverticales.

  Para situaciones desfavorables en las que abunden zonas tectonizadas, alteración de los estratos pizarrosos intercalados, o la existencia de roturas de tipo gravitacional que afecten tanto al suelo de recubrimiento como al substrato rocoso, las pendientes no deberán superar el 1H:1,5V para evitar problemas de deslizamientos y formación de cuñas.

  Los metros más superficiales, correspondientes a la cabecera de los taludes, requerirán pendientes más tendidas del orden de 1,5H:1V a 2H:1V. En todos los casos se deberá proyectar una amplia cuneta al pie del talud, en relación con la altura del mismo.

Hidrología: Se trata de materiales impermeables que conforman un grupo litológico con permeabilidad alta a través de los planos de fractura. La infiltración es muy desigual según las áreas y en razón del grado de alteración de los materiales. La escorrentía superficial puede presentar un flujo lento a través de los suelos de recubrimiento.

Capacidad portante: Se trata de una formación constituida por materiales de alta a muy alta resistencia; no obstante, en apoyos muy superficiales, especialmente a media ladera, se pueden dar con bastante frecuencia problemas de asientos diferenciales debido a fenómenos de alteración profunda del substrato pizarroso y areniscoso, que llega a constituirse como un terreno arcillo-arenoso con abundante contenido caolinítico. La fuerte dislocación tectónica de las capas y la frecuente existencia de roturas de gravedad en los horizontes más superficiales, en áreas con pendientes acusadas, son circunstancias a tener muy en cuenta en estos terrenos a la hora de fundar estructuras. Localmente, la existencia de grandes corrimientos fósiles deparará áreas con condiciones resistentes muy por debajo de las que normalmente suele presentar este grupo a mayor profundidad.

Características mecánicas: Salvo en áreas intensamente tectonizadas o alteradas, donde puede llegar a ser ripable, el conjunto del grupo se considera no ripable.

CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS (120b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por dos tramos potentes de cuarcitas separados por un tramo de pizarras, areniscas y cuarcitas. Los tramos potentes cuarcíticos tienen un espesor aproximado de 15 m, el basal, y 30 m el de techo. Se trata de cuarcitas de grano fino-medio a limolíticas, de tonos pardos y blanquecinos. En el tramo de techo algunas cuarcitas son de color malva. Poseen una estratificación en bancos decimétricos a métricos (FOTO 33).



Foto nº 33. Alternancias de cuarcitas y pizarras del nivel superior del grupo litológico 120b. Variante de reciente construcción de la carretera N-502, Valle de Santa María.

La compacidad y dureza se estiman altas.

- Estructura

Los tramos cuarcíticos dan lugar a relieves positivos de tipo apalachiano. El tramo intermedio es más blando a la erosión y da un relieve negativo, y suele estar por lo general cubierto por derrubios de ladera y coluviones. Los afloramientos de este grupo litológico están circunscritos a la estructura sinclinal de Herrera del Duque y a la de Puebla de Don Rodrigo. El plegamiento de este grupo se considera moderado y su fracturación de moderada a alta, con sistemas de fallas NE-SO y NO-SE. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima entre 60 y 80 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: No se han observado problemas de estabilidad importantes.

Taludes artificiales: No se han observado taludes de excavación en este grupo litológico dentro del Tramo de estudio.

- Taludes recomendados: El diseño de los taludes que pudieran excavarse en los materiales de este grupo deberán estar condicionados por la geometría de las discontinuidades estructurales de la roca. En principio, con estratos cortados muy perpendicularmente a la dirección de la estratificación o con buzamientos contrapendiente, que podemos considerar condiciones favorables a la estabilidad, no deberían sobrepasarse valores del tipo 1H:2V. En cortes sesgados a la dirección de las capas y con buzamientos fuertes hacia la calzada, es aconsejable no rebasar la pendiente 1H:1,5V.

Hidrología: Materiales permeables por fisuración.

Capacidad portante: Los materiales constitutivos de este grupo litológico deben considerase en general como un cimiento con alta y muy alta resistencia. No obstante, en los límites de este grupo a techo y muro, en el tránsito a las formaciones pizarrosas que lo enmarcan, las condiciones resistentes en apoyos superficiales a media ladera pueden ser localmente moderadas.

Características mecánicas: Grupo no ripable en general.

Empleo: Material canterable. Los tramos de cuarcitas constituyen un material canterable.

ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS (120a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por una alternancia irregular de areniscas cuarcíticas micáceas y cuarcitas, en capas decimétricas y centimétricas, con delgadas intercalaciones pizarrosas (FOTO 34).



Foto nº 34. Alternancia de areniscas, cuarcitas y pizarras del grupo litológico 120a en un escarpe natural en las márgenes del río Guadiana.

Las cuarcitas son blanquecinas, de grano fino, a veces limolíticas (con abundancia de moscovita y biotita ferruginosa), formadas por granos subangulosos de cuarzo y una proporción de 10-15% de óxidos de hierro asociados a minerales pesados (circón, rutilo, turmalina y opacos). Los términos areniscosos son micáceos, lajeados, y tienen un color pardo amarillento.

Las pizarras son limolíticas, con colores gris pardusco y verdoso.

Este grupo litológico se encuentra muy cubierto, algunas veces por los canchales y coluviales procedentes de los escarpes de la Cuarcita Armoricana (grupo 121b), y otras veces por un importante manto de alteración de edad aproximadamente pre-eocena.

La compacidad y dureza son altas. El grado de alteración es alto en algunos casos, llegando a aparecer completamente alterado a arcilla.

- Estructura

  Se sitúa en el reverso de las cuestas y *hog backs* generadas por la Cuarcita Armoricana, y suele estar cubierto por los derrubios de esta formación. Presenta una estructura tabular. El plegamiento es intenso, con abundantes pliegues y planos de cabalgamiento interno del tipo banco sobre banco. El grado de fracturación es elevado y muy variable, dependiendo de la cercanía a accidentes tectónicos de primer orden. La potencia aproximada de este grupo litológico oscila entre 80 y 200 m.

- Geotecnia

  Estabilidad natural: Se han observado corrimientos de ladera a favor de los planos de estratificación, y en combinación con discontinuidades tectónicas. Estos fenómenos se desarrollan en vertientes en donde este grupo conforma pendientes estructurales favorecidas por la alineación de las sierras con los ejes de plegamiento.

  Taludes artificiales: Los taludes observados son pocos y de alturas bajas a medias.

  - Pendientes: Es frecuente que estos estén excavados con direcciones coincidentes con los planos de estratificación, o formando pequeños ángulos con ellos. Cuando esto ocurre y el buzamiento de las capas es claramente desfavorable (buzando hacia la calzada con ángulos entre 30º y 55º), los problemas de deslizamientos a favor de los estratos y cuñas son frecuentes. En taludes bajos y perpendiculares a la estratificación, se adoptan pendientes subverticales. En estos los problemas son pequeños desprendimientos de bloques y cuñas.

  - Taludes recomendados: En taludes con una orientación similar al rumbo de las capas, y cuando el buzamiento de estas es desfavorable, debe tenderse la pendiente de aquellos hasta que su inclinación sea menor que la presentada por la estratificación. Cuando se trate de orientaciones oblicuas o transversales a las estructuras, las pendientes estarán condicionadas a las combinaciones geométricas de los planos de discontinuidad. En situaciones favorables pueden adoptarse pendientes de 1H:2V.

    Pueden darse, localmente, situaciones de intensa tectonización y/o alteración de la roca, que haga disminuir sus características geomecánicas.

Como norma general, no deberían proyectarse, en este grupo, desmontes con pendientes superiores a 1H:1,5V, a no ser que se tenga un conocimiento muy claro de las características del terreno o se prevea la adopción de medidas de sostenimiento o contención.

Hidrología: Materiales con elevada permeabilidad, sólo por fisuración.

Capacidad portante: Se trata de materiales de alta a muy alta resistencia; no obstante, en zonas de media ladera con pendientes estructurales, en donde se hayan observado fenómenos de deslizamientos gravitacionales, las condiciones resistentes del terreno serán como mucho moderadas, o incluso bajas, para solicitaciones de alguna intensidad a niveles superficiales o poco profundos.

Características mecánicas: Salvo en áreas intensamente tectonizadas o alteradas, donde puede llegar a ser ripable, el conjunto del grupo se considera no ripable.

PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS (100)

- Litología

Grupo litológico constituido por una sucesión de pizarras limolíticas verde oliva con intercalaciones centimétricas de areniscas y cuarcitas. Hay que destacar la presencia de materiales volcánicos, bien como clastos incorporados a las rocas sedimentarias, o como niveles (*sills*) intercalados en las mismas.

Petrográficamente son arenitas de grano medio subanguloso-subredondeado de cuarzo, con una fracción irregular de matriz sericítica (desde trazas hasta 15%) y cemento de óxidos de hierro (15-50 %). Las rocas volcánicas son de composición basáltica y se presentan en niveles muy alterados. En unos casos se trata de rocas de matriz criptomicrocristalina de sericita y óxidos de hierro con agregados de cloritas. En otros se reconoce textura granuda holocristalina entre diabásica y ofítica.

El grado de alteración es moderado-alto en las pizarras, y débil en las areniscas y cuarcitas.

- Estructura

Este grupo litológico ocupa zonas de relieve deprimido, en el fondo de amplios valles y vaguadas con pendientes muy tendidas. Muestra una estructura tableada, donde pizarras y areniscas poseen laminación interna. Los materiales están fuertemente plegados y moderadamente fracturados. Este grupo litológico constituye un potente tramo, de 400 a 500 m de espesor.

- Geotecnia

  Estabilidad natural: Se han observado fenómenos de reptación de los suelos de alteración que recubren las pizarras, y deslizamientos fósiles de moderadas dimensiones.

  Taludes artificiales: Al ocupar zonas deprimidas, en los fondos de valles y vaguadas, no se han observado desmontes en estos materiales en el Tramo estudiado.

  - Taludes recomendados: La estabilidad de los taludes a adoptar estará condicionada por la estructura de la roca, la orientación de los planos de discontinuidad con respecto a la del talud, el grado de alteración y la intensidad de la fracturación. En los casos más favorables, en los tramos pizarrosos, no se deberán adoptar pendientes superiores a 1H:1,5V; mientras que en los casos desfavorables las pendientes habrán de ser inferiores a 1H:1V. En los tramos más areniscosos y cuarcíticos, las pendientes pueden ser más fuertes, de 1H:2V para los casos de orientaciones estructurales favorables. Aún así, no se impedirá la formación ocasional de cuñas y caídas de bloques de aquellos tramos mas fracturados. En estos casos, siempre es aconsejable crear amplias cunetas al pie de los taludes.

  Hidrología: Permeabilidad media-baja por fisuración, y muy baja por infiltración en zonas alteradas. Escorrentía superficial moderada-baja.

  Capacidad portante: En apoyos superficiales o poco profundos a media ladera, se debe estimar como moderada, e incluso moderadamente baja. En áreas de profunda alteración y tectonicidad, o inmersas en fenómenos de inestabilidad de vertientes, las resistencias serán bajas. En profundidad los valores serán generalmente altos, aunque podrán oscilar y descender a moderados en áreas próximas, como consecuencia de la fuerte tectonicidad de los materiales.

  Características mecánicas: Ripable a marginal, principalmente en los niveles más superficiales, alterados y fracturados, y en los tramos esencialmente pizarrosos. Marginal a no ripable en los tramos donde se produzca amalgamación de capas areniscosas y cuarcíticas.

PIZARRAS Y GRAUVACAS (010a)

Este grupo se describe en la Zona 2, ya que en ella presenta un desarrollo más importante (Página 140).

DIABASAS (001)

- Litología

  Son rocas de composición basáltica, muy alteradas, arenizadas, con alguna amígdala rellena de cuarzo. La compacidad y dureza son bajas. El color de esta roca alterada es marrón oliváceo, y negro si observa en estado sano. Son rocas de textura granuda holocristalina, entre diabásica y ofítica (FOTO 35).



Foto nº 35. Aspecto de las diabasas completamente alteradas que forman el grupo litológico 001. Fábrica de ladrillos situada en el P.K. 12+500 de la carretera comarcal 503.

  Estas intrusiones crean una aureola de metamorfismo de varios metros en los materiales pizarrosos que atraviesan, apareciendo las pizarras completamente alteradas.

- Estructura

  Se presentan en zonas deprimidas, con afloramientos de contornos subelípticos o subcirculares, que perforan los materiales del Silúrico y Devónico en el Sinclinal de Herrera del Duque.

- Geotecnia

  Estabilidad natural: Laderas con pendientes muy suaves donde se forman acarcavamientos.

  Taludes artificiales:

  - Pendientes: Taludes con alturas inferiores a 7 m y pendientes fuertes (mayores de 60º).

  - Problemas: Desprendimientos frecuentes y erosión fácil. Materiales con profundas alteraciones.

  - Taludes recomendados: Las pendientes pueden ser variables en razón del grado de alteración y fracturación. En áreas donde la roca se muestra completamente alterada, que son las más comunes, las pendientes no deberían superar el 1H:1,5V para taludes bajos.

  Hidrología: Permeabilidad de moderada a alta por fracturación, y baja por infiltración en las zonas alteradas.

  Capacidad portante: En estas áreas profundamente alteradas y fracturadas, los valores de resistencia son moderados.

  Características mecánicas: Los metros más superficiales son excavables por medios mecánicos normales. En profundidad, y en función del grado de alteración y fracturación, será ripable a marginal.

3.2.5. Grupos geotécnicos

Las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior como grupos litológicos, se agrupan según ciertas características geotécnicas comunes. A estas agrupaciones se les denomina en este Estudio "grupos geotécnicos", y en la Zona 1 son las siguientes:

- Grupo geotécnico G1

  Aluviones actuales del cauce de los ríos y arroyos de esta Zona, llanura de inundación, terrazas y zonas endorreicas.

Materiales detríticos constituidos mayoritariamente por gravas y arenas de naturaleza silícea, con recubrimientos de limos y arcillas generalmente arenosos, con gravas y gravillas dispersas de naturaleza poligénica, y, en algunos casos, elevado contenido en materia orgánica. Formaciones con permeabilidad media a baja, drenaje natural desfavorable y problemas locales de socavación.

Sin problemas importantes en taludes naturales o de excavación, dadas las potencias normales de estos depósitos; por lo que se pueden adoptar pendientes 1H:1V a 1H:1,5V. En el caso de taludes importantes en que estos materiales queden colgados en la coronación de los mismos, se pueden originar problemas de estabilidad relacionados con la posible presencia de niveles freáticos colgados en el contacto de estos con el substrato, generalmente impermeable. En tales circunstancias deben cuidarse las medidas de drenaje, tender los taludes a pendientes iguales o inferiores a 1,5H:1V, o diseñar medidas de contención.

La capacidad portante debe considerarse moderada en unos casos y muy baja en otros (zonas endorreicas), y prever la posibilidad de que el horizonte freático que pueda existir en el contacto de estos materiales con el substrato impermeable llegue a provocar asientos diferenciales. Materiales excavables y, en el caso de los aluviales y terrazas, adecuados o tolerables como préstamos. Localmente pueden constituir yacimientos granulares.

El grupo geotécnico G1 está constituido por los grupos litológicos A, AC, T y E.

- Grupo geotécnico G3

Coluviales que recubren las laderas de esta Zona. Son cantos y bloques angulosos o redondeados de cuarcita, pizarra, arenisca y, en menor proporción, cuarzo. La matriz está formada por arenas y limos arcillosos. Por debajo suele aparecer un horizonte de alteración importante. Materiales con permeabilidad media moderada; en tanto que el manto de alteración presenta una clara naturaleza impermeable. La inestabilidad fósil, latente y activa sobre estos materiales que, de forma continua, tapizan las vertientes de las sierras paleozoicas, es muy patente.

En general, las pendientes de los taludes no deberán ser superiores a 1H:1V; valor que en muchas ocasiones resultará necesario rebajar dado la abundancia de áreas con inestabilidad fósil o latente que afectan a este grupo. En estos casos, las pendientes aconsejables serán 1,5H:1V como máximo. En principio debe suponerse una capacidad portante baja; aunque puede llegar a ser muy baja en aquellas áreas inmersas en procesos de inestabilidad. Los materiales son excavables con medios mecánicos normales, y pueden llegar a ser tolerables como material de préstamo.

El grupo geotécnico G3 está constituido por el grupo litológico C.

- Grupo geotécnico G4

  Este grupo está constituido por canchales de los relieves cuarcíticos. Son cantos y bloques heterométricos y de naturaleza principalmente cuarcítica, con muy poca matriz arenosa y limosa. La permeabilidad es muy alta por percolación. En su mayor parte, estos materiales están fijados por la vegetación; no obstante, existen un lento movimiento superficial de bloques por acción de la gravedad.

  Las pendientes de los taludes no deberán ser superiores a 1,5H:1V. No debe considerarse nunca como una formación susceptible de soportar cargas de alguna entidad. Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales y pueden constituir yacimientos granulares de reducidas dimensiones.

  El grupo geotécnico G4 está constituido por el grupo litológico P.

- Grupo geotécnico G6

  Son calizas, areniscas calcáreas y pelitas. Permeabilidad alta por fisuración y karstificación. Se pueden presentar áreas karstificadas con rellenos arcillosos, y problemas locales relacionados con desprendimientos en los bordes escarpados de la formación.

  La estabilidad de los taludes a adoptar estará condicionada por la estructura de la roca; en los casos más favorables no se deberán adoptar pendientes superiores a 1H:2V. Capacidad portante alta o muy alta, salvo en zonas karstificadas. No ripable.

  El grupo geotécnico G6 está constituido por el grupo litológico 141c.

- Grupo geotécnico G7

  Alternancias de areniscas, cuarcitas y pizarras. Son materiales impermeables que conforman un grupo con permeabilidad alta a través de los planos de discontinuidad. La infiltración es muy desigual según las áreas y en razón del grado de alteración de los materiales. Con respecto a la estabilidad natural, existen rasgos en el paisaje de procesos de deslizamiento, de carácter fósil normalmente, surgidos al abrigo de las vertientes estructurales, por la fuerte tectónica y alteración profunda que se observa en las zonas de las grandes fallas que recorren el territorio. En la actualidad los procesos son muy localizados y mucho más superficiales.

  Los taludes de excavación estarán profundamente condicionados a la geometría de las discontinuidades estratigráficas y tectónicas, así como a las áreas con mayor intensidad de fracturación y alteración profunda; alteración que será irregular, y que afectará más a los terrenos pizarrosos y areniscosos que a los cuarcíticos.

Se estima aconsejable no dar a estos terrenos pendientes superiores a 1H:1,5V, con carácter general en taludes medios, haciendo constar que en muchas ocasiones las condiciones estructurales aconsejarán taludes más tendidos (zonas tectonizadas, alteración de los estratos pizarrosos intercalados, o la existencia de roturas de tipo gravitacional que afecten tanto al suelo de recubrimiento como al substrato rocoso). En todos los casos se deberá proyectar una amplia cuneta al pie del talud, en relación con la altura del mismo.

Se trata de un grupo constituido por materiales de alta a muy alta resistencia; no obstante, en apoyos muy superficiales, especialmente a media ladera, se pueden dar con bastante frecuencia problemas de asientos diferenciales debido a fenómenos de alteración profunda del substrato pizarroso y areniscoso. La fuerte dislocación tectónica de las capas y la frecuente existencia de roturas de gravedad en los horizontes más superficiales, en áreas con pendientes acusadas, son circunstancias a tener muy en cuenta en estos terrenos a la hora de fundar estructuras. Localmente, la existencia de grandes corrimientos fósiles deparará áreas con condiciones resistentes muy por debajo de las que normalmente suele presentar este grupo a mayor profundidad.

La existencia de series cuarcíticas muy resistentes, junto a otras areniscosas y pizarrosas que los son menos, hará que la ripabilidad de estos terrenos sea como mucho de carácter marginal y en baja proporción; exceptuando las áreas profundamente alteradas y con intensa fracturación, que serán ripables.

El grupo geotécnico G7 está constituido por los grupos litológicos 123b, 122c, 120a y 121a.

- Grupo geotécnico G8

Son cuarcitas, areniscas y conglomerados silíceos, con intercalaciones de pizarras. Sólo presentan permeabilidad por fisuración. Se observan importantes desprendimientos de bloques por descalce de los niveles más escarpados, allí donde la fracturación es más intensa, así como procesos de deslizamiento, de carácter fósil normalmente, surgidos al abrigo de las vertientes estructurales.

Las pendientes de los taludes se pueden diseñar subverticales; salvo en las áreas donde este grupo aparezca fuertemente tectonizado, las discontinuidades sean desfavorables, y, muy especialmente, si la serie cuarcítica intercala horizontes pizarrosos alterados, laminados o brechificados. En estas áreas, los taludes no deberán sobrepasar pendientes de 1H:1,5V.

La capacidad portante es muy alta. Grupo no ripable. Los materiales son útiles para su empleo como áridos, y la formación puede ser canterable.

El grupo geotécnico G8 está constituido por los grupos litológicos 141d, 141a, 131, 120b, 121b y 121a1.

- Grupo geotécnico G9

Son pizarras ampelíticas y pizarras con intercalaciones de areniscas, cuarcitas y calizas; con tramos de tufitas. Presentan un grado de alteración muy alto, en especial bajo el contacto con las unidades cenozoicas. Materiales impermeables con baja infiltración por fisuración. Los movimientos gravitacionales de ladera son relativamente frecuentes cuando estos materiales soportan algún grupo litológico detrítico que pueda crear un acuífero colgado sobre las pizarras.

Las pendientes de los taludes estarán principalmente condicionadas al grado de meteorización y estructura de la roca, y a la presencia de niveles de pizarras ampelíticas, muy proclives a la alteración. En condiciones favorables, las pendientes aconsejables pueden oscilar entre 1H:1,5V y 1H:1V para las áreas con mayor alteración, y 1H:2V para las pizarras poco alteradas. Si la estructura local es desfavorable requerirá taludes de orden 1,5H:1V o incluso más tendidos; o bien adoptar medidas de contención. Es recomendable la construcción de amplias cunetas al pie del talud para recoger posibles desprendimientos.

Los materiales de este grupo deben considerarse con una capacidad portante moderada a alta; pudiendo llegar a ser baja en áreas a media ladera con alteración profunda o afectadas por problemas de estabilidad. Grupo mayoritariamente ripable, que puede presentar localmente características de marginal a no ripable.

El grupo geotécnico G9 está constituido por los grupos litológicos 143b, 143a, 141e, 141b, 100, 130, 123a, 122d, 122b y 122a.

- Grupo geotécnico G12

Son rocas de composición basáltica y textura granuda entre diabásica y ofítica. Se muestran muy a completamente alteradas. Estas intrusiones crean una aureola de metamorfismo de varios metros en los materiales pizarrosos que atraviesan, apareciendo las pizarras completamente alteradas. La permeabilidad es moderada a alta por fracturación, y baja infiltración en las zonas alteradas.

Las pendientes de los taludes pueden ser variables en razón del grado de alteración y fracturación. En áreas donde la roca se muestra completamente alterada, las pendientes no deberían superar el 1H:1,5V para taludes bajos. En estas áreas profundamente alteradas y fracturadas, los valores de resistencia son moderados.

Los metros más superficiales son excavables por medios mecánicos normales. En profundidad, y en función del grado de alteración y fracturación, será ripable a marginal.

El grupo geotécnico G12 está constituido por el grupo litológico 001.

3.2.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

La Zona 1 está constituida en su mayor parte por materiales paleozoicos y terciarios. Los problemas geotécnicos que presenta son de especial importancia en áreas concretas, estando relacionados con circunstancias negativas de orden topográfico, litológico, estructural, hidrológico y geomorfológico.

Topográficamente, el carácter montañoso y escarpado de las sierras que definen esta Zona, condicionan el trazado de una obra lineal, obligando a seguir los corredores naturales de los valles fluviales existentes, en algunos casos muy encajados, con diferencias de cotas entre los cauces y los vértices más elevados de 530 m, y orientados con una dirección preferente ONO-ESE; lo que hace especialmente dificultoso el trazado de carreteras con orientaciones transversales a esta dominante.

El aspecto negativo de carácter litológico está representado por la presencia de profundos horizontes de alteración en las series pizarrosas paleozoicas, en especial bajo el contacto con las unidades cenozoicas, y la existencia de pizarras ampelíticas intercaladas en las series pizarrosas, muy proclives a la alteración cuando se hidratan.

Igualmente, las alteraciones caoliníferas presentes en las formaciones cuarcíticas, así como en las masas coluviales donde se incorpora este componente, son el origen de numerosas inestabilidades en laderas y desmontes.

Los materiales paleozoicos que constituyen una gran parte de la Zona 1 presentan estructuras esquistosas y foliadas, diversos sistemas de fallas y diaclasas, complejas estructuras de plegamiento con contactos mecanizados, y áreas con profundas alteraciones. Estos caracteres estructurales van a tener una incidencia negativa en la construcción de desmontes, túneles o apoyos en laderas con pendientes acusadas; existiendo un riesgo alto de que se produzcan deslizamientos, desprendimientos y vuelcos en los taludes de excavación.

La capacidad de carga, que de forma generalizada se estima alta para los terrenos paleozoicos, podrá sufrir pérdidas importantes en su valor como consecuencia de la alteración y tectonicidad acusada de los materiales. Asimismo, deben considerarse peligrosas y con capacidad soporte reducida las superficies del terreno con pendientes acusadas, siempre en función de la orientación de los planos de discontinuidad.

Los problemas de orden hidrológico podrán surgir como consecuencia de una mala escorrentía superficial en áreas donde esta se ve dificultada por la existencia en superficie de un suelo arcilloso. En ocasiones llegan a producirse fenómenos de endorreísmo, con formación de charcas más o menos permanentes. También podrán darse problemas hidrológicos cuando existan formaciones detríticas terciarias o cuaternarias que puedan quedar colgadas en la cabecera de los taludes, y tengan o pueda instalarse un horizonte freático en el contacto con el substrato, será esta circunstancia la que origine inestabilidades en los taludes y el deterioro de los mismos.

En condiciones normales de plataformas llanas o de muy suave pendiente sobre materiales detríticos terciarios o cuaternarios, puede existir un horizonte freático de naturaleza temporal a nivel de superficie, que origine problemas relacionados con la capacidad portante y la posibilidad de que puedan crearse asientos diferenciales.

La inestabilidad gravitacional fósil observada en las vertientes de las sierras, muestra los rasgos de unos procesos muy importantes desarrollados esencialmente en un clima periglaciar. En la actualidad estos fenómenos están atenuados aunque existe la posibilidad de que puedan verse reactivados al ser modificadas las condiciones de equilibrio, generalmente estricto, de dichas estructuras de deslizamiento; especialmente las existentes en masas coluviales, depósitos terciarios del Plioceno y materiales pizarrosos del substrato precámbrico y paleozoico. Estos fenómenos deben tenerse muy en cuenta a la hora de proyectar trazados a media ladera (FOTOS 36, 37 y 38).



Foto nº 36. Deslizamiento del relleno de la carretera, que se cimenta sobre un recubrimiento coluvial en precario estado de estabilidad; y que se ha visto favorecido por agua que se infiltra por la cuneta y circula por el contacto entre el coluvión y el substrato. P.K. 229+000 de la carretera nacional 430, en Puebla de Don Rodrigo.



Foto nº 37. Importante asentamiento de la calzada con rotura del firme por deslizamiento del relleno que se cimenta sobre un recubrimiento coluvial en precario estado de estabilidad; y que, a su vez, descansa sobre el manto de alteración de la formación pizarrosa que conforma el grupo litológico 122a. P.K. 229+000 de la carretera nacional 430, en Puebla de Don Rodrigo.



Foto nº 38. Las grietas y muros vencidos que se observan en este puente son debidos a los empujes ejercidos por un deslizamiento de ladera en el que se ven involucrados los coluviones y el manto de alteración del substrato precámbrico. En Valdemanco del Esteras, carretera con dirección a Baterno.

También se producen desprendimientos y caídas de bloques de aquellas formaciones cuarcíticas y areniscosas, donde el perfil de las laderas es más escarpado.

Los problemas geotécnicos serán consecuencia de todos los factores apuntados. Se manifestarán en los taludes de los desmontes, por causa y efecto de deslizamientos y desprendimientos, y en los substratos de apoyo, por falta de capacidad portante y asientos diferenciales.

3.3. ZONA 2: LLANURAS Y DEPRESIONES SOBRE MATERIALES PRECÁMBRICOS

3.3.1. Geomorfología

Esta Zona presenta un mayor desarrollo en el sector occidental del Tramo estudiado.

Se sitúan en los núcleos de los Anticlinorios de Agudo (Llanura de La Serena), Ibor-Guadalupe (Llanura de Fuenlabrada) Guadalemar (Depresión de Guadalemar) y del Esteras (Depresión del Esteras). Dan lugar a zonas deprimidas con relieve suavemente alomado, y escasa o nula cobertera edáfica, circundadas por las sierras cuarcíticas. Los afluentes del

Guadiana: Agudo, Siruela, Guadalemar y Pelochejo se encajan fundamentalmente en la llanura alomada. Su llanura de inundación es discontinua, de escasa anchura y se encuentra frecuentemente colgada sobre el *talweg* actual, en donde aflora el substrato grauváquico pizarroso dando lugar a microrrelieves en "dientes de perro".

Se reconoce la existencia de una antigua superficie de erosión, que se sitúa entre las cotas de 530-420 m en la Llanura de La Serena y 520-480 m en la de Fuenlabrada, descendiendo suavemente hacia el Guadiana. Está fosilizada por los sedimentos del Plioceno Inferior, aunque es probable que su construcción se haya iniciado en tiempos más antiguos (Paleógeno Superior-Mioceno Inferior), en relación con etapas de intensa alteración química. Esta superficie de erosión es la principal constructora de las llanuras que nos ocupan. La incisión cuaternaria da origen al relieve alomado que se observa actualmente.

Las plataformas de la Raña y relieves sobre materiales terciarios están bien representados en la Llanura de La Serena y Depresión de Guadalemar.

Las plataformas de la Raña tienen morfología de glacis de pie de monte, suavemente inclinados hacia el eje de las depresiones. Están tapizados por depósitos de gravas cuarcíticas que coronan los relieves alomados, con desarrollo local de cárcavas implantados sobre los fangos y conglomerados del Plioceno Inferior. En la Llanura de La Serena descienden hacia el OSO desde 580 a 495 m con pendientes del orden del 1%. Tienen un acusado perfil cóncavo en las zonas de enlace con las sierras cuarcíticas, que están tapizadas por glacis coluviales sincrónicos con el depósito de las rañas.

Es característica la presencia de una potente alteración anterior a la instalación de las rañas, que afecta a todos los materiales sobre los que reposa, muy patente en los Montes de Toledo y Extremadura.

En las penillanuras precámbricas, debido a la suave pendiente, los cursos fluviales han modelado numerosos meandros que, al bajar el nivel de base, se han ido encajando progresivamente; caso de los ríos Guadalemar, Zújar, Esteras y Siruela-Agudo.

3.3.2. Tectónica

La estructura de esta Zona, al igual que ocurre en la Zona 1, está controlada por la naturaleza y disposición de los materiales que constituyen la pila sedimentaria y la secuencia y orientación de las fases de deformación que han afectado a este segmento de la Cadena Hercínica.

Los materiales de edad precámbrica constituyen una potente sucesión de pizarras y grauvacas que se comportan de manera homogénea frente a la deformación.

Se han diferenciado tres dominios estructurales que son los siguientes:

- Anticlinorio de Ibor-Guadalupe (Llanura de Fuenlabrada)
- Anticlinorio de Agudo (Llanura de La Serena)
- Anticlinorio del Esteras (Depresión del Esteras)

Anticlinorio de Ibor-Guadalupe (Llanura de Fuenlabrada)

Está situado en la parte septentrional de esta Zona y queda delimitado por el nivel de Cuarcita Armoricana del flanco norte del Sinclinorio de Herrera. En realidad este domo corresponde al cierre meridional de esta estructura regional.

En el anticlinorio afloran materiales precámbricos y su estructura se caracteriza por presentar pliegues con esquistosidad de rumbo NO-SE.

Anticlinorio de Agudo (Llanura de La Serena)

Este dominio ocupa la mayor parte de la extensión de la Zona 2. En ella sólo aflora una parte de esta gran estructura. A escala regional es un gran anticlinorio ocupado por materiales precámbricos, de rumbo NO-SE, que hacia el SE sufre una inflexión adoptando la dirección NE-SO por efecto de la segunda fase hercínica.

Queda enmarcado por el Sinclinorio de Herrera y los sinclinorios de Agudo-Valdemanco y el de Almadén.

La estratificación muestra una disposición general NE-SO a E-O. También hay pliegues de rumbo E-O a ENE-OSO y NNE-SSO que son cortados por la esquistosidad hercínica de primera fase, que se dispone con rumbo NO-SE y subvertical.

Anticlinorio del Esteras (Depresión del Esteras)

Queda situado en el extremo suroriental de esta Zona. Es un antiforme de rumbo NE-SO en cuyo núcleo aflora el Precámbrico.

3.3.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica de esta Zona 2 aparece en la Figura 10.

3.3.4. Grupos litológicos

En este apartado se describen la litología, estructura y características geotécnicas de los grupos litológicos que se han individualizado dentro de la Zona 2, en el presente Tramo del Estudio.

ALUVIONES ACTUALES Y LLANURA ALUVIAL (A)

Este grupo se describe en la Zona 1, ya que en ella presenta un desarrollo más importante (Página 49).

ALUVIAL-COLUVIAL (FONDOS DE VALLE) (AC)

Este grupo se describe en la Zona 1, ya que en ella presenta un desarrollo más importante (Página 53).

TERRAZAS FLUVIALES (T)

Este grupo se describe en la Zona 1, ya que en ella presenta un desarrollo más importante (Página 54).

CONOS DE DEYECCIÓN (D)

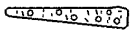
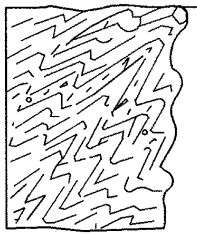
Este grupo se describe en la Zona 1, ya que en ella presenta un desarrollo más importante (Página 56).

GLACIS (G)

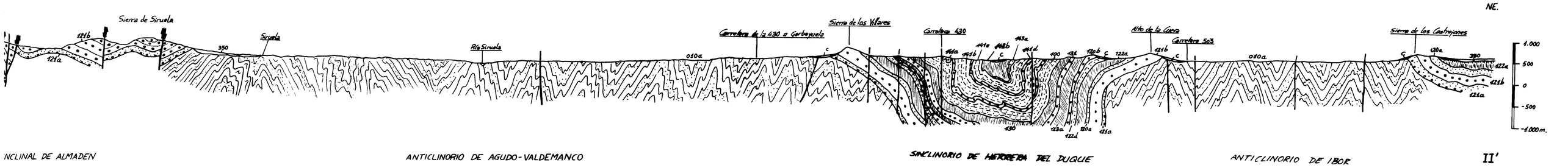
Este grupo se describe en la Zona 1, ya que en ella presenta un desarrollo más importante (Página 57).

COLUVIAL (C)

Este grupo se describe en la Zona 1, ya que en ella presenta un desarrollo más importante (Página 59).

COLUMNA	GRUPO LITOLOG.	GRUPO GEOTEC.	DESCRIPCION	EDAD
	A	G1	ALUVIONES ACTUALES Y LLANURA ALUVIAL	CUATERNARIO
	AC	G1	ALUVIAL–COLUVIAL (FONDOS DE VALLE)	CUATERNARIO
	T	G1	TERRAZAS FLUVIALES	CUATERNARIO
	C	G3	COLUVIALES	PLIO–CUATERNARIO
	D	G2	CONOS DE DEYECCION	PLIO–CUATERNARIO
	G	G2	GLACIS	PLIO–CUATERNARIO
	350	G2	RAÑAS	PLIO–CUATERNARIO
	322	G5	CONGLOMERADOS, FANGOS EDAFIZADOS Y ARENAS	TERCIARIO (PLIOCENO)
	010d	G11	DOLOMIAS	PRECAMBRICO
	010c	G11	CONGLOMERADOS	PRECAMBRICO
	010b	G10	LIMOLITAS Y PELITAS CON ARENISCAS	PRECAMBRICO
	010a	G10	PIZARRAS Y GRAUVACAS	PRECAMBRICO
	002	G11	FILONES DE CUARZO	

FIGURA°10. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 2



ESCALA HORIZONTAL Y VERTICAL : 1/50.000

FIGURA 11.- CORTE GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO II-II'

RAÑAS (350)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por cantos heterométricos, de 10 a 20 cm de tamaño medio, fundamentalmente cuarcíticos y, en menor proporción, de cuarzo y arenisca, con una matriz arenosa y arcillosa, e irregularmente cementado por carbonatos (FOTO 39).



Foto nº 39. Aspecto que presentan los materiales que integran el grupo litológico 350 (rañas). Son gravas y bloques de cuarcita, con matriz arenosa y fangosa.

Es frecuente encontrar un horizonte de 0,5 m de potencia, culminando la raña, de gravillas de cuarcita alterada con una pátina de óxidos de hierro y manganeso, de cantos redondeados, homogéneos y de 1 cm de diámetro.

- Estructura

Conforma las superficies culminantes del Terciario, comúnmente denominada *raña*. Son los depósitos de las diferentes superficies de erosión-deposición que se han generado desde el Plioceno al Pleistoceno. Estratigráficamente, la raña culmina las cuencas terciarias y constituye un pedimento que arranca de los relieves cuarcíticos ordovícicos. Su ubicación es junto a importantes accidentes tectónicos; y su disposición es subhorizontal. La estructura interna de este grupo se considera masiva. A escala cartográfica posee una estructura en cuña, ya que la potencia aumenta conforme se aleja de los relieves cuarcíticos. Debido a lo cual, la potencia es muy variable y oscila de 0,5 a 10 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Las pendientes naturales son muy tendidas, inferiores a 10º. La circunstancia de que este grupo se sitúe sobre formaciones de naturaleza detrítico-arcillosa del Terciario, o sobre un horizonte de alteración arcilloso en pizarras paleozoicas, propicia la existencia de fenómenos de deslizamiento en los bordes de los terrenos aterrazados, como consecuencia del encajamiento de la red fluvial por debajo del nivel de las rañas.

Taludes artificiales: Los taludes observados son de pequeña entidad (8 m de altura máxima), debido a la escasa potencia de este grupo, salvo raras excepciones donde los desmontes se excavan en la zona proximal de estas formaciones. Generalmente se trata de desmontes donde esta formación queda colgada en la cabecera de los taludes excavados en las formaciones terciarias o paleozoicas.

- Pendientes: 45º a 60º.

- Problemas: Los taludes evolucionan posteriormente en razón del grado de compactación y proporción del componente arcilloso del grupo a nivel local. Se forman acarcavamientos y caídas de gravas por erosión de la matriz. Cuando esta formación queda colgada en la cabecera de los taludes, su comportamiento depende de la posibilidad de que exista o pueda instalarse un horizonte freático en el contacto con el substrato. En este caso, será esta circunstancia la que origine las inestabilidades del talud (FOTO 40).



Foto nº 40. Los frecuentes deslizamientos producidos en este talud, excavado en las rañas y el manto de alteración del substrato pizarroso que integra el grupo litológico 122a, ha motivado la decisión de retaluzar a 30º este desmonte de reciente construcción. Variante de la carretera N-502.

- Taludes recomendados: En desmontes bajos que sólo afecten a los materiales de esta formación, la pendiente no deberá exceder del 1H:1,5V. En desmontes de mayor altura, o en los casos donde esta formación se vea afectada por deslizamientos de ladera, se encuentre poco compactada o con alta proporción arcillosa, o quede colgada en la cabecera de los taludes, la pendiente no deberá superar el 1,5H:1V.

  Es recomendable la construcción de un cunetón al pie del talud para la recogida de los materiales desprendidos.

Hidrología: Formaciones con permeabilidad por percolación y porosidad, que podrá oscilar de alta a moderada en función del contenido arcilloso de la matriz a nivel local. La escorrentía superficial es poco activa, y a veces se ve dificultada por la existencia en superficie de un suelo arcilloso. En ocasiones llegan a producirse fenómenos de endorreísmo, con formación de charcas más o menos permanentes (Laguna Tobarejo, Casa del Romeral) (FOTO 41). En estos últimas situaciones se pueden producir asentamientos en la calzada por reblandecimientos del terreno en los bordes.



Foto nº 41. Laguna de Tobarejo. Zona endorreica creada sobre la superficie de la Raña, en una depresión existente en el contacto entre un relieve cuarcítico residual (a la derecha y fuera de la Foto) y la Raña.

Capacidad portante: Las condiciones resistentes de este grupo pueden variar en un amplio margen que va desde respuestas moderadas a bajas, en razón de su potencia, compactación, condiciones de estabilidad natural, composición litológica y naturaleza del substrato.

En condiciones normales de plataformas llanas o de muy suave pendiente, suele constituir un buen cimiento para la calzada, siempre que no exista un horizonte freático de naturaleza temporal a nivel de superficie. En solicitaciones de alguna importancia, el bulbo de presiones será referido normalmente al substrato.

Características mecánicas: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

Empleo: Constituyen yacimientos granulares de importancia, y puede ser empleado como un buen material de préstamo; llegando a ser suelos seleccionados aquellos niveles con mayor contenido arenoso en su matriz.

CONGLOMERADOS, FANGOS EDAFIZADOS Y ARENAS (322)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por conglomerados de cantos de cuarcita subredondeados y redondeados, con matriz arenosa, en bancos métricos, alternando con niveles decimétricos y métricos de fangos edafizados con cantos dispersos y arenas. Los cantos de cuarcita aparecen alterados y heterométricos, con un tamaño medio entre 15 y 20 cm. Presenta subproductos edáficos como la caolinita y costras ferralíticas (FOTO 42).



Foto nº 42. Aspecto que presentan los materiales que integran el grupo litológico 322. Son conglomerados de cuarcita con matriz arenosa, con bancos métricos, alternando con niveles decimétricos de fangos edafizados. P.K. 212+100 de la carretera N-430.

Los fangos edafizados están constituidos por arenas arcillosas y limosas con intercalaciones de niveles lentejonares de conglomerados de cantos de cuarcita subredondeados y redondeados. Localmente estos conglomerados pueden adquirir potencias importantes, del orden de los 3 o 4 m. Las arenas arcillosas y limos son de colores pardo-rojizos y de tonos vinosos, localmente pardo-amarillentos y blancos. Es frecuente encontrar pequeños niveles centimétricos ferralíticos de origen edáfico intercalados en este grupo (FOTO 43).



Foto nº 43. Aspecto de los fangos edafizados pliocenos pertenecientes al grupo litológico 322, en un talud de la carretera comarcal 503.

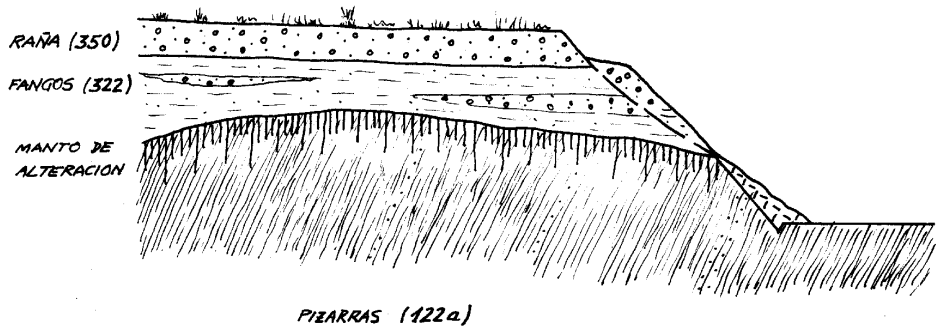
En el contacto con el substrato paleozoico y precámbrico se sitúa un nivel de brechas basales. Este substrato sufre una alteración muy intensa con neoformación de arcillas edáficas (caolinita, illita, gibbsita, etc.) y costras ferralíticas. A veces la alteración del substrato es tan intensa que es imposible diferenciarlo del grupo litológico 322, en facies arcillo-arenosa, depositado por encima; por lo que en la cartografía ha sido representado dentro de este grupo, debido a la similitud de facies y comportamiento geotécnico similar.

- Estructura

Tiene una estructura tabular en conjunto. Los conglomerados basales poseen una geometría en cuña, y las intercalaciones conglomeráticas en las arenas y fangos, lenticular. Se disponen discordantemente sobre el substrato metamórfico (paleozoico y precámbrico indistintamente) (FOTO 44) intensamente alterado. Rellenan por lo general un paleorrelieve. Se dispone subhorizontalmente, suavemente deformado y fallado. En el contacto con las sierras paleozoicas, las fallas son de tipo inverso. Su potencia máxima es de 20-30 m.



Foto nº 44. Desmonte donde aflora el grupo litológico 322 sobre las pelitas muy alteradas del Precámbrico (grupo litológico 010a). P.K. 209+000 de la carretera N-430.



FIGURAº12. EN LAS ÁREAS DONDE EL GRUPO LITOLÓGICO 322 AFLORA A MEDIA LADERA O EN LOS TALUDES ARTIFICIALES, SE OBSERVA CONCIERTA FRECUENCIA FENÓMENOS DE INESTABILIDAD RELACIONADOS CON LA PRESENCIA DE UN SUBSTRATO PALEOZOICO PROFUNDAMENTE ALTERADO, QUE CONFORMA UN HORIZONTE ARCILLOSO CON ALTO CONTENIDO EN CAOLÍN. ESTOS PROCESOS SE VEN FAVORECIDOS POR LOS COMPONENTES ARCILLOSOS DEL PROPIO GRUPO LITOLÓGICO Y LA EXISTENCIA DE FREÁTICOS COLGADOS O CAUTIVOS.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Las laderas muestran pendientes de unos 20º. En áreas donde este grupo litológico constituye medias laderas, se ha detectado en ellas, con cierta frecuencia, fenómenos de inestabilidad fósil. En relación con este tipo de procesos geomorfológicos se pueden apuntar algunas causas que los rigen:

a) La base de la formación se apoya normalmente sobre un substrato paleozoico alterado profundamente. Este manto de alteración constituye un horizonte enteramente arcilloso con alto contenido en caolín.

b) En la composición del propio grupo abundan los componentes arcillosos con alto contenido en caolines, y en algunos casos es posible la presencia de montmorillonita.

c) Presencia de freáticos colgados o cautivos, creados por los depósitos detríticos gruesos que intercala el grupo litológico; o bien se le superponen como es el caso de rañas, glacis, coluviales o terrazas aluviales.

Taludes artificiales: Se trata normalmente de desmontes de pequeña o mediana altura, casi siempre por debajo de los 10 m.

Debido a los cambios laterales de facies que puede sufrir este grupo litológico, los taludes pueden aparecer conformados por horizontes exclusivamente limo-arenosos y limo-arcillosos, por estos mismos materiales intercalando lechos de conglomerados, o bien por niveles detríticos gruesos con escasos lechos limo-arcillosos. Lo normal es que en estos taludes exista en coronación un nivel de raña, glacis, coluvial o terraza.

- Pendientes: 45º a 50º.

- Problemas: Los problemas detectados en la mayoría de ellos provienen de su fácil erosionabilidad, con formación de cárcavas e inestabilidad por desplomes, deslizamiento por flujos superficiales, y rotacionales en los horizontes más arcillosos, que normalmente se corresponden con los tramos basales en que se incorpora el horizonte de alteración de transición al substrato (FOTO 45 Y 46).



Foto nº 45. Deslizamiento de tierras en un talud por efecto de las aguas que circulan a media altura, por el contacto de la unidad pliocena suprayacente (grupo litológico 322) con el manto de alteración impermeable del substrato pizarroso, que constituye el grupo litológico 122a. P.K. 227+000 de la carretera N-430.



Foto nº 46. Fuertes erosiones y acarcavamientos por efecto de las aguas de escorrentía sobre un talud excavado en los conglomerados y fangos pliocenos (grupo litológico 322). P.K. 227+000 de la carretera N-430.

- Taludes recomendados: La variabilidad litológica y las circunstancias geomorfológicas diversas de estos terrenos, condicionan pendientes muy distintas en los taludes de excavación. En los tramos de naturaleza más areno-limosa, con gravas, las pendientes de tipo 1H:1,5V, o incluso más fuertes, serían recomendables con el fin de evitar problemas de erosión. La aparición de horizontes muy arcillosos enriquecidos en caolín, como los existentes en las zonas próximas al contacto con el substrato alterado, y en áreas afectadas por deslizamientos fósiles, obligarán al tendido del talud por debajo del 1,5H:1V (FOTO 47).



Foto nº 47. Grandes desmontes de hasta 15 m de altura en la formación pliocena que integra el grupo litológico 322. Talud 1H:1V con un buen comportamiento. P.K. 212+100 de la carretera N-430.

Hidrología: La constitución litológica de este grupo, dominado por depósitos de naturaleza limo-arenosa y limo-arcillosa, hacen de él una unidad con comportamiento de baja a muy baja permeabilidad; pero, por otra parte, el contenido de horizontes detríticos gruesos, con alta permeabilidad, intercalados en la serie, posibilita la existencia de freáticos colgados o cautivos en la formación.

Capacidad portante: En relación con la diversidad litológica, estructural y geomorfológica ya apuntadas en apartados anteriores, la capacidad resistente de este grupo litológico se considera que podrá oscilar normalmente entre moderada y baja en zonas de

media ladera. En cualquier caso, se aconseja la ejecución de estudios pormenorizados de este grupo, en caso de necesidad de apoyos sobre él.

Características mecánicas: Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos normales.

Empleo: Los niveles con predominio de detríticos gruesos pueden ser considerados como adecuados o tolerables como material de préstamo.

DOLOMÍAS (010d)

- Litología

Son dolomías en bancos decimétricos a métricos, de tonos marrón-crema. Localmente presenta un aporte detrítico apreciable, con granos de cuarzo de tamaño arena. La compacidad y dureza son altas.

- Estructura

La morfología de este grupo, típicamente kárstica, muestra un relieve en lomas y la superficie del afloramiento constituye un lapiaz en toda su extensión. Afloran de forma aislada y con una extensión muy reducida al este del Arroyo de las Escaleras, en el cuadrante correspondiente a la Hoja de Valdemanco del Esteras. Posee una estructura tabular bien estratificada con bancos de orden métrico. Presentan un grado de fracturación alto. La potencia de este grupo se estima en unos 15 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: No se han observado problemas en los reducidos afloramientos de este grupo en el Tramo estudiado.

Taludes artificiales: No existen en este grupo.

- Taludes recomendados: Se podrán excavar con pendientes subverticales

Hidrología: Presenta una elevada permeabilidad por fisuración y karstificación.

Capacidad portante: Se estima alta a muy alta, en general. Sin embargo, la estructura kárstica de estas rocas introducen un factor importante de incertidumbre a la hora de apoyar en ellos estructuras que transmitan cargas de cierta entidad.

Características mecánicas: Grupo no ripable.

Empleo: Materiales útiles para su empleo como áridos; no obstante, dado la reducida extensión de su afloramiento, no se considera viable su explotación.

CONGLOMERADOS (010c)

- Litología

Grupo litológico constituido por conglomerados poligénicos integrados principalmente por cantos redondeados de origen ígneo y metamórfico, cuarzo y cuarcita, aunque también son frecuentes los de naturaleza pizarrosa y esquistosa; y con un tamaño medio comprendido entre 0,5 y 5 cm (FOTO 48).



Foto nº 48. Aspecto de los lentejones de conglomerados que forman el grupo litológico 010c.

Es un conjunto granosostenido y fuertemente ligado por un cemento silíceo. El cemento constituye menos del 5% del total de la roca, y está compuesto mayoritariamente por cuarzo y, en menor proporción, sericita, clorita y óxidos ferruginosos. La potencia de los bancos es muy variable, pero suele ser siempre del orden métrico. La compacidad y la dureza son muy altas.

- Estructura

Este grupo presenta pequeñas crestas dentro del relieve alomado precámbrico. Afloran principalmente en el área suroriental del Tramo, apareciendo pequeños afloramientos en otros puntos dentro de la sucesión precámbrica.

Los afloramientos tienen una estructura lenticular y su continuidad lateral no supera el kilómetro. El grado de alteración es bajo, y la fracturación e intensidad del plegamiento altos. Como norma general, los buzamientos son fuertes o muy fuertes. La potencia aproximada del grupo varía de 2 a 50 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: En algunos de los escasos afloramientos de este grupo se observan roturas de gravedad a media ladera. Se trata en estos casos de corrimientos de estratos conglomeráticos sobre pizarras alteradas en áreas donde además se aprecia una gran tectonicidad.

Taludes artificiales: No existen en este grupo dentro del Tramo.

- Taludes recomendados: Estos materiales permiten excavarse con taludes subverticales.

Hidrología: Permeable por fisuración.

Capacidad portante: Materiales con alta resistencia y compacidad. No obstante, se debe tener en cuenta las implicaciones de estos materiales en deslizamientos de ladera en algunos de los afloramientos existentes; lo cual supone una rebaja sustancial de las condiciones resistentes de estos terrenos ante solicitaciones de carga.

Características mecánicas: Materiales no ripables, salvo tramos intensamente fracturados.

LIMOLITAS Y PELITAS CON ARENISCAS (010b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por la serie superior del Vendiense, de naturaleza detrítica, situada sobre las series turbidíticas que integran en su mayoría el grupo 010a.

Los materiales más abundantes son las limolitas y pelitas, que presentan bandeados milimétricos y centimétricos de diferente granulometría. Las de grano fino son del orden limo-arcilla y están compuestos por sericita, clorita, óxidos de hierro, minerales opacos

y cuarzo; este último en una proporción del 5%. Los de grano más grueso son de tipo arena fina y están formados por cuarzo (40%) y feldespato (40%) muy alterados y transformados casi a cemento.

Las areniscas arcósicas están presentes en toda la sucesión. Se intercalan constituyendo bancos de 20-40 cm de potencia, incrementando su presencia hacia el techo de la serie. Las arcosas se componen de cuarzo (60-70%) y feldespato alterado generalmente a sericita. La turmalina, circón, rutilo, micas y opacos constituyen los minerales accesorios. El cemento está integrado por sericita y óxidos de hierro.

- Estructura

Este grupo constituye relieves alomados y suaves, que perfilan una superficie de peneplanización. Muestra una resistencia a la erosión más importante que el grupo 010a, debido a su menor grado de alteración. Se encuentra siempre en cotas inferiores a los relieves cuarcíticos paleozoicos. Posee una estructura tabular, alternante y bastante homogénea. Una serie de grandes pliegues anticlinales orientados de Norte a Sur y cortados por fallas de dirección NE-SO y NO-SE, estructuran y tectonizan fuertemente a estos terrenos. El contacto que se establece con el Ordovícico es discordante y frecuentemente mecanizado. La potencia de este grupo litológico se estima comprendida entre 15 y 160 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: En este grupo no se han observado problemas de estabilidad reseñables.

Taludes artificiales: Los desmontes existentes son de pequeña altura.

- Pendientes: 55º a 60º.

- Problemas: Se observan desprendimientos de bloques y deslizamientos de cuñas, algunas de cierta entidad, en los desmontes mayores.

- Taludes recomendados: Se trata de materiales fuertemente estructurados y tectonizados que crearán problemas de inestabilidad por cuñas y corrimientos entre capas; por lo que las pendientes a adoptar en cada caso estarán condicionadas a la estructura de estos materiales. Para taludes bajos y con discontinuidades favorables, se pueden adoptar pendientes entorno a 1H:2V.

Hidrología: Grupo permeable sólo por fisuración

Capacidad portante: En general la capacidad portante es alta, salvo en laderas con fuertes pendientes en donde los apoyos superficiales pueden encontrar terrenos rotos por vuelco de estratos o muy tectonizados, donde la respuesta resistente es moderada o incluso baja.

Características mecánicas: No se considera ripable por medios mecánicos normales, salvo los metros más superficiales, que se encuentran más alterados y fracturados. En las voladuras será necesario emplear técnicas de precorte.

PIZARRAS Y GRAUVACAS (010a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por niveles de grauvacas de potencia centi-decimétrica, excepcionalmente pueden aparecer capas métricas originadas por amalgamación de varios niveles, alternando con niveles pelíticos (FOTO 49). Se presentan en facies turbidíticas y facies desorganizadas. Una característica generalizada de estos materiales es su alto grado de alteración cuando aparecen recubiertos por depósitos cenozoicos (FOTOS 50 Y 51), y la potencia importante que adquiere esta formación.



Foto nº 49. Desmonte de reciente construcción en la formación de grauvacas y pelitas, intensamente tectonizadas, del grupo litológico 010a, en las proximidades de Agudo.



Foto nº 50. Manto de alteración del substrato precámbrico (grupo litológico 010a) bajo los coluviales procedentes de los derrames de la Raña del Portezuelo. Cerca de Valdemanco del Esteras.



Foto nº 51. Manto de alteración de las pelitas precámbricas del grupo litológico 010a, bajo los depósitos de raña.

Las turbiditas constituyen series rítmicas muy monótonas, donde alternan bancos decimétricos grauváquicos gris-verdosos y lutíticos verdosos. Las grauvacas se componen, principalmente de cuarzo, generalmente volcánico, en una proporción de hasta el 50% del total de la roca, con tamaño de grano variable entre 4 y 800 micras, feldespato (hasta el 20%), fragmentos de roca (entre 10% y 20%), biotita (5%) y accesorios como circón, apatito, esfena y opacos. Como consecuencia del metamorfismo regional, aparece en la matriz detrítica clorita y sericita por recristalización. Muy frecuentemente la roca está contaminada por óxidos de hierro que pueden llegar, en ocasiones, a suponer el 15% del total de la roca.

Las pizarras son de grano fino (limo-arcilla) y están compuestas por sericita, clorita, óxidos de hierro, minerales opacos y cuarzo; este último en proporción del 5-10 %.

Las intercalaciones lutíticas entre los bancos de grauvacas corresponden a una pelita de color verdoso con aportes de cuarzo que puede llegar hasta el 50% del total de la roca. La matriz es arcilloso-lutítica muy abundante (35% - 40%) que recristaliza en sericita y clorita evidenciando un metamorfismo regional muy bajo. Los óxidos de hierro pueden alcanzar el 15% de la roca.

La compacidad y dureza son altas. El grado de alteración es variable, alto cuando poseen una cobertera cenozoica, y bajo cuando afloran en superficie.

- Estructura

En los materiales incluidos en este grupo estaría representada gran parte de la serie precámbrica del Tramo, cuyos afloramientos adquieren una enorme extensión cartográfica. La serie precámbrica representada por estos materiales constituye amplias estructuras anticlinales, con varios ejes orientados N-S, que son cortados por fallas de direcciones NE-SO y NO-SE, que estructuran y tectonizan muy fuertemente a los materiales. El contacto que estas series establecen con el Ordovícico es discordante y con frecuencia mecanizado.

Este grupo constituye relieves alomados y suaves, que perfilan una superficie de peneplanización. Se encuentra siempre en cotas inferiores a los relieves cuarcíticos paleozoicos. Posee una estructura tabular, alternante, irregular y bastante homogénea. Los bancos grauváquicos poseen una potencia que oscila entre 10 cm y 1 m, localmente estos bancos pueden tener potencias algo mayores como 2 o 3 m. Por lo general la estructura de los bancos es masiva con geometría plano-paralela. La continuidad lateral de los bancos supera la centena de metros. Los bancos pizarrosos tienen una potencia entre 50 cm y 2 m, y están frecuentemente laminados. Se encuentran intensamente fracturados y plegados. La potencia media de este grupo es de unos 500 a 600 m.

- Geotecnia

Estabilidad natural: Este grupo suele mostrar pendientes muy suaves y tendidas, inferiores a 10º. Los problemas de inestabilidad en laderas están condicionados a la existencia de plataformas de erosión y acumulación de glacis y rañas que descansan sobre este grupo, creando sobre el mismo pequeños freáticos colgados, que a la postre son los causantes de las inestabilidades observadas. Cuando los materiales aflorantes están desprovistos de ese manto de alteración profundo, el terreno presenta una buena estabilidad natural.

Taludes artificiales:

- Pendientes: Los desmontes existentes son de pequeña altura (inferiores a 10 m) y pendientes de 55º a 60º.

- Problemas: Se observan desprendimientos de bloques y deslizamientos de cuñas, algunas de cierta entidad, en los desmontes mayores (FOTO 52).



Foto nº 52. Formación de grandes cuñas por la combinación desfavorable de planos de discontinuidad en un talud practicado sobre las grauvacas y pelitas del grupo litológico 010a. P.K. 292+500 de la carretera nacional 502, entre Valdemanco del Esteras y Almadén.

- Taludes recomendados: La excavación de taludes en rocas muy alteradas de este grupo litológico requerirá en general pendientes muy tendidas, no superiores al 1,5H:1V; y en el caso de existir una montera de material granular procedente de una raña o glacis, convendría eliminarla retranqueando en lo posible este nivel, y drenar convenientemente, las plataformas creadas, las aguas meteóricas.

  En los terrenos no alterados, el diseño de taludes debe estar condicionado por la estructura local que presenta el grupo. En el caso favorable, los desmontes podrán admitir pendientes entorno a 1H:1,5V y 1H:2V. En condiciones desfavorables inducidas por las direcciones y entramado de los planos de estratificación, esquistosidad, fallas y diaclasado, las pendientes aconsejables pueden descender hasta por debajo del valor 1H:1V.

Hidrología: Presenta una permeabilidad moderada sólo por fisuración en la zona superficial alterada; no obstante, en aquellas zonas donde se presenta un manto profundo de alteración meteórica, la capacidad de infiltración de las aguas de escorrentía es menor que en aquellas otras donde la alteración es muy escasa. El drenaje superficial dificultoso puede inducir el reblandecimiento de los suelos de alteración que recubre a este grupo.

Capacidad portante: Los tramos alterados poseen resistencias moderadas a bajas. A media ladera no es aconsejable cimentar superficialmente; especialmente si existen por encima plataformas con depósitos detríticos (rañas, glacis, etc.); ya que, en estos casos es frecuente que las laderas estén afectadas por deslizamientos.

Las rocas poco o nada alteradas se consideran con resistencia alta, aunque en apoyos superficiales, a media ladera, la capacidad portante puede llegar a ser moderada en razón de la estructura.

Características mecánicas: Los metros más superficiales, que generalmente se encuentran más fracturados y meteorizados (3 a 6 m), serán ripables en un 90-95%; no así el resto de la formación cuando esta se encuentre poco o nada alterada. En las voladuras serán necesarias las técnicas de precorte.

Empleo: Las grauvacas constituyen un material útil como préstamo, para su uso como zahorra artificial. Son explotables como tales aquellos niveles más potentes o los tramos donde estos niveles aparecen amalgamados.

DIQUES DE CUARZO (002)

- Litología

Este grupo litológico está compuesto por filones de cuarzo de potencia métrica.

- Estructura

  Estos materiales se disponen en forma de filones-capa. La relación geométrica de los diques es siempre discordante (naturaleza intrusiva) con las rocas adyacentes. A veces este grupo se presenta brechificado por su asociación con zonas de cizalla.

  Los filones de cuarzo afloran con una potencia variable, generalmente de orden decimétrico-métrico, se asocian a fracturas de dirección NE-SO a ENE-OSO, y se sitúan en el Precámbrico.

- Geotecnia

  Estabilidad natural: No se han observado problemas de estabilidad.

  Taludes artificiales: No se han observado.

  - Taludes recomendados: No superiores a 1H:2V, dado que la intensa fracturación puede originar desprendimientos de bloques.

  Hidrología: Permeable por fisuración.

  Capacidad portante: En apoyos superficiales o poco profundos, a media ladera, la resistencia del terreno debe estimarse, en principio, moderada. A poco que se profundice en la roca, la capacidad portante debe ser alta a muy alta.

  Características mecánicas: Debido a la intensa fracturación que presentan en superficie estos materiales, se considera que, al menos los primeros metros del terreno pueden ser ripables con medios mecánicos normales.

3.3.5. Grupos geotécnicos

Las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior como grupos litológicos, se agrupan según ciertas características geotécnicas comunes. A estas agrupaciones se les denomina en este Estudio "grupos geotécnicos", y en la Zona 2 son las siguientes:

- G2. Rañas, glacis y conos de deyección

  Materiales detríticos constituidos mayoritariamente por gravas y arenas de naturaleza silícea. Formaciones con permeabilidades que pueden oscilar de altas a moderadas, con escorrentía superficial poco activa, que en ocasiones llega a producir fenómenos de endorreísmo, con formación de charcas más o menos permanentes. Los terrenos aquí incluidos están afectados por erosiones e inestabilidades en los bordes de los escarpes que constituyen.

En desmontes bajos que sólo afecten a los materiales de esta formación, la pendiente no deberá exceder del 1H:1,5V. En el caso de taludes importantes en que estos materiales queden colgados en la coronación de los mismos, se pueden originar problemas de estabilidad relacionados con la posible presencia de niveles freáticos colgados en el contacto de estos con el substrato, generalmente impermeable. También en los casos donde esta formación se vea afectada por deslizamientos de ladera, se encuentre poco compactada o con alta proporción arcillosa, la pendiente no deberá superar el 1,5H:1V.

Es recomendable la construcción de un cunetón al pie del talud para la recogida de los materiales desprendidos.

La capacidad portante debe considerarse moderada en principio, y prever la posibilidad de que el horizonte freático que pueda existir en el contacto de estos materiales con el substrato impermeable llegue a provocar asientos diferenciales. Materiales excavables. Seleccionados a tolerables como préstamos, y localmente pueden constituir yacimientos granulares.

El grupo geotécnico G2 está constituido por los grupos litológicos 350, G y D.

- G5. Formaciones de naturaleza detrítica limo-arcillosa y areno-conglomerática

Formaciones de naturaleza detrítica limo-arcillosa y areno-conglomerática, poco consolidadas, dispuestas sobre un substrato que sufre una alteración muy intensa con neoformación de arcillas edáficas. La permeabilidad es variable según sea la naturaleza de los horizontes constitutivos de la formación a nivel local. La estabilidad natural de este grupo no es buena cuando conforma morfologías de media ladera; es muy frecuente ver a estos terrenos estructurados por deslizamientos fósiles.

La variabilidad litológica y las circunstancias geomorfológicas diversas de estos terrenos, condicionan pendientes muy distintas en los taludes de excavación. En los tramos de naturaleza más areno-limosa, con gravas, las pendientes de tipo 1H:1,5V, o incluso más fuertes, serían recomendables con el fin de evitar problemas de erosión. La aparición de horizontes muy arcillosos enriquecidos en caolín, como los existentes en las zonas próximas al contacto con el substrato alterado, y en áreas afectadas por deslizamientos fósiles, obligarán al tendido del talud por debajo del 1,5H:1V.

La capacidad portante podrá fluctuar entre moderada y baja. A media ladera se debe temer siempre los procesos de rotura por gravedad pre-existentes. Grupo excavable.

El grupo geotécnico G5 está constituido por el grupo litológico 322.

- G10. Limolitas, pelitas y grauvacas

  Son materiales con baja permeabilidad y sólo por fisuración. La inestabilidad natural de las vertientes que conforman es muy deficiente cuando presentan un manto de alteración superficial importante y existe alguna formación de naturaleza permeable que albergue freáticos colgados sobre ellas. Los taludes que podrán soportar dependerá del grado de alteración de las rocas y la geometría local de las discontinuidades estratigráficas y tectónicas.

  La excavación de taludes en rocas muy alteradas de este grupo requerirá en general pendientes muy tendidas, no superiores al 1,5H:1V; mientras que en los terrenos no alterados, el diseño de taludes debe estar condicionado por la estructura local; en caso favorable, los desmontes podrán admitir pendientes entorno a 1H:1,5V y 1H:2V. En condiciones desfavorables, las pendientes aconsejables pueden descender hasta por debajo del valor 1H:1V.

  La capacidad portante puede fluctuar en un amplio registro de valores que abarcan desde altos a bajos; estos últimos serán en áreas de media ladera con alteración profunda, en donde las roturas de vertiente por gravedad son frecuentes. En general deben esperarse respuestas resistentes moderadas, a cargas superficiales, en gran parte de los terrenos ocupados por estos materiales; sin olvidar también que existen áreas importantes de esquistos poco alterados y de morfología adecuada, muy aptos para soportar cargas importantes.

  Los metros más superficiales, que generalmente se encuentran más fracturados y meteorizados, serán ripables; no así el resto de la formación cuando esta se encuentre poco o nada alterada. Las grauvacas constituyen un material útil como préstamo.

  El grupo geotécnico G10 está constituido por los grupos litológicos 010a y 010b.

- G11. Conglomerados y areniscas, diques de cuarzo y dolomías

  Estos materiales son permeables por fisuración y karstificación. Su estabilidad natural es buena, aunque se han observado pequeños desprendimientos de bloques de las zonas más escarpadas. Los taludes de excavación recomendados podrán ser desde 1H:2V a subverticales, en función del grado de fracturación, que siempre originará desprendimientos de bloques. La capacidad portante se estima alta a muy alta, aunque la karstificación en las dolomías puede suponer un factor de incertidumbre. Grupo no ripable, salvo tramos intensamente fracturados y, ocasionalmente, útil para préstamos como árido.

  El grupo geotécnico G11 está constituido por los grupos litológicos 010c, 010d y 002.

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona

La Zona 2 está constituida en su mayor parte por materiales precámbricos y terciarios, y los problemas geotécnicos que presenta son de naturaleza topográfica, litológica, estructural, hidrológica y geomorfológica.

Los problemas topográficos se concretan en la necesidad de enlazar entre sí las plataformas creadas por las rañas y glacis, pasando por los barrancos encajados que las disectan, y descender desde dichas plataformas a las amplias superficies peneplanizadas donde afloran los materiales precámbricos.

Una característica generalizada de los materiales que conforman el substrato precámbrico de esta Zona es su alto grado de alteración cuando aparecen recubiertos por depósitos cenozoicos.

Los materiales precámbricos que constituyen una gran parte de la Zona 2 presentan estructuras esquistosas y foliadas, diversos sistemas de fallas y diaclasas, complejas estructuras de plegamiento con contactos mecanizados, y áreas con profundas alteraciones. Estos caracteres estructurales van a tener una incidencia negativa en la construcción de desmontes, túneles o apoyos en laderas con pendientes acusadas; existiendo un riesgo alto de que se produzcan deslizamientos, desprendimientos y vuelcos en los taludes de excavación.

La capacidad de carga, que de forma generalizada se estima alta para los terrenos precámbricos, podrá sufrir pérdidas importantes en su valor como consecuencia de la alteración y tectonicidad acusada de los materiales. Asimismo, deben considerarse peligrosas y con capacidad soporte reducida las superficies del terreno con pendientes acusadas, siempre en función de la orientación de los planos de discontinuidad.

El agua ejerce un efecto negativo como consecuencia de una mala escorrentía superficial, dada la morfología de este área, de escasa pendiente, y la presencia de terrenos de baja permeabilidad; y también, al constituir niveles freáticos muy próximos a la superficie. En ocasiones, en zonas muy tendidas, con cierto grado de endorreísmo, las condiciones de drenaje superficial se hacen muy deficientes; lo que, unido a la baja permeabilidad de estos materiales, origina problemas de asentamiento en las carreteras.

La existencia de niveles freáticos en el contacto entre los recubrimientos terciarios y cuaternarios, y el substrato precámbrico impermeable, puede dar lugar a problemas de inestabilidad en las laderas y en los taludes de excavación, cuando este grupo se quede colgado en la cabecera del desmonte. Pueden originarse erosiones, deslizamientos superficiales y flujos de tierras si las pendientes son fuertes.

Por último, y desde el punto de vista geomorfológico, los procesos que pueden llevar implícito un mayor riesgo a medio o largo plazo, son aquellos derivados de la dinámica fluvial, principalmente grandes crecidas que originen erosiones, arrastres y aterramientos. Los problemas de inestabilidad en laderas están condicionados a la existencia de plataformas de erosión y acumulación de glacis y rañas que descansan sobre este grupo, creando sobre el mismo pequeños freáticos colgados, que a la postre son los causantes de las inestabilidades observadas. Cuando los materiales aflorantes están desprovistos de ese manto de alteración profundo, el terreno presenta una buena estabilidad natural.

Los problemas geotécnicos serán consecuencia de todos los factores apuntados. Se manifestarán en los taludes de los desmontes, por causa y efecto de deslizamientos y desprendimientos, y en los substratos de apoyo, por falta de capacidad portante y asientos diferenciales.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS

Los principales problemas topográficos existentes se localizan fundamentalmente en la Zona 1, donde se constituyen en obstáculos para un fácil trazado de las vías de comunicación, y los trazados de las carreteras, en la mayoría de los casos, recorren los pasillos de intercomunicación trazados por los grandes valles.

En la Zona 1, el carácter montañoso y escarpado de las sierras, condiciona el trazado de una obra lineal y dificulta el tránsito de unas áreas a otras; lo que obliga a seguir los corredores naturales de los valles fluviales existentes, en algunos casos muy encajados, con diferencias de cotas entre los cauces y los vértices más elevados de 530 m, y orientados con una dirección preferente ONO-ESE; por lo que se hace especialmente dificultoso el trazado de carreteras con orientaciones transversales a esta dominante.

En la Zona 2 del Tramo, los relieves alomados, con desniveles poco importantes, van a generar escasos problemas en el trazado de una obra lineal. Los problemas principales se concretan en la necesidad de enlazar entre sí las plataformas creadas por las rañas y glacis, pasando por los barrancos encajados que las disectan, y descender desde dichas plataformas a las amplias superficies peneplanizadas donde afloran los materiales precámbricos.

Los valles fluviales en la Zona 1 y las depresiones precámbricas en la Zona 2, se impondrán siempre como los únicos corredores naturales para cualquier vía de comunicación. En itinerarios con dirección E-O, que serán los que interesan principalmente a este estudio, no se encontrarán dificultades importantes de orden topográfico, ya que existen valles y grandes depresiones que se alinean, a grandes rasgos, con estas direcciones y que posibilitan trazados bastante idóneos.

4.2. RESUMEN DE PROBLEMAS HIDROLÓGICOS

Los problemas que puede crear el agua en el terreno son importantes y varían en cada caso; aunque son similares en las dos zonas en que se ha dividido el estudio.

La hidratación de los materiales arcillosos en los coluviales, en fangos terciarios, en los horizontes de alteración precámbricos y paleozoicos, en los niveles de pizarras ampelíticas, etc., provoca la degradación de las características resistentes de estos materiales y sobrecargas que darán origen a numerosos procesos de inestabilidad en laderas y taludes de desmontes, o la reactivación de deslizamientos ya existentes.

Podrán darse problemas hidrológicos cuando existan formaciones detríticas terciarias o cuaternarias que puedan quedar colgadas en la cabecera de laderas y taludes, y tengan o pueda instalarse en ellas un horizonte freático en el contacto con el substrato paleozoico o precámbrico, impermeable; será esta circunstancia la que origine inestabilidades en laderas y taludes y el deterioro de los mismos.

Estos problemas de orden hidrológico podrán surgir como consecuencia de una mala escorrentía superficial en áreas donde esta se ve dificultada por la existencia en superficie de un suelo arcilloso. En ocasiones llegan a producirse fenómenos de endorreísmo, con formación de charcas más o menos permanentes.

En condiciones normales de plataformas llanas o de muy suave pendiente sobre materiales detríticos terciarios o cuaternarios, puede existir un horizonte freático de naturaleza temporal a nivel de superficie, que origine problemas relacionados con la capacidad portante y la posibilidad de que puedan crearse asientos diferenciales.

En la Zona 2, el agua ejerce un efecto negativo como consecuencia de una mala escorrentía superficial, dada la morfología de este área, de escasa pendiente, y la presencia de terrenos de baja permeabilidad; y también, al constituir niveles freáticos muy próximos a la superficie. En ocasiones, en zonas muy tendidas, con cierto grado de endorreísmo, las condiciones de drenaje superficial se hacen muy deficientes; lo que, unido a la baja permeabilidad de estos materiales, origina problemas de asentamiento en las carreteras.

Un drenaje efectivo de las aguas de escorrentía y, muy especialmente, de las existentes en freáticos libres cercanos a la carretera, es condición esencial para obtener una capacidad soporte media aceptable.

Se deberá cuidar especialmente el drenaje de los terrenos cuaternarios, terciarios y áreas de pizarras alteradas paleozoicas y precámbricas, para evitar que el agua se infiltre en la plataforma y produzca el reblandecimiento de los materiales que la integran.

En el caso de los depósitos aluviales, la existencia de un nivel freático a escasa profundidad, influye sobre cualquier tipo de realización a efectuar en la zona.

Otros problemas de índole hidrológica son los derivados de la dinámica fluvial, principalmente grandes crecidas que originen erosiones, arrastres y aterramientos.

4.3. RESUMEN DE PROBLEMAS LITOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES

Los problemas que pueden derivarse de la naturaleza litológica de las formaciones existentes en el Tramo se concretan de manera muy especial en los materiales pliocenos, de naturaleza arcillosa (Grupo litológico 322) que, en principio, deberá considerarse peligroso a la hora de proyectar estructuras sobre él.

Otro grupo litológico constituido por materiales susceptibles de crear problemas por sus bajas características geomecánicas, son los recubrimientos coluviales (Grupo litológico C), inmersos frecuentemente en problemáticas de deslizamiento gravitacional.

Otro aspecto negativo de carácter litológico está representado por la presencia de profundos horizontes de alteración en las series pizarrosas paleozoicas y precámbricas, en especial bajo el contacto con las unidades cenozoicas, y la existencia de pizarras ampelíticas intercaladas en las series pizarrosas, muy proclives a la alteración cuando se hidratan.

Igualmente, las alteraciones caoliníferas presentes en las formaciones cuarcíticas, así como en las masas coluviales donde se incorpora este componente, son el origen de numerosas inestabilidades en laderas y desmontes.

La heterogeneidad litológica que puede aparecer en los depósitos aluviales (Grupos litológicos A y AC), junto con la presencia de niveles freáticos altos, puede ocasionar una serie de problemas mecánicos al ser sometidos a cargas.

Los materiales paleozoicos y precámbricos que constituyen la mayor parte del Tramo presentan estructuras esquistosas y foliadas, diversos sistemas de fallas y diaclasas, complejas estructuras de plegamiento con contactos mecanizados, y áreas con profundas alteraciones. Estos caracteres estructurales van a tener una incidencia negativa en la construcción de desmontes, túneles o apoyos en laderas con pendientes acusadas; existiendo un riesgo alto de que se produzcan deslizamientos, desprendimientos y vuelcos en los taludes de excavación.

La capacidad de carga, que de forma generalizada se estima alta para los terrenos, podrá sufrir pérdidas importantes en su valor como consecuencia de la alteración y tectonicidad acusada de los materiales. Asimismo, deben considerarse peligrosas y con capacidad soporte reducida las superficies del terreno con pendientes acusadas, siempre en función de la orientación de los planos de discontinuidad.

4.4. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOMORFOLÓGICOS

Los problemas geomorfológicos más importantes que afectan al Tramo de estudio y que pueden incidir en los trazados actuales y futuros de vías de comunicación, se dividen en dos grandes grupos: Problemas de la dinámica de las vertientes, tanto de las sierras cuarcíticas como de las laderas creadas por el encajamiento de arroyos sobre plataformas de raña y materiales pliocenos; y problemas hidrodinámicos.

Los problemas concernientes a la dinámica de las vertientes vendrán caracterizados por procesos geomorfológicos tales como deslizamientos, corrimientos, reptaciones, desprendimientos y erosiones que tengan lugar, y están íntimamente relacionados con la litología, disposición estructural, hidrogeología y climatología de la zona estudiada.

Las áreas afectadas por deslizamientos de ladera son abundantes, principalmente en la Zona 1. En esta la inestabilidad de las vertientes adquiere gran significación por el amplio desarrollo de este tipo de fenómenos a lo largo de todas las laderas que enlazan las sierras cuarcíticas con la superficie de las rañas, y entre estas y el fondo de los valles.

Los deslizamientos de mayores dimensiones afectan principalmente al recubrimiento coluvial de las laderas y al substrato más alterado. Son de tipo traslacional y poco profundos, y aunque la mayoría son actualmente fósiles, en ocasiones se muestran activos o latentes, y pueden ser reactivados fácilmente.

A lo largo de todo el Tramo, la inestabilidad también se manifiesta en las laderas creadas por el encajamiento de arroyos sobre plataformas de raña y materiales pliocenos; afecta a estos depósitos terciarios y a los materiales pizarrosos alterados del substrato precámbrico y paleozoico. Estos fenómenos deben tenerse muy en cuenta a la hora de proyectar trazados a media ladera.

En la Zona 1 se han observado corrimientos entre capas en laderas estructurales. Estos fenómenos, que tuvieron su mayor incidencia en las etapas de encajamiento de la red fluvial, se consideran fósiles en la actualidad; aunque es posible la reactivación de estas grandes estructuras si se modifican las condiciones actuales de equilibrio.

Igualmente se observan reptaciones y corrimientos de suelos de naturaleza coluvio-eluvial, sobre las laderas; cuyo origen muchas veces está en el vuelco de materiales pizarrosos.

Por otro lado, existe el problema de los desprendimientos de rocas, debidos a los efectos de fracturación del macizo, que son especialmente importantes en los escarpes más abruptos de las formaciones cuarcíticas y areniscosas de la Zona 1.

Los problemas hidrodinámicos están relacionados con procesos que pueden llevar implícito un riesgo a medio o largo plazo, derivado de la dinámica fluvial, principalmente grandes avenidas de cursos fluviales no regulados por embalses en su cabecera; que además originarán erosiones, arrastres y aterramientos.

Los problemas de erosión también son importantes en todo el Tramo, existiendo barrancos con profundas erosiones por incisión lineal en áreas de pizarras alteradas o sobre materiales detríticos no consolidados del terciario y cuaternario.

4.5. RESUMEN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

Los problemas de tipo geotécnico tendrán lugar en los taludes artificiales, por inestabilidad gravitacional de los mismos, y en el substrato de apoyo, por falta de capacidad de carga y por los asientos diferenciales del mismo.

Problemas relacionados con la inestabilidad de taludes

La inestabilidad de los taludes vendrá condicionada por la concurrencia de factores tales como:

- Áreas inestables en laderas

  Son áreas de inestabilidad activa, latente y fósil, que se originan en gran parte de las vertientes, tanto de las sierras cuarcíticas como de las laderas creadas por el encajamiento de arroyos sobre plataformas de raña y materiales pliocenos; donde se manifiestan problemas de fluencia y deslizamientos circulares profundos, corrimientos entre estratos, vuelcos y desprendimientos.

  Afectan principalmente al recubrimiento coluvial de las laderas y al substrato más alterado; así como a los depósitos de rañas, fangos pliocenos y glacis, y a los materiales pizarrosos alterados del substrato precámbrico y paleozoico.

  Estos fenómenos deben tenerse muy en cuenta a la hora de proyectar trazados a media ladera; y se habrán de evitar estas zonas, mediante soluciones alternativas, para no agravar el problema.

- Desprendimientos y deslizamientos en taludes

  Las características estructurales y de alteración de las rocas del Tramo, van a incidir de forma negativa en la excavación de taludes, túneles o apoyos en laderas con pendientes acusadas. En formaciones rocosas duras y compactas de considerable potencia (cuarcitas y areniscas) los problemas de inestabilidad en taludes estarán ligados al grado de fracturación y alteración.

  En formaciones donde alternen capas competentes (cuarcitas o areniscas) e incompetentes (limolitas y pizarras), las inestabilidades estarán motivadas esencialmente por alteración y erosión diferencial.

  En formaciones detríticas terciarias o cuaternarias, cuando en el substrato de apoyo aparece la formación arcillosa que constituye el manto de alteración pre-eoceno, o la base del Terciario con características similares, se observan deslizamientos favorecidos por la presencia de un horizonte freático en la base de los recubrimientos, y erosiones por las aguas de escorrentía (FOTO 53).



Foto nº 53. Deslizamiento circular del recubrimiento coluvial que conforma los derrames de la raña que se extiende por encima, a favor del contacto con el manto de alteración del substrato pizarroso que conforma el grupo litológico 122a. Talud situado en el P.K. 228+000 de la carretera nacional 430.

En todos estos casos se impondrá siempre la necesidad de estudios detallados de las estructuras locales para evitar desprendimientos y corrimientos.

- Erosiones y acarcavamientos

Existen áreas de laderas desarrolladas sobre materiales pliocenos o pizarrosos, con profundo desarrollo de erosiones por incisión lineal y acarcavamientos; y otras con socavaciones por erosión de las márgenes activas de los cursos fluviales.

- Presencia de aguas freáticas

La existencia de horizontes freáticos colgados incide en la alteración y deformación de los materiales arcillosos y pizarrosos, circunstancias que van a influir muy negativamente en su estabilidad natural.

- Drenaje

  La ausencia de captación y drenaje de las aguas que llegan al talud a través del terreno, o de las que pudieran afectarle por escorrentía superficial, pueden ser causa de inestabilidad en los taludes.

  Todas estas circunstancias pueden concurrir reunidas o aisladas, en parte importante de los taludes artificiales que se excaven en el Tramo. El grado de incidencia o su importancia a nivel constructivo dependerá, sin duda, de las dimensiones del talud.

Problemas relacionados con la capacidad de carga

Los problemas de capacidad de carga y de asientos diferenciales podrán surgir por las siguientes circunstancias:

- Suelos flojos o poco consolidados

  Los materiales cuaternarios son en general muy flojos. Ocupan la mayor parte de los valles y el pie de las laderas. La capacidad portante es media a baja, e incluso muy baja en algunas zonas con mal drenaje. En general van a soportar terraplenes, y plantean problemas de rotura o asientos, generalmente diferidos.

  Su reducida potencia, en la mayor parte de los casos, hará que los problemas geotécnicos que puedan plantearse en estas áreas, en relación a solicitudes de carga, se resuelvan remitiendo la cimentación al substrato rocoso que recubren.

  Necesitan una prospección muy detallada para determinar su naturaleza, potencia y resistencia al corte.

- Áreas inestables en laderas

  Problemática ya descrita anteriormente

- Cambios litológicos bruscos en el substrato de apoyo

  Este problema es general en las formaciones cuaternarias y terciarias, así como en el manto de alteración del substrato precámbrico y paleozoico de apoyo, y en las series alternantes paleozoicas; lo que puede ocasionar una serie de problemas mecánicos al ser sometidas a cargas similares.

- Zonas kársticas

  En los terrenos calcáreos y dolomíticos existe la posibilidad de colapsos gravitacionales en relación con cavidades de disolución kárstica, al incidir sobre ellas cargas externas. Se puede dar en los niveles de calizas del grupo litológico 141c y las dolomías del grupo litológico 010d, aunque sus dimensiones siempre serán muy reducidas.

  En principio, no representan un problema importante dada la reducida extensión de las áreas donde afloran.

  Necesitan una prospección específica mediante fotointerpretación, geofísica y sondeos regularmente espaciados.

- Presencia de aguas freáticas

  La existencia de niveles freáticos en cotas muy próximas a la superficie, sobre materiales arcillosos o pizarrosos, pueden llegar a interferir sobre la plataforma de la carretera, afectando a la capacidad de carga y favoreciendo asientos diferenciales.

- Drenaje

  El agua ejerce un efecto negativo como consecuencia de una mala escorrentía superficial, en áreas de escasa o nula pendiente, zonas endorreicas y terrenos de baja permeabilidad, lo que origina problemas de asentamiento en las carreteras.

  Un drenaje efectivo de las aguas de escorrentía y, muy especialmente, de las existentes en freáticos libres cercanos a la carretera, es condición esencial para obtener una capacidad soporte media aceptable.

  Se deberá cuidar especialmente el drenaje de los terrenos cuaternarios, terciarios y áreas de pizarras alteradas paleozoicas y precámbricas, para evitar que el agua se infiltre en la plataforma y produzca el reblandecimiento de los materiales que la integran.

- Tectonicidad y alteración

  La capacidad de carga, que de forma generalizada se estima alta para terrenos paleozoicos y precámbricos, podrá sufrir pérdidas de valor importantes como consecuencia de la alteración y tectonicidad de los materiales.

  Todas estas circunstancias están presentes en las carreteras actuales y son causa del mal estado que se aprecia en algunas de ellas.

4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

En el tramo estudiado existe una reducida red de carreteras, dado que la densidad de población es baja y se encuentra concentrada en un escaso número de localidades.

La principal vía de comunicación que atraviesa el territorio es la carretera nacional 430, que sigue a grandes rasgos una dirección E-O, y la carretera comarcal 503, que confluye con la anterior en las proximidades de Fuenlabrada de los Montes.

El interés de este estudio se centra principalmente en la caracterización de los terrenos para el diseño de trazados con dirección E-O.

En los itinerarios E-O o próximos a esta dirección, las carreteras actuales aprovechan, con bastante frecuencia, los corredores naturales que representan los principales valles, cuya disposición es ESE-ONO en su conjunto. Así, el itinerario actual que une Ciudad Real con Badajoz, utiliza en gran medida el valle del río Guadiana, que constituye un corredor natural en itinerarios de esta dirección. En general, puede decirse que la gran mayoría de los ríos y grandes arroyos que surcan el Tramo constituyen buenos corredores en sus direcciones respectivas.

En la Zona 1, los posibles corredores alternativos están muy mediatizados por la orografía, mientras que en la Zona 2 son posibles multitud de alternativas, pues tanto la orografía como los condicionantes geológicos y geotécnicos nunca supondrán impedimentos de gran peso que hagan inviable o difícilmente viable cualquier opción que se estime interesante por la funcionalidad del trazado.

En los nuevos itinerarios será necesario evitar las cadenas montañosas por tres motivos fundamentales: Las dificultades orográficas que representan, los problemas de estabilidad en las laderas, y problemas de tipo medio ambiental, dado que una obra de esta naturaleza en las zonas serranas implica un mayor impacto que en las zonas de las depresiones precámbricas, donde, al haber menos suelo, la vegetación es más escasa con dehesas muy abiertas.

Tanto las vertientes de las sierras cuarcíticas, en la Zona 1, como las laderas creadas por el encajamiento de arroyos sobre plataformas de raña y materiales pliocenos, en ambas zonas, son áreas de inestabilidad activa, latente y fósil, donde se manifiestan problemas de fluencia y deslizamientos circulares profundos, corrimientos entre estratos, vuelcos y desprendimientos.

Afectan principalmente al recubrimiento coluvial de las laderas y al sustrato más alterado; así como a los depósitos de rañas, fangos pliocenos y glacis, y a los materiales pizarrosos alterados del sustrato precámbrico y paleozoico.

Estos fenómenos deben tenerse muy en cuenta a la hora de proyectar trazados a media ladera; y se habrán de evitar estas zonas, mediante soluciones alternativas, para no agravar el problema.

Igualmente, en las propuestas de nuevos corredores, conviene alejarse de las zonas de embalse, por la limitación que ejercen estos en los trazados y la accidentada orografía en que suelen estar emplazados, donde las carreteras se ven condicionadas a discurrir a media ladera.

En resumen, se puede decir que en la Zona 1 son muy pocas las alternativas posibles para el establecimiento de nuevos trazados fuera de los existentes, que a su vez no constituyen tampoco unos corredores idóneos, dada la difícil topografía a la que tienen que enfrentarse, la estrechez de algunos valles, las fuertes pendientes y los problemas de estabilidad en las laderas, que condicionan de forma notable los trazados.

En la Zona 2 existen extensas áreas con menores problemas geotécnicos y de trazado; por lo que caben más posibilidades a la hora de mejorar los corredores actuales, que, en cualquier caso, deberían siempre evitar el angosto paso por las hoces del Guadiana, tanto por las limitaciones de trazado que representa, como por los graves problemas de estabilidad en las laderas.

Del estudio de las características topográficas, geomorfológicas y geotécnicas del Tramo, se han considerado dos corredores de posibles itinerarios E-O, tanto por el Norte como por el Sur, alternativos al actual recorrido de la CN-430:

Corredor Norte

Este corredor discurre por el valle entre Piedrabuena y Arroba de los Montes. Se ha desestimado por las dificultades que representa el paso de la Sierra de La Umbría.

Corredor Sur

Se ha considerado la posibilidad de un corredor al sur del valle río Guadiana, a través de las depresiones precámbricas de los ríos Esteras y Agudo (Llanura de La Serena). Este corredor representa la mejor alternativa para un nuevo trazado, teniendo en cuenta que su continuidad es factible fuera de los límites geográficos del presente estudio.

Fuera de los límites de este estudio, el trazado del corredor propuesto arrancaría de la carretera nacional 420 a la altura de Corral de Calatrava, para continuar en dirección a Los Pozuelos de Calatrava, Abenójar y Saceruela, siguiendo a grandes rasgos el trazado actual de las carreteras locales que unen estas localidades.

Otra posible alternativa partiría de la actual carretera nacional 430 a la altura del puente de Retama; y desde aquí se desviaría de ella en dirección a Saceruela, siguiendo el trazado de la actual carretera autonómica que conduce a esta localidad.

Desde Saceruela, y ya dentro de los límites geográficos de este estudio, caben dos posibles variantes a trazados en sentido Oeste para este Corredor Sur. Estas dos posibles variantes confluyen en las proximidades de la localidad de Agudo.

La variante septentrional del trazado discurriría en sentido Norte por el valle del río Esteras, hacia su cabecera, hasta confluir con la carretera autonómica que une las localidades de Puebla de Don Rodrigo y Agudo. A partir de este punto adoptaría una dirección oeste a lo largo del valle del río Agudo, hasta la localidad de Tamurejo, Siruela y Talarrubias.

La variante meridional del trazado de este Corredor Sur discurre por un valle paralelo al del río Esteras, situado inmediatamente al norte de este, y que, con dirección O, conduce hasta la localidad de Valdemanco del Esteras y Agudo (FOTO 54).



Foto nº 54. Depresión precámbrica del Esteras en las proximidades de Saceruela. Zona propuesta como corredor para futuros trazados de carreteras.

Esta última variante comportaría un menor recorrido, pero a cambio habría de salvarse la dificultad orográfica situada entre Valdemanco del Esteras y Agudo.

Desde Agudo, el trazado del corredor propuesto ofrece unas dificultades mínimas para su continuación en dirección a las localidades de Siruela y Talarrubias; enlazando finalmente con la carretera N-430 a la altura de Casas de Don Pedro.

En este último tramo del recorrido propuesto, la única dificultad reseñable es la necesidad de cruzar el río Guadiana entre Talarrubias y Casas de Don Pedro, en la cola del Embalse de Orellana.

En la Figura 13 se han dibujado los corredores considerados en los párrafos anteriores.

LEYENDA

CORREDOR DE TRAZADO SUGERIDO

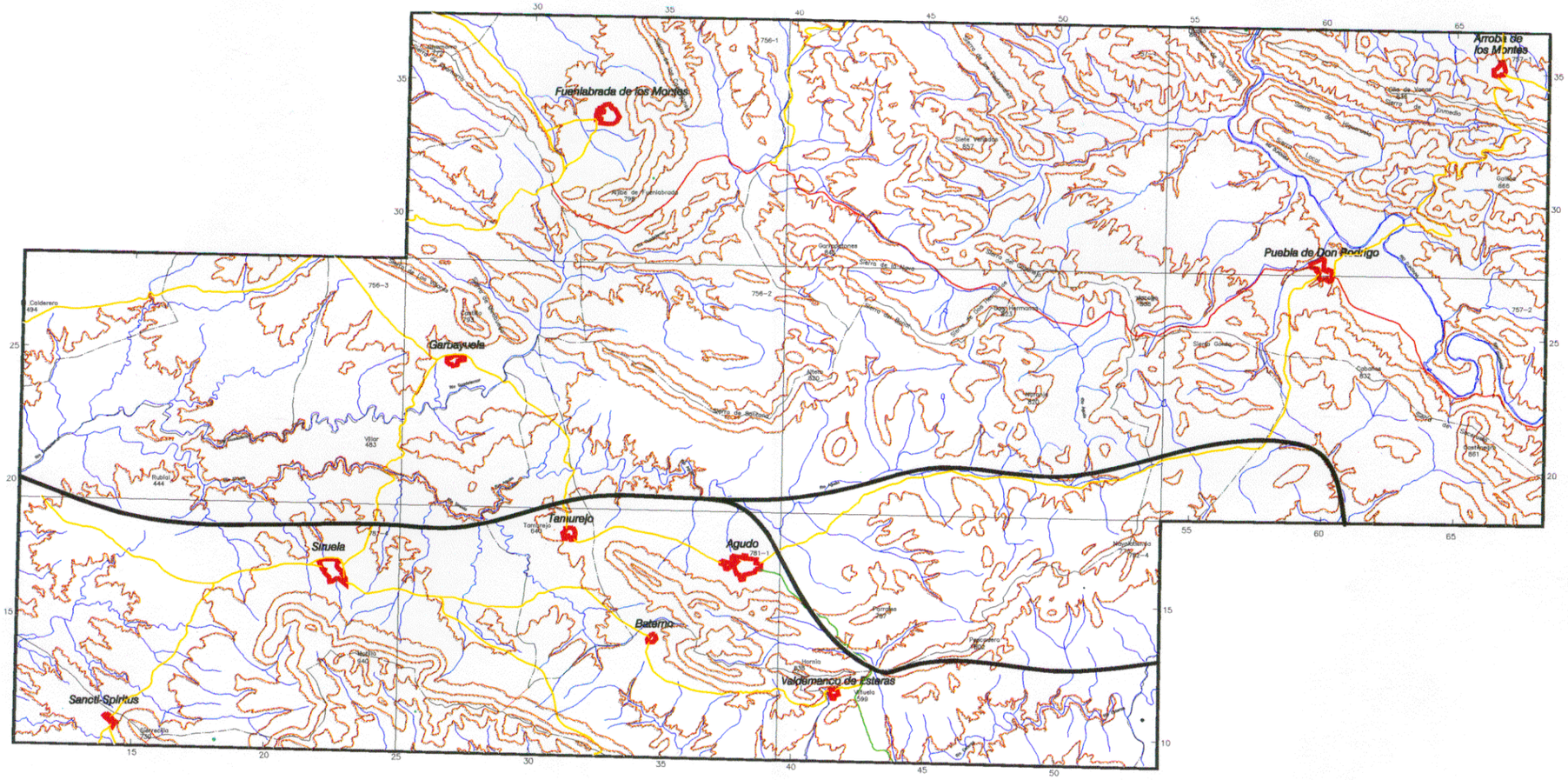


FIG. 13 ESQUEMA DE LOS CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS EN EL TRAMO

Escala 1:200.000

CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDO DEL ITINERARIO CIUDAD REAL-BADAJOZ

Una de las finalidades de un Estudio Previo de Terrenos es la de proponer corredores para futuras vías de comunicación, dentro del área estudiada.

En este caso, fruto del Estudio realizado, se ha llegado a la conclusión de la conveniencia de proponer corredores en dirección Este-Oeste que abarquen una zona más extensa.

Aunque la unión entre Ciudad Real y Badajoz se sale del ámbito de este Estudio, se ha considerado necesario incluirla debido a la importancia dentro de la comunicación Este-Oeste de la Península.

La interconexión de las poblaciones de Ciudad Real y Badajoz tiene hasta la localidad de Agudo dos corredores alternativos, uno norte y otro sur. A partir de esta localidad, existe una única opción hasta Badajoz.

La Alternativa sur arranca de Ciudad Real por la carretera nacional 420 hasta la localidad de Corral de Calatrava. Llegado a este punto, continúa por el corredor de la carretera local que conduce a la localidad de Cabezarados, y a partir de allí, por el actual de la carretera nacional 424 hasta Abenojar. Existe también otro corredor posible entre Corral de Calatrava y Abenojar pasando por Pozuelos de Calatrava.

Desde la localidad de Abenojar, el corredor sigue en dirección Oeste por la carretera local que lleva a Saceruela. En este tramo de Abenojar a Saceruela, y en las proximidades de la Sierra de los Canalizos, existe una alternativa de interconexión con la opción norte, al oeste de la Sierra de los Buitres. La alternativa sur enlaza finalmente con la carretera nacional 503 a la altura de Valdemanco del Esteras para terminar en la localidad de Agudo.

La opción norte arranca con dirección este desde Ciudad Real por la carretera nacional 430 hasta la localidad de Retama. Desde esta localidad hasta Agudo, el corredor toma una dirección OSO pasando por la Sierra de los Terneros.

A partir de la localidad de Agudo existe un corredor único que coincide con el actual de las carreteras locales que unen las localidades de Tamurejo, Siruela, Talarrubias, y pasando el Embalse de Orellana, Casas de San Pedro. Desde Casas de San Pedro se conecta con el actual corredor de la carretera nacional 430 hasta Badajoz.

En la figura 14 se muestran los diferentes corredores propuestos para unir Ciudad Real con Badajoz.

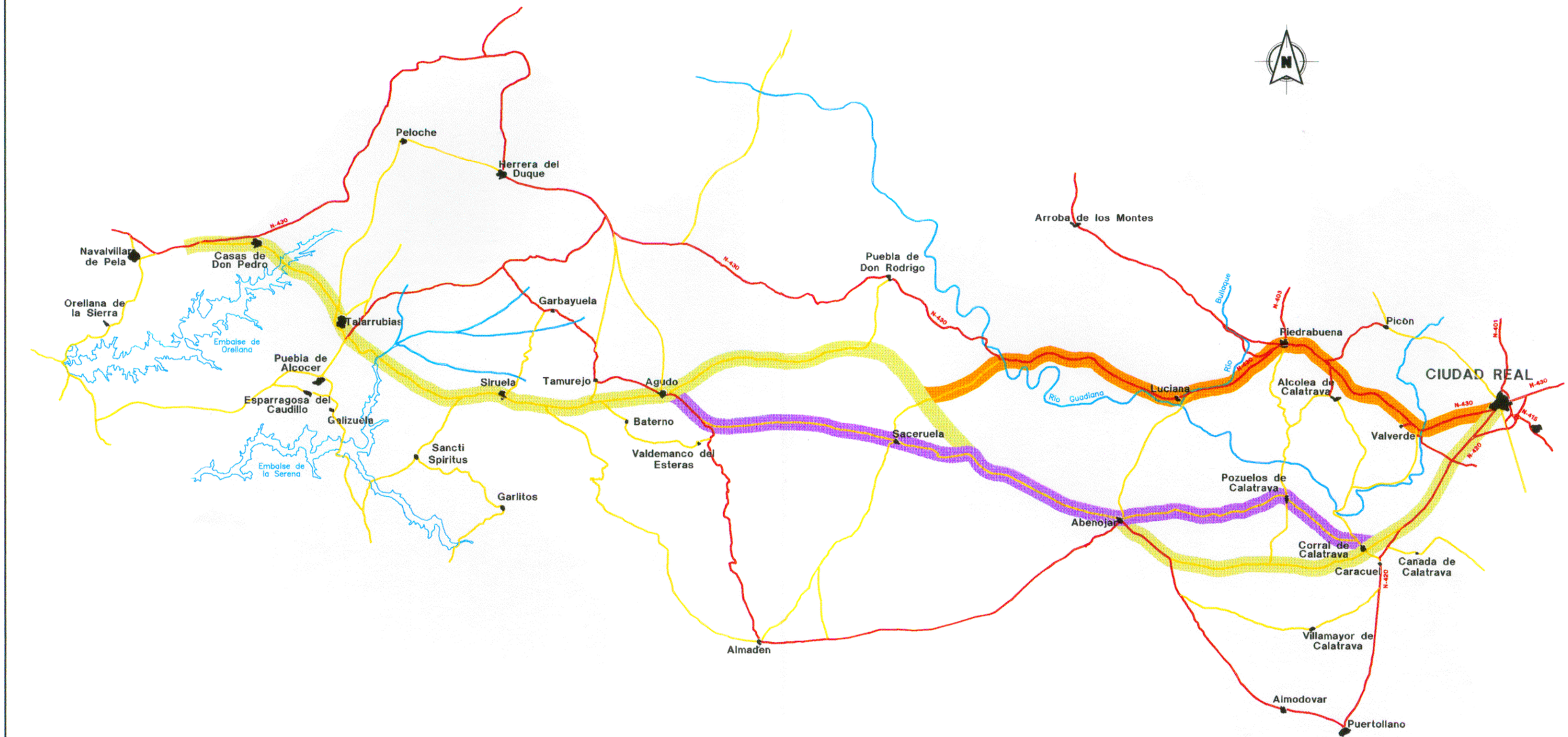


Figura 14
CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS DEL ITINERARIO CIUDAD REAL-BADAJOZ
ESCALA 1:400.000

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente Estudio no incluye un análisis detallado de los yacimientos de materiales del Tramo, ya que dicho análisis desbordaría, por su metodología especial y amplitud, el alcance de los Estudios Previos de Terrenos.

No obstante, se presenta la información recogida sobre explotaciones de áridos y yacimientos, y su localización. Estos datos no constituyen una recopilación sistemática y exhaustiva, aunque pueden ser útiles para futuros trabajos.

La información que se expone a continuación se refiere exclusivamente a yacimientos de materiales utilizables en obras de carreteras (áridos naturales y de trituración, y materiales de préstamo para terraplenes y pedraplenes).

La explotación de áridos es escasa en todo el Tramo, tan sólo se ha inventariado una cantera de cuarcita en actividad y tres graveras que se explotan de una forma intermitente, para necesidades locales.

En la Figura 15 se encuentran situados los yacimientos rocosos y granulares del Tramo estudiado, y en los cuadros 5 y 6 se especifican las características y la importancia de cada uno.

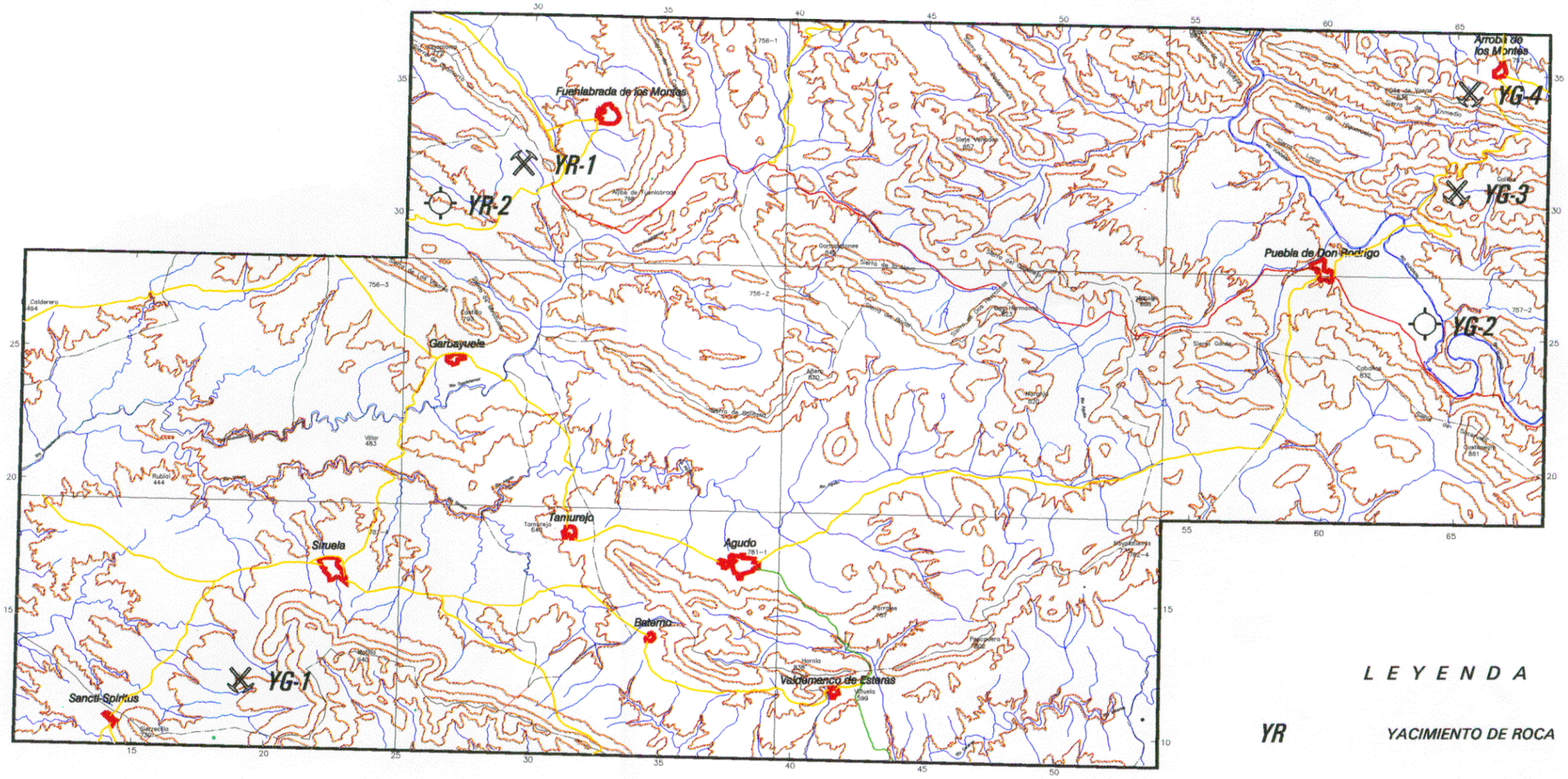
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

Los principales yacimientos rocosos en el ámbito de la zona de estudio corresponden a cuarcitas y, ocasionalmente, calizas y grauvacas.

Los yacimientos rocosos de naturaleza cuarcítica que pueden ser considerados explotables en el Tramo, son muy numerosos y con buenos accesos, apareciendo prácticamente en todos los puntos donde existe una elevación topográfica; buenas características de explotabilidad, ya que suelen mostrar frentes naturales de explotación favorables, y su volumen de reservas es elevado.

Para la extracción de estos materiales es necesario el empleo de explosivos y su coeficiente de aprovechamiento es de 0,85. La calidad de este material es buena para su empleo como árido en hormigones, bases de carretera y en mezclas asfálticas como capa de rodadura. Puede presentar comportamientos deficientes en cuanto a la adhesividad a los betunes, relacionados con el tipo de rotura en el machaqueo y las pátinas de las superficies de las diaclasas; y bajos resultados en los ensayos de equivalente de arena, debido fundamentalmente a las alteraciones caoliníferas.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



L E Y E N D A

YR	*YACIMIENTO DE ROCA*
YG	*YACIMIENTO GRANULAR*
	YACIMIENTO EN EXPLOTACION
	YACIMIENTO ABIERTO E INACTIVO
	YACIMIENTO POTENCIAL

FIG. 15 ESQUEMA DE SITUACION DE YACIMIENTOS ROCOSOS Y GRANULARES.

Escala 1:200.000

Los análisis realizados por el entonces Instituto Geológico y Minero de España para el Mapa de Rocas Industriales (Hoja de Villanueva de la Serena) sobre materiales cuarcíticos, han dado una densidad media de 2,180 g/cm³, un coeficiente de desgaste "Los Ángeles" de 11 a 21% (granulometría E), 17 a 31% (granulometría B) y 26% (granulometría C); y una adhesividad media al betún, en tanto por ciento de superficie cubierta, de 79 a 100%.

Los grupos litológicos que constituyen los mejores yacimientos rocosos de este tipo de material son: 131, 120b y 121b. La Cuarcita Armoricana, del grupo 121b, es la más abundante, con grandes reservas y buenas características para ser explotada.

La única explotación en activo se localiza en el término municipal de Garbayuela (YR-1), a 1,5 km del cruce de la carretera N-430 con la que conduce al puerto de los Carneros. Extrae las cuarcitas del grupo litológico 131 para obtener áridos de machaqueo, para diferentes usos (FOTO 55).



Foto nº 55. Cantera en las cuarcitas del grupo litológico 131 (YR-1). P.K. 13+000 de la carretera comarcal 503, de Fuenlabrada de Montes al Puerto de los Carneros.

Las calizas devónicas del grupo litológico 141c son cristalinas, oquerosas, con abundante arcilla de descalcificación y están fuertemente tectonizadas. Las reservas son medianas, dada la reducida potencia de los bancos en que afloran. El principal yacimiento se localiza en la carretera que conduce al puerto de los Carneros (YR-2), y no se encuentra explotado.

Las grauvacas del grupo litológico 010a constituyen un buen material para la obtención de áridos de trituración. Son explotables como tales aquellos niveles más potentes o los tramos donde estos niveles aparecen amalgamados; aunque no se considera una formación cantera-ble, sino más bien un buen material de préstamo.

Otros materiales aflorantes en el tramo estudiado con buen comportamiento como áridos, como lo son el cuarzo y las dolomías, no se consideran de interés por las escasas reservas existentes.

5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

En el Tramo existen algunas explotaciones de materiales granulares, tanto activas como abandonadas, que han utilizado materiales integrantes de las formaciones plio-cuaternarias (rañas) y cuaternarias (pedreras, aluviales, terrazas, glacis y conos de deyección). En gene-ral se trata de gravas silíceas, principalmente cuarcíticas, heterométricas.

La formación detrítica constituyente del grupo 350 (rañas), ha sido objeto de extracciones de gravas en aprovechamientos locales de reducidas dimensiones (YG-1). En general, estos yacimientos reúnen un volumen de reservas muy elevado, buena explotabilidad y escasas dificultades en los accesos (FOTOS 56 Y 57).



Foto nº 56. Extracción de gravas de los depósitos de raña que se extienden por una amplia superficie entre Siruela y Sancti-Spiritus (YG-1).

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Foto nº 57. Aspecto de las gravas cuarcíticas que forman parte de la Raña, y que son aprovechadas en la explotación YG-1.

En cuanto a los depósitos cuaternarios, su interés está limitado a puntos muy concretos, debido a que en numerosas ocasiones se encuentran en zonas de difícil acceso, o presentan potencias muy reducidas. Unicamente los conos de deyección y los glacis alcanzan un amplio desarrollo en el Tramo y constituyen un buen material para su empleo como árido natural, las reservas son elevadas, tienen buena explotabilidad y escasas dificultades en los accesos

Yacimientos importantes de depósitos cuaternarios (aluviales, terrazas y glacis) se localizan en el valle del río Guadiana. El mayor interés radica en las terrazas bajas (YG-2) situadas en las cercanías de Puebla de Don Rodrigo, donde la potencia de estos materiales puede alcanzar los 4 m, su extensión es grande, y muestran relativa homogeneidad.

También han sido aprovechados, para obras locales, los canchales o pedreras de las sierras cuarcíticas (YG-3 y YG-4); son de escasa potencia y reducida extensión; y además, su explotación ha sido limitada por motivos medio-ambientales (VER FOTO 16).

5.4. MATERIALES PARA PRÉSTAMOS

Los mejores materiales para ser utilizados como préstamo, aflorantes dentro del Tramo de estudio, son los de edad plio-cuaternaria (rañas) y cuaternaria (terrazas, glacis y conos de deyección). Los grupos litológicos 350, T, G y D constituyen las mejores áreas fuente, ya que presentan muy buenas características para estos fines.

La formación pliocena correspondiente al grupo litológico 322, integrada por gravas, arenas y fangos, podrá ser empleada en terraplenes con las limitaciones y medidas técnicas apropiadas.

Los yacimientos rocosos paleozoicos y precámbricos de cuarcitas, areniscas y grauvacas, proporcionarán materiales aptos para su empleo en pedraplenes.

Los materiales pizarrosos, debido a su estructura lajosa, serán utilizados de manera restrictiva como préstamos.

Aluviales (A), coluviones (C) y derrubios de ladera (P), han constituido puntual y temporalmente buena materia prima para su utilización local como préstamos, empleando el todo-uno extraído para la reparación de caminos vecinales y subbases de carreteras. Se trata de explotaciones pequeñas, todas ellas inactivas en la actualidad. La accesibilidad y explotabilidad son favorables en general.

5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MÁS DETALLE

En los cuadros-resumen de yacimientos rocosos y granulares que se acompañan a continuación, se señalan con un asterisco los yacimientos que, por su importancia, pudieran ser objeto de un estudio más detallado.

Las sierras cuarcíticas, en toda su extensión, se consideran yacimientos rocosos potenciales, que pudieran ser objeto de un estudio más detallado. Así como las rañas y terrazas fluviales lo pueden ser de yacimientos granulares.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO 5.
RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-1	Moderado Activo	756-1	131	Cuarcita	Próximo al P.K. 13 de la carretera comarcal 413, que conduce al puerto de los Carneros
YR-2*	Alto No explotado	756-1	141c	Caliza	Próximo al P.K. 14 de la carretera comarcal 413, que conduce al puerto de los Carneros

Los yacimientos reseñados con (*) se recomiendan estudiar con más detalle por su interés potencial

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO 6.
RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG-1	Moderado Intermitente	781-4	350	Gravas silíceas	A 4 km por una pista que parte del P.K. 4 de la carretera que conduce de Siruela a Sancti-Spiritus
YG-2*	Alto No explotado	757-2	T	Gravas silíceas y arenas	Próximo a Puebla de Don Rodrigo, entre los PP.KK. 231 y 235 de la carretera nacional 430
YG-3	Sin interés Intermitente	757-1	P	Gravas silíceas	P.K. 8+300 de la carretera que conduce desde Puebla de Don Rodrigo a Arroba de los Montes
YG-4	Sin interés Intermitente	757-1	P	Gravas silíceas	P.K. 16+200 de la carretera que conduce desde Puebla de Don Rodrigo a Arroba de los Montes

Los yacimientos reseñados con (*) se recomiendan estudiar con más detalle por su interés potencial

6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- I.G.M.E., (1976).- “Mapa de Rocas Industriales. Escala 1:200.000. Hoja 60 (Villanueva de la Serena)”.

- I.G.M.E., (1976).- “Mapa Geotécnico General. Escala 1:200.000. Hoja 60 (Villanueva de la Serena)”.

- I.G.M.E., (1987).- “Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Hoja 60 (Villanueva de La Serena)”.

- I.T.G.E., (1987).- “Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja y Memoria núm. 781 (Siruela)”.

- I.T.G.E., (1987).- “Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja y Memoria núm. 782 (Valdemanco del Esteras)”.

- I.T.G.E., (1989).- “Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja y Memoria núm. 756 (Herrera del Duque)”.

- I.T.G.E., (1989).- “Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja y Memoria núm. 757 (Puebla de Don Rodrigo)”.

- MINISTERIO DE FOMENTO. DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS (En edición).- “Estudio Previo de Terrenos. Itinerario Ciudad Real-Badajoz. Tramo: Ciudad Real-Puebla de Don Rodrigo”.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO

(1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350

** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

* NEOGENO 2

2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense

1** MIOCENO

Superior	Messinense; Tortoniense	Pontiense	Pantiense s.str.; Vallesense
Medio	Serravallense; Langhiense	Helvetiense	Vindoboniense
Inferior	Burdigaliense; Aquitaniense		

* PALEOGENO 1

3** OLIGOCENO — Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense

2** EOCENO

Superior	Priaboniense=Ludense=Bartonense	
Medio	Biarritzense; Luteciense	
Inferior	Cuisiense; Ilerdiense	- Ypresiense, Sparnaciense

1** PALEOCENO — Thanetiense; Montiense; Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

* CRETÁCICO 3

2** SUPERIOR — Maestrinchtiense; Campaniense; Santoniense; Coniaciense (2); Turonense; Cenomanense — Senonense

1** INFERIOR — Albense; Aptense; Barremiense — Facies Urgoniense; Hauteriviense; Valagieniense — Neocomiense (marino); ? Berriasiense=Wealdense — Facies Wealdense (continental)

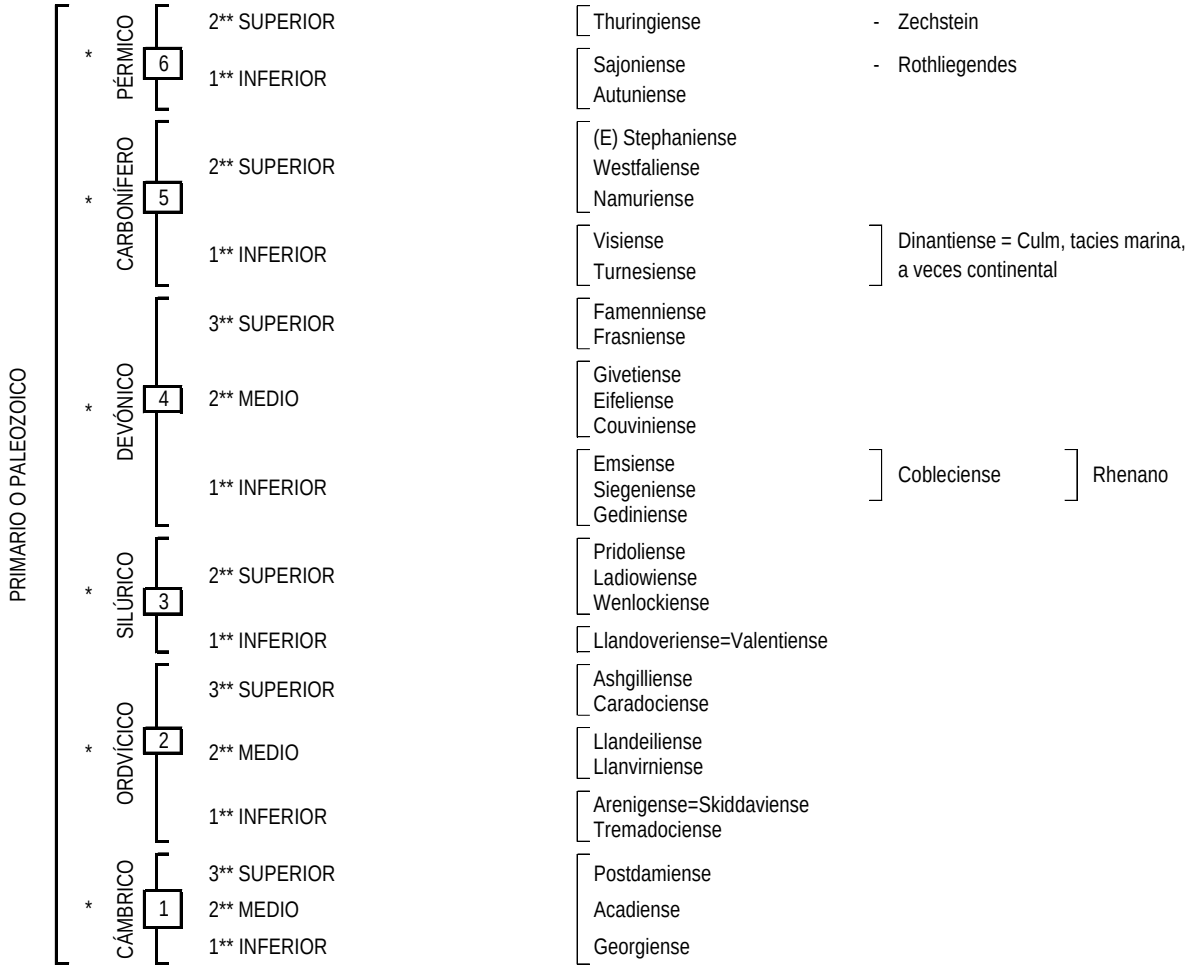
* JURÁSICO 2

3** MALM	Superior	Portlandiense=Tithonico; Kimmeridgiense; Oxfordiense
2** DOGGER	Medio	Calloviense; Bathoniense; Bajociense; Aaleniense
1** LIAS	Inferior	Toarciense; Pliensbachiense; Sinamuriense; Hettangiense

* TRIÁSICO 1

3** SUPERIOR	Retiense; Noriense; Carniense	Keuper
2** MEDIO	Ladiniense; Anisiense=Virglonense	Muschelkalk
1** INFERIOR	Werfeniense	Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, los conceptos más importantes utilizados en las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, a continuación se indican los criterios utilizados en la exposición de características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante, niveles freáticos, y otras.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los cuatro niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera excavable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con medios mecánicos normales.

b) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

c) Se consideran de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero sí lo serían utilizando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas, y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

d) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros medios violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2 a 3 kg/cm^2) produce asientos tolerables de las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado exclusivamente en las observaciones y medidas de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos de estabilidad de los taludes, asignados a los distintos materiales del Tramo, un carácter puramente estimativo, y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65º) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10º).

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

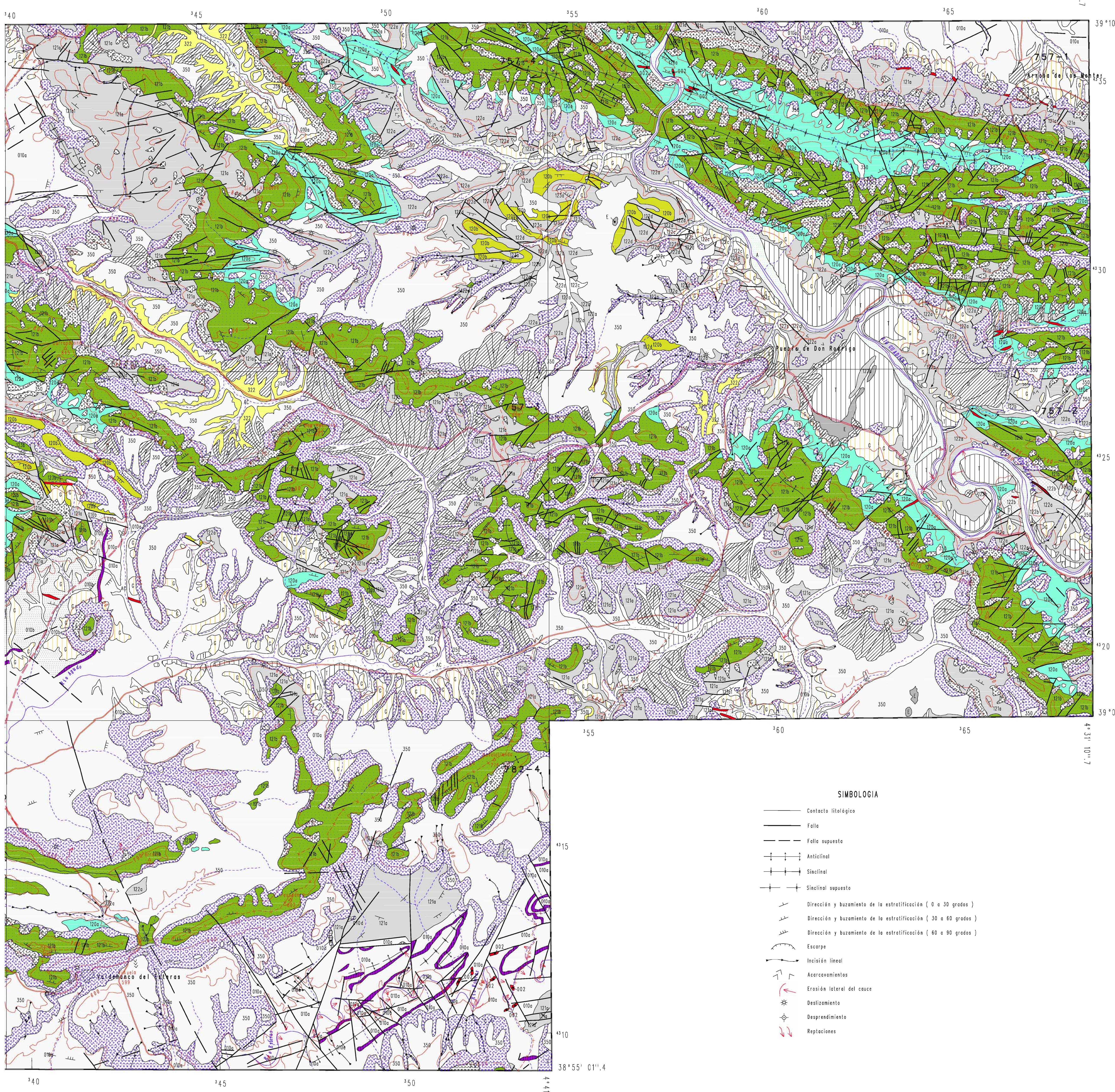
Drenaje

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

8. PLANOS

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)

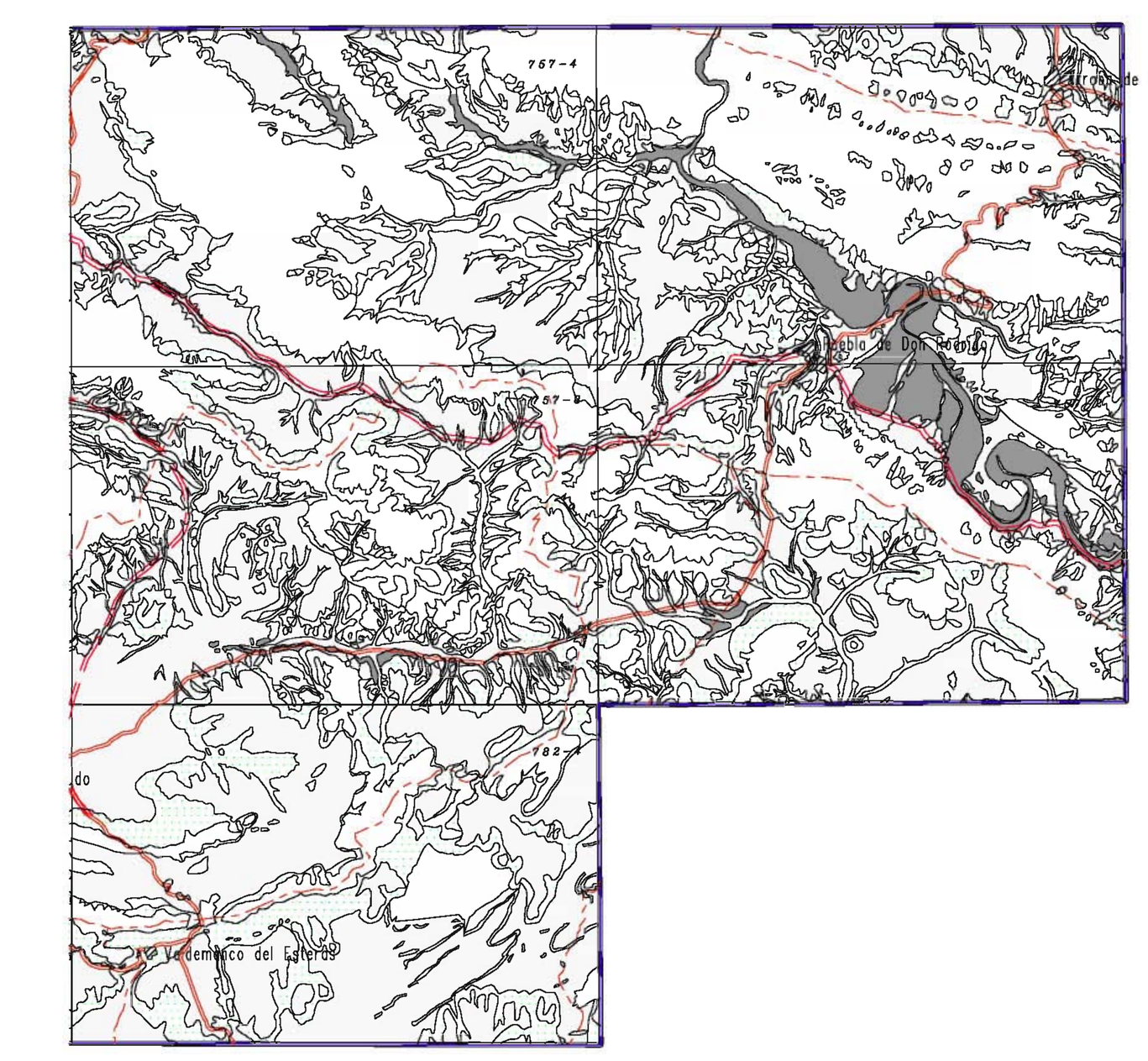


SIMBOLOGIA

- Contacto litológico
- Falla
- Falla supuesta
- Anticlinal
- Sinclinal
- Sinclinal supuesto
- Dirección y buzamiento de la estratificación (0 a 30 grados)
- Dirección y buzamiento de la estratificación (30 a 60 grados)
- Dirección y buzamiento de la estratificación (60 a 90 grados)
- Escarpe
- Incisión lineal
- Acarcavamientos
- Erosión lateral del cauce
- Deslizamiento
- Desprendimiento
- Reptaciones

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)

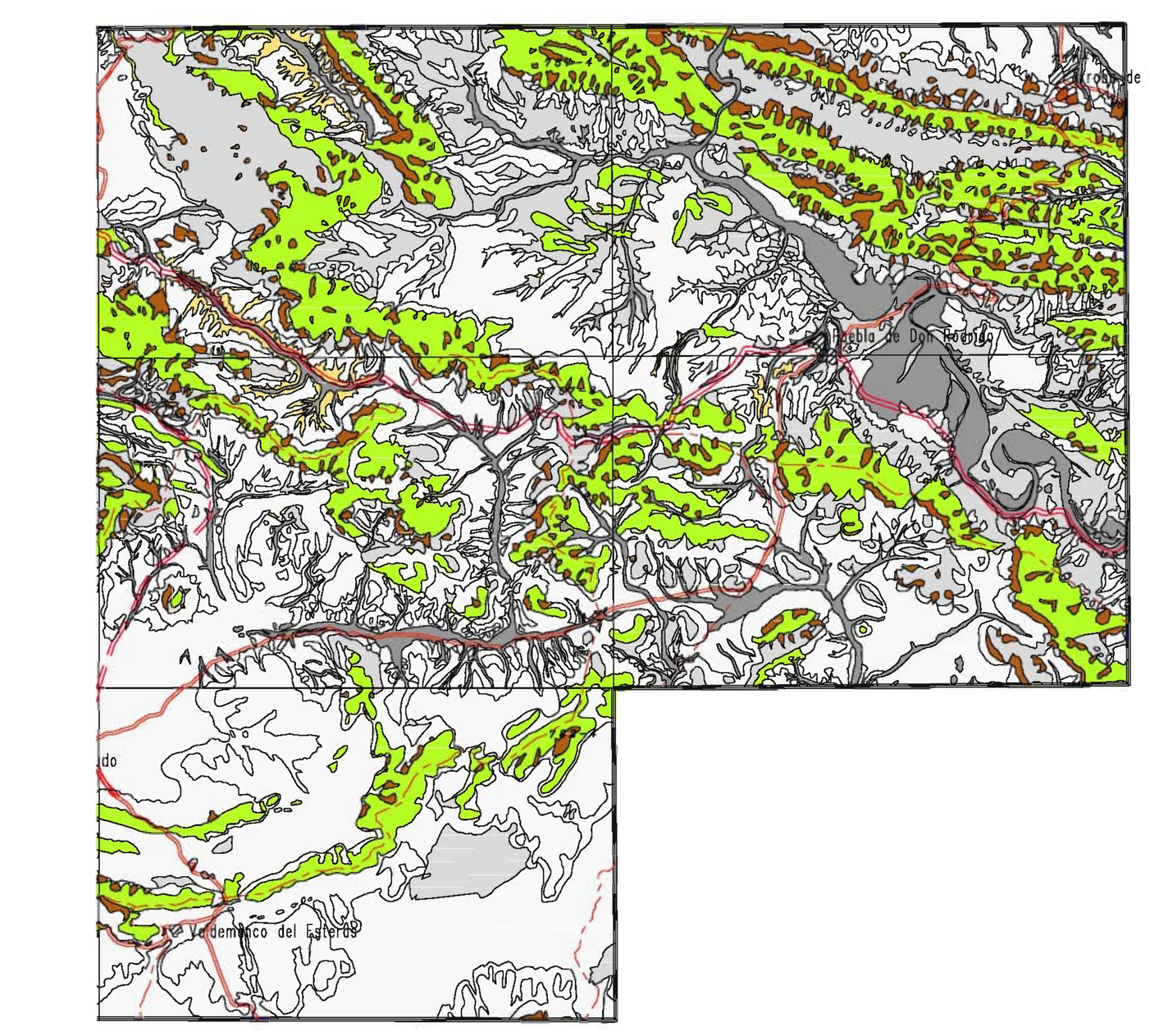


LEYENDA

- Suelos formados sobre aluviales y terrazas. Limos y arcillas moderadamente firmes, sobre lechos dispersos de gravas y arenas. Bastante materia orgánica. Permeabilidad media-alta. Materiales poco cohesivos.
- Suelos formados sobre fondos de valle y áreas endorreicas. Limos y arcillas arenosos, moderadamente firmes a muy blandos, con gravas y gravillas dispersas y alto contenido en materia orgánica. Permeabilidad baja. Materiales cohesivos.
- Suelos formados sobre conos de deyección, glacis y rañas. Gravas cuarcíticas con matriz arenosa y limo-arcillosa. En menor proporción, lechos de arenas, limos y arcillas. Permeabilidad media-alta. Materiales poco cohesivos.
- Suelos desarrollados en laderas sobre coluviales, formados por cantos cuarcíticos con matriz limo-arcillosa y arenosa. Materiales cohesivos, no cementados y con densidad floja. Permeabilidad media-baja.
- Suelos formados sobre materiales pelíticos. En áreas topográficas altas aparecen litosuelos. En las áreas más deprimidas existen horizontes de alteración edáfica, compuestos por suelos cohesivos, arcillosos, pardos. Permeabilidad baja. Su distribución y potencia son muy irregulares.
- Suelos eluviales de escasa entidad, forman recubrimientos parciales y someros de materiales predominantemente limo-arcillosos sobre formaciones de pizarra y grauvacas. Suelos cohesivos, no cementados y con densidad media o floja. Permeabilidad baja.
- Litosuelos.

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)

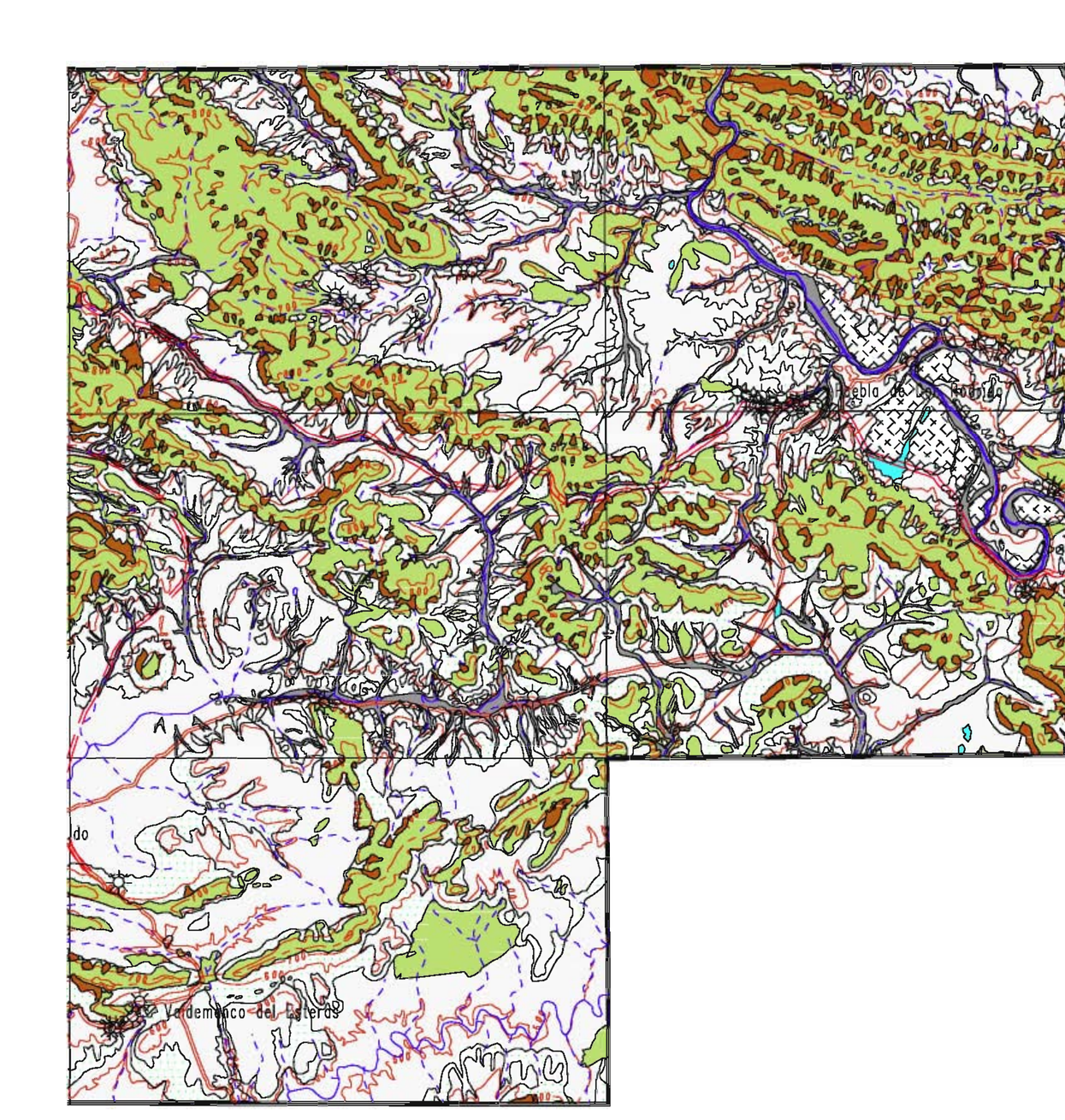


LEYENDA

- Aluviones actuales, fondos de valle, terrazas fluviales y zonas endorreicas. Problemas de dinámica fluvial. Permeabilidades de muy altas a bajas, y mala escorrentía superficial. Capacidad portante baja a muy baja, con posibilidad de asientos diferenciales. Excavable.
- Conos de deyección, glacis y rañas. Materiales formados esencialmente por gravas y arenas. Constituyen superficies planas o de muy suave pendiente y bordes escarpados afectados por inestabilidades. Formaciones permeables con un horizonte impermeable en el substrato de apoyo; sin problemas importantes en taludes naturales, o de excavación con pendientes inferiores a 1H:1V. La capacidad portante es baja a moderada, y existe la posibilidad de asientos diferenciales. Excavable.
- Coluviales. Suelos cohesivos flojos, de escasa potencia, constituidos por gravas, limos y arcillas generalmente arenosos. Materiales inmersos en procesos de inestabilidad. Permeabilidad entre baja y moderada, con una base de apoyo generalmente impermeable. Taludes de excavación con pendientes admisibles inferiores a 1H:1V. Capacidad de soporte baja a muy baja. Excavable.
- Pedreras. Fragmentos de cuarcita angulosos y sueltos. Permeabilidad muy elevada por infiltración. Taludes de excavación 3H:2V. Capacidad portante baja. Excavable.
- Formaciones de naturaleza detrítica limo-arcillosas y areno-conglomeráticas poco consolidadas. Grupo inmerso en procesos de inestabilidad en laderas. Permeabilidad variable según la naturaleza de los distintos horizontes, en general poco permeable. Desmontes con pendientes 1H:1V o más tendidas. Capacidad portante entre moderada y baja. Excavable.
- Alternancias de areniscas, cuarcitas y pizarras. Materiales de baja a muy baja permeabilidad, con infiltración a través de las discontinuidades. Taludes de excavación condicionados a la geometría de las discontinuidades y grado de meteorización. Capacidad portante alta a muy alta, en general. Ripabilidad marginal a no ripable.
- Cuarcitas, areniscas y conglomerados silíceos, con intercalaciones de pizarras. Se forman desprendimientos en los escarpes serranos que constituyen. Sólo presentan permeabilidad por fisuración. Los taludes de escavación pueden diseñarse subverticales si las discontinuidades son favorables. La capacidad portante es muy alta. No ripable.
- Pizarras ampelíticas y pizarras con intercalaciones de areniscas, cuarcitas y calizas; tramos de tufitas básicas. Presentan problemas localizados de inestabilidad superficial y profunda. Son materiales impermeables con baja infiltración por fisuración. Taludes de excavación condicionados por la geometría de las discontinuidades, sectores tectonizados y grado de meteorización. Capacidad portante moderada a alta. Ripables en general y, en menor medida, con ripabilidad marginal.
- Grupo constituido por pizarrras, grauvacas, conglomerados, bancos aislados de dolomías y diques de cuarzo. Materiales impermeables con infiltración a través de las discontinuidades. Taludes de excavación condicionados a la geometría de las discontinuidades y grado de meteorización. En taludes medios con discontinuidades favorables se pueden adoptar pendientes 1H:2V. Capacidad portante alta a muy alta, en general. Es ripable solo en los niveles superiores más descomprimidos.

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

- SIERRAS. Areas de morfología escarpada y pendientes fuertes
- VALLES. Terrenos entre sierras rellenados en el Terciario y disectados en el Cuaternario
- PEDIMENTOS Y AREAS DE MORFOLOGIA SUAVE Y ALOMADA. Presencia del zócalo Precámbrico peneplanizado. Pendientes débiles

Formas fluviales

- LLANURA ALUVIAL. Cauces actuales, llanura de inundación y/o terraza baja
- CONOS DE DEYECCION
- TERRAZAS FLUVIALES
- RIOS. Cursos fluviales continuos
- ARROYOS. Cursos fluviales estacionales o esporádicos

Formas poligénicas

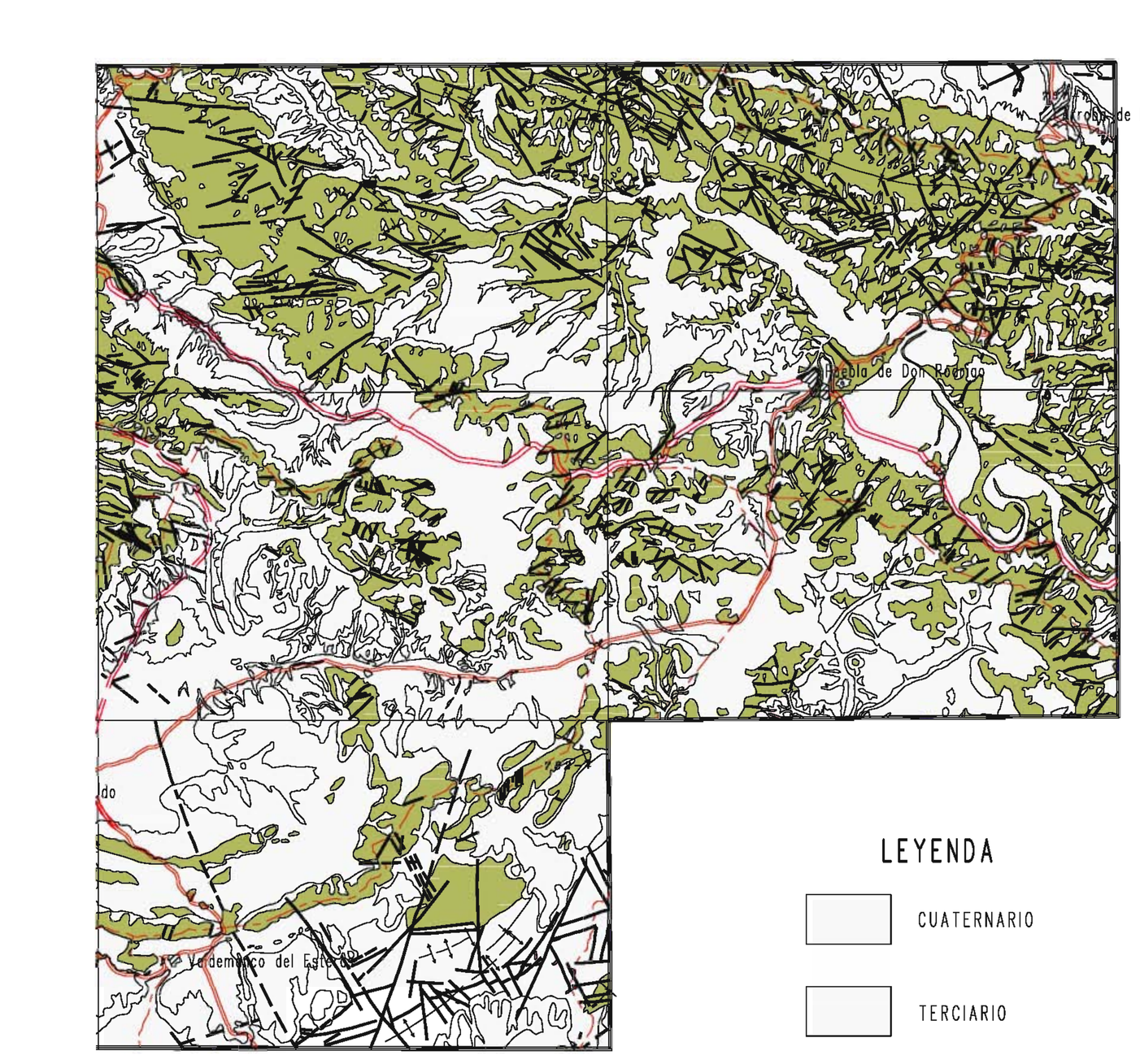
- ALUVIAL FININEOGENO (RAÑA) Y GLACIS
- ZONAS ENDORREICAS

Formas de ladera

- DERRUBIOS DE LADERA
- COLUVIONES
- DESLIZAMIENTOS
- DESPRENDIMIENTOS

ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

- CUATERNARIO
- TERCIARIO
- SILURICO
- ORDOVICICO
- PRECAMBRICO

SIMBOLOGIA

- Contacto litológico
- Falla
- Anticlinal
- Sinclinal

L E Y E N D A

DEPOSITOS RECIENTES

A — ALUVIONES ACTUALES Y LLANURA ALUVIAL. Constituidos por gravas de naturaleza cuarcítica y matriz areno-limosa. Se han englobado juntos el cauce actual, las barras de gravas y la llanura aluvial. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada-alta. Terrenos sometidos a la dinámica fluvial. Capacidad portante baja con posibles asientos diferenciales. Excavable. Util como préstamo y yacimiento granular (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 7 m).

AC — ALUVIAL - COLUVIAL (Fondos de valle). Aluviones en fondos de arroyos y vaguadas constituidos por gravas y cantos poligénicos, predominando cuarcitas, cuarzo, pizarras y grauwacas, con alta proporción de matriz de arena y limo-arcilla. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada. Terrenos sometidos a la dinámica fluvial. Capacidad portante baja con posibles asientos diferenciales. Excavable. Util como préstamo (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 5 m).

T — TERRAZAS FLUVIALES. Constituidas por gravas y cantos redondeados poligénicos de cuarcita, cuarzo y pizarras, con matriz de arena y limo. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada-alta. Taludes recomendados con pendientes entre 1,5H:1V y 1H:1,5V, y problemas de erosiones y deslizamientos por la presencia de freáticos colgados. Capacidad portante moderada con posibles asientos diferenciales. Excavable. Util como préstamo y yacimiento granular (Cuaternario. P.a.: 1 a 4 m).

D — CONOS DE DEYECCION. Integrados por cantos y gravas principalmente de cuarcitas, areniscas y pizarras, englobadas en matriz arenosa y limo-arcillosa. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada-baja. Terrenos sometidos a erosiones y aterramientos. Taludes recomendados con pendientes inferiores a 1H:1V, y problemas de erosiones y deslizamientos por la presencia de freáticos colgados. Capacidad portante moderada con posibles asientos diferenciales. Excavable. Util como préstamo (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 10 m).

G — GLACIS. Depósito tipo coluvio-glacis, formados por gravas y cantos poligénicos de cuarcita y cuarzo, con matriz arenosa, subangulosos o subredondeados. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada-alta. Terrenos con deslizamientos en los bordes aterrazados. Taludes recomendados con pendientes entre 1,5H:1V y 1H:1V, y problemas de erosiones y deslizamientos por la presencia de freáticos colgados. Capacidad portante moderada a baja. Excavable. Util como préstamo y yacimiento granular (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 5 m máximo).

C — COLUVIAL. Se trata de depósitos de gravedad-vertiente. Están formados por gravas, cantos y bloques angulosos de cuarcita con matriz limo-arenosa rojiza. En otras ocasiones están formados por cantos y gravas rodadas de cuarcita cuando se sitúan en las vertientes de la Raña, o por grauwacas y pizarras en las laderas formadas por materiales precámbricos. Se diferencian de la Raña por poseer un mayor tamaño de grano y morfoscopía más angulosa. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada-baja. Terrenos afectados por importantes procesos de instabilidad fósil, latente y activa. Taludes recomendados con pendientes comprendidas entre 1,5H:1V y 1H:1V, y frecuentes deslizamientos por la presencia de freáticos colgados. Capacidad portante muy baja a moderada. Excavable (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 10 m).

P — PEDRERAS. Depósitos formados exclusivamente por fragmentos de cuarcita, subangulosos y sin matriz. Se trata de acumulaciones en las laderas de las sierras cuarcíticas, en la cabecera de arroyos y barrancos. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad muy alta. Estabilidad precaria. Taludes recomendados con pendientes inferiores a 1,5H:1V. Capacidad portante muy baja. Excavable. Util como yacimiento granular (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 5 m).

E — ZONAS ENDORREICAS. Limos y arcillas con cantos dispersos, y ricos en materia orgánica. Son de escasa extensión y se localizan bien sobre la superficie de la Raña, o bien sobre meandros abandonados del Guadiana. Materiales impermeables. Capacidad portante muy baja (Cuaternario. P.a.: muy reducida).

FORMACIONES DETRITICAS

350 — RAÑA. Gravas, cantos y bloques de cuarcita y cuarzo, con matriz arenosa y fangosa. Se sitúan sobre planicies elevadas, a veces con suave pendiente. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada-alta. Terrenos con deslizamientos en los bordes aterrazados. Taludes recomendados con pendientes entre 1,5H:1V y 1H:1,5V, y problemas de erosiones y deslizamientos por la presencia de freáticos colgados. Capacidad portante moderada a baja. Excavable. Util como préstamo y yacimiento granular (Plioceno superior-Pleistoceno. P.a.: 0,5-10 m).

322 — Conglomerados de cuarcita con matriz arenosa en bancos métricos, alternando con niveles decimétricos y métricos de fangos edafizados con cantos dispersos. Ocasionalmente existen margas. Materiales sueltos, no consolidados y fácilmente alterables. Permeabilidad baja a muy baja. Frecuentes fenómenos de inestabilidad. Taludes recomendados con pendientes comprendidas entre 1,5H:1V y 1H:1,5V, y problemas de erosiones y deslizamientos por la presencia de freáticos colgados. Capacidad portante moderada a baja. Excavable. Util parcialmente como préstamo (Plioceno inferior. P.a.: 20-30 m máximo)

FORMACIONES PIZARROSAS Y ESQUISTO-GRAUVAQUICAS

130 — Pizarras negras con abundante contenido en materia orgánica y pirita, con finas pasadas arenosas centi-decimétricas (Ampelitas). Dureza baja y compacidad alta. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Grado de alteración moderado-alto. Permeabilidad muy baja por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, inferiores 1H:1,5V, y problemas por formación de cuñas, caídas de bloques y vuelcos. Capacidad portante moderada. Ripable (Silúrico. P.a.: 100-150 m).

123b — Grauvacas con cantos cuarcíticos dispersos. Pelitas con fragmentos ocasionales de cuarcitas. Compacidad y dureza elevadas. Materiales fuertemente plegados e intensamente fracturados. Grado de alteración débil a moderado. Permeabilidad moderada por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, inferiores a 1H:1,5V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta. Ripabilidad marginal (Ordovícico superior-Silúrico inferior. P.a.: 20-90 m).

123a — Pizarras con intercalaciones de niveles de areniscas y cuarcitas de potencia centi-decimétrica. Alternancias de areniscas, pizarras y cuarcitas en capas de 10-25 cm. Constituye una zona de relieve deprimido. Dureza y compacidad altas. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Grado de alteración moderado-alto. Permeabilidad moderada-baja por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración, corrimientos entre capas y vuelcos. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1,5H:1V y 1H:1,5V, y problemas por formación de cuñas, caídas de bloques y vuelcos. Capacidad portante moderada-alta. Ripabilidad marginal (Ordovícico superior. P.a.: 35-210 m)

122d — Pizarras limolíticas y arenosas, areniscas cuarcíticas micáceas y cuarcitas, alternantes en capas decimétricas. Dureza moderada y compacidad alta. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Grado de alteración alto. Permeabilidad moderada por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración y deslizamientos superficiales. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1,5H:1V y 1H:1,5V, y problemas por formación de cuñas, caídas de bloques y vuelcos. Capacidad portante moderada-alta. Ripabilidad marginal (Ordovícico medio. P.a.: 120 m).

122a — Pizarras gris negruzcas piritosas y pizarras con intercalaciones de areniscas y cuarcitas. Intercalan potentes tramos de tufitas básicas. Aparecen como una banda deprimida con escasos afloramientos. Dureza moderada y compacidad alta. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Grado de alteración muy alto. Impermeable. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración, deslizamientos y vuelcos. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1,5H:1V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas, caídas de bloques y vuelcos. Capacidad portante moderada a baja. Ripable (Ordovícico medio. P.a.: 500 m).

100 — Pizarras limolíticas con intercalaciones centimétricas de areniscas y cuarcitas. Ocasionalmente pueden aparecer niveles de materiales volcánicos muy alterados. Materiales fuertemente plegados y moderadamente fracturados. Grado de alteración moderado-alto en pizarras, y débil en areniscas y cuarcitas. Permeabilidad moderada a baja por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración y deslizamientos por socavación. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1H:1V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas, caídas de bloques y vuelcos. Capacidad portante moderada. Ripable a marginal (Silúrico superior-Devónico inferior. P.a.: 400-500 m).

010b — Limolitas y pelitas, en bancos decimétricos a métricos, areniscas y conglomerados. Originan resaltes en el terreno. Dureza y compacidad altas. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Grado de alteración moderado. Permeabilidad moderada. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, inferiores a 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante moderada a alta. Ripable a no ripable (Precámbrico. P.a.: 15-160 m).

010a — Grauvacas de potencia centi-decimétrica, a veces métrica, alternando con niveles de limolitas y pelitas. Dureza y compacidad altas. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Alteraciones importantes. Permeabilidad moderada. Terrenos afectados por deslizamientos de los mantos de alteración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1,5H:1V y 1H:2V, y problemas por deslizamientos, formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a baja. Ripable a no ripable, y las grauvacas son útiles como árido (Precámbrico).

FORMACIONES ARENISCOSAS Y CUARCITICAS

122c — Areniscas micáceas y cuarcitas, en bancos de orden decimétrico, con intercalaciones de pizarras limolíticas. Constituye un resalte apreciable en el terreno. Compacidad moderada-alta y dureza elevada. Materiales moderadamente plegados e intensamente fracturados. Grado de alteración débil en areniscas y cuarcitas, y moderado-alto en pizarras. Permeabilidad baja por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, próximos a 1H:1V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante moderada-alta. Ripable a marginal (Ordovícico medio. P.a.: 125 a 150 m).

121b — Ortocuarcitas estratificadas en bancos decimétricos y métricos (Facies Armoricana). Morfológicamente se presenta como un resalte de gran continuidad. Compacidad y dureza muy elevadas. Materiales intensamente plegados y fracturados. Grado de alteración débil. Terrenos afectados por corrimientos entre estratos y desprendimientos. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, variables entre 1H:1,5V y subverticales, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante muy alta. No ripable y útil como árido (Ordovícico inferior. P.a.: 300 m).

121a — Alternancia de areniscas, cuarcitas y pizarras. Morfológicamente se sitúa en las vertientes de los resaltes de la Cuarcita Armoricana y suele estar recubierto por coluviones. Compacidad y dureza altas. Materiales intensamente plegados y fracturados. Alteraciones importantes. Permeabilidad moderada-alta por fisuración. Terrenos afectados por corrimientos entre estratos. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1,5H:1V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta y baja, con posibles asientos diferenciales. No ripable (Ordovícico inferior. P.a.: 300 m, máximo).

121a1 — Conglomerados en bancos métricos, areniscas de grano grueso y cuarcitas. Compacidad y dureza altas. Materiales intensamente plegados y fracturados. Grado de alteración débil. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, próximos a 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta. No ripable (Ordovícico inferior. P.a.: 25-40 m).

120b — Cuarcitas en dos niveles métricos separados por un intermedio donde alternan cuarcitas y pizarras en capas decimétricas. Morfológicamente provoca un resalte estructural en el paisaje. Compacidad y dureza elevadas. Materiales moderadamente plegados e intensamente fracturados. Grado de alteración débil en las cuarcitas y moderado en las pizarras. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, variables entre 1H:1,5V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta. No ripable y útil como árido (Ordovícico medio-superior. P.a.: 60-80 m).

120a — Alternancia de areniscas cuarcíticas micáceas y cuarcitas, en capas decimétricas, con delgadas intercalaciones pizarrosas. Se sitúa en el reverso de las "cuestas" y "hog backs" generadas por la Cuarcita Armoricana y suele estar cubierta por los derrubios de ésta. Compacidad y dureza altas. Materiales intensamente plegados y fracturados. Grado de alteración alto. Permeabilidad alta por fisuración. Terrenos afectados por corrimientos entre estratos. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1H:1,5V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta y baja. No ripable (Ordovícico inferior-medio. P.a.: 80-200 m).

010c — Conglomerados y areniscas en cuerpos de morfología lenticular, de centenares de metros de extensión lateral. Aparecen niveles discontinuos de conglomerados de espesor métrico o decamétrico, intercalados con areniscas. Compacidad y dureza altas. Materiales moderadamente plegados y fracturados. Débil grado de alteración. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, pudiendo ser subverticales, y problemas por caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta. No ripable (Precámbrico superior. P.a.: 50 m).

FORMACIONES VOLCANICAS

122b — Tufitas en bancos de espesor métrico a decamétrico, con intercalaciones decimétricas pizarrosas. Compacidad y dureza muy elevadas. Materiales intensamente plegados y fracturados. Grado de alteración débil. Permeabilidad baja por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, próximos a 1H:3V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante muy alta. No ripable y útil como árido (Ordovícico medio. P.a.: 75-200 m).

FORMACIONES CARBONATADAS

010d — Dolomías en bancos decimétricos a métricos. Aflora de forma aislada. Compacidad y dureza altas. Materiales moderadamente plegados y fracturados. Débil grado de alteración. Permeabilidad alta por karstificación y fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, pudiendo ser subverticales, y problemas por caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta, con posibles asientos diferenciales. No ripable y útil como árido (Precámbrico. P.a.: 15 m).

OTRAS FORMACIONES

002 — Filones de cuarzo de potencia métrica. Compacidad y dureza altas. Materiales intensamente fracturados. Débil grado de alteración. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, inferiores a 1H:2V, y problemas por caídas de bloques. Capacidad portante moderada a alta. Ripable a no ripable.

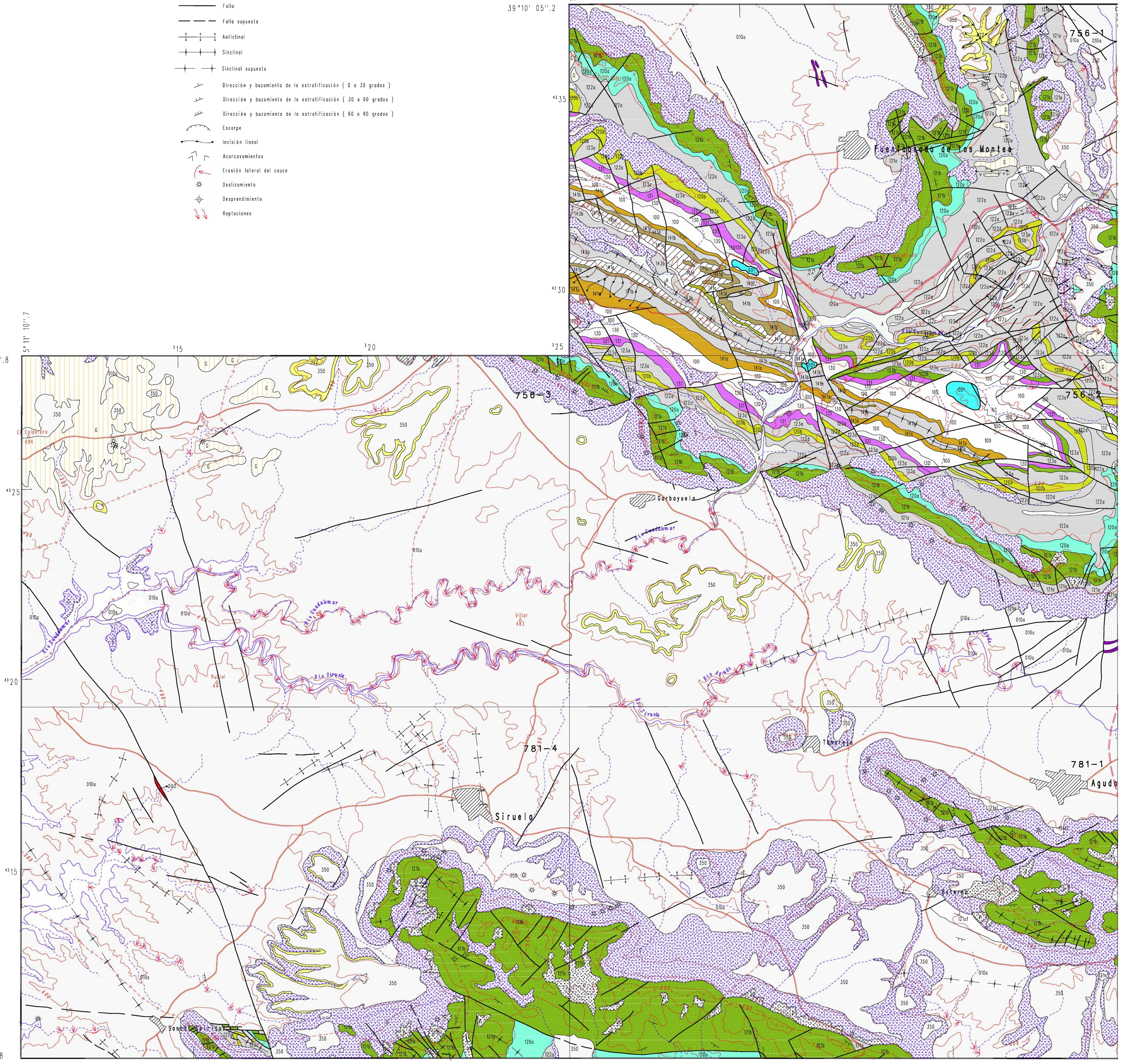
MINISTERIO DE FOMENTO	DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS SERVICIO DE GEOTECNIA	ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS ITINERARIO: MERIDA - CIUDAD REAL TRAMO: HERRERA DEL DUQUE - PUEBLA DE DON RODRIGO	CONSULTOR: U.T.E. INECO - INGEMISA	CUADRANTES HOJA: 757-1, HOJA: 757-2, HOJA: 757-3 HOJA: 757-4, HOJA: 782-4	MAPA LITOLOGICO - ESTRUCTURAL Y ESQUEMAS COMPLEMENTARIOS	ESCALAS 1: 50.000 1: 200.000 ORIGINAL	GRAFICA	FECHA: MAYO 1998	J. MARTIN CONTRERAS	REVISADO: J. SANTAMARIA ARIAS

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)

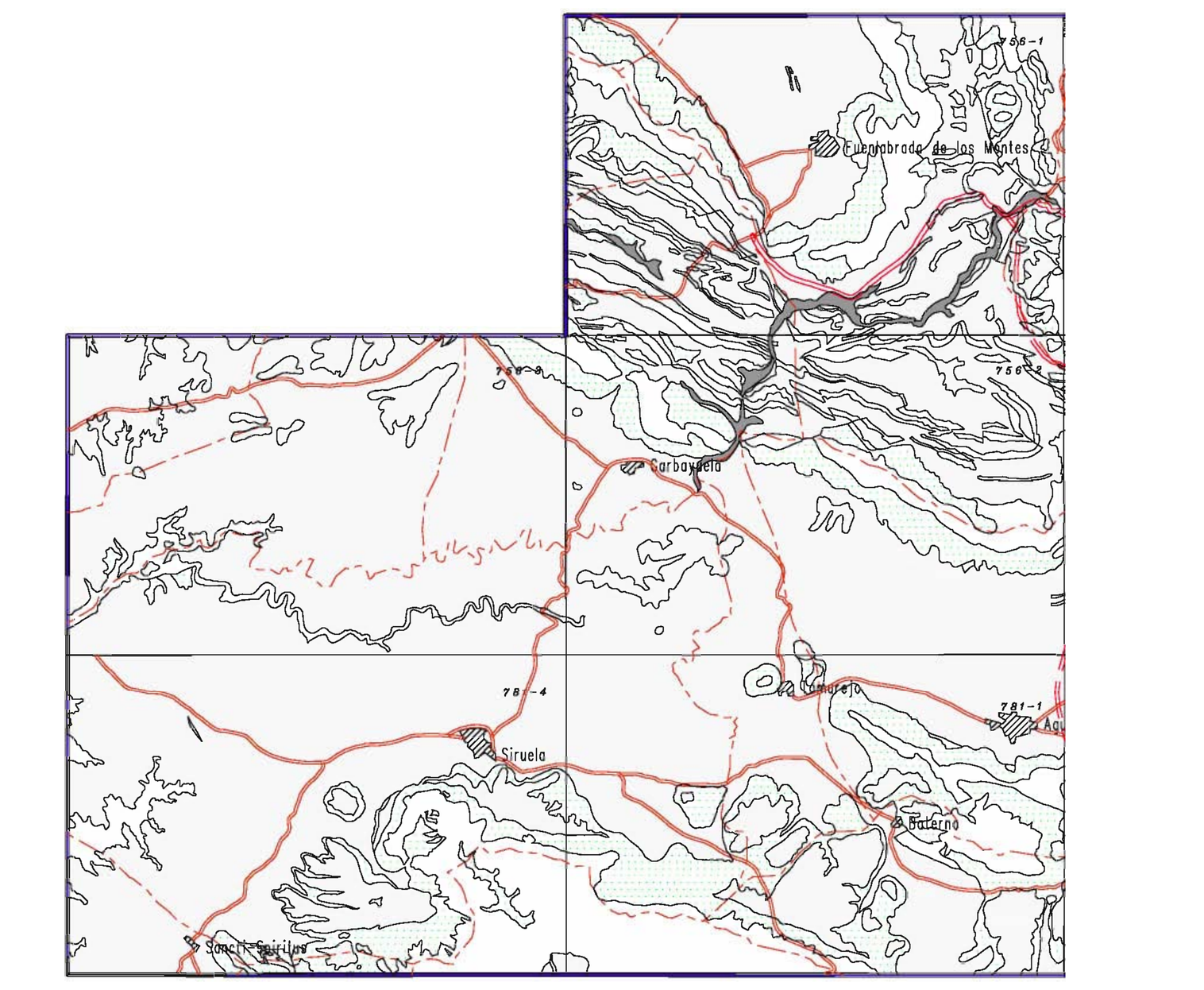
SIMBOLOGIA

- Contacto litológico
- Falla
- Falla supuesta
- Anticlinal
- Sinclinal
- Sinclinal supuesto
- Dirección y buzamiento de la estratificación (0 a 30 grados)
- Dirección y buzamiento de la estratificación (30 a 60 grados)
- Dirección y buzamiento de la estratificación (60 a 90 grados)
- Escarpe
- Incisión lineal
- Acarcavamientos
- Erosión lateral del cauce
- Deslizamiento
- Desprendimiento
- Reptaciones



ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)

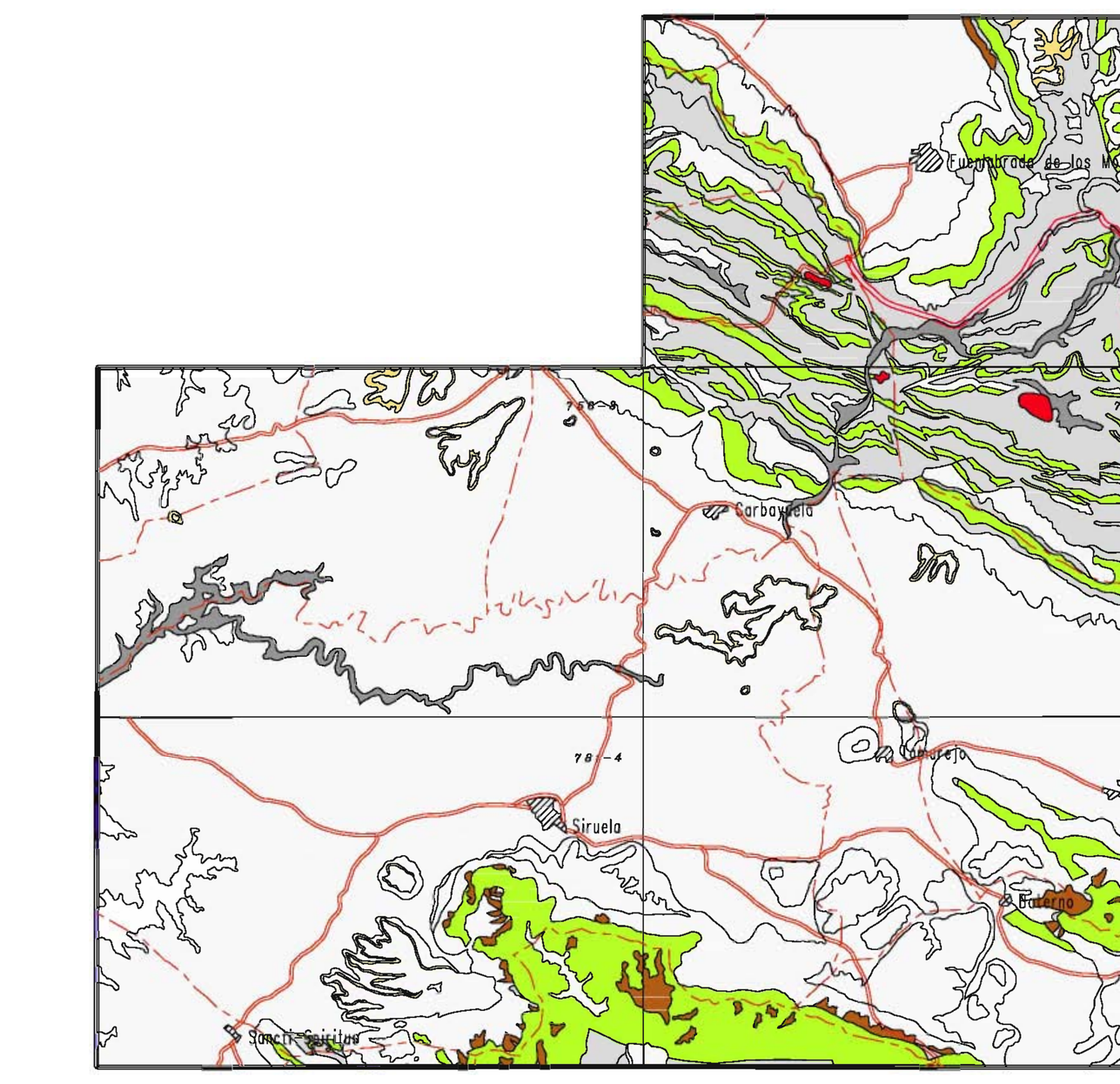


LEYENDA

- Suelos formados sobre aluviales y terrazas. Limos y arcillas moderadamente firmes, sobre lechos dispersos de gravas y arenas. Bastante materia orgánica. Permeabilidad media-alta. Materiales poco cohesivos.
- Suelos formados sobre fondos de valle y áreas endorreicas. Limos y arcillas arenosos, moderadamente firmes a muy blandos, con gravas y gravillas dispersas y alto contenido en materia orgánica. Permeabilidad baja. Materiales cohesivos.
- Suelos formados sobre conos de deyección, glacis y rañas. Gravas cuarcíticas con matriz arenosa y limo-arcillosa. En menor proporción, lechos de arenas, limos y arcillas. Permeabilidad media-alta. Materiales poco cohesivos.
- Suelos desarrollados en laderas sobre coluviales, formados por cantos cuarcíticos con matriz limo-arcillosa y arenosa. Materiales cohesivos, no cementados y con densidad floja. Permeabilidad media-baja.
- Suelos formados sobre materiales pelíticos. En áreas topográficas altas aparecen litosuelos. En las áreas más deprimidas existen horizontes de alteración edáfica, compuestos por suelos cohesivos, arcillosos, pardos. Permeabilidad baja. Su distribución y potencia son muy irregulares.
- Suelos eluviales de escasa entidad, forman recubrimientos parciales y someros de materiales predominantemente limo-arcillosos sobre formaciones de pizarra y grauvacas. Suelos cohesivos, no cementados y con densidad media o floja. Permeabilidad baja.
- Litosuelos.

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)

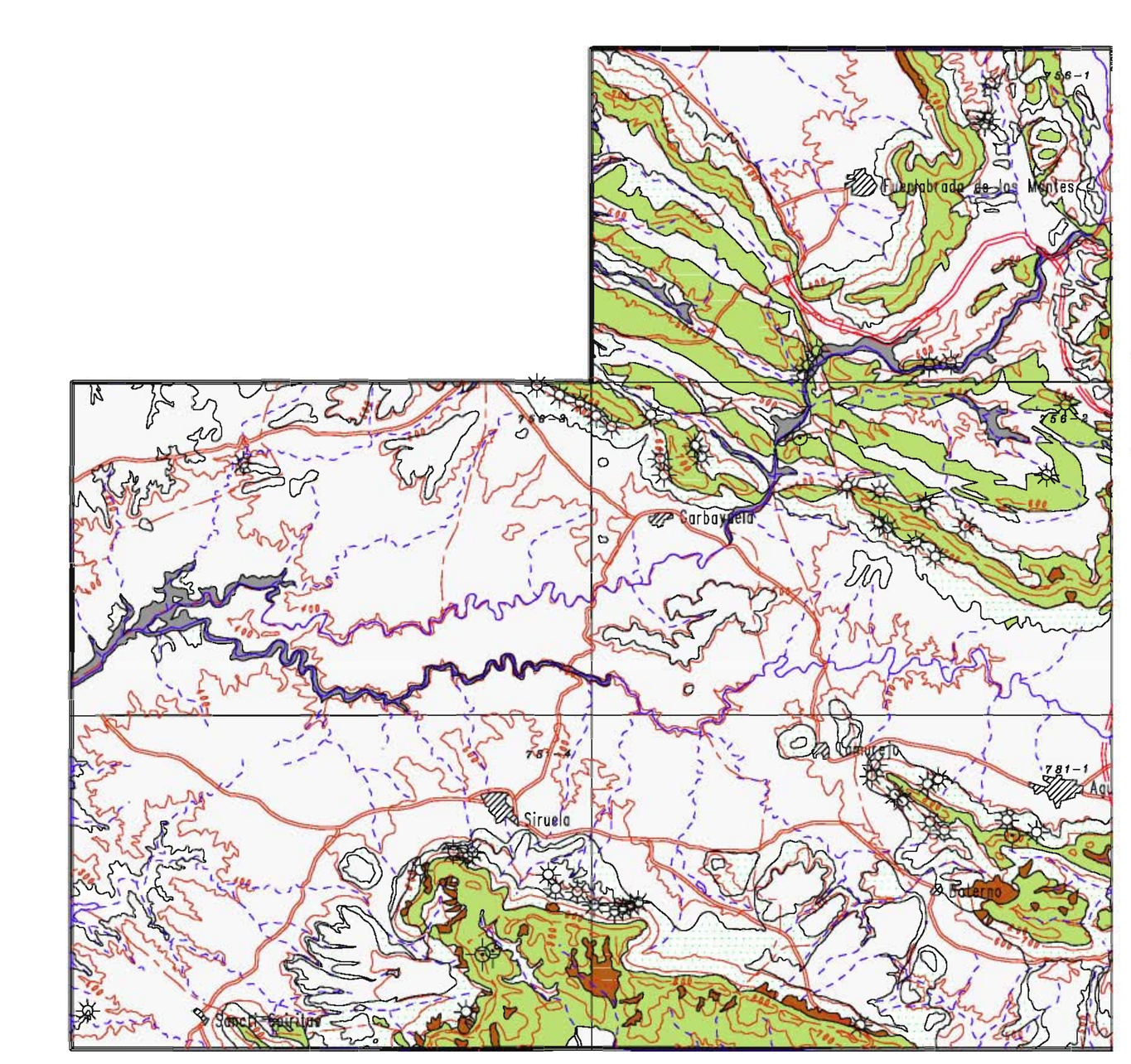


LEYENDA

- Aluviones actuales, fondos de valle, terrazas fluviales y zonas endorreicas. Problemas de dinámica fluvial. Permeabilidades de muy altas a bajas, y mala escorrentía superficial. Capacidad portante baja a muy baja, con posibilidad de asientos diferenciales. Excavable.
- Conos de deyección, glacis y rañas. Materiales formados esencialmente por gravas y arenas. Constituyen superficies planas o de muy suave pendiente y bordes escarpados afectados por inestabilidades. Formaciones permeables con un horizonte impermeable en el substrato de apoyo; sin problemas importantes en taludes naturales, o de excavación con pendientes inferiores a 1H:1V. La capacidad portante es baja a moderada, y existe la posibilidad de asientos diferenciales. Excavable.
- Coluviales. Suelos cohesivos flojos, de escasa potencia, constituidos por gravas, limos y arcillas generalmente arenosos. Materiales inmersos en procesos de inestabilidad. Permeabilidad entre baja y moderada, con una base de apoyo generalmente impermeable. Taludes de excavación con pendientes admisibles inferiores a 1H:1V. Capacidad de soporte baja a muy baja. Excavable.
- Pedreras. Fragmentos de cuarcita angulosos y sueltos. Permeabilidad muy elevada por infiltración. Taludes de excavación 3H:2V. Capacidad portante baja. Excavable.
- Formaciones de naturaleza detrítica limo-arcillosas y areno-conglomeráticas poco consolidadas. Grupo inmerso en procesos de inestabilidad en laderas. Permeabilidad variable según la naturaleza de los distintos horizontes, en general poco permeable. Desmontes con pendientes 1H:1V o más tendidas. Capacidad portante entre moderada y baja. Excavable.
- Calizas, areniscas calcáreas y pelitas. Son rocas duras y compactas. Problemas locales relacionados con desprendimientos en los bordes escarpados de la formación, zonas muy karstificadas y áreas intensamente diaclasadas. Permeabilidad alta, por fisuración y karstificación, y drenaje bueno. Taludes subverticales. Capacidad portante alta a muy alta. No ripable.
- Alternancias de areniscas, cuarcitas y pizarras. Materiales de baja a muy baja permeabilidad, con infiltración a través de las discontinuidades. Taludes de excavación condicionados a la geometría de las discontinuidades y grado de meteorización. Capacidad portante alta a muy alta, en general. Ripabilidad marginal a no ripable.
- Cuarcitas, areniscas y conglomerados silíceos, con intercalaciones de pizarras. Se forman desprendimientos en los escarpes serranos que constituyen. Sólo presentan permeabilidad por fisuración. Los taludes de escavación pueden diseñarse subverticales si las discontinuidades son favorables. La capacidad portante es muy alta. No ripable.
- Pizarras ampelíticas y pizarras con intercalaciones de areniscas, cuarcitas y calizas; tramos de tufitas básicas. Presentan problemas localizados de inestabilidad superficial y profunda. Son materiales impermeables con baja infiltración por fisuración. Taludes de excavación condicionados por la geometría de las discontinuidades, sectores tectonizados y grado de meteorización. Capacidad portante moderada a alta. Ripables en general y, en menor medida, con ripabilidad marginal.
- Grupo constituido por pizarrras, grauvacas, conglomerados, bancos aislados de dolomías y diques de cuarzo. Materiales impermeables con infiltración a través de las discontinuidades. Taludes de excavación condicionados a la geometría de las discontinuidades y grado de meteorización. En taludes medios con discontinuidades favorables se pueden adoptar pendientes 1H:2V. Capacidad portante alta a muy alta, en general. Es ripable solo en los niveles superiores más descomprimidos.
- Diabasas muy a completamente alteradas. Permeabilidad alta a moderada por porosidad. Taludes en desmonte con pendientes comprendidas entre 1H:1V y 1H:2V. Capacidad portante moderada, con posibles asientos diferenciales. Excavable.

ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

- SIERRAS. Areas de morfología escarpada y pendientes fuertes
- VALLES. Terrenos entre sierras rellenados en el Terciario y disectados en el Cuaternario
- PEDIMENTOS Y AREAS DE MORFOLOGIA SUAVE Y ALOMADA. Presencia del zócalo Precámbrico peneplanizado. Pendientes débiles

Formas fluviales

- LLANURA ALUVIAL. Cauces actuales, llanura de inundación y/o terraza baja
- CONOS DE DEYECCION
- RIOS. Cursos fluviales continuos
- ARROYOS. Cursos fluviales estacionales o esporádicos

Formas poligénicas

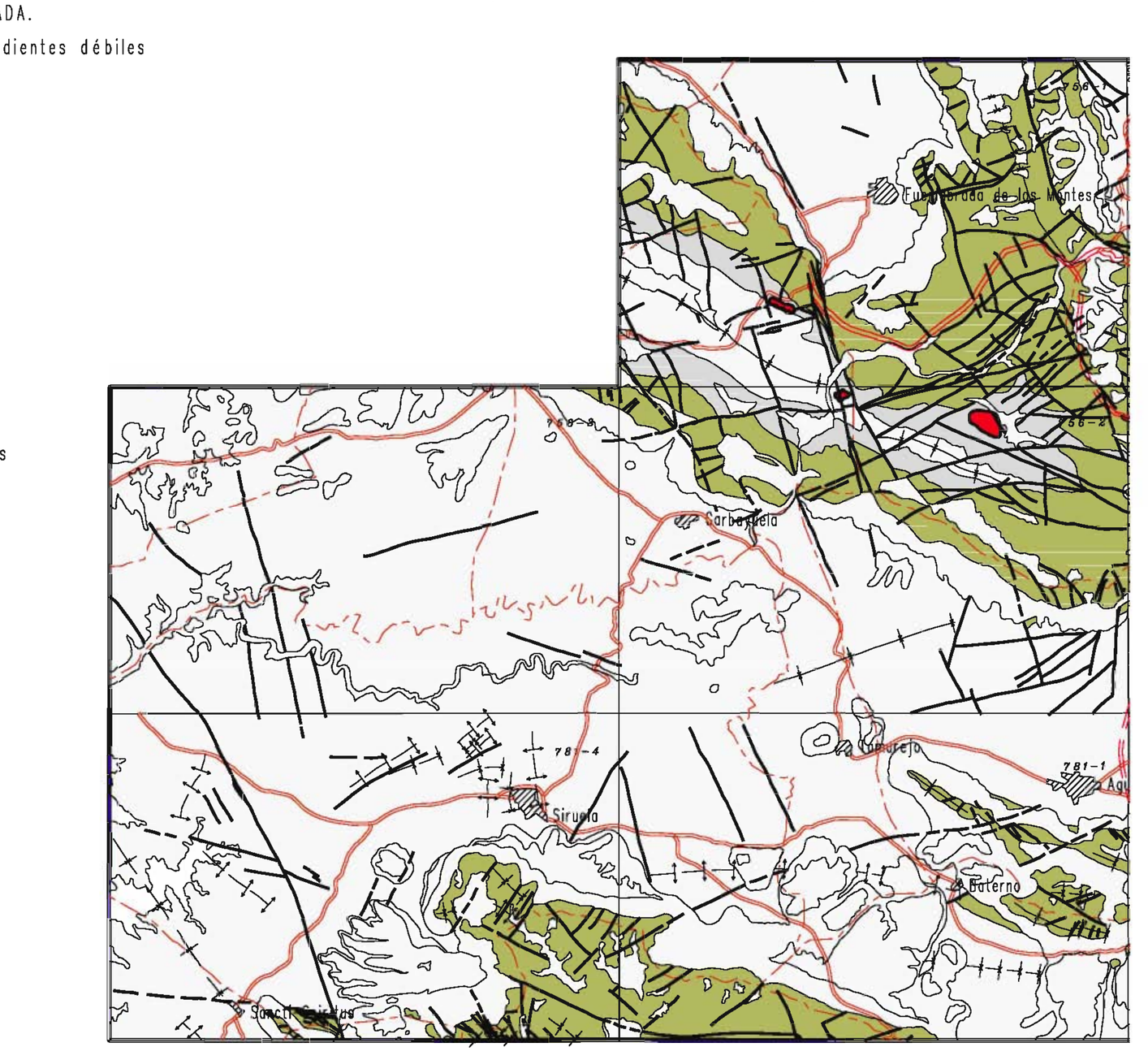
- ALUVIAL FININEOGENO (RAÑA) Y GLACIS

Formas de ladera

- DERRUBIOS DE LADERA
- COLUVIONES
- DESLIZAMIENTOS
- DESPRENDIMIENTOS

ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

- CUATERNARIO
- TERCIARIO
- DEVONICO
- SILURICO
- ORDOVICICO
- PRECAMBRICO
- ROCAS SUBVOLCANICAS. DIABASAS

SIMBOLOGIA

- Contacto litológico
- Falla
- Anticlinal
- Sinclinal

L E Y E N D A

DEPOSITOS RECIENTES

A — ALUVIONES ACTUALES Y LLANURA ALUVIAL. Constituidos por gravas de naturaleza cuarcítica y matriz areno-limosa. Se han englobado juntos el cauce actual, las barras de gravas y la llanura aluvial. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada-alta. Terrenos sometidos a la dinámica fluvial. Capacidad portante baja con posibles asientos diferenciales. Excavable. Util como préstamo y yacimiento granular (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 7 m).

AC — ALUVIAL - COLUVIAL (Fondos de valle). Aluviones en fondos de arroyos y vaguadas constituidos por gravas y cantos poligénicos, predominando cuarcitas, cuarzo, pizarras y grauwacas, con alta proporción de matriz de arena y limo-arcilla. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada. Terrenos sometidos a la dinámica fluvial. Capacidad portante baja con posibles asientos diferenciales. Excavable. Util como préstamo (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 5 m).

G — GLACIS. Depósito tipo coluvio-glacis, formados por gravas y cantos poligénicos de cuarcita y cuarzo, con matriz arenosa, subangulosos o subredondeados. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada-alta. Terrenos con deslizamientos en los bordes aterrazados. Taludes recomendados con pendientes entre 1,5H:1V y 1H:1V, y problemas de erosiones y deslizamientos por la presencia de freáticos colgados. Capacidad portante moderada a baja. Excavable. Util como préstamo y yacimiento granular (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 5 m máximo).

C — COLUVIAL. Se trata de depósitos de gravedad-vertiente. Están formados por gravas, cantos y bloques angulosos de cuarcita con matriz limo-arenosa rojiza. En otras ocasiones están formados por cantos y gravas rodadas de cuarcita cuando se sitúan en las vertientes de la Raña, o por grauwacas y pizarras en las laderas formadas por materiales precámbricos. Se diferencian de la Raña por poseer un mayor tamaño de grano y morfoscopía más angulosa. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada-baja. Terrenos afectados por importantes procesos de inestabilidad fósil, latente y activa. Taludes recomendados con pendientes comprendidas entre 1,5H:1V y 1H:1V, y frecuentes deslizamientos por la presencia de freáticos colgados. Capacidad portante muy baja a moderada. Excavable (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 10 m).

P — PEDRERAS. Depósitos formados exclusivamente por fragmentos de cuarcita, subangulosos y sin matriz. Se trata de acumulaciones en las laderas de las sierras cuarcíticas, en la cabecera de arroyos y barrancos. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad muy alta. Estabilidad precaria. Taludes recomendados con pendientes inferiores a 1,5H:1V. Capacidad portante muy baja. Excavable. Util como yacimiento granular (Cuaternario. P.a.: 0,5 a 5 m).

FORMACIONES DETRITICAS

350 — RAÑA. Gravas, cantos y bloques de cuarcita y cuarzo, con matriz arenosa y fangosa. Se sitúan sobre planicies elevadas, a veces con suave pendiente. Materiales sueltos y no consolidados. Permeabilidad moderada-alta. Terrenos con deslizamientos en los bordes aterrazados. Taludes recomendados con pendientes entre 1,5H:1V y 1H:1,5V, y problemas de erosiones y deslizamientos por la presencia de freáticos colgados. Capacidad portante moderada a baja. Excavable. Util como préstamo y yacimiento granular (Plioceno superior-Pleistoceno. P.a.: 0,5-10 m).

322 — Conglomerados de cuarcita con matriz arenosa en bancos métricos, alternando con niveles decimétricos y métricos de fangos edafizados con cantos dispersos. Ocasionalmente existen margas. Materiales sueltos, no consolidados y fácilmente alterables. Permeabilidad baja a muy baja. Frecuentes fenómenos de inestabilidad. Taludes recomendados con pendientes comprendidas entre 1,5H:1V y 1H:1,5V, y problemas de erosiones y deslizamientos por la presencia de freáticos colgados. Capacidad portante moderada a baja. Excavable. Util parcialmente como préstamo (Plioceno inferior. P.a.: 20-30 m máximo).

FORMACIONES PIZARROSAS Y ESQUISTOSO-GRAUVAQUICAS

143b — Pizarras limolíticas con intercalaciones de niveles centimétricos de areniscas y cuarcitas. Materiales fuertemente plegados y moderadamente fracturados. Grado de alteración moderado-alto. Permeabilidad baja a muy baja por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración y deslizamientos por socavación. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1H:1,5V y 1H:1V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante moderada a baja. Ripable a marginal (Devónico superior. P.a.: 80-250 m).

143a — Pizarras limolíticas con intercalaciones centi-decimétricas de areniscas y cuarcitas. Materiales fuertemente plegados y moderadamente fracturados. Grado de alteración moderado-alto en pizarras, y débil en areniscas y cuarcitas. Permeabilidad moderada a baja por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1H:1V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante moderada. Ripable a no ripable (Devónico superior. P.a.: 70 m).

141e — Pizarras laminadas con intercalaciones de areniscas de espesor centi-decimétrico. Intercalaciones de 10-20 cm de calizas microcristalinas. Materiales fuertemente plegados y moderadamente fracturados. Grado de alteración moderado-alto en pizarras, y débil en areniscas y cuarcitas. Permeabilidad baja a muy baja por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración y deslizamientos por socavación. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1H:1V y 1H:1,5V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante moderada. Ripable a marginal (Devónico inferior. P.a.: 80-100 m).

141b — Pizarras limolíticas con intercalaciones de areniscas, de espesor centi-decimétrico, con esporádicos tramos carbonatados. Materiales fuertemente plegados y moderadamente fracturados. Grado de alteración moderado-alto en pizarras, y débil en areniscas y calizas. Permeabilidad baja a muy baja por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración y deslizamientos por socavación. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1H:1V y 1H:1,5V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante moderada. Ripable a marginal (Devónico inferior. P.a.: 60 m).

130 — Pizarras negras con abundante contenido en materia orgánica y pirita, con finas pasadas arenosas centi-decimétricas (Ampelitas). Dureza baja y compacidad alta. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Grado de alteración moderado-alto. Permeabilidad muy baja por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, inferiores 1H:1,5V, y problemas por formación de cuñas, caídas de bloques y vuelcos. Capacidad portante moderada. Ripable (Silúrico. P.a.: 100-150 m).

123b — Grauvacas con cantos cuarcíticos dispersos. Pelitas con fragmentos ocasionales de cuarcitas. Compacidad y dureza elevadas. Materiales fuertemente plegados e intensamente fracturados. Grado de alteración débil a moderado. Permeabilidad moderada por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, inferiores a 1H:1,5V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta. Ripabilidad marginal (Ordovícico superior-Silúrico inferior. P.a.: 20-90 m).

123a — Pizarras con intercalaciones de niveles de areniscas y cuarcitas de potencia centi-decimétrica. Alternancias de areniscas, pizarras y cuarcitas en capas de 10-25 cm. Constituye una zona de relieve deprimido. Dureza y compacidad altas. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Grado de alteración moderado-alto. Permeabilidad moderado-baja por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración, corrimientos entre capas y vuelcos. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1,5H:1V y 1H:1,5V, y problemas por formación de cuñas, caídas de bloques y vuelcos. Capacidad portante moderada-alta. Ripabilidad marginal (Ordovícico superior. P.a.: 35-210 m)

122d — Pizarras limolíticas y arenosas, areniscas cuarcíticas micáceas y cuarcitas, alternantes en capas decimétricas. Dureza moderada y compacidad alta. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Grado de alteración alto. Permeabilidad moderada por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración y deslizamientos superficiales. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1,5H:1V y 1H:1,5V, y problemas por formación de cuñas, caídas de bloques y vuelcos. Capacidad portante moderada-alta. Ripabilidad marginal (Ordovícico medio. P.a.: 120 m).

122a — Pizarras gris negruzcas piritosas y pizarras con intercalaciones de areniscas y cuarcitas. Intercalan potentes tramos de tufitas básicas. Aparecen como una banda deprimida con escasos afloramientos. Dureza moderada y compacidad alta. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Grado de alteración muy alto. Impermeable. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración, deslizamientos y vuelcos. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1,5H:1V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas, caídas de bloques y vuelcos. Capacidad portante moderada a baja. Ripable (Ordovícico medio. P.a.: 500 m).

100 — Pizarras limolíticas con intercalaciones centimétricas de areniscas y cuarcitas. Ocasionalmente pueden aparecer niveles de materiales volcánicos muy alterados. Materiales fuertemente plegados y moderadamente fracturados. Grado de alteración moderado-alto en pizarras, y débil en areniscas y cuarcitas. Permeabilidad moderada a baja por fisuración. Terrenos con reptaciones de los suelos de alteración, deslizamientos y vuelcos. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1H:1V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas, caídas de bloques y vuelcos. Capacidad portante moderada. Ripable a marginal (Silúrico superior-Devónico inferior. P.a.: 400-500 m).

010b — Limolitas y pelitas, en bancos decimétricos a métricos, areniscas y conglomerados. Originan resaltes en el terreno. Dureza y compacidad altas. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Grado de alteración moderado. Permeabilidad moderada. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, inferiores a 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante moderada a alta. Ripable a no ripable (Precámbrico. P.a.: 15-160 m).

010a — Grauvacas de potencia centi-decimétrica, a veces métrica, alternando con niveles de limolitas y pelitas. Dureza y compacidad altas. Materiales fuertemente plegados y fracturados. Alteraciones importantes. Permeabilidad moderada. Terrenos afectados por deslizamientos de los mantos de alteración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1,5H:1V y 1H:2V, y problemas por deslizamientos, formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a baja. Ripable a no ripable, y las grauvacas son útiles como árido (Precámbrico).

FORMACIONES ARENISCOSAS Y CUARCITICAS

141d — Cuarcitas. Compacidad y dureza muy elevadas. Materiales fuertemente plegados e intensamente fracturados. Débil grado de alteración. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, generalmente subverticales, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante muy alta. No ripable y útil como árido (Devónico inferior. P.a.: 2-5 m).

141a — Cuarcitas y areniscas ferruginosas, en capas decimétricas, con intercalaciones de pizarras. Compacidad y dureza elevadas. Materiales fuertemente plegados e intensamente fracturados. Grado de alteración débil a moderado. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, próximos a 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta. No ripable (Devónico inferior. P.a.: 20 m).

131 — Cuarcitas. En ocasiones se constituyen en dos bancos cuarcíticos entre los que se encuentran pizarras y pizarras arenosas. Originan importantes resaltes topográficos. Compacidad y dureza elevadas. Materiales moderadamente plegados e intensamente fracturados. Grado de alteración débil. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, variables entre 1H:1,5V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta. No ripable y útil como árido (Silúrico inferior. P.a.: 20-60 m).

122c — Areniscas micáceas y cuarcitas, en bancos de orden decimétrico, con intercalaciones de pizarras limolíticas. Constituye un resalte apreciable en el terreno. Compacidad moderada-alta y dureza elevada. Materiales moderadamente plegados e intensamente fracturados. Grado de alteración débil en areniscas y cuarcitas, y moderado-alto en pizarras. Permeabilidad baja por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, próximos a 1H:1V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante moderada-alta. Ripable a marginal (Ordovícico medio. P.a.: 125 a 150 m).

121b — Ortocuarcitas estratificadas en bancos decimétricos y métricos (Facies Armoricana). Morfológicamente se presenta como un resalte de gran continuidad. Compacidad y dureza muy elevadas. Materiales intensamente plegados y fracturados. Grado de alteración débil. Terrenos afectados por corrimientos entre estratos y desprendimientos. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, variables entre 1H:1,5V y subverticales, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante muy alta. No ripable y útil como árido (Ordovícico inferior. P.a.: 300 m).

121a — Alternancia de areniscas, cuarcitas y pizarras. Morfológicamente se sitúa en las vertientes de los resaltes de la Cuarcita Armoricana y suele estar recubierto por coluviones. Compacidad y dureza altas. Materiales intensamente plegados y fracturados. Alteraciones importantes. Permeabilidad moderada-alta por fisuración. Terrenos afectados por corrimientos entre estratos. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1,5H:1V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta y baja, con posibles asientos diferenciales. No ripable (Ordovícico inferior. P.a.: 300 m, máximo).

121a1 — Conglomerados en bancos métricos, areniscas de grano grueso y cuarcitas. Compacidad y dureza altas. Materiales intensamente plegados y fracturados. Grado de alteración débil. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, próximos a 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta. No ripable (Ordovícico inferior. P.a.: 25-40 m).

120b — Cuarcitas en dos niveles métricos separados por un intermedio donde alternan cuarcitas y pizarras en capas decimétricas. Morfológicamente provoca un resalte estructural en el paisaje. Compacidad y dureza elevadas. Materiales moderadamente plegados e intensamente fracturados. Grado de alteración débil en las cuarcitas y moderado en las pizarras. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, variables entre 1H:1,5V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta. No ripable y útil como árido (Ordovícico medio-superior. P.a.: 60-80 m).

120a — Alternancia de areniscas cuarcíticas micáceas y cuarcitas, en capas decimétricas, con delgadas intercalaciones pizarrosas. Se sitúa en el reverso de las "cuestas" y "hog backs" generadas por la Cuarcita Armoricana y suele estar cubierta por los derrubios de ésta. Compacidad y dureza altas. Materiales intensamente plegados y fracturados. Grado de alteración alto. Permeabilidad alta por fisuración. Terrenos afectados por corrimientos entre estratos. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, variables entre 1H:1,5V y 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta y baja. No ripable (Ordovícico inferior-medio. P.a.: 80-200 m).

010c — Conglomerados y areniscas en cuerpos de morfología lenticular, de centenares de metros de extensión lateral. Aparecen niveles discontinuos de conglomerados de espesor métrico o decamétrico, intercalados con areniscas. Compacidad y dureza altas. Materiales moderadamente plegados y fracturados. Débil grado de alteración. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, pudiendo ser subverticales, y problemas por caídas de bloques. Capacidad portante alta a muy alta. No ripable (Precámbrico superior. P.a.: 50 m).

FORMACIONES CARBONATADAS

141c — Calizas microcristalinas que alternan con areniscas calcáreas y pelitas. Compacidad y dureza altas. Materiales moderadamente plegados y fracturados. Débil grado de alteración. Permeabilidad alta por karstificación. Terrenos con rellenos arcillosos en áreas karstificadas. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, próximos a 1H:2V, y problemas por formación de cuñas y caídas de bloques. Capacidad portante muy baja a alta. No ripable y útil como árido (Devónico inferior. P.a.: 4-25 m).

OTRAS FORMACIONES

002 — Filones de cuarzo de potencia métrica. Compacidad y dureza altas. Materiales intensamente fracturados. Débil grado de alteración. Permeabilidad alta por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura, inferiores a 1H:2V, y problemas por caídas de bloques. Capacidad portante moderada a alta. Ripable a no ripable.

001 — Diabasas muy alteradas. Afloramientos de contornos subelípticos o subcirculares. Compacidad y dureza bajas. Materiales intensamente fracturados y alterados. Permeabilidad moderada por fisuración. Taludes recomendados con pendientes en función de la estructura y grado de alteración, inferiores a 1H:1,5V, y problemas por caídas de bloques. Capacidad portante moderada. Ripable a marginal.

MINISTERIO DE FOMENTO	DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS SERVICIO DE GEOTECNIA	ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS ITINERARIO: MERIDA - CIUDAD REAL TRAMO: HERRERA DEL DUQUE - PUEBLA DE DON RODRIGO	CONSULTOR: U.T.E. INECO - INGEMISA	CUADRANTES HOJA: 756-1, HOJA: 756-2, HOJA: 756-3 HOJA: 781-1, HOJA: 781-4	MAPA LITOLOGICO - ESTRUCTURAL Y ESQUEMAS COMPLEMENTARIOS	ESCALAS 1: 50.000 1: 200.000 ORIGINAL	GRAFICA	FECHA: MAYO 1998	J. MARTIN CONTRERAS	REVISADO: J. SANTAMARIA ARIAS



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Ciudad Real-Badajoz

Tramo: Valdivia-Herrera del Duque



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

98-03

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Ciudad Real-Badajoz

Tramo: Valdivia-Herrera del Duque

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCION 4

2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGIA 7
2.2. TOPOGRAFIA 15
2.3. GEOMORFOLOGIA 16
2.4. ESTRATIGRAFIA 21
2.5. TECTONICA 22
2.6. SISMICIDAD 24

3. ESTUDIO DE ZONAS 25

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 25
3.2. ZONA 1: PENILLANURA PRECAMBRICA 28

3.2.1. Geomorfología 28
3.2.2. Tectónica 30
3.2.3. Columna estratigráfica 33
3.2.4. Grupos litológicos 34
3.2.5. Grupos geotécnicos 54
3.2.6. Resumen de los problemas geotécnicos que presenta la Zona 1 57

3.3. ZONA 2: SIERRAS PALEOZOICAS 58

3.3.1. Geomorfología 58
3.3.2. Tectónica 62
3.3.3. Columna estratigráfica 66
3.3.4. Grupos litológicos 66
3.3.5. Grupos geotécnicos 107
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 2 110

3.4. ZONA 3: CUENCA DE LOS RÍOS GARGÁLIGAS Y RUECAS 111

3.4.1. Geomorfología 111
3.4.2. Tectónica 114
3.4.3. Columna estratigráfica 114
3.4.4. Grupos litológicos 115
3.4.5. Grupos geotécnicos 130
3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 3 131

ÍNDICE (cont.)

Pág.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 132

4.1. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS TOPOGRAFICOS 132
4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS HIDROLOGICOS 132
4.3. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS LITOLOGICOS 134
4.4. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS 134
4.5. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOTECNICOS 135
4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 137

5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS 141

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 141
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS 141
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES 144
5.4. MATERIALES PARA PRESTAMOS 145
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE 146

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 148

7. ANEJOS 149

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 150
7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 153

1. INTRODUCCION

El objeto del presente Estudio Previo de Terrenos es establecer en lo posible, las características litológicas, estructurales y geotécnicas más sobresalientes, de los diferentes terrenos de un área determinada, con vistas a su uso en posteriores estudios relacionados con obras en las carreteras. El presente Estudio Previo, del Itinerario Ciudad Real - Badajoz, corresponde al Tramo: Valdivia - Herrera del Duque.

El Tramo Valdivia - Herrera del Duque está ubicado entre la provincias de Cáceres y Badajoz. (véase su situación en la Figura 1), y comprende las siguientes hojas y cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1 : 50.000:

Nº	Hoja	Cuadrantes
754	Madrigalejo	1 y 2
755	Navalvillar de Pela	1, 2, 3 y 4
756	Herrera del Duque	4
780	Puebla de Alcocer	1 y 2

El Estudio Previo de Terrenos consta de dos documentos: Memoria y Planos.

La Memoria está dividida en seis capítulos, cuyo contenido se describe brevemente a continuación.

El primer capítulo constituye la presente introducción al Estudio. En el segundo se realiza una descripción general del Tramo, atendiendo a sus características topográficas, geomorfológicas, estratigráficas, tectónicas y sísmicas.

El tercero de los capítulos se inicia con una división del Tramo en Zonas, según criterios geomorfológicos. Después, para cada una de las Zonas, se establecen sus caracteres geomorfológicos y tectónicos, y su columna estratigráfica, y se describen los grupos o formaciones litológicas existentes. Se termina el capitulo con un resumen de los problemas geotécnicos detectados más importantes.



FIG.1.1. ESQUEMA DE SITUACIÓN DEL TRAMO

Un resumen de los problemas generales topográficos, hidrológicos, litológicos, geomorfológicos y geotécnicos, junto con los corredores de trazado sugeridos, se presenta en un cuarto capítulo.

En el quinto capítulo se hace un estudio resumido de los yacimientos rocosos y granulares más importantes ubicados en el Tramo.

Por último, los capítulos sexto y séptimo se dedican a la bibliografía consultada y a los anejos, respectivamente.

En cuanto a los Planos, se incluyen un mapa litológico-estructural a escala 1:50.000, representando la totalidad de la extensión del Tramo, y cuatro esquemas: geológico, geomorfológico, de suelos y formaciones de pequeño espesor, y geotécnico, a escala 1:200.000.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia.

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Jesús Martín Contreras
Licenciado en Ciencias Geológicas

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. José Luis Antón Vicente
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Ricardo Fco. León Buendía
Licenciado en Ciencias Geológicas

D. Carlos León Buendía
Ingeniero de Minas

2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGIA

Para el estudio climatológico del Tramo se han seleccionado las estaciones meteorológicas de Herrera del Duque, Orellana y Talarrubias con un registro termo-pluviométrico anual completo entre los años 1966 - 1997, 1969 - 1997 y 1984 - 1993, respectivamente. Estos períodos se consideran aptos para obtener los valores de los promedios de los datos, denominados “Normales Climatológicas Estandard” según recomienda la organización Meteorológica Mundial para la clasificación meteorológica.

El Tramo de estudio se encuentra situado en la región extremeña, dentro de la comarca del Guadiana, y caracterizado por un clima templado, poco lluvioso con amplias variaciones térmicas estacionales.

Los meses más fríos del año lo constituyen el conjunto de diciembre y enero, siendo enero el más gélido de ambos, con una media mensual entre 7’2 º C, de Herrera del Duque, y 7’9 º C, de Orellana. El mes más cálido es julio con valores entre 26’6 º C, de Orellana, y 27’4 º C, de Herrera del Duque. En este sentido, la amplitud térmica anual se eleva a 20’2 º C en la estación de Herrera del Duque, y pasa por ser de las más rigurosas de la Península Ibérica. Si se contrastan los datos térmicos de las estaciones de Orellana con los de Herrera del Duque, se observa que los valores de Orellana son más suaves, la amplitud térmica anual es de 18’7 º C, 1’5 º C menor que la de Herrera del Duque. Esto se puede explicar por el efecto regulador del gran embalse de Orellana y/o a que Herrera del Duque se encuentra a los pies de un área de serrezuelas.

Como se puede observar en la pendiente de la media mensual de las temperaturas de las figuras 2, 3 y 4 en otoño el descenso térmico es mucho más brusco que el paso de la primavera al verano. El mayor descenso de la temperatura se produce entre los meses de septiembre y octubre, con una diferencia térmica media de 5’8 º C en las estaciones de Talarrubias y Herrera del Duque. Este rápido descenso se mantiene hasta enero.

La estación meteorológica que registra un índice pluviométrico mayor es la de Herrera del Duque, la más septentrional, y rodeada de sierrezuelas que juegan un importante factor topográfico. En el tramo de estudio, las cantidades anuales de lluvia oscilan entre 502’4 mm, para la estación de Orellana, y 694’9 mm, en Herrera del Duque.

Las lluvias llegan en otoño, y es en invierno donde se registra el máximo porcentaje pluviométrico. El descenso comienza en primavera, pero en el mes de abril se registra un pequeño máximo de precipitaciones que va disminuyendo paulatinamente hasta el verano.

El mes más lluvioso es diciembre con 102’4 mm de media mensual en Herrera del Duque, 75’2 mm en Talarrubias y 67’4 mm en Orellana. El mes con menos precipitaciones es julio, donde se recogen 4’2 mm de media mensual en Orellana, 5’8 mm en Talarrubias y 9’5 mm en Herrera del Duque, alcanzándose en este mes el máximo estival. El período seco abarca desde Junio a Septiembre, definido por precipitaciones mensuales medias menores a 30 mm.

El carácter torrencial de las precipitaciones de principio y final del período seco se hace patente en la estación de Herrera del Duque (la más completa), con dos máximos muy claros en junio y septiembre con 14 y 11 días de tormenta respectivamente. Un dato a tener en cuenta es la precipitación máxima en 24 horas, por su incidencia en obras civiles. En la estación de Talarrubias, el valor máximo mensual de la precipitación máxima en 24 horas se registra en agosto con 72 mm, y tan sólo posee 0’96 días de media de lluvia al mes. Es decir, que en una tormenta estival, se puede descargar toda la precipitación de un mes de invierno. Este datos da una idea muy clara del tipo de precipitación (gota fría) que se puede dar en el Tramo, y debería tenerse muy en cuenta en el dimensionamiento y ubicación geográfica de las obras a realizar.

FIGURA 2

DATOS PLUVIOMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN DE HERRERA DEL DUQUE 1966 – 1997

DATOS DE PRECIPITACIÓN

	Total mensual	Máx. 24 horas	Días lluvia	Dias nieve	Días tormenta	Días de niebla	Días escarcha
ENERO	95,2	77	69.063	0	0.03125	17.188	28.438
FEBRERO	94,3	75,8	6.375	0	0.09375	10.625	1.125
MARZO	50,5	47	4.25	0	0.34375	0.25	0.125
ABRIL	66,8	59,3	64.375	0	0.6875	0.125	0
MAYO	54,4	53,5	60.938	0	1.125	0.15625	0
JUNIO	32,7	44	3.625	0	14.375	0	0
JULIO	10	50	13.438	0	1.125	0	0
AGOSTO	11,4	65	1.25	0	0.9375	0	0
SEPTIEMBRE	25,8	40,8	28.125	0	11.563	0.0625	0
OCTUBRE	63,3	54,4	61.875	0	0.3125	0.40625	0
NOVIEMBRE	88,6	73	66.563	0	0.15625	13.438	0.3125
DICIEMBRE	102,4	62,4	6.125	0	0.15625	23.125	16.563

Prec. media anual	694,9

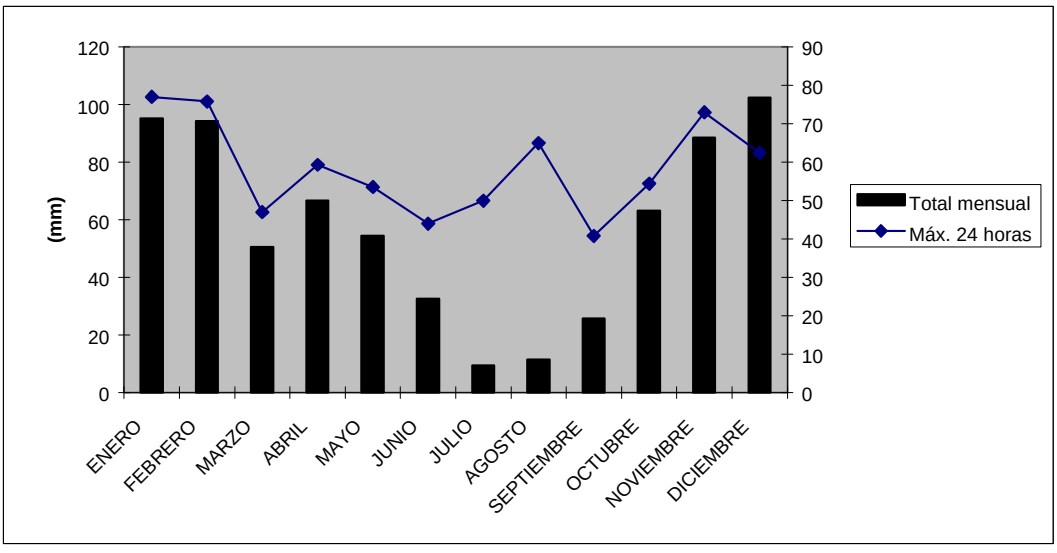


FIGURA 2

DATOS PLUVIOMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN DE HERRERA DEL DUQUE 1966 – 1997

DATOS DE TEMPERATURA

	Extr. de máxima	Media de máxima	Extr. de mínima	Media de mínima	Media mensual
ENERO	20,4	11,8	-5,2	2,5	7,2
FEBRERO	24	13,8	-5	3,6	8,7
MARZO	27,8	17,7	-4	5,5	11,6
ABRIL	32	19,9	-1	7,6	13,8
MAYO	36	24,2	2	11,1	17,6
JUNIO	43,4	30,2	6	15,7	22,9
JULIO	45	35,5	9,6	19,4	27,4
AGOSTO	44	34,6	10,2	18,8	26,7
SEPTIEMBRE	44	30	7	15,8	22,9
OCTUBRE	34,2	23,1	1,2	11,2	17,1
NOVIEMBRE	29	17,1	-3	6,5	11,8
DICIEMBRE	20,6	12,4	-5	3,4	7,9

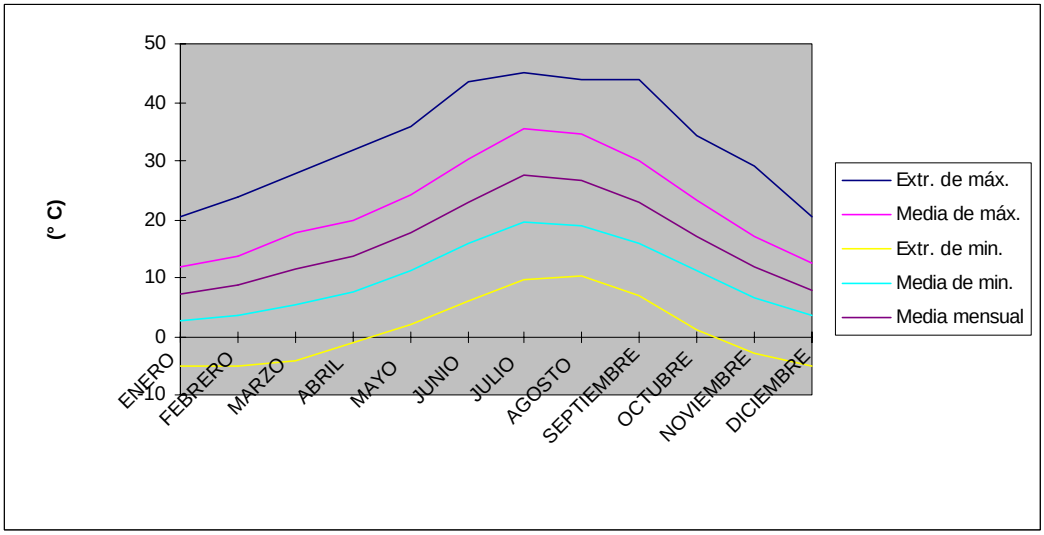


FIGURA 3

DATOS PLUVIOMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN DE ORELLANA 1969 – 1997

DATOS DE PRECIPITACIÓN

	Total mensual	Máxima 24 horas	Días nieve	Días escarcha
ENERO	61,5	45	0	0
FEBRERO	66	36	0	0
MARZO	45,8	40	0	0
ABRIL	46,2	31	0	0
MAYO	39,6	27	0	0
JUNIO	27,8	50	0	0
JULIO	4,2	11	0	0
AGOSTO	12,5	53	0	0
SEPTIEMBRE	22,2	33	0	0
OCTUBRE	48,1	56	0	0
NOVIEMBRE	60,9	40	0	0
DICIEMBRE	67,4	38	0	0

Prec. media anual	502

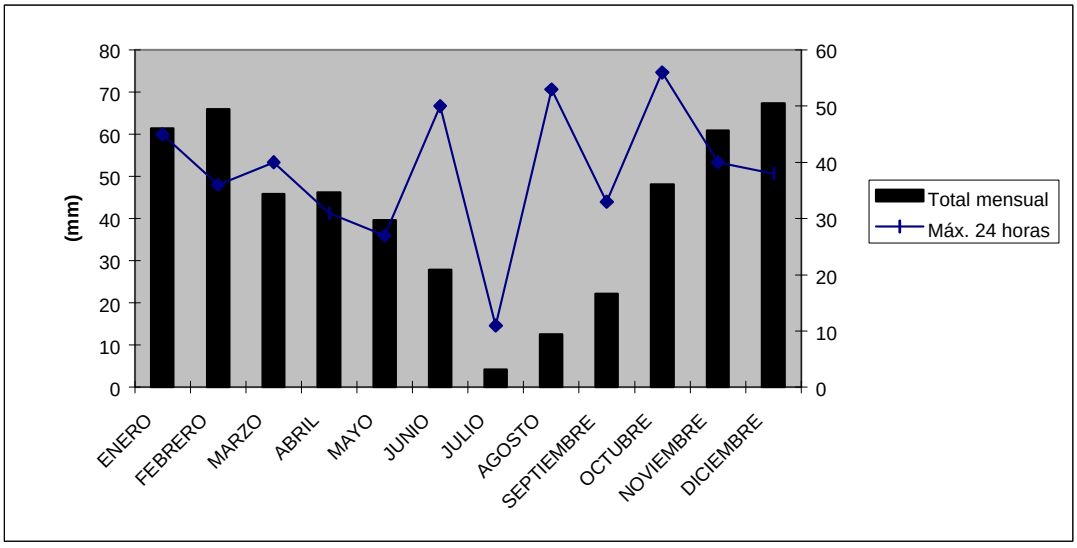


FIGURA 3

DATOS PLUVIOMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN DE ORELLANA 1969 – 1997

DATOS DE TEMPERATURA

	Extr. de máxima	Media de máxima	Extr. de míni-ma	Media de mínima	Media mensual
ENERO	30	12,4	-7	3,4	7,9
FEBRERO	30	13,9	-5	4,2	9
MARZO	34	17,9	-4	5,9	11,9
ABRIL	34	20,1	-4	8	14
MAYO	39	24,8	2	10,9	17,9
JUNIO	42	30,5	7	15,3	22,9
JULIO	43	34,4	9	18,9	26,6
AGOSTO	44	33	6	17,8	25,4
SEPTIEMBRE	40	29,1	5	15,2	22,2
OCTUBRE	38	22,8	0	11,1	16,9
NOVIEMBRE	33	16,4	-3	6,8	11,6
DICIEMBRE	28	12,5	-9	4	8,2

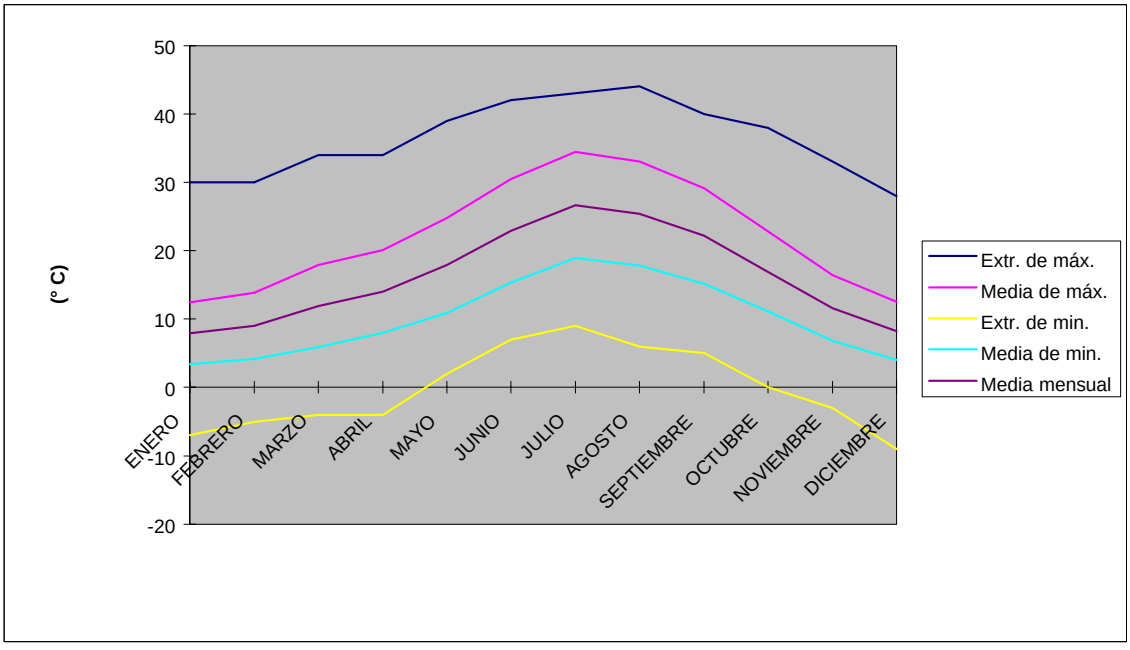


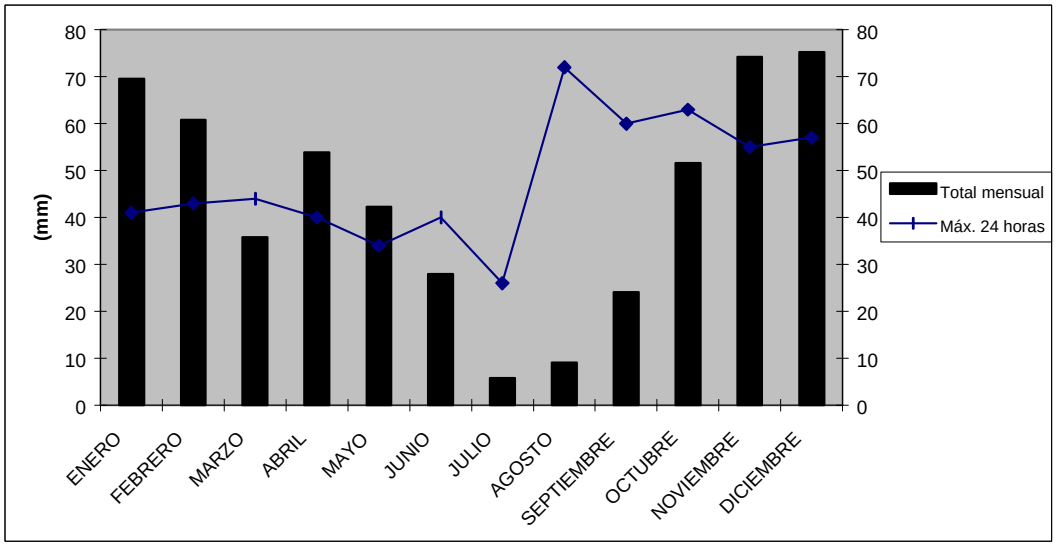
FIGURA 4

DATOS PLUVIOMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN DE TALARRUBIAS 1984 – 1993

DATOS DE PRECIPITACIONES

	Total mensual	Máxima 24 horas	Días lluvia	Días nieve	Días escarcha
ENERO	69,6	41	6,15	1	0
FEBRERO	60,8	43	5,59	0	0
MARZO	35,8	44	4,09	0	0
ABRIL	53,8	40	5,31	0	0
MAYO	42,3	34	5,37	0	0
JUNIO	27,9	40	3,12	0	0
JULIO	5,8	26	1,18	0	0
AGOSTO	9,1	72	0,96	0	0
SEPTIEMBRE	24,1	60	2,53	0	0
OCTUBRE	51,6	63	5,65	0	0
NOVIEMBRE	74,2	55	5,75	0	0
DICIEMBRE	75,2	57	6,4	0	0

Prec. media anual	530,2



2.2. TOPOGRAFIA

El territorio ocupado por el Tramo de estudio queda incluido en lo que Hernández Pacheco (1960) denominó como Vegas Altas del Guadiana, de dirección NE-SO. Se trata de un territorio dominado por terrenos peneplanizados y disectados por una red fluvial no muy profundamente encajada, salvo en los cursos fluviales principales, Guadiana y Cijara. Esto da como resultado la creación de un relieve alomado con interfluvios planos. Sobre este territorio, que se alza entre los 250 y 750 metros, destaca una serie de sierras, de agreste paisaje, que se suelen orientar en la dirección NO-SE. Estas sierras se constituyen unas veces como una sola alineación de cumbres, como puede ser el caso de las sierras del Castillo y Lares al sur de la Puebla de Alcocer, y otras como alineaciones paralelas que dejan valles entre si, en las que a su vez puede darse una subdivisión en valles más estrechos por la intercalación de cuerdas de menor elevación paralelas a la sierras principales. Este es el caso del área comprendida entre la sierra de los Golondrinos y su prolongación en la sierra de la Consolación, que conforma su flanco norte, en cuyas cumbres se sitúa el vértice del Romquillo con 756 metros, y la sierra de la Chimenea, prolongada por la sierra del Escorial que conforma el flanco sur, en donde se da la elevación más alta del Tramo (773 metros en el vértice Santa Catalina). Entre ambas alineaciones montañosas situadas en el ángulo noreste del Tramo, orientadas de NO a SE y separadas entre si unos 5 kilómetros, se intercalan una serie de sierras menores “cordeles” que dejan entre si valles por donde discurren arroyos como los de Valdenmedio y Valmayor. Estos arroyos van a desembocar al embalse de García Sola, cuya cerrada interrumpe el curso de río Guadiana en el tajo que, en las sierras del flanco sur, efectúa este cauce fluvial al atravesarlas más o menos perpendicularmente.

Otro conjunto de sierras, como las nucleadas sobre la sierra de Pela en la esquina suroeste del Tramo, rompen con la dirección normal NO-SE para configurarse en formas arqueadas semicirculares, o elípticas abiertas hacia el norte. El punto más elevado de estas sierras se sitúa en el vértice Sierra Morena de la sierra de Pela con 724 metros.

Las sierras enlazan con las superficies peneplanizadas y alomadas, mediante laderas que arrancan con fuertes pendientes desde las agrestes cresterías y escarpes que conforman los interfluvios serranos. Estas pendientes se van suavizando a medida que descienden, para llegar a enlazar casi sin solución de continuidad, en muchas ocasiones, con los restos de la plataforma disectada heredada de la peneplanización terciaria.

2.3. GEOMORFOLOGIA

Desde el punto de vista geológico, el territorio ocupado por el Tramo en estudio, se inscribe en la zona Centro-Ibérica del Macizo Hespérico, cuyo complejo litológico más característico es el esquisto-grauváquico. Este, aflora en amplios anticlinorios y constituye normalmente terrenos de suaves lomas con interfluvios planos, o suavemente tendidos, constituyendo el relieve básico del Tramo. Es decir, una penillanura disectada por las redes fluviales de los ríos Guadiana y Zujar, cuyos valles se encuentran ocupados por los amplios embalses de Orellana y García Sola, y Zujar y La Serena respectivamente. (Foto 1).

Sobre esta peneplanicie se elevan una serie de sierras agrestes conformadas por las estrechas bandas de sinclinales paleozoicos en cuyos núcleos afloran las cuarcitas ordovícicas de Arenig, que han actuado como el esqueleto duro que ha resistido al proceso de denudación de los materiales paleozoicos. Estas sierras se constituyen como relieves invertidos apalachienses orientados normalmente en la dirección hercínica NO-SE tal y como ocurre con las sierras situadas en la mitad este del Tramo (sierras de la Chimenea, Escorial y Golondrinos). En otros casos, como consecuencia de inflexiones muy importantes en los ejes de plegamiento, que llegan a tomar direcciones norteadas y dan lugar a cierres periclinales de las estructuras paleozoicas, las sierras se configuran como relieves invertidos con formas circulares o elípticas que se abren al norte. Este es el caso de la sierra de Pela a cuyo pie se localiza la población de Orellana la Vieja.

Además de las sierras paleozoicas y los terrenos peneplanizados del complejo esquisto-grauváquico, el esquema geomorfológico del Tramo se completa con un área asociada a terrenos de edad terciaria y cuaternaria que conforman un paisaje de suave morfología en amplias zonas de vegas asociadas a los cursos de los ríos Gargáligas y Ruecas.

Los depósitos que se superponen al zócalo precámbrico paleozoico, forman una epidermis sedimentaria que, salvo en el sector ocupado por la cuenca de los ríos Gargáligas y Ruecas, constituyen una ligera cubierta que difícilmente superan los 3 metros de espesor.



Foto 1. Panorama de la zona de estudio desde el castillo de la Puebla de Alcocer, situado en la sierra del Castillo. A la derecha de la foto la población de Puebla de Alcocer, y a la izquierda la de esparragosa de Lares. Ocupando la mayor parte de la foto, la penillanura precámbrica constituida por la serie esquisto-grauváquica. Esta se encuentra disectada a la derecha por el río Guadiana (embalses de Orellana y García sola), y a la izquierda por el curso del río Zujar (embalses de Zujar y la Serena, fuera de la fotografía).

La evolución geomorfológica del área de estudio arranca en el paleógeno, donde se elabora una superficie erosiva que se localiza actualmente en las elevaciones montañosas del borde meridional de la cuenca. Se trata de superficies que culminan cumbres en las alineaciones montañosas. La posterior fracturación de esta superficie, al final del paleógeno, creó un sistema de umbrales y surcos que sirvió para delimitar las cuencas interiores del Macizo Hespérico y los sectores de aporte.

Al final del relleno de las cuencas interiores se produce una reactivación tectónica del zócalo conocida como “fase iberomanchega”, causante principal del rejuvenecimiento del relieve. A consecuencia de ella los depósitos neógenos sufren dislocaciones y son erosionados a la vez que se labra una nueva superficie erosiva sobre la que se depositan materiales de aluvión que constituyen lo que se conoce como rañas.

Durante el cuaternario, el encajamiento de la red fluvial sobre la superficie de la raña, que colmata las cuencas interiores apoyándose indistintamente sobre el substrato precámbrico - paleozoico y neógeno, va creando toda una serie de plataformas escalonadas, a veces en imperceptible descenso de nivel, que van heredando los materiales aluvionales del depósito primigenio e incorporando otros en razón de las áreas de erosión.

Un elemento muy importante en el proceso geomorfológico desde el Mesozoico a la actualidad, lo constituye el factor alteración en los materiales del zócalo precámbrico. En diversas épocas en el transcurso de los tiempos mencionados, especialmente durante la fase paleógena y la que dará lugar posteriormente a la deposición de la raña, el clima favoreció la creación de un manto de alteración profunda y creó depósitos de tipo lateritas. La erosión de estos materiales alterados y su transporte a las cuencas creadas durante el neógeno dan lugar a una serie sedimentaria, caracterizada por el predominio de sedimentos arcillosos de tonos variolados entre los que se intercalan horizontes detríticos más gruesos.

Los terrenos de alteración más profunda están normalmente asociados a las áreas circundantes a las sierras paleozoicas. El manto de alteración es extraordinariamente penetrativo en los sectores de alto diastrofismo y las zonas ocupadas por los materiales paleozoicos y en especial en las zonas de contacto de las series cuarcíticas con las pizarrosas del Precámbrico o Cámbrico - Tremadoc. Así, es muy frecuente encontrar en estas áreas pizarras profundamente caolinizadas, brechas cuarcíticas (en donde la matriz es una arcilla ferruginosa muy plástica y los cantos de cuarcita han sido transformados en cantos de arenisca deleznable), o formaciones de brechas y conglomerados en la base del neógeno, en la raña y en coluviones más antiguos, en donde los fenómenos de arenización y rubefacción son muy intensos.

En relación con estas superficies de alteración, en las laderas de las sierras paleozoicas, se han desarrollado durante el cuaternario fenómenos de inestabilidad gravitacional que han implicado a amplias áreas y que en la actualidad permanecen en un estadio latente y circunstancialmente activo.

La naturaleza impermeable, tanto del manto de alteración como del complejo estratigráfico esquisto - grauváquico del precámbrico, sobre los que se apoya y encajan los relieves estructurales invertidos paleozoicos, es la causa de la abundancia de manantiales al pie de las sierras, en donde tienen su frente el manto de derrubios. Estos mantos arrancan de las agrestes cresterías cuarcíticas del arenig donde recubren, sin solución práctica de continuidad, toda la ladera. Estas aguas, por otra parte, contribuyen substancialmente en la actividad de los procesos inestables de las vertientes.

Los procesos geomorfológicos relacionados con la dinámica fluvial son muy importantes en el Tramo. Por una parte, la amplitud que adquieren las llanuras aluviales de inundación de algunos ríos como el Gargáligas y Ruecas supone la ocupación por la aguas, en tiempos de avenidas, de áreas de territorio muy amplias. Por otra parte, el carácter impermeable del zócalo precámbrico, que mayoritariamente ocupa el Tramo de estudio, junto con los materiales de naturaleza arcillosa neógenos, determina que en los territorios de superficies llanas, que son muchos, (superficies de erosión y acumulación de las rañas y glacis) los fenómenos de inundación y encharcamiento del terreno sea la norma en las épocas húmedas. Esto hace que proliferen las pequeñas y medianas lagunas endorreicas sobre las citadas superficies. La erosión es un fenómeno incisivo en las laderas creadas por las formaciones neógenas y plio-cuaternarias.

En relación con los procesos de la dinámica fluvial apuntados, se han producido, en estos últimos años de fuertes lluvias en la región, impactos muy importantes en las estructuras urbanas y agrícolas, que fueron creadas en las vegas de inundación al calor de los planes de regadío propiciados por la construcción de los grandes embalses de los ríos Guadiana y Zujar. La ubicación de poblaciones como Gargáligas, en la llanura de inundación del río de mismo nombre, constituye sin duda un error muy claro de diseño en el plan de ordenación urbano.

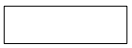
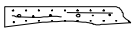
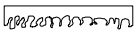
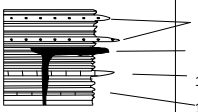
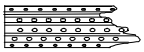
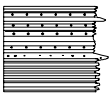
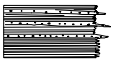
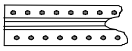
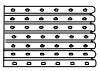
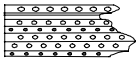
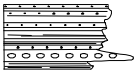
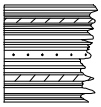
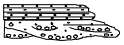
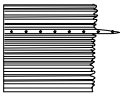
COLUMNA	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCION	EDAD
	A1,a1	G1	ALUVIAL	CUATERNARIO
	A2,a2	G2	FONDOS DE VALLE	CUATERNARIO
	At	G3	TERRAZA ALUVIAL O LLANURA DE INUNDACION	CUATERNARIO
	I	G3	LAGUNAS	CUATERNARIO
	T,t	G5	TERRAZAS	CUATERNARIO
	C1,c1	G4	COLUVIALES DE SIERRA	CUATERNARIO
	C2,c2	G2	COLUVIALES DE PENILLANURA	CUATERNARIO
	D,d	G5	CONOS DE DEYECCION	CUATERNARIO
	g	G5	NIVELES DE GLACIS	PLIO-CUATERN.
	350	G5	RAÑA	PLIO-CUATERN.
	321a	G7	ARCILLAS GRIS VERDOSAS	TERCIARIO
	321b	G7	ARENISCAS, ARENAS, ARCILLAS Y LOCALMENTE CONGLOMERADOS	TERCIARIO
	V	G6	ELUVIALES Y MANTOS DE ALTERACION	MESOZOICO
	142	G9	CUARCITAS Y ARENISCAS	DEVÓNICO
	001	G12	DIABASAS	TARDI-HERCINICO
	141c	G8	CALIZAS	DEVÓNICO INF.
	141b	G8	CUARCITAS, ARENISCAS Y CALIZAS	DEVÓNICO
	141a	G9	CUARCITAS Y PIZARRAS	DEVÓNICO INF.
	132	G8	PIZARRAS NEGRAS. Y PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS	SILÚRICO
	123c	G9	GRAUVACAS Y CUARCITAS	ASHG. - LLANDO.
	123b	G8	PIZARRAS DE CANTERA	CARADOC
	123a	G9	CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS	CARADOC
	122c	G10	ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122b	G10	ARENISCAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122a	G8	PIZARRAS	LLANVIR.- LLANDE.
	121c	G10	ARENISCAS, ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	ARENIG - LLANVIR.
	121b	G9	CUARCITAS	ARENIG
	121a	G10	CUARCITAS, ARENISCAS, PIZARRAS, LIMOLITAS Y CONGLOMERADOS	TREMADOC
	010b	G11	PIZARRAS, GRAUVACAS, ARENISCAS, ESQUISTOS Y CALIZAS	PRECAMBRICO
	010c	G9	CUARCITAS Y CONGLOMERADOS	PRECAMBRICO
	010a	G11	PIZARRAS Y GRAUVACAS	PRECAMBRICO

FIGURA 5. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL DEL TRAMO DE ESTUDIO

2.4. ESTRATIGRAFIA

Los materiales que afloran en el Tramo pertenecen al Precámbrico, Paleozoico, Terciario y Cuaternario. (Figura 5).

El precámbrico está representado ampliamente por el “Complejo Esquisto - Grauváquico” que cubre gran parte del área de estudio. Se trata en general de una serie muy potente estructurada en anticlinorios y sinclinorios. Presenta una litología bastante monótona, en la que los estratos más duros de conglomerados cuarcíticos, grauvacas compactas y numerosos dique de cuarzo que tanto abundan en la serie, destacan sobre un terreno peneplanizado.

El paleozoico, relegado a las sierras que se alzan sobre la penillanura tallada en los materiales precámbricos, está registrado desde el Tremadoc hasta el Devónico. Las series representadas se corresponden en gran parte con facies de plataforma poco profunda. La serie comienza con una potente formación detrítica de tipo rítmica formada por cuarcitas, areniscas, limolitas y pizarras, existiendo a muro de la misma niveles intercalados de conglomerados y areniscas conglomeráticas. Estos niveles se atribuyen al Tremadoc, que está pobremente representado en la zona de estudio. Los sigue un potente paquete de 200 - 300 metros de cuarcitas del Arenig “Cuarcita Armoricana”, a las que se les superpone una serie alternante de areniscas, cuarcitas y pizarras del Arenig - Llanvirniense cuyo espesor se estima en 150 - 200 metros. Sobre dicha alternancia yace una potente serie de pizarras, “pizarras de Calymene”, que puede llegar a 300 metros de potencia. El ordovícico termina con dos niveles muy característicos en el relieve: las cuarcitas de Botella del Llandeilo - Caradoc, y las pizarras de cantera del Caradoc.

Entre el Ordovícico y el silútico se encuentra el grupo litológico (123c). La base de este grupo pertenece al Ordovícico, mientras que el resto, denominado en la bibliografía como “cuarcitas de criaddero”, pertenece al Silúrico (Llandovery). El resto del Silúrico es eminentemente pizarroso y potente (400 - 500 metros) y abarca desde el Llandovery (Silúrico inferior) hasta el Gediniense (Devónico inferior).

El Devónico comienza con una serie alternante detrítica, de potencia muy variable, de cuarcitas y areniscas, con pizarras: la “Cuarcita de Base” (Gediniense superior - Siediniense). Sobre esta serie, yace otra muy potente (220 metros) de pizarras con intercalaciones de areniscas y calizas, a muro, y de areniscas a techo.

El Plioceno y Pliocuaternario está constituido por los depósitos arcillosos y arenosos de las cuencas terciarias, y conglomeráticos de los diferentes niveles de rañas.

Por último, el cuaternario está representado por abanicos aluviales, coluviales y las terrazas y aluviales de los principales cursos fluviales.

2.5. TECTONICA

El Tramo se sitúa en la zona Centroibérica de Julivert et al, (1972). En la zonación clásica de Lotze (1945) pertenece a la Luso-Occidental-Alcudiense. Los materiales más antiguos que integran el territorio son de edad Precámbrica. Sobre ellos se dispone el Ordovícico de forma discordante. En algunos lugares del área del estudio la sucesión paleozoica alcanza hasta el Devónico superior.

Los episodios de deformación detectados dentro del Tramo corresponden a tres ciclos orogénicos distintos: Pre-hercínico, Hercínico y Alpino. Los dos primeros dieron lugar, en fases diversas, al plegamiento, fracturación y esquistosidad que caracterizaron a los materiales del zócalo precámbrico-paleozoico, que aflora en la superficie del Tramo de forma mayoritaria, correspondiendo al Precámbrico la supremacía territorial.

La estructura principal es de edad hercínica, aunque durante el Precámbrico superior y Cámbrico, tuvieron lugar etapas de diastrofismo que se manifiestan actualmente como discordancias en el registro estratigráfico. La estructura regional consiste en pliegues de dirección NO-SE y E-O con recorridos kilométricos afectados en mayor o menor grado por deformaciones tardías.

Estructuras Pre-hercínicas

De acuerdo con los datos bibliográficos obtenidos en estudios de las áreas precámbricas dentro y fuera del Tramo de estudio, parece existir un episodio de plegamiento intraprecámbrico generalizado, que daría lugar a una discordancia angular observada entre los materiales detrítico carbonatados del Vendiense y su substrato.

Por otra parte, el paralelismo detectado entre los materiales del precámbrico situados por encima de la discordancia intraprecámbrica mencionada y los ordovícicos, confieren a la discordancia Sárdica, que los separa, un carácter eminentemente erosivo, asociado a un proceso de transgresión y sin deformaciones importantes. Consecuencia de ello es el hecho de que la base del Paleozoico se apoye indistintamente sobre los diferentes materiales de las series precámbricas, pudiendo darse una discordancia angular, cuando el apoyo se realiza en los materiales situados por debajo de la discordancia intraprecámbrica.

La ausencia de esquistosidad asociada al plegamiento intra-precámbrico observado, no permite precisar las características geométricas de las estructuras creadas, e indica que debió tratarse de un plegamiento suave. El plegamiento hercínico modificó la geometría y posición de los elementos estructurales.

Estructuras hercínicas

La deformación debida al plegamiento hercínico es la principal responsable de las estructuras existentes en la zona.

La primera fase Hercínica, que es la principal, es una fase compresiva que origina pliegues, esquistosidad, cabalgamientos y fallas.

Los pliegues regionales tienen dirección ONO-ESE a E-O. Estos pliegues presentan inmersiones de 20° - 30° e incluso mucho mayores por efectos de deformaciones tardías, aunque originalmente es probable que se tratara de pliegues cilíndricos. Los planos axiales son subverticales o ligeramente vergentes hacia el Sur. La geometría de los pliegues mayores de esta fase está muy modificada por el plegamiento y fracturación posterior.

Los pliegues de los niveles constitutivos por alternancias suelen ser abiertos, angulosos, con flancos rectos y charnelas agudas. Los constitutivos en pizarras suelen ser más apretados.

La segunda fase de deformación hercínica se caracteriza por las modificaciones que soportarán, en consecuencia, las estructuras creadas en la primera fase de deformación. Esta fase va a originar macropliegues de rumbo NE-SO, cruzados con respecto a los anteriores, circunstancia que dará lugar a la formación de domos y cubetas.

La fracturación tardihercínica que afecta a los afloramientos del Tramo se apartan del modelo convencional de fracturación tardihercínica establecido para la mayor parte del Macizo Hespérico.

Las fallas más antiguas parecen ser las de rumbo ONO-ESE (N100°E). Son subparalelas a los pliegues de primera fase y su componente principal es inverso con vergencia al sur. Las fallas más abundantes y de mayor recorrido tienen rumbo ENE-OSO a E-O (N70°E-N80°E-N90°E). Son fallas kilométricas, a veces con dúplex, que muestran movimientos de desgarre e inverso con vergencia Sur.

Las fallas de dirección NE-SO (N40°E - N60°E) son también relativamente abundantes.

Por último, existe una familia de fallas, con menor desarrollo, de rumbo NO-SE (N140°E - N170°E).

Estructuras alpinas y post-alpinas

Las deformaciones que pueden observarse en los materiales pliocenos, así como la actividad volcánica desarrollada esencialmente durante el mismo periodo, delatan un contexto tectónico distensivo controlado por fallas del zócalo hercínico.

2.6. SISMICIDAD

Según la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-94), el Tramo Ciudad Real - Puebla de Don Rodrigo se encuentra enteramente situado, dentro del Mapa de Peligrosidad Sísmica, por debajo del valor 0'04 del cociente entre la aceleración sísmica básica y el valor de la gravedad. (Ver Figura 6).

De acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1.2.3. de dicha Norma, se deduce que no es obligatoria su aplicación en las construcciones realizadas en el Tramo de estudio.

APARTADO DEROGADO

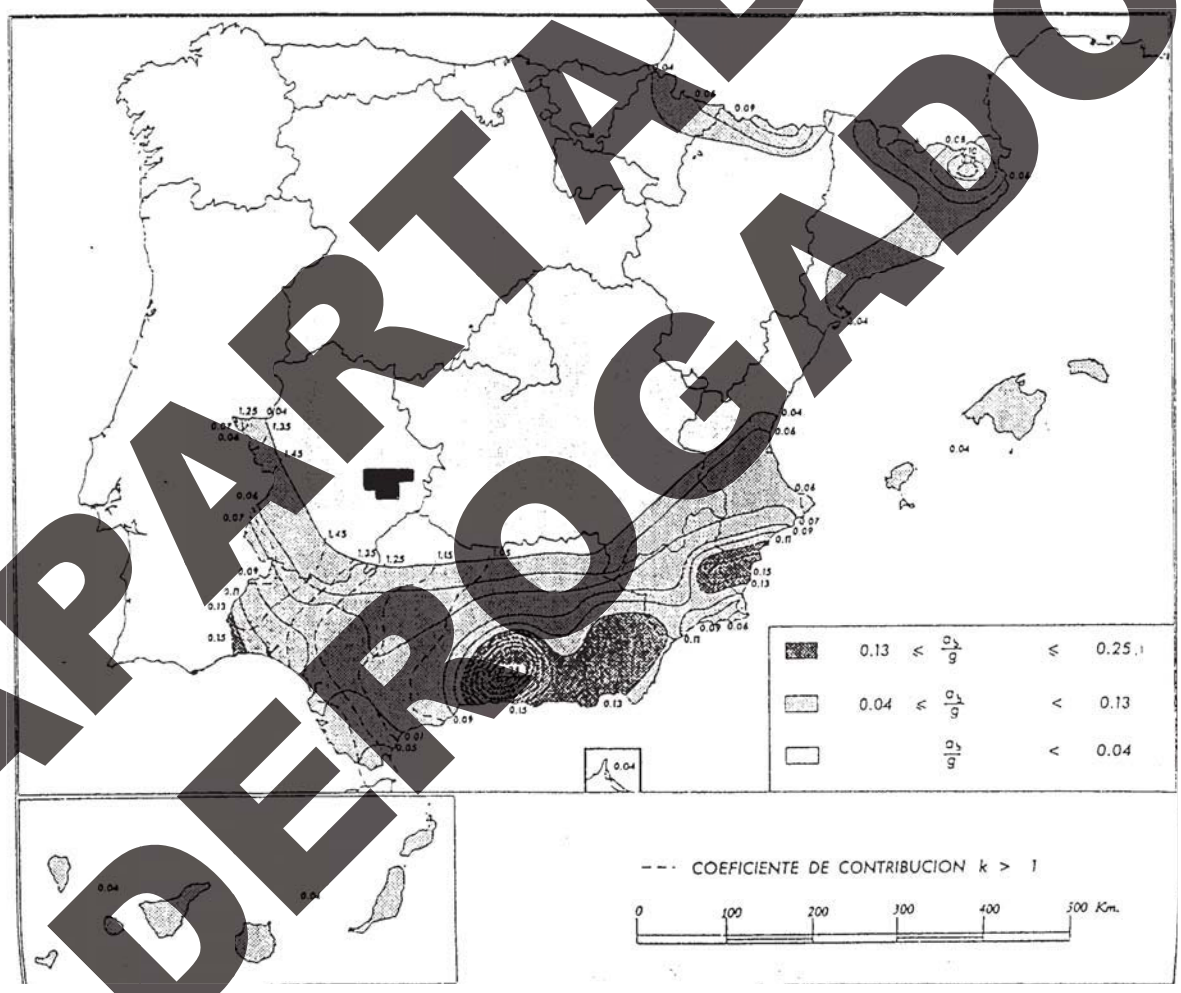


FIGURA 6.
SITUACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO EN EL MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISION DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

Para encuadrar y caracterizar la constitución geológica del Tramo, se ha establecido una división en tres Zonas en base al tipo de materiales aflorantes y a su geomorfología. La distribución geográfica de estas tres Zonas se muestra en la Figura 7, y sus características diferenciadoras se describen a continuación.

- Zona 1: Penillanura precámbrica.

  Se caracteriza por un relieve de morfología suave disectado por una superficie de peneplanización. (Foto 2). Litológicamente esta constituido, casi en su totalidad por el “Complejo Esquisto - Grauváquico”, de edad precámbrica.

- Zona 2: Sierras paleozoicas.

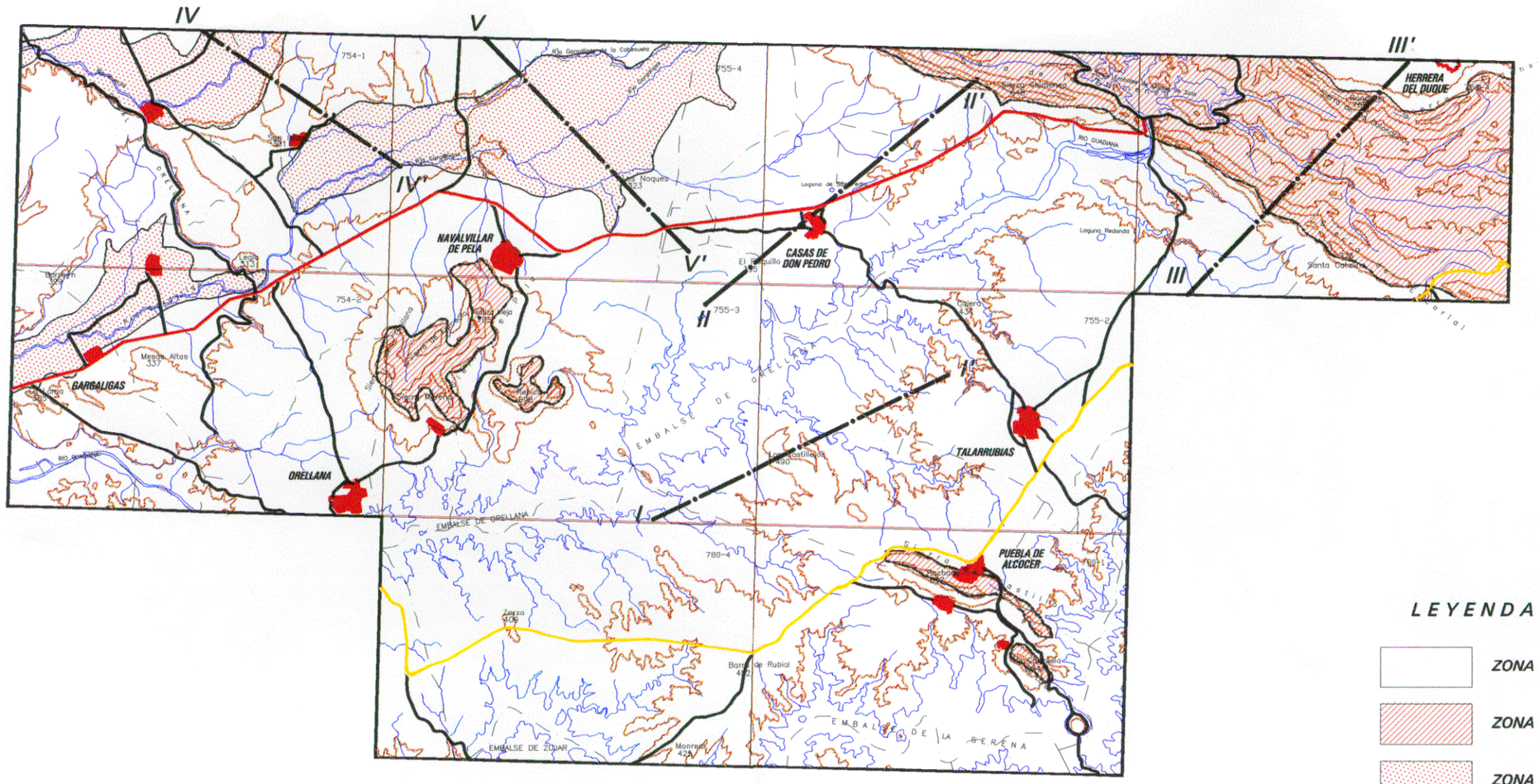
  Está constituido por los relieves apalachianos conformados por la cuarcita Armoricana, laderas regularizadas y cubiertas de depósitos de piedemonte. La edad de los materiales dominantes es ordovícica.

- Zona 3: Cuencas de los ríos Gargáligas y Ruecas.

  Está caracterizada por grandes llanuras de inundación de carácter pantanoso.



Foto 2. Foto panorámica de la Zona 1, obtenida desde el castillo de la Puebla de Alcocer. En ella se puede observar la superficie de peneplanización sobre las pizarras, dando ese relieve característico en lomas. Al fondo el embalses de Orellana.



LEYENDA

- ZONA 1
- ZONA 2
- ZONA 3
- CORTES GEOLOGICOS

FIGURA 7. ESQUEMA DONDE SE MUESTRA LA DIVISION EN ZONAS DEL TRAMO DE ESTUDIO Y LA TRAZA DE LOS CORTES GEOLOGICOS REALIZADOS.

Escala 1:200.000

3.2. ZONA 1: PENILLANURA PRECAMBRICA

3.2.1. Geomorfología

La monotonía litológica de la serie esquisto - grauváquica ha dado lugar a que las formas engendradas en la peneplanización sean muy homogéneas. Circunstancialmente, la presencia de alguna serie de naturaleza más dura, como son los conglomerados silíceos intercalados en el complejo, originan pronunciamientos topográficos en el relieve.

En el modelo de la penillanura precámbrica, se pueden distinguir los siguientes elementos morfológicos, (ver figura 8):

- Superficies de glacis o rañas
- Terrenos de lomas

SUPERFICIES DE GLACIS O RAÑAS

Una parte importante de la penillanura, especialmente en las áreas más próximas a las sierras paleozoicas, los materiales esquisto-grauváquicos se encuentran recubiertos por una epidermis sedimentaria que como norma general no superará 1'5 metros de potencia. En muchos casos podrá tratarse de una superficie o glacis erosivo sin apenas depósito (Foto3), en otros, los menos, el depósito, normalmente la raña, puede adquirir potencias que pueden superar los tres metros, y circunstancialmente cuando se trata de nivel de raña más alto y antiguo, la potencia puede incrementarse hasta los 10 metros o más.

A partir del depósito de la raña, que se deposita erosivamente sobre el zócalo precámbrico - paleozoico y los depósitos del terciario que rellenan las pequeñas cuencas creadas entre sierras, la superficie creada que arranca de cotas en el entorno de los 500 metros, en la proximidad de las sierras, va a sufrir una fuerte denudación por el encajamiento de la red fluvial durante el cuaternario. Este proceso, dará lugar a la formación de toda una serie de superficies erosivas escalonadas que de forma, a veces, casi imperceptiblemente, se va encajando unas en otras y heredando los más modernos materiales de las antiguas. Por esta razón se habla aquí de rañas y glacis, porque la herencia litológica y la igualdad morfológica dificulta el saber distinguir a que nivel de antigüedad pertenece el recubrimiento que se observa. Las diversas superficies creadas se encuentran escalonadas entre los 500 y 300 metros de altitud.



Foto 3. Superficie de erosión sobre pizarras y grauvacas del grupo litológico (010a). Proximidades de Casas de Don Pedro en las cercanías de la laguna de la Pinilla.

Ligadas a las plataformas de rañas, existen unas áreas de régimen endorreico que definen un sector lagunar muy somero en la zona centro - oeste del Tramo.

TERRENOS DE LOMAS

El encajamiento sobre los materiales de la serie esquisto-grauváquica de una red de drenaje de naturaleza detrítica que drena las aguas de escorrentía hacia los cauces mayores que surcan el Tramo de estudio, ha creado un paisaje alomado y monótono con formas suaves y redondeadas cuyas pendientes se van haciendo algo más acusadas a medida que los arroyos y barrancos profundizan en los materiales pizarrosos precámbricos y se aproximan al cauce principal de los ríos Guadiana y Zujar, invadidos ambos en su mayor parte por las aguas de los grandes embalses de Orellana, Garcia Sola, Zujar y la Serena. Se trata de un territorio en donde los horizontes más resistentes de la serie esquisto-grauváquica destacan someramente sobre el perfil suave del conjunto de las lomas, a modo de masa de cuchillos. El suelo existente sobre estos terrenos es muy pobre, tratándose en general de pequeños eluviones o coluviales procedentes de la descomposición de los niveles pizarrosos más alterados, de materiales procedentes del vertido de los horizontes de glacis o rañas que se sitúan por encima.

3.2.2. Tectónica

Las estructuras tectónicas que afectan en mayor medida a los materiales de la serie esquisto - grauváquica de edad precámbrica que ocupa el ámbito de la Zona 1 como substrato, han sido impresas durante la orogenia hercínica. Como consecuencia de las fases de plegamiento expuestas en el capítulo de tectónica general y las posibles afecciones, más o menos contrastadas, de orogenias anteriores, estos terrenos se presentan en sus afloramientos mostrando una esquistosidad manifiesta en varios cruceros y una apariencia de series monoclinales con la esquistosidad principal muy verticalizada.

La serie esquisto - grauváquica se encuentra constituyendo grandes estructuras en anticlinorios y sinclinorios en donde las estructuras menores, anticlinales y sinclinales suelen hacerse visibles circunstancialmente por la existencia de algunos niveles que por su mayor contraste morfológico en el paisaje, como suelen ser los conglomerados silíceos, permiten una fácil interpretación estructural, (ver Figura 8). Aunque la apariencia de la serie esquistosa a lo largo de un corte puede dar sensación de continuidad amplia asociada a la serie monoclinal de una amplia estructura, la presencia circunstancial de un pliegue apretado entre las capas nos indica que se trata de materiales intensamente replegados.

La tectonicidad de estos materiales es muy alta y parece incrementarse en el entorno y contacto con las series paleozoicas que constituyen las sierras de la Zona 2. Parece ser que durante el plegamiento las zonas de contacto precámbrico - paleozoico habrían sufrido mayor diastrofismo, cuyas causas podrían atribuirse al propio hecho de la discontinuidad estratigráfica y al cambio litológico importante existente entre las series precámbricas y ordovícicas. El hecho observable es que en muchas áreas limítrofes con los materiales cuarcíticos del ordovícico, los contactos establecidos con estos terrenos son normalmente tectónicos y el diastrofismo muy elevado, circunstancia que por otra parte parece haber favorecido el alto grado y profundidad de alteración que presentan las rocas, especialmente los materiales pizarrosos, en estas zonas de contacto.

Los pliegues regionales encontrados dentro del ámbito del Tramo presentan además de la dirección normal ONO-ESE a E-O, ejes orientados en dirección NO-SE. También se han observado estructuras menores pero amplias, orientadas en direcciones ENE-OSO y NNO-SSE. En realidad sólo cabría hablar de una tendencia general por lo que respecta a los pliegues regionales, pues las deformaciones sufridas a lo largo de todas las fases de plegamiento y fracturación han modificado y complicado a nivel local las estructuras. Los planos axiales y la esquistosidad asociada a los mismos son subverticales o ligeramente vergentes hacia el sur.

La red de fracturación y diaclasado es muy intensa. Las fallas más abundantes encontradas en los terrenos precámbricos dentro del Tramo tienen rumbo ENE-OSO a E-O en coincidencia con los datos regionales, aunque también han sido cartografiadas fallas importantes de dirección NE-SO y NO-SE. Estas últimas que a nivel regional parecen tener menor desarrollo, adquieren cierta relevancia en algunas zonas del Tramo de estudio, concretamente en la zona central del estudio entre Talarrubias y Orellana de la Sierra, este sistema de fallas tiene amplia significación estructural junto con el sistema de rumbo ENE-OSO a E-O y otro sistema de dirección muy norteada.

El conjunto de todas las discontinuidades tectónicas crean en la serie precámbrica un entramado muy denso que compartimenta la roca de tal forma que en la mayoría de las ocasiones resultaría difícil definir un gran sector o bloque con características masivas.

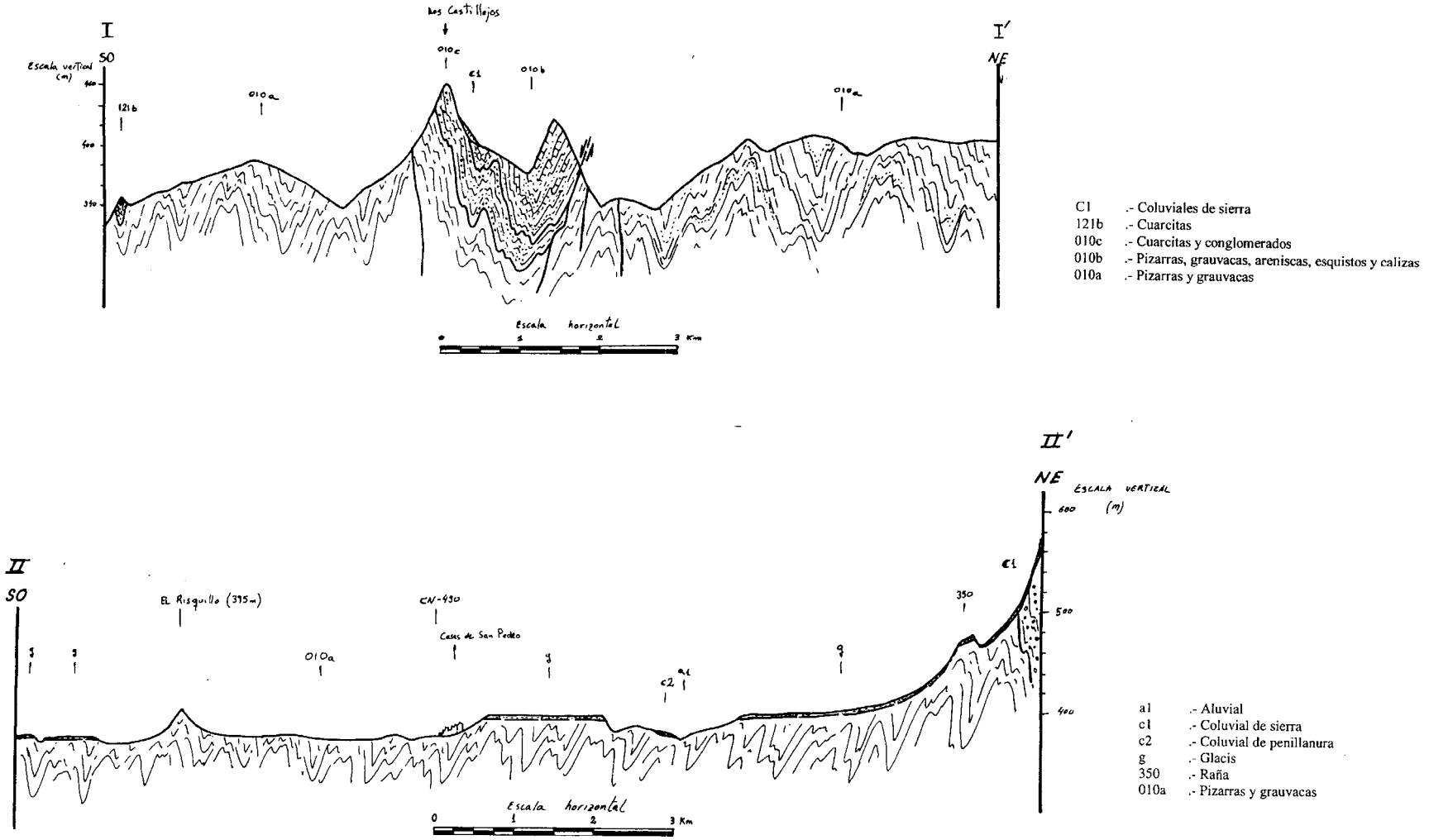


FIGURA 7. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ZONAS Y CORTES

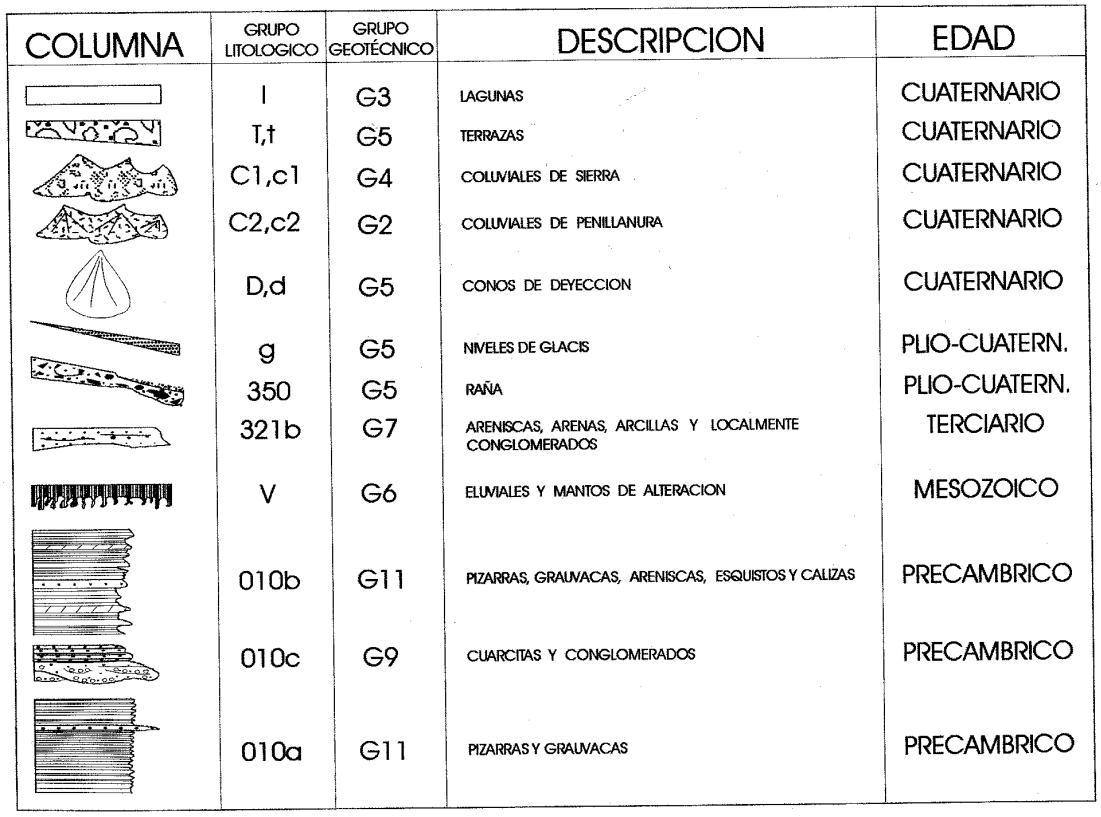


FIGURA 9. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 1

La tectónica alpina y post-alpina se deja sentir en el rejuvenecimiento de algunas fallas que afectan a los materiales del recubrimiento terciario. Sin duda, el curso del río Gargáligas debe haberse adaptado a una falla o sistema de fallas que al reactivarse en un proceso de hundimiento jugó un papel importante al final del paleógeno, creando la pequeña cuenca que penetra en el Tramo por su extremo NO. Al final del relleno de esta cuenca en la culminación terciaria, el diastrofismo creado por la “fase Iberomanchega”, en una tectónica de bloques, disloca los depósitos terciarios y pliocuaternarios.

3.2.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica de la Zona 1 se contempla en la Figura 9.

3.2.4. Grupos litológicos

LAGUNAS, (1)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por limos y arcillas ocres y grises. Se trata de arcillas muy plásticas y con una importante capacidad de absorción de agua. La compacidad de estos materiales es muy baja. Se trata de materiales sueltos y no consolidados.

- Estructura

  Este grupo conforma pequeñas lagunas endorreicas en el interior de las superficies de glacis y rañas, (Foto 4). Cartográficamente tiene una estructura oval, e interiormente se encuentra finamente estratificado en estrechas capas microscópicas. Actualmente se encuentran desecadas para el cultivo, pero con precipitaciones importantes pueden volver a rellenarse. La potencia de este grupo es muy escasa e inferior a 3 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Zonas inundables que forman lagunas temporales.

  - Capacidad portante: No son terrenos adecuados para apoyar sobre ellos infraestructuras de ningún tipo.

COLUVIALES DE SIERRA, (C1, c1)

Este grupo se describe en la Zona 2 (página 64), donde se encuentra ampliamente representado.



Foto 4. Areas lagunares estacionales (actualmente desecadas), pertenecientes al grupo litológico (l). Casa del Perdido, carretera comarcal 413, proximidades a Talarrubias.

COLUVIALES DE PENILLANURA (C2, c2)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por coluviales arenosos y arcillosos rojos o pardo-grisáceos. Cuando se alimenta directamente de la superficie de la raña o de glacis, estos materiales poseen un alto contenido de cantos de cuarcita generalmente alterada, redondeados y polimícticos. Debido a su génesis, posee variaciones composicionales laterales importantes.

- Estructura

  Este grupo conforma las laderas de los relieves terciarios. Posee un perfil en cuña. Se trata de materiales flojos y nada compactados. La estructura interna es masiva. La potencia de este grupo se estima entre 0.5 m y 3 m para (c2), y entre 3 m y 5 m para (C2).

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Materiales con permeabilidad de media a baja por percolación.

  - Estabilidad natural: No se han observado procesos inestables apreciables en estos terrenos, aunque se deben suponer vulnerables a la erosión lineal y a arroyadas intensas.

  - Taludes artificiales observados: Carecen de importancia.

  - Taludes recomendados: Su importancia es muy pequeña. Valores de 1’5H:1V serán adecuados.

  - Capacidad portante: Baja en general.

  - Ripabilidad: Los materiales de esta formación son totalmente excavables.



Foto 5. Vista panorámica de los abanicos aluviales, conos de deyección y glacis, al pie de la Sierra de Orellana, desde la carretera que une las poblaciones de Orellana la Vieja y Acedera.

TERRAZAS, (T)

Este grupo se describe en la Zona 3 (página 120), donde se encuentra ampliamente representado.

CONOS DE DEYECCIÓN, (D,d)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por depósitos heterométricos de gravas y cantos, de subangulosos a subredondeados, cuya naturaleza litológica está claramente influida por la composición de sus áreas de drenaje. Está sostenido por una proporción muy elevada de limos y arcillas. Se han detectado conos de deyección muy antiguos formando parte de los materiales de los grupos litológico (350) y (g). La alterabilidad se estima moderada-alta.

- Estructura

  Este grupo conforma laderas de pendientes suaves y tendidas, (Foto 5). La continuidad lateral de este grupo es muy escasa. Se dispone subhorizontalmente. Interiormente presenta una estructura masiva, y en conjunto una estructura en cuña-abanico. La potencia de este grupo se estima entre 0.5 m y 3 m para (d), y entre 3 m y 10 m para (D).

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Grupo formado por materiales con permeabilidad variable. En general, se considera aceptable por percolación y porosidad, aunque la alta proporción de matriz limo-arcillosa, que presentan muchos lechos lenticulares de su estructura, dificultan localmente la transmisibilidad.

  - Estabilidad natural: Los terrenos ocupados por este grupo litológico están sometidos, en gran parte, a los problemas de dinámica fluvial (erosión y aterramiento) en épocas de grandes avenidas.

  - Capacidad portante: De los materiales de este grupo pueden esperarse respuestas resistentes moderadas, y la posibilidad de darse problemas, también moderados por asientos diferenciales. La escasa potencia de estos depósitos en muchas ocasiones, obligará a transferir a el substrato cualquier solicitud de esfuerzos.

  - Ripabilidad: Los materiales de esta formación son excavables.

RAÑAS (350) - NIVELES DE GLACIS (g)

Estos grupos litológicos se describen en la Zona 3 (página 122), donde se encuentran mejor representados.

ARENISCAS, ARENAS, ARCILLAS Y LOCALMENTE CONGLOMERADOS (321b)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por areniscas, arenas y fangos variolados grises y rojizos; y localmente por conglomerados y brechas encostrados. (Foto 6). Los fangos variolados están constituidos por arenas arcillosas y limosas con intercalaciones de niveles lentejonares de conglomerados de cantos de cuarcita subredondeados y redondeados. Las arenas arcillosas y limos son de colores pardo - rojizos y de tonos vinosos, localmente pardo - amarillentas y blancas. Es frecuente encontrar pequeños niveles centimétricos ferralíticos de origen edáfico intercalados en este grupo. Cuando las pizarras de la serie esquisto-grauváquica están muy alteradas las arcillas de neoformación, suelen ser caolinita, illita y gibsita.

- Estructura

  El grupo litológico tiene una estructura tabular en conjunto. Se disponen subhorizontalmente. Los conglomerados basales poseen una geometría de cuña, y las intercalaciones conglomeráticas en las arenas y fangos, lenticular. Se disponen discordantemente sobre en substrato metamórfico precámbrico bastante alterado. Rellenan por lo general un paleorelieve. Este grupo litológico se encuentra erosionado y fosilizado por el grupo litológico 350, perteneciente a la raña, y los diferentes niveles de glacis (g). La potencia observada de este grupo no excede de 3 metros, aunque cartográficamente se llegan a medir potencias entre 10 y 15 metros.

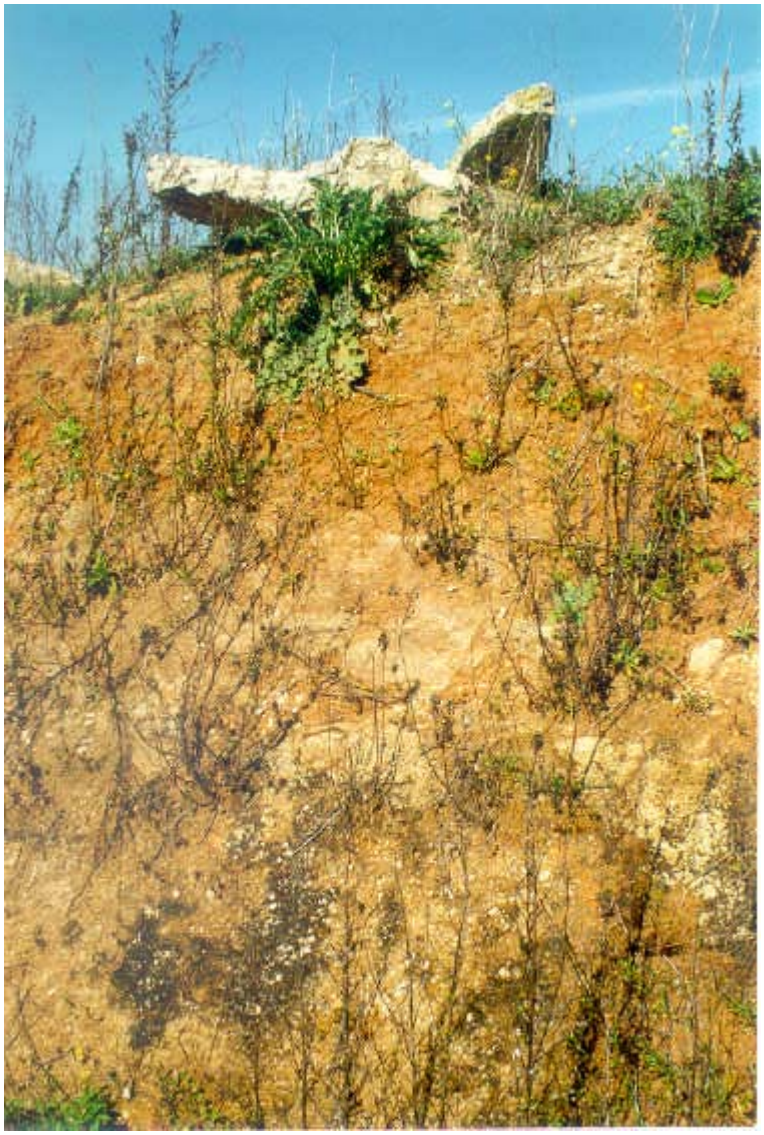


Foto 6. Arenas y limos rojizos con pequeños niveles conglomeráticos pertenecientes al grupo litológico (321 b). Fotografía obtenida en el p.k. (128) de la carretera actual N-430.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: La constitución litológica de este grupo, dominado por depósitos de naturaleza limo-arenosa y limo-arcillosa, hace de él una unidad con un comportamiento de baja o muy baja permeabilidad en la mayoría del conjunto. Por otra parte, el contenido de horizontes detríticos gruesos con alta permeabilidad intercalados en la serie, faculta la existencia de pequeños freáticos colgados o cautivos en la formación.

- Estabilidad natural: Aunque en otras áreas fuera del Tramo, en donde este grupo litológico constituye medias laderas, se han detectado con cierta frecuencia, fenómenos de inestabilidad fósil, en el área de estudio estos fenómenos no han sido observados en las zonas que ha sido cartografiado. Esto puede ser posible, a que los terrenos ocupados por él, zonas de ladera muy tendidas que arrancan de las superficies de la raña, sean en realidad el resultado de un proceso final de derrames, reptaciones y deslizamientos superficiales de este grupo y la raña sobre las pizarras del complejo esquisto - grauváquico, cuya morfología ha perdido prácticamente los caracteres de este proceso.

- Taludes artificiales observados: Se trata normalmente de desmontes de pequeña o mediana dimensión, casi siempre por debajo de los 2 metros en los que no cabe sacar conclusiones sobre su evolución en el tiempo.

  Los problemas detectados en la mayoría de ellos, provienen de su fácil erosionabilidad.

- Taludes recomendados: La variabilidad litológica de estos terrenos condiciona taludes de excavación de pendientes muy distintas según los casos locales. En los tramos de naturaleza más areno - limosa y con detritos gruesos, las pendientes de tipo 1H:1’5V incluso más fuertes serían recomendables, con el fin de evitar problemas erosivos excesivos. La aparición de horizontes muy arcillosos enriquecidos en caolín, como los existentes en las zonas próximas al contacto con el substrato alterado, obligará al tendido del talud 1’5H:1V.

- Capacidad portante: En relación con la diversidad litológica, estructural y geomorfológica ya apuntadas en apartados anteriores, la capacidad resistente de este grupo litológico se considera que podrá oscilar normalmente entre moderada y baja, circunstancialmente en zonas de media ladera. En cualquier caso se aconseja la ejecución de estudios pormenorizados de este grupo en caso de necesidad de apoyos en él.

- Ripabilidad: Grupo ripable en su totalidad.

ELUVIALES Y MANTOS DE ALTERACIÓN, (V)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por un manto profundo de alteración meteórica sobre los materiales metamórficos que puede alcanzar 10 metros de potencia. Este manto meteórico de edad mesozoica, tiene un horizonte superior de color crema con tonalidades naranja-amarillento y verde claro, que es muy plástico . Por debajo de este horizonte superior aparece uno de tonos blanco-verdosos y rojizos conformando un "pseudogley", que se superpone a otro de tono mucho más rojizo y arcilloso. Esta alteración es particularmente importante en las zonas de falla y despegues entre capas, donde el reconocimiento de la roca madre es imposible. Localmente, estas áreas aparecen como un conjunto arcilloso muy plástico confundible con los materiales detríticos terciarios (Foto 7). En estos niveles de alteración son frecuentes las rubefacciones, los niveles siderolíticos con neoformación de hematites y gohetita, las caolinizaciones y las carbonataciones. La compacidad y la dureza de este grupo se estima muy baja. Suele existir un suelo de naturaleza coluvio - eluvial, cuya potencia media se puede estimar en 1’5 m, constituido por limos, arcillas y cantos dispersos de cuarcita con un tamaño medio comprendido entre 3 y 6 centímetros. (Foto 8).



Foto 7. Problemas de erosión y acarcavamiento en los taludes excavados sobre los materiales arcillosos del grupo litológico (V). Pizarras profundamente alteradas en la trinchera, junto a Orellana de la Sierra, en la carretera que une esta población con Navalvillar de Pela.



Foto 8. Pequeño desprendimiento de las pizarras alteradas del grupo (V). En la parte superior de la foto se observa un pequeño nivel coluvial que normalmente tapiza este grupo. Desmonte realizado en la carretera comarcal 413 al Oeste de la Puebla de Alcocer.

- Estructura

  Este grupo conforma relieves alomados y áreas de ladera o vaguadas. Los mantos de alteración no tienen signos de plegamiento, aunque se pueden observar pliegues remanentes de edad hercínica pertenecientes a la roca madre. Un caso análogo ocurre con las fallas. Se estructura en horizontes de potencia métrica, y el espesor medio estimado para este grupo, debido a sus condicionantes genéticos, varía entre 3 y 10 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: El horizonte superior coluvio - eluvial se considera con una permeabilidad media - alta, en tanto que el manto de alteración presente una naturaleza impermeable clara. Existe una alta probabilidad de posibles horizontes freáticos entre el manto de alteración y el recubrimiento coluvial.

  - Estabilidad natural: En relación con el horizonte de alteración se ha desarrollado a lo largo del Plio-cuaternario toda una serie de procesos de inestabilidad de vertientes que de forma muy atenuada subsiste en la actualidad. De alguna forma, la gran mayoría de los grandes deslizamientos y corrimientos de ladera fósiles que afectan a potentes masas coluviales, a las series alternantes pizarroso - areniscosas y a la formación terciaria, tienen su origen en este manto de alteración Pre-eoceno.



Foto 9. Deslizamiento rotacional sobre los materiales alterados pertenecientes al grupo litológico (V) en un desmonte de la carretera C-413 al oeste de la Puebla de Alcocer.

  - Taludes artificiales observados: En los taludes de pequeña y mediana altura en los que puede observarse este horizonte de alteración, las pendientes dadas a los mismos son del orden de 1H:1V y valores mayores. En todos ellos se puede apreciar rasgos de la inestabilidad fósil comentada anteriormente y que de alguna forma va a condicionar la estabilidad del talud en este nivel. (Foto 9).

- Taludes recomendados: Los taludes de excavación que afecten a este grupo litológico no deberían diseñarse con pendientes superiores a 1H:1V, valor que en muchas ocasiones resultará necesario rebajar. Se recomienda un buen drenaje del talud e impedir la presencia de agua en el mismo.

- Capacidad portante: La capacidad portante de los materiales de esta zona de alteración se considera como baja, aunque, localmente, puedan existir zonas de resistencia moderada, debida a una menor alteración de la roca.

- Ripabilidad: Zona de materiales excavables.

PIZARRAS Y GRAUVACAS, (010a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por una serie monótona de grauvacas y pizarras dispuestas de forma rítmica, a veces en bancos potentes de aspecto masivo. (Fotos 17 y 18). Se trata, de los tramos turbidíticos precámbricos aflorantes en el Tramo. Poseen multitud de pequeños diques de cuarzo, intruidos en su estructura (Foto 12). Una característica bastante generalizada de los materiales que integran este grupo litológico es su alto grado de alteración y la potencia importante que adquiere la misma.



Foto 10. Pizarras precámbricas pertenecientes al grupo litológico (010a). Talud en la carretera de Orellana la Vieja a la N-430 por la margen derecha del río Guadiana entre el pk(7) y el pk(8).

Las turbiditas constituyen series rítmicas muy monótonas donde alternan bancos grauváquicos gris verdosos (inferiores al metro) y lutíticos verdosos. Las grauvacas se componen, principalmente de cuarzo, plagiclasas más o menos alteradas, feldespato potásico, micas (biotita, sericita, moscovita) y óxidos de hierro. La matriz está constituida por clorita y sericita, orientada por esquistosidad, y matriz de alteración diagenética de feldespatos micas y fragmentos de rocas inestables. Los minerales accesorios son circón, turmalina y opacos.

Las intercalaciones lutíticas entre los bancos de grauvacas corresponden a una pelita de color verdoso. Se trata de lutitas limolítico arenosas, con micas y óxidos de hierro, inmersos en una matriz con una orientación esquistosa de naturaleza clorítica.

- Estructura

En los materiales incluidos dentro de este grupo litológico estarían representados, a grandes rasgos, gran parte de la serie precámbrica del Tramo. Se recogen en él mismo, la serie turbidítica inferior de edad Rifeense - Vendiense cuya potencia se estima entre 400 y 600 m.



Foto 11. *Niveles grauváquicos más duros del grupo litológico (010a). Tricheras de la carretera que va de Sierra de Lareas al cerro Masatrigo, proximidades del embalse de la Serena.*



Foto 12. Diques de cuarzo de la serie esquisto-grauváquica (grupo litológico (010a)). Talud excavado entre los pk(58) y pk(59) de la carretera C-413.

La serie precámbrica representada por estos materiales constituye una amplia estructura anticlinal con varios ejes orientados N-S aproximadamente que son cortados por fallas de direcciones NE-SO y NO-SE que estructuran y tectonizan muy fuertemente a los materiales. El contacto que estas series establecen con el Ordovícico es discordante y con frecuencia mecanizado.

Este grupo constituye relieves alomados y suaves, que perfilan una superficie de planización. Se encuentra siempre en cotas inferiores a los relieves cuarcíticos paleozoicos. Posee una estructura tabular, alternante irregular y bastante homogénea. Los bancos grauváquicos poseen una potencia que oscila entre 10 cm y 1 m, localmente estos bancos pueden tener potencias algo mayores como 2 ó 3 m. Por lo general la estructura de los bancos es masiva. La continuidad lateral de los bancos supera la centena de metros. Los bancos pizarrosos tienen una potencia entre 50 cm y 2 m, y se encuentran frecuentemente laminados. En grado de alteración es variable, se puede dar como alto en términos generales. El grado de fracturación y la intensidad de diaclasado son altos. El grado de metamorfismo es muy bajo. Se encuentra intensamente plegado y fallado.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Este grupo presenta permeabilidad solamente por fisuración y en cualquier caso escasísima, debiéndose considerar como formación altamente impermeable. No obstante pueden diferenciarse al menos dos áreas diferentes al respecto en razón del grado de meteorización del grupo. En los terrenos donde existe un manto profundo de alteración meteórica la capacidad de infiltración de las aguas de escorrentía es menor que aquellos en donde tal capa de suelo no existe o es muy escasa.

  - Estabilidad natural: La serie esquisto - grauváquica, ampliamente representada en el Tramo, presenta en general una buena estabilidad natural. Sólo en áreas localizadas, se han detectado problemas de inestabilidad de laderas asociados a la existencia de un manto profundo de alteración, cuyo desarrollo se circunscribe a las áreas de contacto y próximas, con los materiales de la serie paleozoica . Las áreas afectadas por movimientos de ladera, donde se supone que en profundidad los materiales coluviales deslizan sobre y con las pizarras muy alteradas, están cartografiadas como zonas del grupo litológico (C1), y en aquellas donde el suelo de recubrimiento es somero, y en principio no se señalan movimientos importantes, como grupo (V/010a).

    La existencia de un horizonte freático entre los materiales del derrubio y el substrato pizarroso alterado, un fenómeno bastante extendido. Estas aguas proceden de la escorrentía superficial y tal vez, en mayor proporción, de las masas cuarcíticas fisuradas del núcleo de las sierras. Cuando los materiales aflorantes están desprovistos de ese manto de alteración profundo, el terreno presenta una buena estabilidad natural.

  - Taludes artificiales observados: Son numerosos los taludes de excavación existentes en el Tramo, y están ejecutados tanto en obras lineales de carretera como en la construcción de canales para regadíos, (Foto 13). Las pendientes excavadas comúnmente observadas, fluctúan entre los valores 1H:1V y 1H:2V, incluso en taludes bajos se tallan con perfiles subverticales. En general, la respuesta de los taludes cuando las pendientes superan el 1H:1V, e incluso con este valor, dependen siempre de la estructura local de las rocas esquistosas. Este ha sido el caso de la conformación de un talud irregular por la desestabilización de grandes cuñas de terreno, que han corrido o desprendido de las paredes del desmonte.



Foto 13. Talud de alturas pequeñas y pendientes acusadas con abundantes problemas de corrimientos de cuñas. Taludes en las desmontes de los canales, en la margen derecha del embalse de Orellana al oeste de Casas de Don Pedro.

- Taludes recomendados: La excavación de taludes en rocas muy alteradas de este grupo litológico requerirá en general pendientes muy tendidas no superiores al 1'5H:1V. En el caso de existir una montera de material granular procedente de una raña o glacis, convendría eliminarla retranqueando en lo posible este nivel y drenar convenientemente, de las plataformas creadas, las aguas meteóricas mediante cunetas de guarda.

  En los terrenos no alterados profundamente, que son la gran mayoría en este grupo, el diseño de taludes debe estar condicionado por la estructura local que presenta el grupo. En el caso favorable los desmontes podrían admitir valores en el entorno 1H:1'5V a 1H:2V. En condiciones desfavorables, inducidas por las direcciones y entramado de los planos de estratificación, esquistosidad, diaclasado y fractura, las pendientes aconsejables pueden descender hasta por debajo del valor 1H:1V. Debido a la alta tectonicidad que afecta a este grupo litológico, se recomienda taludes cuyo parámetro no supere la inclinación 1H:1V.

- Capacidad portante: La capacidad portante de esta formación es generalmente alta, aunque existen zonas muy tectonizadas y alteradas cuya capacidad portante se considera de moderada a baja. A media ladera no es aconsejable cimentar superficialmente, especialmente si existen por encima plataformas con depósitos detríticos (rañas, glacis, etc ...). Ya que en estos casos, es muy frecuente que el horizonte superficial de las pizarras y grauvacas está bastante alterado y descomprimido.

- Ripabilidad: En amplias zonas de este grupo existirá un horizonte superficial, en general poco potente, que podrá ser ripado o presentará ripabilidad marginal. No lo serán por medios mecánicos normales las áreas poco o nada alteradas y las situadas por debajo del horizonte de alteración.

PIZARRAS, GRAUVACAS, ARENISCAS, ESQUISTOS Y CALIZAS, (010b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por la serie intermedia del Vendiense, de naturaleza detrítico carbonatada, situada entre las series turbidíticas que constituyen el grupo (010a).

Los materiales más abundantes son las pizarras que presentan bandeados milimétricos y centimétricos de diferente granulometría. Las de grano fino son del orden limo - arcilla, y están compuestas por sericita, clorita, óxidos de hierro, minerales opacos y cuarzo, este último en una proporción del 5%. Los de grano más grueso son de tipo arena fina y están formados por cuarzo (40%) y feldespato (40%) muy alterados y transformados casi a cemento. Los minerales opacos representan al 5% del total de la roca.

Las calizas son de tonos obscuros, casi negros. Se intercalan entre las pizarras en bancos que pueden tener potencias entre unos pocos centímetros y 6 ó 7 metros. Se trata de bioclastitas ricas en restos orgánicos con una textura alotriomorfa heterogranular de cristales de calcita maclados polisintéticamente. En la composición aparece también cuarzo detrítico de tamaño arena fina en proporción del 5% - 10%, así como elementos terrígenos de tamaño fino en proporción menor del 5%, opacos y sombras de elementos aloquímicos que corresponden a fósiles.

Las grauvacas y areniscas arcósicas están presentes en toda la sucesión. Se intercalan constituyendo bancos de 20 - 40 cm de potencia, incrementando su presencia hacia el techo de la serie. Las arcosas se componen de cuarzo (60% - 70%) y feldespato alterado generalmente a sericita. La turmalina, circón, rutilo, mi-

cas y opacos constituyen los minerales accesorios. El cemento está integrado por sericita y óxidos de hierro.

Las grauvacas se componen de cuarzo (50% - 65%), feldespatos (10% - 25%) muy alterados a sericita y óxidos de hierro, y minerales accesorios (circón, apatito, rutilo, micas y opacos). El cemento es limo - arcilloso y ocupa el 15% del total de la roca.

- Estructura

Este grupo constituye relieves alomados y suaves dentro de la superficie de planización. Posee una estructura tabular, alternante irregular y bastante homogénea. Los materiales de este grupo afloran dentro de estructuras sinclinales. El grado de metamorfismo es muy bajo. La potencia de este grupo litológico se estima que puede estar comprendida entre 120 y 350 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Grupo permeable sólo por fisuración.

  - Estabilidad natural: En general no se han observado problemas de mención en estos terrenos.

  - Taludes artificiales observados: Dentro del Tramo no existen taludes de excavación en este grupo.

  - Taludes recomendados: Se considera que los taludes de excavación no deberían supera el valor 1H:1V. Sólo, en cortes muy favorables con la estructura de las capas, podrían diseñarse desmontes algo más fuertes.

  - Capacidad portante: Estos terrenos se deben considerar con capacidad portante alta en general. En laderas con pendientes acusadas, en donde los apoyos superficiales pueden encontrar terrenos rotos, por vuelco de estratos, o muy tectonizados y alterados circunstancialmente, la respuesta resistente es moderada o incluso, en casos muy desfavorables, baja.

  - Ripabilidad: En principio este grupo no se le considera ripable por medios mecánicos normales, salvo el horizonte superficial alterado y sectores muy tectonizados. Pueden existir áreas de ripabilidad marginal.

CUARCITAS Y CONGLOMERADOS, (010c)

- Litología

  Este grupo litológico esta constituido por cuarcitas y conglomerados.

  Las cuarcitas son blancas, con un tamaño de grano variable entre 0.5 y 1.5 mm. La naturaleza de los granos es principalmente metamórfica y silícea, y constituye el 95% del total de la roca. Los granos tienen un grado de redondez elevado y la esfericidad es media. En mucha menor proporción (3%) contiene granos de feldespato, ya en calidad de accesorio. La matriz es muy escasa y el cemento es detrítico muy fino (limolítico-arcilloso) y ferruginoso.

  Los conglomerados son poligénicos, con un tamaño medio comprendido entre 0.5 y 5 cm, integrados principalmente por cantos redondeados de origen ígneo y metamórfico, cuarzo y cuarcita, aunque también son frecuentes los de naturaleza pizarrosa y esquistosa. Es un conjunto granosostenido y fuertemente ligado por un cemento silíceo. El cemento constituye menos del 5% del total de la roca, y está compuesto mayoritariamente por cuarzo y en menor proporción sericita, clorita y óxidos ferruginosos. La potencia de los bancos es muy variable, pero suele ser siempre del orden métrico. La compacidad y la dureza es muy alta.

- Estructura

  Este grupo constituye pequeños resaltes topográficos dentro del relieve alomado y peneplanizado del precámbrico. La estructura es tabular con forma lenticular, y su continuidad lateral es bastante escasa. Alterna irregularmente con pequeñas pasadas de pizarras que no superan el centímetro de espesor. La compacidad y la dureza son muy altas. Los bancos tienen interiormente una estructura masiva. El grado de alteración es bajo. La fracturación y la intensidad del diaclasado son altos. Se encuentran intensamente plegados y el grado de metamorfismo es muy bajo. La disposición y el buzamiento varía ampliamente dependiendo de la estructura tectónica en la que se encuentra involucrado. La potencia aproximada del grupo oscila de 10 a 40 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Grupo permeable por fisuración.

  - Estabilidad natural: No se han apreciado procesos que afecten a la estabilidad de este grupo litológico en el Tramo.

  - Taludes artificiales observados: No existen en este grupo dentro del Tramo.

- Taludes recomendados: Estas rocas permiten excavarse con taludes subverticales.

- Capacidad portante: Estos materiales poseen una alta y muy alta resistencia y compacidad.

- Ripabilidad: Materiales no ripables.

3.2.5. Grupos geotécnicos

En este apartado se agrupan, según ciertas características geotécnicas comunes, las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior.

- Grupo geotécnico G2

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (A2), (a2), (C2) y (c2). Se trata de fondos de valle y los coluviales de penillanura con una permeabilidad moderada, y con problemas locales de escorrentía. Son terrenos vulnerables a la erosión, y los coluviales pueden presentar problemas de estabilidad natural. Se encuentra poco o nada consolidado, y sólo admitirá cargas muy someras. Los taludes recomendados en los coluviales estarán en torno a los valores 1'5H:1V. Cualquier solicitud de alguna entidad deberá transferirse al substrato próximo. Grupo ripable en su totalidad.

- Grupo geotécnico G3

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (At) y (l). Se trata de unidades que se caracterizan por ser áreas con morfología llana que se ven afectados por procesos recurrentes de inundación y en el caso del grupo (At), sometido además a los efectos de la dinámica fluvial. En su constitución litológica existe, al menos, un horizonte superficial eminentemente arcilloso e impermeable, que retiene las aguas de escorrentía y precipitación, haciendo de estas zonas unas áreas blandas y pantanosas con problemas de capacidad portante y drenaje.

- Grupo geotécnico G4

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (C1) y (c1). Se trata de coluviales y recubrimientos de ladera en las áreas de sierra. Materiales de permeabilidad variable, entre alta y moderada, y con una base de apoyo que es con mucha frecuencia un horizonte con características impermeables (terciario arcilloso o manto de alteración el substrato precámbrico-paleozoico). Constituyen terrenos en ladera, a veces muy pronunciados en donde los procesos fósiles de

deslizamiento son estructuras frecuentes en las que cabe su inestabilización en épocas lluviosas. Los taludes a excavar serán normalmente de bajas alturas, y los problemas que podrían suscitarse serán de desprendimientos de cantos o bloques, o de deslizamiento si aflorase en el talud una base arcillosa. Las pendientes admisibles estarán siempre por debajo del 1H:1V. En principio debe suponerse una capacidad portante baja para este grupo geotécnico, cuyos materiales son perfectamente ripables por medios mecánicos normales.

- Grupo geotécnico G5

Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (350), (D), (d). Se trata de rañas, glacis y abanicos aluviales. Los materiales de este grupo geotécnico presentan normalmente una permeabilidad aceptable que pueden oscilar dentro de un amplio rango. En la base de apoyo de estas formaciones existirá con frecuencia un horizonte impermeable arcilloso de alteración del substrato, o perteneciente al terciario. Constituyen superficies planas de muy suave pendiente, terminadas en muchos casos en pequeños escarpes de bordes, en algún caso, por roturas de gravedad. Los taludes de excavación tendrán normalmente alturas bajas o medias como mucho. Los problemas que pueden presentarse será de desprendimiento de cantos o bolos, y deslizamiento. En este último caso concurrirá casi siempre, un horizonte arcilloso en la base del talud. Es aconsejable no dar a los desmontes pendientes superiores al 1H:1V. La capacidad portante debe estimarse baja en principio, sin dejar no obstante de considerar, la posibilidad de que la respuesta resistente pueda llegar a ser moderada en muchas ocasiones. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G6

Este grupo geotécnico está constituido por las pizarras profundamente alteradas que constituyen el grupo litológico (V/) que orla los contactos de los afloramientos paleozoicos con los materiales precámbricos. Se trata de terrenos muy impermeables que suelen soportar con frecuencia pequeños horizontes freáticos en el contacto, con el ligero tapiz de derrubios de ladera o glacis que se le superponérsele. Asimismo, se constituyen freáticos en el contacto de las pizarras alteradas y los materiales cuarcíticos de las series paleozoicas. Son materiales muy erosionables e inestables cuando soportan otras formaciones que les pueden proporcionar agua. En las mejores condiciones geomorfológicas, no deben diseñarse taludes con pendientes superiores al 1H:1V. En general, requerirán valores más tendidos y con frecuencia serán necesarias medidas de estabilización. La capacidad de carga será como mucho moderada. En apoyos a media ladera poco profundos la capacidad soporte tenderá a ser baja. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G7

  Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico (321a) y (321b). Formaciones de naturaleza detrítica arcillosa, limo-arcillosa, areno-arcillosa y areno-conglomerática poco consolidadas. Formaciones muy impermeables, aunque puede variar a nivel local según sea la naturaleza de sus horizontes. Los rápidos y constantes cambios laterales, en estas formaciones de borde de pequeñas cuencas continentales, caracterizan esta alternancia en la vertical y horizontal de horizontes más o menos impermeables. La estabilidad natural de este grupo se ve afectada por movimientos de ladera, allí donde las pendientes del terreno son fuertes y existe un horizonte freático sobre estos materiales. Los taludes de excavación no deberían superar el 1H:1V, estimando, por otra parte, que en muchas ocasiones los desmontes requerirán pendientes más tendidas. Los taludes que podrán excavarse en este grupo serán normalmente de tamaño pequeño o moderado. La capacidad portante podrá fluctuar entre moderada y baja. A media ladera se debe temer siempre los procesos de rotura por gravedad. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G9

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (142), (141a), (123c), (123a), (121b) y (010e). Se trata de cuarcitas y conglomerados siliceos. Estos materiales sólo presentan permeabilidad por fisuración. La estabilidad natural del grupo es buena en general, aunque se dan de forma moderada procesos de desprendimientos en los escarpes serranos que suelen conformar. Los taludes de excavación podrán diseñarse con pendientes muy fuertes, con tendencia a la subverticalidad, aunque siempre estarán sometidos a procesos de desprendimientos de bloques y cuñas debido a la fuerte tectonicidad que normalmente acompaña a las formaciones hercínicas en el Tramo. La capacidad portante debe estimarse muy alta en principio. Grupo no ripable.

- Grupo geotécnico G11

  Este grupo está conformado por los grupo litológicos (010a), (010b), (122a), (123). Grupo pizarroso y pizarro-grauvaquico. Materiales que condicionan sus respuestas geomecánicas a su naturaleza esquistosas pizarreña a pizarroso - grauváquico y al muy alto diastrofismo provocado por la tectónica. Son terrenos prácticamente impermeables, y la que puedan tener es de naturaleza fisural. La estabilidad natural de las vertientes que constituyen es en general buena, excepto en áreas en donde existe un manto de alteración superficial importante y alguna formación de naturaleza permeable que constituya freáticos colgados sobre ellas. Los taludes que podrán soportar dependerá del grado de alteración de las rocas y de la geometría local de las discontinuidades estratigráficas, metamórficas y tectónicas. En general, son terrenos en los que normalmente no deberían proyectarse taludes por encima del 1H:1V. La capacidad de carga puede fluctuar en un

amplio registro de valores que abarcan desde muy altos a moderados, y circunstancialmente bajos. Estos últimos serán posibles en áreas de medias laderas en zonas de alteración profunda, en donde las roturas de vertiente por gravedad son frecuentes. En general debe esperarse respuestas resistentes de altas a moderadas en cargas superficiales en muchas partes del terreno a media ladera. En general, apoco que se profundice en el terreno, las condiciones resistentes del mismo serán generalmente buenas y muy buenas. Las áreas de esquistos poco alterados y de morfología llana o suavemente alomada son muy aptas para el soporte de cargas importantes. Sólo una pequeña parte de estos terrenos, las pizarras muy alteradas del grupo (010a) y otras zonas de alteración menos profunda, se pueden incluir en el grupo de materiales ripables y de ripabilidad marginal. La gran mayoría del grupo no sería ripable con medios mecánicos normales.

3.2.6. Resumen de los problemas geotécnicos que presenta la Zona 1

Los problemas que podrán suscitarse en la Zona 1 tendrán esencialmente tres orígenes; uno será de naturaleza morfológica y geomorfológica, otro hidrológica y un tercero de carácter geotécnico. Por lo que respecta a los problemas señalados en primer lugar, surgirán por la necesidad de atravesar el curso y valle de algunos de los importantes ríos que discurren por el Tramo, así como los numerosos pequeños valles y barrancos de los arroyos que drenan la Zona. La ocupación por las aguas embalsadas de los valles de los ríos Guadiana y Zujar parece condicionar de alguna forma la ubicación de cualquier corredor de trazado por las zonas de cola o sectores más estrechos de los embalses.

Los problemas hidrológicos se suscitarán por una parte de la naturaleza impermeable del precámbrico, y por otra de la existencia de amplias planicies que mantienen recubrimientos someros de terrenos detríticos (rañas y glacis). En estas áreas, la escorrentía superficial es muy pobre y suele crearse un manto freático estacional o permanente, que hace que algunas zonas sean endorreicas, con la subsiguiente creación de áreas lagunares.

Los problemas de carácter geotécnico se originarán fundamentalmente en la excavación de taludes artificiales como consecuencia de unas condiciones estructurales y tectónicas favorables a la inestabilidad de grandes masas de roca. Por esta razón, habrá que tener muy en cuenta, las discontinuidades de todo tipo existentes (estratificación, esquistosidad, diaclasado, fallas y alteración) a la hora de diseñar taludes. Los problemas de capacidad portante sólo podrán darse localmente en apoyos superficiales a media ladera o sobre la somera capa de recubrimientos. En este último caso los problemas serán siempre de baja intensidad, dada la escasa potencia que normalmente tienen los recubrimientos. En apoyos a media ladera, los problemas serán localizados y podrán estar condicionados por sectores muy tectonizados y alterados. En general, se considera que a poco que se profundice en el terreno, salvo casos muy puntuales las condiciones para fundar estructuras, será buena.

3.3. ZONA 2: SIERRAS PALEOZOICAS

3.3.1. Geomorfología

Los elementos morfológicos que integran el territorio de la Zona 2 son los siguientes:

- Cresterías de las cumbres serranas
- Laderas de derrubios de gravedad, y piedemontes
- Pequeñas sierras y alomaciones entre grandes sierras



Foto 14. Sierra de la Chimenea donde se observa el típico relieve “apalachiano” de las cuarcitas del Arenig. Al fondo, la explotación abandonada del YG-2 en los coluviales del grupo litológico C1.

- Cresterías de las cumbres serranas

  Las sierras del Tramo se alzan sobre la penillanura precámbrica a favor de una columna vertebral resistente a la denudación paleógena, como es la potente serie cuarcítica del ordovícico. (Foto 14). Las apretadas estructuras sinclinales creadas durante la orogenia hercínica y representadas por la denudación, darán lugar a los relieves estructurales invertidos en los que las cuarcitas del arenig ocupan las cimas montañosas en un relieve agreste y recortado, en donde las formas ruiniformes son frecuentes. Estos núcleos serranos son muy espectaculares y confieren al paisaje grandeza y espectacularidad. Los procesos observados en estas áreas, en donde la tectónica se hace muy patente por la desnudez de la roca, son roturas de gravedad a todos los tamaños, desde grandísimos corrimientos fósiles a desprendimientos de bloques y cuñas en las paredes escarpadas, como fenómenos más actuales.

- Laderas de derrubios de gravedad y piedemontes

  Como una falda que rodea los núcleos cuarcíticos de las grandes sierras, el manto de derrubios se extiende sin solución de continuidad alrededor de los mismos. Iniciados con pendientes muy fuertes al pie de los escarpes de cuarcitas, van suavizando su pendiente a medida que se aproximan a la base de la sierra. Las estructuras creadas son coluviones, conos de deyección y glacis entre los que se debe incluir, en algunos casos, restos de plataformas de rañas e incluso sedimentos adosados de materiales neógenos. Las laderas son áreas que fosilizan un proceso de inestabilidad por deslizamientos gravitacionales acontecido en fases de clima periglaciar, y que en la actualidad son estructuras de actividad potencial o latente, y mucho menos grado activas. Los procesos son activados a causa de la existencia de un substrato impermeable de alto contenido en componentes arcillosos de tipo caolínico. Este substrato, sobre el que mayoritariamente se apoyan los derrubios de gravedad que arrancan de las cresterías cuarcíticas, son los materiales pizarrosos del Cámbrico - Tremadoc o Precámbrico tectonizamos y alterados hasta profundidades muy importantes. La presencia de un horizonte freático permanente o estacional, en el contacto coluvión - substrato, favorece el desarrollo de los procesos gravitacionales.



Foto 15. Panorámica desde la ladera de la margen derecha del arroyo Valmayor que sigue a grandes rasgos el eje del amplio sinclinal paleozoico y se encaja sobre las pizarras y areniscas del grupo (141b).

- Pequeñas sierras y alomaciones entre grandes sierras

  Esta unidad morfológica que reúne en si, de alguna forma a las dos anteriormente expuestas, está representada por un relieve estructural asociado a un amplio sinclinal que, orientado de NO-SE, ocupa la parte nororiental del Tramo. (Foto 15). Este gran sinclinal integrado por materiales paleozoicos, se alza sobre la penillanura precámbrica creando en sus flancos, una serie de altas sierras “apalachienses”, coronadas por las cuarcitas del ordovícico. Entre estas sierras y los valles menores, los interfluvios son ocupados, la mayoría de las veces por los cordeles cuarcíticos intercalados en las series silúricas y devónicas. Las laderas de las sierras intermedias suelen poseer pendientes acusadas, aunque no tanto como las de las grandes sierras, y sus tapizados por derrubios de gravedad son menos importantes.

  Los fenómenos de inestabilidad de vertiente son procesos frecuentes que están asociados por una parte al carácter impermeable, la alteración y tectonicidad de los materiales pizarrosos que suelen constituir el substrato de las laderas, y por otro a la existencia de laderas estructurales que propician corrimientos entre capas a todas las escalas.

3.3.2. Tectónica

La orogenia hercínica es la responsable de las estructuras de plegamiento que definen la Zona 2. (Ver Figura 10). Una serie de sinclinales más o menos completos en sus dos flancos, se alzan sobre la penillanura precámbrica para construir los relieves invertidos que son las sierras existentes en el Tramo. La estructura sinclinal paleozoica más importante dentro del Tramo da lugar a las sierras existentes en el ángulo noreste del área de estudio. La siguiente en importancia constituye las sierras situadas al norte de Orellana de la Sierra, en que se incluye otra estructura menor adosada que da lugar a los pronunciamientos topográficos de Repica y Cerro del Bravo, situados al noreste de la citada población. El tercer conjunto estructural paleozoico está representado por las sierras que se alzan al sur de la Puebla de Alcocer, que establecen un puente discontinuo de conexión con las estructuras del área de Orellana de la Sierra, mediante un cordel o rosario de afloramientos cuarcíticos que, con orientación NO-SE, destacan morfológicamente sobre las pizarras y grauvacas precámbricas, como es el caso del cerro El Olivaron situado en la margen izquierda del Embalse de Orellana.

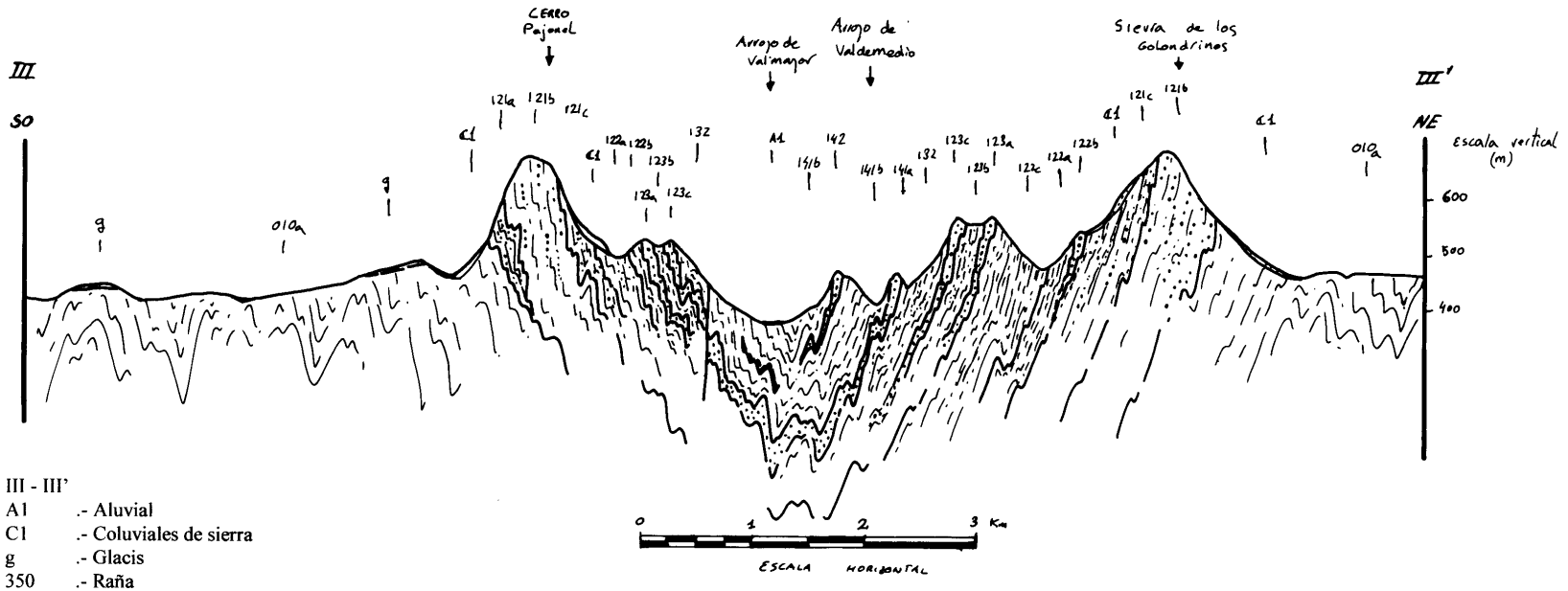
La estructura mayor situada al sur y oeste de la población de Herrera del Duque, presenta en su conjunto la orientación regional ONO-ESE. Una visión más localizada de esta estructura deja ver fluctuaciones muy importantes en el rumbo. En unos casos, las sierras y cordeles cuarcíticos, que suelen ser los guías y delatadores de las estructuras, tienden

a orientarse E-O, como en el caso de la sierra de la Chimenea, construida por cuarcitas del Arenig. En otros, las capas sufren inflexiones muy importantes, como consecuencia de fallas direccionales y del plegamiento de 2ª fase, y dan lugar a arqueos como el que se produce en las cuarcitas del Arenig del sur y sureste de Herrera del Duque constitutivas de las sierras de Consolación y del Chamorro. En el interior del gran sinclinal, los materiales silúricos y devónicos complican aún más sus estructuras con pliegues y repliegues a la vez que las capas sufren acusados desplazamientos como consecuencia de la densa red de fallas existente. La importante red de fracturación que atraviesa esta estructura sinclinal, está constituida por un sistema de fallas que presentan los siguientes rumbos: NE-SO, NNE-SSO a NNO-SSE y ONO-ESE a E-O.

Las estructuras existentes al norte y noreste de Orellana de la Sierra son sinclinales cuyos planos axiales sufren un alabamiento que los hace fluctuar entre una dirección norteada y otra de rumbo NE-SO. El eje de los mismos parece sufrir una inmersión al norte, y los sinclinales quedan abiertos al norte y cerrados al sur y suroeste. Al norte de la estructura mayor de Orellana de la Sierra aflora, aislada de la misma, una pequeña estructura sinclinal orientada NO-SE.

El sistema de fallas más importante que atraviesa estas estructuras tiene componente E-O y su densidad es muy alta. Fallas de rumbo NO-SE son también muy importantes así como las de dirección NE-SO. En general se debe hablar de un área de muy alto diastrofismo, que se hace muy patente en la alta tectonicidad de las rocas y en la profunda alteración de los terrenos pizarrosos que incluye.

La tectónica terciaria y los movimientos neotectónicos del final del terciario actuaron reactivando este puzle tridimensional. Durante el cuaternario, las laderas han sufrido amplias áreas movimientos gravitacionales importantes, que en la actualidad se deben considerar estructuras latentes.

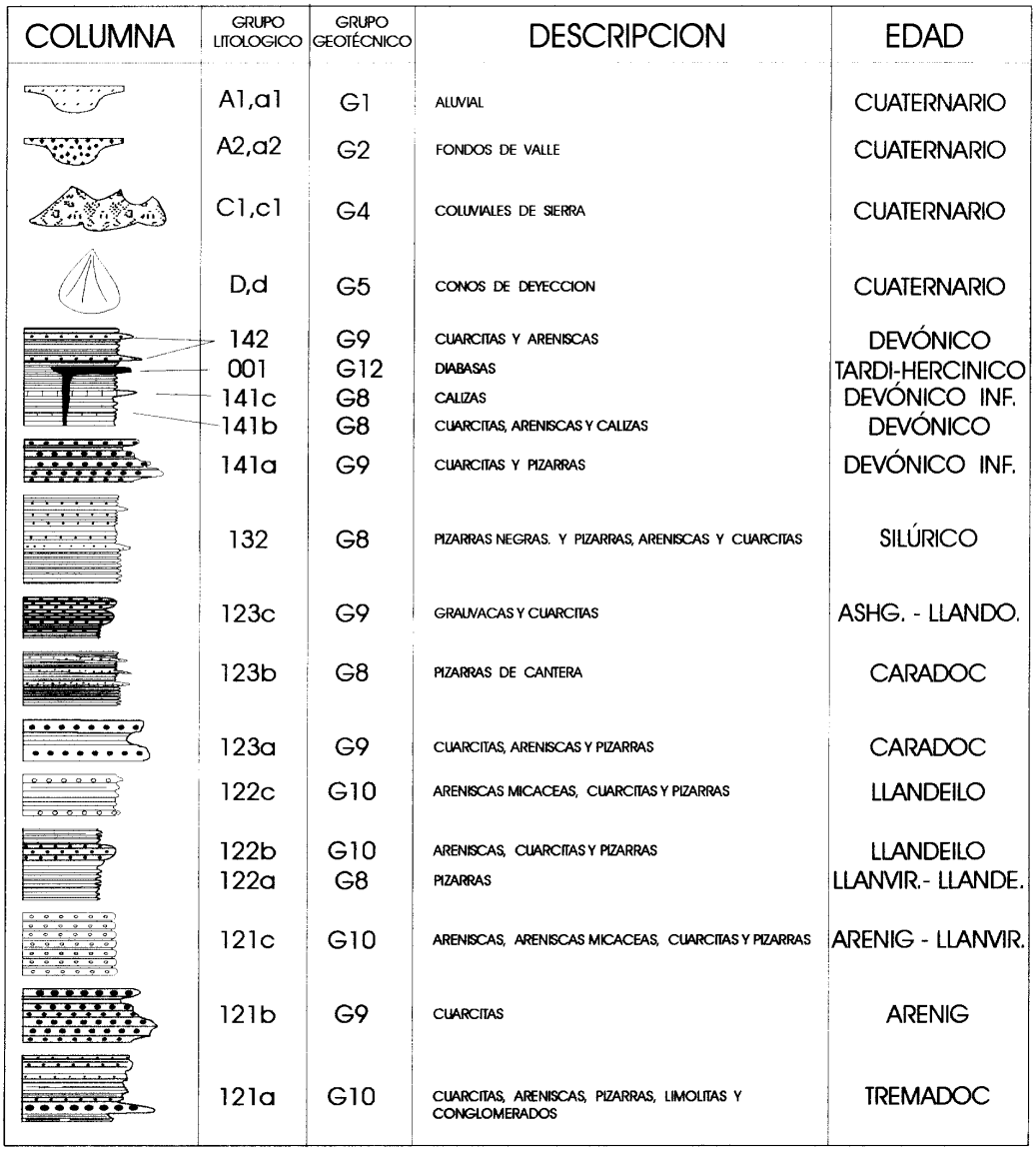


III - III'

A1	.- Aluvial
C1	.- Coluviales de sierra
g	.- Glacis
350	.- Raña
142	.- Cuarcitas y areniscas
141b	.- Cuarcitas, areniscas y calizas
141a	.- Cuarcitas y pizarras
132	.- Pizarras negras, y pizarras, areniscas y cuarcitas
123c	.- Grauvacas y cuarcitas
123b	.- Pizarras de cantera
123a	.- Cuarcitas, areniscas y pizarras
122c	.- Areniscas micaceas, cuarcitas y pizarras
122b	.- Areniscas, cuarcitas y pizarras
122a	.- Pizarras
121c	.- Areniscas, areniscas micaceas, cuarcitas y pizarras
121b	.- Cuarcitas
121a	.- Cuarcitas, areniscas, pizarras, limolitas y conglomerados
010a	.- Pizarras y grauvacas

Figura 10.- Corte geológico correspondiente a la Zona 2.

FIGURA 10. CORTE GEOLÓGICO CORRESPONDIENTE A LA ZONA 2.



COLUMNA	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCION	EDAD
	A1,a1	G1	ALUVIAL	CUATERNARIO
	A2,a2	G2	FONDOS DE VALLE	CUATERNARIO
	C1,c1	G4	COLUVIALES DE SIERRA	CUATERNARIO
	D,d	G5	CONOS DE DEYECCION	CUATERNARIO
	142	G9	CUARCITAS Y ARENISCAS	DEVÓNICO
	001	G12	DIABASAS	TARDI-HERCINICO
	141c	G8	CALIZAS	DEVÓNICO INF.
	141b	G8	CUARCITAS, ARENISCAS Y CALIZAS	DEVÓNICO
	141a	G9	CUARCITAS Y PIZARRAS	DEVÓNICO INF.
	132	G8	PIZARRAS NEGRAS. Y PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS	SILÚRICO
	123c	G9	GRAUVACAS Y CUARCITAS	ASHG. - LLANDO.
	123b	G8	PIZARRAS DE CANTERA	CARADOC
	123a	G9	CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS	CARADOC
	122c	G10	ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122b	G10	ARENISCAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	LLANDEILO
	122a	G8	PIZARRAS	LLANVIR.- LLANDE.
	121c	G10	ARENISCAS, ARENISCAS MICACEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	ARENIG - LLANVIR.
	121b	G9	CUARCITAS	ARENIG
	121a	G10	CUARCITAS, ARENISCAS, PIZARRAS, LIMOLITAS Y CONGLOMERADOS	TREMADOC

FIGURA 11. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 2.

La estructura situada al sur de la Puebla de Alcocer, parece corresponder al flanco norte de un sinclinal, orientado en dirección ONO-ESE. Como consecuencia del juego de un sistema de fallas direccionales de rumbo NE-SO, la mitad suroriental de esta estructura se encuentra rota y desplazada en bloques que en la actualidad forman un rosario de pequeñas sierras separados de la principal (sierra del castillo).

Aparte de las fallas de dirección NE-SO, muy importantes, aparece todo un sistema que se orienta entre esta dirección y la N-S. Especial importancia deben tener fallas de dirección paralela a la estructura sinclinal, que parecen establecer un contacto mecanizado y continuo con los materiales precámbricos. Este sistema de fallas y/o cabalgamientos de dirección paralela a la estructura sinclinal, se hace muy patente a sur de Herrera del Duque donde parece laminar y engrosar a multitud de grupos litológicos. En las vertientes de estas sierras existen grandes movimientos de roturas de gravedad que se deben considerar estructuras latentes y hasta cierto punto activas localmente.

3.3.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica de la Zona 2 es la dibujada en la Figura 11.

3.3.4. Grupos litológicos

ALUVIAL, (A1, a1)

FONDOS DE VALLE, (A2, a2)

Estos grupos se describen en la Zona 3 (páginas 115 y 116), donde se encuentran ampliamente representados.

COLUVIALES DE SIERRA, (C1, c1)

- Litología

  Este grupo está constituido por coluviales de pie de ladera y por los canchales de los relieves cuarcíticos originados en diversas fases de configuración de las laderas a lo largo del Plio-cuaternario. Los canchales o pedreras están constituidos por cantos y bloques, heterométricos y de naturaleza principalmente cuarcítica con muy poca matriz; en mucha menor proporción también se han detectado cantos de pizarra. (Foto 16). La matriz de los canchales es principalmente arenosa y limosa, con gravillas angulosas dispersas. Los cantos y bloques son muy angulosos y su tamaño medio está comprendido entre los 20 y 30 cm. Los coluviales de pie de ladera presentan un tamaño medio menor y están ligados por una cantidad mucho más importante de matriz. Están constituidos por cantos y gravas angulosas de cuarcita, pizarra y en menor proporción cuarzo. La matriz de este último tipo de depósito está formada principalmente por arenas y limos arcillosos de tonos rojizos. La alterabilidad de este grupo se estima moderada-alta.



Foto 16. Coluviales cuarcíticos pertenecientes al grupo litológico C1. En la parte superior de la foto se puede observar un nivel de canchales. Cantera abandonada en la ladera de la sierra de la Chimenea. Pk(167) de la carretera N-430.

- Estructura

  Este grupo conforma canchales de pendientes moderadas y fuertes, y aureolas coluvionales de pendientes más suaves y tendidas en sus pies. Se han detectado en la observación fotogeológica, estructuras deslizadas con formas de "media luna" con un origen no muy claro entre reptaciones tipo creep y movimientos rotacionales. Se deposita con una pendiente subparalela a la inclinación de la ladera. Interiormente presenta una estructura masiva. Los canchales tienen una estructura cartográfica en nevero, mientras que el resto del grupo presenta una estructura en cuña o cuña-aureola. La potencia de este grupo se estima entre 0.5 m y 3 m para (c1), y entre 3 m y 10 m, y circunstancialmente mayor para (C1).

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Superficialmente este grupo litológico, que engloba recubrimientos de ladera de distinto porte por la potencia y porcentaje de finos, suele presentar un horizonte de lavado que faculta una buena infiltración por percolación de las aguas meteóricas al cuerpo del coluvión. Este, contiene en gene-

ral una abundante matriz limo-arcillosa con capacidad de retención importante del elemento líquido. En general puede hablarse de una permeabilidad media moderada. Con mucha frecuencia las aguas de infiltración, que van a encontrar un substrato impermeable de pizarras muy alteradas, tendrán un lugar de afloramiento al pie de los abanicos de derrubios que tapizan las vertientes serranas, en donde son numerosas las fuentes y surgencias freáticas.

- Estabilidad natural: La inestabilidad fósil, latente y activa observada en los derrubios de ladera, que de forma continua tapizan las vertientes de las sierras paleozoicas, es muy patente. La morfología desarrollada por los procesos geomorfológicos en el transcurso del cuaternario, describen una fenomenología de clima periglaciar en el que los movimientos gravitacionales han sido favorecidos por la existencia de un substrato pizarroso profundamente alterado, que constituye un horizonte o manto con alto contenido en caolín, o bien un substrato roto y descompuesto por corrimientos entre estratos en laderas estructurales. Muchas de las formas observadas, presentan características que semejan a pequeños frentes morrénicos que podrían haberse formado por desplazamiento de pequeñas masas de hielo, o bien parece más lógico, tratase de procesos de solifluxión que darán lugar a esas masas semicirculares de derrubios a modo de “barjanas de piedra”. En cualquier caso, el substrato alterado de plasma caolínico interviene como causa esencial en el proceso inestable.

  En algunos casos, el material de derrubio coluvial se sitúa sobre las formaciones terciarias de limos, arenas y fangos variolados, alimentados a su vez, por el desmantelamiento del manto de alteración pre-eoceno, al inicio del terciario. En estos casos también se observa una inestabilidad de vertiente clara asociada a estas situaciones.

- Taludes artificiales observados: Los taludes excavados en los mantos de recubrimiento coluvial alcanzan normalmente alturas pequeñas, y cuando el talud adquiere dimensiones por encima de la normal potencia del coluvión (entre 0’5 y 10 metros), este aparece conformando la montera del desmonte.

  En razón de su grado de compactación y composición granulo-métrica, normalmente abundante en cantos angulosos de cuarcita, las pendientes de los taludes pueden oscilar entre el 1H:1V y el 1’5H:1V. En algún caso, se ha observado un talud de unos 15 metros de altura excavado en una pedrera para extracción de áridos cuya pendiente superaba el 1H:1’5V.

  Los problemas de inestabilidad observados son claros cuando en el substrato de apoyo aparece la formación arcillosa que constituye el manto de alteración pre-eoceno, desarrollado sobre las pizarras del substrato precámbrico paleozoico. (Foto 17).



Foto 17. Pequeño deslizamiento sobre los materiales del grupo litológico (c1). Casa del Olivarón, embalse de Orellana.

- Taludes recomendados: En general, no deben diseñarse taludes en materiales de coluvión superiores al 1H:1V, pendiente esta que, en numerosas ocasiones, resultará excesiva debido a la abundancia de áreas con inestabilidad fósil o latente dentro del grupo litológico. En estos casos, con un coluvial de composición muy arcillosa o que se apoya sobre un substrato que lo es, las pendientes aconsejables serán 1'5H:1V como máximo.

  En los taludes excavados sobre estos materiales coluviales, especialmente cuando se trate de horizontes ricos en componentes limo-arcillosos, deberá obtarse por la creación de un tapiz vegetal para evitar la constante colmatación de las cunetas.

- Capacidad portante: Este grupo litológico no debe considerarse nunca como una formación susceptible de soportar cargas de alguna entidad. Localmente en áreas de coluvial potente y antiguo situado sobre un substrato paleozoico no alterado y sin visos de rotura de ladera, podrá ser valorado positivamente para soporte de pequeñas solicitudes de carga. Se considera muy importante en estos terrenos, en orden a la estabilidad, la necesidad de no crear obstruc-

ciones a las aguas de circulación freática y superficial, y crear estructuras de drenaje que impida la permanencia del horizonte freático que normalmente existe entre substrato y recubrimiento coluvial.

- Ripabilidad: Son materiales excavables en su totalidad.

CONOS DE DEYECCIÓN, (D,d)

Este grupo se describe en la Zona 1 (página 36), donde se encuentra ampliamente representado.

PIZARRAS, ARENISCAS Y CALIZAS, (141b) - CALIZAS, (141c)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por pizarras con intercalaciones, de centimétricas a decimétricas de areniscas. (Fotos 18 y 19). Lo conforma dos niveles, uno basal donde son frecuentes las intercalaciones calcáreas y otro superior donde los carbonatos prácticamente están ausentes.



Foto 18. Alternancia decimétrica de pizarras y areniscas pertenecientes al grupo litológico (141b). Cercanías del collado de Valdenmedio.



Foto 19. Intercalaciones areniscosas de orden métrico dentro del grupo litológico (141b). Fotografía obtenida junto al puente del arroyo de Valmayor en la carretera que va desde la presa de García Sola a Peloche.

El nivel basal está representado por 140 metros, aproximadamente, de pizarras laminadas limolíticas de color gris verdoso con intercalaciones, de centimétricas a decimétricas de areniscas. Esporádicamente se han detectado niveles de calizas, que cuando tienen una potencia cartográficamente significativa, se han separado, como el grupo litológico (141c).

El grupo litológico (141c) está constituido por calizas con intercalaciones de pizarras. (Foto 20). Las calizas son microcristalinas, bioclásticas y recristalizadas grises, que alternan con areniscas calcáreas y pelitas.



Foto 20. Calizas devónicas pertenecientes al grupo litológico (141c). Collado de Valdenmedio, Valles de Don Arturo.

Las intercalaciones areniscosas son cuarcitas limolíticas de granos subredondeados de cuarzo, con óxidos de hierro, matriz sericítica y cemento de cuarzo. Como minerales accesorios se han detectado circón y rutilo. Las intercalaciones calcáreas son lumaquelas de bioclastos, superiores a 4 mm, recristalizadas, con textura de esqueleto denso y con espacios intergranulares rellenos de cemento ferruginoso con limo detrítico de cuarzo.

El nivel superior está constituido, casi esencialmente por una sucesión de 80 metros de pizarras limolíticas gris verdosas con intercalaciones de niveles, de centimétricos a decimétricos de areniscas y cuarcitas. Las características petrológicas de las intercalaciones detríticas, son iguales que las del nivel inferior. Cuando estas intercalaciones areniscosas y cuarcíticas, tienen una potencia cartográfica significativa, se ha diferenciado como el grupo litológico (142).

En este grupo aparecen numerosas intrusiones de rocas básicas (diabasas) constitutivas del grupo litológico (001), cuando tienen representación cartográfica. Es de suponer la existencia de otros núcleos diabásicos bajo los amplios recubrimientos coluviales del presente grupo litológico.

- Estructura

Este grupo litológico se encuentra localizado en el núcleo del sinclinal de Herrera del Duque. Se trata de una serie estructurada en dos tramos, litológicamente bastante homogénea con intercalaciones irregulares, tanto en frecuencia como en potencia, de niveles más competentes silíceos y carbonatados. Estas intercalaciones tienen una estructura lentejonar y una continuidad lateral escasa.

Conforma relieves alomados, salpicados por pequeñas crestas generadas por los grupos litológicos (142) y (141c) intercalados en él. Se encuentra moderadamente fallado, y el grado de fracturación se puede considerar moderado alto. El grado de metamorfismo es bajo - muy bajo. Interiormente se encuentra muy replegado y con algún nivel de despegue. La potencia aproximada de este grupo litológico es de 220 metros.

El grupo litológico (141c) se restringe, cartográficamente al Collado Valdenmedio, al sur de la localidad de Herrera del Duque. Posee una estructura lentejonar, y la continuidad lateral del afloramiento no supera los 3 kilómetros. La potencia máxima estimada para este grupo litológico no supera los 40 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: El conjunto del grupo litológico presenta una permeabilidad baja. Circunstancialmente buena, a través de algunas capas calizas (planos de estratificación) o de forma fisural, la formación puede hacerse algo permeable. El grupo (141c) posee una permeabilidad buena por karstificación.

  - Estabilidad natural: En las laderas que normalmente conforman estos terrenos, se han observado fenómenos de deslizamientos y corrimientos gravitacionales, no muy profundos en general. El origen de estas inestabilidades debe buscarse en varias causas, entre las cuales, las más importantes serían:

    a) Existencia en zonas altas o de cumbre de la ladera, de una formación capaz de crear un acuífero que normalmente será fisural y que podrá proporcionar agua y presiones hidrostáticas a través de fisuras, planos de estratificación y esquistosidad a las pizarras de este grupo.

    b) Existencia de una red intensa de fallas, fracturación y diaclasado que jugarán en la definición del volumen y área movilizada. Entre los planos de movimiento, las superficies entre capas que han jugado mecánicamente durante el plegamiento, adquieren un protagonismo manifiesto en los corrimientos gravitacionales de ladera.

c) Disposición favorable de las capas creando pendientes estructurales que, a lo largo del tiempo, la erosión puede dejar descolgados y terminan por romper y moverse a favor de los planos de estratificación, en muchos casos movilizados tectónicamente, o esquistosidad.

d) Rotura por vuelco de estratos en zonas donde la estratificación y pizarrosidad están bastante verticalizadas.

- Taludes observados: Los taludes de excavación observados son de muy pequeñas dimensiones, en general perpendiculares a la estratificación y esquistosidad principal. Se ha apreciado en ellos un fácil deterioro por erosión y meteorización

- Taludes recomendados: En desmontes transversales a la estratificación y esquistosidad principal, que sería tanto como decir transversales a la alineación de las laderas, los taludes tendrán en principio las mejores condiciones en orden a su estabilidad. En estos casos, no obstante, se piensa que no sería conveniente dar pendientes superiores al 1H:1V a los mismos. En este orden de cosas se desprende que, cuando los taludes sean excavados paralelos a las vertientes, los problemas de estabilidad podrán surgir con facilidad, por lo que se aconseja no diseñar taludes que superen valores del tipo 1’5H:1V. Ante la necesidad técnica o táctica de superar estos valores se deben prever medidas de refuerzo o contención en los taludes.

- Capacidad portante: Los apoyos a media ladera, que serían los normales en este grupo, tendrán valores bajos o moderadamente bajos para la capacidad portante en los niveles superficiales del terreno, y localmente lo podrá ser hasta profundidades medias en aquellas áreas en donde se han detectado movimientos del terreno de carácter gravitatorio. A partir de profundidades medias que se podrán estimar como mínimo en los 6 - 7 metros, las condiciones resistentes del terreno serán normalmente altas o moderadamente altas.

- Ripabilidad: Se estima que en gran parte del grupo litológico el horizonte más superficial que podría oscilar entre 1 y 3 metros y quizás más, sería ripable con medios mecánicos normales o presentaría una ripabilidad marginal. En profundidad pasa de marginalmente ripable a no ripable.

CUARCITAS Y ARENISCAS, (142)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por una alternancia irregular de niveles competentes de cuarcitas y areniscas, con pizarras. Los niveles competentes están constituidos por areniscas, areniscas cuarcíticas y cuarcitas blancas y pardas de

grano fino a limolíticos, formadas por granos de cuarzo subangulosos y una matriz cristalina de caolinita y clorita. Los niveles pizarrosos son de color verde oliva y poseen una laminación milimétrica.

- Estructura

Este grupo se encuentra intercalado dentro del grupo litológico (141b) y morfológicamente conforma pequeñas crestas dentro de él. (Foto 21). Se encuentra ubicado en la estructura sinclinal de Herrera del Duque. El grado de plegamiento es alto, así como el de fracturación y diaclasado. Se encuentra atravesado por diversas fallas que desplazan la dirección lineal de la crestas que conforma. La potencia aproximada de este grupo litológico es muy variable y oscila desde la decena de metros hasta los 75 - 100 metros, en los niveles más potentes.



Foto 21. Crestón de cuarcitas y areniscas pertenecientes al grupo litológico (142). Fotografía obtenida en el puente del arroyo de Valmayor, sobre la carretera que une la presa de García Sola y Peloche.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Materiales que sólo son permeables por fisuración.

  - Estabilidad natural: Los estratos cuarcíticos, que constituyen mayoritariamente este grupo, ocupan normalmente las cimas o divisorias de aguas de gran parte de las sierras del Tramo. Sus estratos se alinean por lo regular con la dirección de las crestas, al tratarse de relieves estructurales que siguen el rumbo de los ejes de los pliegues hercínicos. A consecuencia de ello, es frecuente que una de las dos vertientes se constituya como ladera estructural en donde la pendiente natural tiende a adquirir la del plano de estratificación de las capas. Esto ha dado lugar que a favor de los planos de discontinuidad estratigráfica y en combinación con los tectónicos, se hayan originado corrimientos gravitacionales de todo tipo y dimensiones, especialmente en los niveles con estructuras sedimentarias de tipo alternante. En estos niveles alternantes, donde los bancos de cuarcita intercalan horizontes de pizarras, han tenido, en muchas ocasiones, un juego de despegue tectónico como planos de corrimiento entre capas en las etapas de compresión y plegamiento. En la actualidad la inestabilidad está relegada esencialmente a las capas más superficiales del terreno y sus recubrimientos, en los tramos de ladera altos con fuertes pendientes, y a las paredes escarpadas de las cresterías, en donde se desprenden bloques de muy diversa consideración.

  - Taludes artificiales observados: Dado el frecuente emplazamiento de este grupo litológico en las divisorias de aguas de las sierras del Tramo, no suelen ser muy frecuentes los taludes de excavación sobre el mismo, excepto en aquellas carreteras que se ven obligadas a atravesarlas más o menos perpendicularmente.

    Los taludes excavados en este grupo suelen ser en general de pequeña o media altura y de tipo subvertical o perfil muy fuerte. Mantienen en general una buena estabilidad excepto en el caso que las capas sean cortadas en dirección paralela o sensiblemente paralela a la estratificación y esta buce hacia la calzada. En estos casos los problemas de inestabilidad por corrimientos de estratos y cuñas suele ser acusado.

  - Taludes recomendados: Salvo en las áreas en donde este grupo pueda aparecer fuertemente tectonizado, permitirá en la mayoría de los casos diseñar taludes entre fuertes y subverticales; especialmente si se excavan más o menos perpendiculares a la dirección de la capas. La fuerte inclinación, que normalmente presentan los materiales de este grupo, favorece también el diseño de taludes fuertes, cuando las capas se cortan en direcciones sesgadas, que formen un fuerte ángulo con la dirección de las capas. Cuando los taludes a excavar sean sensiblemente coincidentes con el rumbo de las capas, y el buzamiento de las mismas sea hacia la calzada, siempre que la inclinación de los planos de estratificación superen los 25°, se deberían dar pendientes al talud

que impidieran el afloramiento en el mismo de dichos planos. Especialmente si la serie cuarcítica intercala horizontes pizarrosos alterados, laminados y brechificados. En el caso de que las condiciones topográficas impidieran estos diseños habría que pensar en medidas de refuerzos y contención. En este último caso, y cuando se trate de tramos a media ladera, se debe investigar con detenimiento la estructura local, ante la posibilidad de que pueda existir estructuras fósiles de corrimiento a favor de capas o planos de falla.

En áreas de alta tectonicidad los taludes no deberán sobrepasar pendientes del orden 1H:1'5V. En cualquier caso será aconsejable construir una amplia cuneta al pie del talud en previsión de potenciales desprendimientos.

- Capacidad portante: La mayor parte de los materiales de este grupo litológico presenta una capacidad portante muy alta. Circunstancialmente en áreas de alta tectonicidad y alteración las condiciones resistentes pueden descender a moderadas. Con relación a las zonas medias y altas de las laderas con pendientes estructurales, en donde se han observado corrimientos gravitacionales de capas o grandes cuñas, las condiciones portantes del terreno, en los niveles más superficiales, pueden ser bastante críticas para solicitaciones importantes.

- Ripabilidad: Grupo no ripable.



Foto 22. Alternancia irregular de cuarcitas y pizarras pertenecientes al grupo litológico (141a). Carretera de Peloche a la presa de García Sola.

CUARCITAS Y PIZARRAS, (141a)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por una alternancia irregular de cuarcitas y pizarras. (Foto 22). Esta irregularidad se manifiesta tanto en su distribución, siendo más cuarcítica en unas áreas que otras, como en su potencia. Los afloramientos de este grupo son escasos y en su gran mayoría cubiertos por un manto coluvionar, por lo que no se ha podido definir una columna estratigráfica clara. Las cuarcíticas son de grano medio, de subangulosas a subrredondeadas, de cuarzo con una fracción irregular de matriz sericítica. Las pizarras son oscuras y suelen estar bastante bioturbadas.

- Estructura

  Este grupo litológico aflora en el núcleo del sinclinal de Herrera del Duque. Morfológicamente conforma un resalte estructural muy claro que se va difuminando hacia el Este del Tramo. Cartográficamente presenta importantes variaciones en su potencia que se pueden deber tanto a factores sedimentológicos como a tectónicos. Como término medio, se puede decir que su potencia oscila entre 20 y 100 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Materiales que sólo son permeables por fisuración.

  - Estabilidad natural: Los estratos cuarcíticos, que constituyen mayoritariamente este grupo, ocupan normalmente las cimas o divisorias de aguas de gran parte de las sierras del Tramo. Sus estratos se alinean por lo regular con la dirección de las crestas, al tratarse de relieves estructurales que siguen el rumbo de los ejes de los pliegues hercínicos. A consecuencia de ello, es frecuente que una de las dos vertientes se constituya como ladera estructural en donde la pendiente natural tiende a adquirir la del plano de estratificación de las capas. Esto ha dado lugar que a favor de los planos de discontinuidad estratigráfica y en combinación con los tectónicos, se hayan originado corrimientos gravitacionales de todo tipo y dimensiones, especialmente en los niveles con estructuras sedimentarias de tipo alternante. En estos niveles alternantes, donde los bancos de cuarcita intercalan horizontes de pizarras, han tenido, en muchas ocasiones, un juego de despegue tectónico como planos de corrimiento entre capas en las etapas de compresión y plegamiento. En la actualidad la inestabilidad está relegada esencialmente a las capas más superficiales del terreno y sus recubrimientos, en los tramos de ladera altos con fuertes pendientes, y a las paredes escarpadas de las cresterías, en donde se desprenden bloques de muy diversa consideración.

- Taludes artificiales observados: Dado el frecuente emplazamiento de este grupo litológico en las divisorias de aguas de las sierras del Tramo, no suelen ser muy frecuentes los taludes de excavación sobre el mismo, excepto en aquellas carreteras que se ven obligadas a atravesarlas más o menos perpendicularmente.

  Los taludes excavados en este grupo suelen ser en general de pequeña o media altura y de tipo subvertical o perfil muy fuerte. Mantienen en general una buena estabilidad excepto en el caso que las capas sean cortadas en dirección paralela o sensiblemente paralela a la estratificación y esta buce hacia la calzada. En estos casos los problemas de inestabilidad por corrimientos de estratos y cuñas suele ser acusado.

- Taludes recomendados: Salvo en las áreas en donde este grupo pueda aparecer fuertemente tectonizado, permitirá en la mayoría de los casos diseñar taludes entre fuertes y subverticales; especialmente si se excavan más o menos perpendiculares a la dirección de la capas. La fuerte inclinación, que normalmente presentan los materiales de este grupo, favorece también el diseño de taludes fuertes, cuando las capas se cortan en direcciones sesgadas, que formen un fuerte ángulo con la dirección de las capas. Cuando los taludes a excavar sean sensiblemente coincidentes con el rumbo de las capas, y el buzamiento de las mismas sea hacia la calzada, siempre que la inclinación de los planos de estratificación superen los 25°, se deberían dar pendientes al talud que impidieran el afloramiento en el mismo de dichos planos. Especialmente si la serie cuarcítica intercala horizontes pizarrosos alterados, laminados y brechificados. En el caso de que las condiciones topográficas impidieran estos diseños habría que pensar en medidas de refuerzos y contención. En este último caso, y cuando se trate de tramos a media ladera, se debe investigar con detenimiento la estructura local, ante la posibilidad de que pueda existir estructuras fósiles de corrimiento a favor de capas o planos de falla.

  En áreas de alta tectonicidad los taludes no deberán sobrepasar pendientes del orden 1H:1'5V. En cualquier caso será aconsejable construir una amplia cuneta al pie del talud en previsión de potenciales desprendimientos.

- Capacidad portante: La mayor parte de los materiales de este grupo litológico presenta una capacidad portante muy alta. Circunstancialmente en áreas de alta tectonicidad y alteración las condiciones resistentes pueden descender a moderadas. Con relación a las zonas medias y altas de las laderas con pendientes estructurales, en donde se han observado corrimientos gravitacionales de capas o grandes cuñas, las condiciones portantes del terreno, en los niveles más superficiales, pueden ser bastante críticas para solicitaciones importantes.

- Ripabilidad: Grupo no ripable.

PIZARRAS NEGRAS Y PIZARRAS, ARENISCAS Y CUARCITAS, (132)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por dos tramos. El tramo inferior está constituido por pizarras negras, y el superior por una sucesión de pizarras, areniscas y cuarcitas.

Las pizarras negras del tramo inferior poseen un contenido abundante de materia orgánica (ampelitas) y pirita. Se trata de un tramo litológicamente bastante homogéneo, en sentido amplio, de 100 a 150 metros de potencia. Hacia la parte media y alta del tramo inferior, son frecuentes pequeñas intercalaciones (de centimétricas a decimétricas) de areniscas y pizarras areniscosas.

En los tramos pizarrosos se observa una laminación interna muy fina. También son muy frecuentes pequeños bandeados de niveles milimétricos de óxidos de hierro procedentes de piritas.

Los niveles más detríticos son limolitas formadas por granos de cuarzo subanguloso, moscovita y biotita cloritizada, óxidos de hierro de carácter detrítico y matriz sericítica. Los minerales accesorios son circón, turmalina, rutilo y opacos.

El tramo superior del grupo litológico esta constituido por una sucesión, entre 400 y 500 metros, de pizarras limolíticas verde-oliva con intercalaciones centimétricas de areniscas y cuarcitas. (Foto 23). Se han detectado niveles de sills muy alterados de rocas de composición basáltica.



Foto 23. Pizarras limolíticas de tonos verdosos constitutivas del tramo superior del grupo litológico (132). Carretera de Peloche a la presa de García Sola.

- Estructura

  Este grupo se encuentra ubicado dentro de la estructura sinclinal de Herrera del Duque. Conforma valles y laderas de ríos y arroyos, y relieves alomados en general. Los niveles de sills basálticos del tramo superior, poseen una estructura lentejonar y su continuidad lateral está comprendida entre unos cientos de metros y un kilómetro. El grado de fracturación es moderado alto. La potencia media aproximada de este grupo litológico oscila entre 500 y 600 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: El conjunto del grupo litológico presenta una permeabilidad baja. A través de planos de estratificación o de forma fisural, la formación puede hacerse algo permeable.

  - Estabilidad natural: En las laderas que normalmente conforman estos terrenos, se han observado fenómenos de deslizamientos y corrimientos gravitacionales, no muy profundos en general. El origen de estas inestabilidades debe buscarse en varias causas, entre las cuales, las más importantes serían:

a) Existencia en zonas altas o de cumbre de la ladera, de una formación capaz de crear un acuífero que normalmente será fisural y que podrá proporcionar agua y presiones hidrostáticas a través de fisuras, planos de estratificación y esquistosidad a las pizarras de este grupo.

b) Existencia de una red intensa de fallas, fracturación y diaclasado que jugarán en la definición del volumen y área movilizada. Entre los planos de movimiento, las superficies entre capas que han jugado mecánicamente durante el plegamiento, adquieren un protagonismo manifiesto en los corrimientos gravitacionales de ladera.

c) Disposición favorable de las capas creando pendientes estructurales que, a lo largo del tiempo, la erosión puede dejar descolgados y terminan por romper y moverse a favor de los planos de estratificación, en muchos casos movilizados tectónicamente, o esquistosidad.

d) Rotura por vuelco de estratos en zonas donde la estratificación y pizarrosidad están bastante verticalizadas.

- Taludes observados: Los taludes de excavación observados son de muy pequeñas dimensiones, en general perpendiculares a la estratificación y esquistosidad principal. Se ha apreciado en ellos un fácil deterioro por erosión y meteorización

- Taludes recomendados: En desmontes transversales a la estratificación y esquistosidad principal, que sería tanto como decir transversales a la alineación de las laderas, los taludes tendrán en principio las mejores condiciones en orden a su estabilidad. En estos casos, no obstante, se piensa que no sería conveniente dar pendientes superiores al 1H:1V a los mismos. En este orden de cosas se desprende que, cuando los taludes sean excavados paralelos a las vertientes, los problemas de estabilidad podrán surgir con facilidad, por lo que se aconseja no diseñar taludes que superen valores del tipo 1’5H:1V. Ante la necesidad técnica o táctica de superar estos valores se deben prever medidas de refuerzo o contención en los taludes.

- Capacidad portante: Los apoyos a media ladera, que serían los normales en este grupo, tendrán valores bajos o moderadamente bajos para la capacidad portante en los niveles superficiales del terreno, y localmente lo podrá ser hasta profundidades medias en aquellas áreas en donde se han detectado movimientos del terreno de carácter gravitatorio. A partir de profundidades medias que se podrán estimar como mínimo en los 6 - 7 metros, las condiciones resistentes del terreno serán normalmente altas o moderadamente altas.

- Ripabilidad: Se estima que en gran parte del grupo litológico el horizonte más superficial que podría oscilar entre 1 y 3 metros y quizás más, sería ripable con medios mecánicos normales o presentaría una ripabilidad marginal. A niveles más profundos se considera, en principio, no lo sería con los medios mencionados.

GRAUVACAS Y CUARCITAS, (123c)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por dos tramos bien diferenciados. El tramo inferior, significativamente menos potente que el superior (30 - 30 metros, como valor máximo) se encuentra a veces ausente. Está constituido por una sucesión grauváquica que contiene fragmentos ocasionales de cuarcitas, algunas veces deformadas y slumpizadas. Las grauvacas presentan granos subredondeados de cuarzo de tamaño fino-medio. La matriz es sericítica, con moscovita ocasional, y se encuentra impregnada por óxidos de hierro. Hacia techo, aparecen algunas intercalaciones cuarcíticas. Las cuarcitas son arenitas de grano fino y subangulosas, inmersas en una matriz sericítica con moscovita y leves impregnaciones de óxidos de hierro. Los minerales accesorios de las cuarcitas son el circón, rutilo y opacos.

El tramo superior es cuarcítico (cuarcitas de criadero) y poseen importantes variaciones en su potencia. (Fotos 24a y 24b). El espesor medio aproximado de este tramo oscila entre 30 y 90 metros. En el embalse de García Sola aparece un banco único de cuarcita muy homogénea de 22 metros de potencia. Hacia el Sudeste van surgiendo intercalaciones de pizarras y, pizarras y areniscas. En el borde este del estudio, este tramo superior está constituido por dos bancos de cuarcita de aproximadamente 25 metros de potencia el inferior y 15 el superior, separados por un intervalo de 25 metros de pizarras.



Fotos 24a y 24b. *Crestones de las "Cuarcitas de Criadero", pertenecientes al tramo superior del grupo litológico (123c). Fotografías obtenidas a ambos lados de la carretera de Peloche a la Presa de García Sola (proximidades a la Presa).*

Las cuarcitas del tramo superior son blancas y grises, y bien estratificadas en bancos decimétricos. Son arenitas de grano fino de cuarzo, de subangulosos a subredondeados, con óxidos de hierro de carácter detrítico y distribución irregular. La matriz es sericítica (10%). Como minerales accesorios se han reconocido circón, turmalina, rutilo y moscovita. Las intercalaciones pizarrosas son de color gris oscuro con intercalaciones que oscilan de métricas a centimétricas de areniscas. Estas intercalaciones se van haciendo más importantes en dirección al embalse de García Sola.

- Estructura

Este grupo litológico aflora en el Este del Tramo. Morfológicamente conforma relieves positivos de tipo apalachiano. Se encuentra ubicado dentro de la estructura sinclinal de Herrera del Duque. En estos materiales es fácil reconocer innumerables repliegues, planos de cabalgamiento del tipo banco sobre banco. El grado de tectonicidad se considera moderado. La potencia media estimada para este grupo litológico oscila entre 20 y 60 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Materiales que sólo son permeables por fisuración.

  - Estabilidad natural: Los estratos cuarcíticos, que constituyen mayoritariamente este grupo, ocupan normalmente las cimas o divisorias de aguas de gran parte de las sierras del Tramo. Sus estratos se alinean por lo regular con la dirección de las crestas, al tratarse de relieves estructurales que siguen el rumbo de los ejes de los pliegues hercínicos. A consecuencia de ello, es frecuente que una de las dos vertientes se constituya como ladera estructural en donde la pendiente natural tiende a adquirir la del plano de estratificación de las capas. Esto ha dado lugar que a favor de los planos de discontinuidad estratigráfica y en combinación con los tectónicos, se hayan originado corrimientos gravitacionales de todo tipo y dimensiones, especialmente en los niveles con estructuras sedimentarias de tipo alternante. En estos niveles alternantes, donde los bancos de cuarcita intercalan horizontes de pizarras, han tenido, en muchas ocasiones, un juego de despegue tectónico como planos de corrimiento entre capas en las etapas de compresión y plegamiento. En la actualidad la inestabilidad está relegada esencialmente a las capas más superficiales del terreno y sus recubrimientos, en los tramos de ladera altos con fuertes pendientes, y a las paredes escarpadas de las cresterías, en donde se desprenden bloques de muy diversa consideración.

  - Taludes artificiales observados: Dado el frecuente emplazamiento de este grupo litológico en las divisorias de aguas de las sierras del Tramo, no suelen ser muy frecuentes los taludes de excavación sobre el mismo, excepto en aquellas

carreteras que se ven obligadas a atravesarlas más o menos perpendicularmente.

Los taludes excavados en este grupo suelen ser en general de pequeña o media altura y de tipo subvertical o perfil muy fuerte. Mantienen en general una buena estabilidad excepto en el caso que las capas sean cortadas en dirección paralela o sensiblemente paralela a la estratificación y esta buce hacia la calzada. En estos casos los problemas de inestabilidad por corrimientos de estratos y cuñas suele ser acusado.

- Taludes recomendados: Salvo en las áreas en donde este grupo pueda aparecer fuertemente tectonizado, permitirá en la mayoría de los casos diseñar taludes entre fuertes y subverticales; especialmente si se excavan más o menos perpendiculares a la dirección de la capas. La fuerte inclinación, que normalmente presentan los materiales de este grupo, favorece también el diseño de taludes fuertes, cuando las capas se cortan en direcciones sesgadas, que formen un fuerte ángulo con la dirección de las capas. Cuando los taludes a excavar sean sensiblemente coincidentes con el rumbo de las capas, y el buzamiento de las mismas sea hacia la calzada, siempre que la inclinación de los planos de estratificación superen los 25°, se deberían dar pendientes al talud que impidieran el afloramiento en el mismo de dichos planos. Especialmente si la serie cuarcítica intercala horizontes pizarrosos alterados, laminados y brechificados. En el caso de que las condiciones topográficas impidieran estos diseños habría que pensar en medidas de refuerzos y contención. En este último caso, y cuando se trate de tramos a media ladera, se debe investigar con detenimiento la estructura local, ante la posibilidad de que pueda existir estructuras fósiles de corrimiento a favor de capas o planos de falla.

  En áreas de alta tectonicidad los taludes no deberán sobrepasar pendientes del orden 1H:1'5V. En cualquier caso será aconsejable construir una amplia cuneta al pie del talud en previsión de potenciales desprendimientos.

- Capacidad portante: La mayor parte de los materiales de este grupo litológico presenta una capacidad portante muy alta. Circunstancialmente en áreas de alta tectonicidad y alteración las condiciones resistentes pueden descender a moderadas. Con relación a las zonas medias y altas de las laderas con pendientes estructurales, en donde se han observado corrimientos gravitacionales de capas o grandes cuñas, las condiciones portantes del terreno, en los niveles más superficiales, pueden ser bastante críticas para solicitaciones importantes.

- Ripabilidad: Grupo no ripable.

PIZARRAS DE CANTERA, (123b)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por un tramo inferior de pizarras muy homogéneas, limolíticas y micáceas grises, grises azuladas y negras, que por alteración dan tonos verduscos. Presenta bandeados por acumulación de micas y óxidos de hierro. De forma muy local, se han detectado nódulos calcáreos en la base. Hacia la parte media y sobre todo a techo del grupo, es muy frecuente encontrar niveles de cuarcita en tránsito con el grupo litológico (123c). Estas cuarcitas son de grano fino y anguloso, con feldespato potásico, plagioclasas alteradas, y con circón, turmalina y rutilo. En este sentido, la parte alta de este grupo litológico, se transforma en una alternancia irregular de capas decimétricas de pizarras limolíticas grises, areniscas cuarcíticas lajeadas, micáceas y cuarcíticas. Presentan una compacidad y dureza muy buenas.

- Estructura

  Este grupo conforma morfológicamente un relieve deprimido muy característico entre los grupos litológicos cuarcíticos (123a) y (123c). Posee una estructura tabular, y su grado de metamorfismo es muy bajo. El plegamiento es suave y presenta buzamientos fuertes en los flancos del sinclinal. El grado de fracturación es moderado. La intensidad de diaclasado se estima alta. La alteración de este grupo es moderada - alta. La potencia máxima estimada para este grupo litológico oscila entre 35 y 40 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Grupo permeable sólo por fisuración.

  - Estabilidad natural: En las pocas laderas naturales constituidas por este grupo dentro del Tramo, se han podido observar algunas estructuras superficiales debidas a corrimiento de capas en pendientes de tipo estructural, o vuelco de estratos en capas con buzamientos contrapendiente.

  - Taludes artificiales observados: No existen taludes de excavación de mención en este grupo litológico dentro del Tramo de estudio.

  - Taludes recomendados: Como en todo el resto del paleozoico, el diseño de taludes deberá estar muy condicionado a las interelaciones entre la geometría del trazado y la de las discontinuidades estructurales del grupo. En general se puede aconsejar que en cortes perpendiculares al rumbo de las capas o con buzamientos contratalud, no se superen el 1H:1'5V. En el resto de situaciones

se requerirán taludes que oscilarán entre el 1H:1V y el 1'5H:1V para los casos muy desfavorables.

- Capacidad portante: Las condiciones resistentes de los materiales de este grupo litológico, cuando no están alterados, deben considerarse altas en general. No obstante en apoyos superficiales a media ladera la capacidad portante del terreno puede estar debilitada debido a roturas de gravedad en la ladera por corrimiento entre capas y vuelco de estratos.

- Ripabilidad: Grupo considerado con ripabilidad marginal en alta proporción, bajo los primeros metros alterados superficiales o descompuestos.

CUARCITAS, ARENISCAS Y PIZARRAS, (123a)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por dos tramos potentes de cuarcitas separados por un tramo más blando a la erosión formado por pizarras, areniscas y cuarcitas. Los dos tramos cuarcíticos varían en potencia a lo largo del estudio. El nivel inferior posee una potencia entre 20 y 40 metros, y el superior entre 10 y 20 metros. Se trata de cuarcitas blancas, estratificadas en capas decimétricas, de grano fino-medio, y cuarcitas limolíticas de tonos pardos y blanquecinos. Los tramos cuarcíticos dan lugar a relieves positivos del tipo “apalachiano”. El tramo intermedio es más blando a la erosión y da un relieve negativo. Este tramo está constituido por una alternancia de pizarras y areniscas, y suele estar por lo general cubierto de derrubios de ladera y coluviales. La compacidad y dureza se estiman altas.

- Estructura

Los afloramientos de este grupo litológico están circunscritos a la estructura sinclinal de Herrera del Duque. Morfológicamente origina un resalte estructural destacado entre los grupos litológicos adyacentes más blandos a la erosión. (Foto 25). El grado de fracturación se considera entre moderado y alto, y se encuentra afectado por un sistema de fracturas NE-SO y NO-SE. La intensidad de diaclasado se estima alta. La potencia aproximada de este grupo litológico varía entre 60 y 80 metros.



Foto 25. Pequeño resalte topográfico, característico de las "Cuarcitas de Cantera". En la fotografía se puede observar el tipo de vertiente regularizada, típica de la Zona 2, cubierta de pequeños depósitos coluviales. Fotografía obtenida desde la carretera de Peloche a la presa de García Sola, límite norte del Tramo de estudio.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Materiales permeables por fisuración.

  - Estabilidad natural: En los escasos terrenos en los que aflora este grupo litológico, no se han observado problemas de mención en orden a la estabilidad.

  - Taludes artificiales observados: Se han observado algunos taludes de alturas medias y el desmonte practicado para una pequeña explotación de sus materiales en una cantera abandonado en la actualidad. Se trata de un talud muy verticalizado en el que se observa una predisposición a desprendimientos de pequeños volúmenes de roca.

  - Taludes recomendados: El diseño de los escasos taludes que pudieran excavarse en los materiales de este grupo deberán estar condicionados teóricamente por la geometría de las discontinuidades estructurales de la roca. En principio, con estratos cortados muy perpendicularmente a la dirección de la estratificación o con buzamientos verticalizados, muy frecuentes, que pudié-

ramos considerar condiciones favorables a la estabilidad, podrían darse valores muy verticalizados. Deberían crearse amplios cunetones al pie de los taludes en previsión de desprendimientos. En cortes sesgados a la dirección de las capas y con buzamientos fuertes hacia la calzada, es aconsejable no rebasar la pendiente de los 50°.

- Capacidad portante: Los materiales constitutivos de este grupo litológico deben considerarse en general como un cimiento con alta y muy alta resistencia. No obstante en los límites de este grupo a techo y muro, en el tránsito a las formaciones pizarrosas que lo enmarcan, las condiciones resistentes en apoyos superficiales a media ladera pueden ser localmente moderadas.

- Ripabilidad: Grupo no ripable en general.

ARENISCAS MICÁCEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS, (122c)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por una alternancia irregular de capas decimétricas, y ocasionalmente centimétrica, de pizarras limolíticas grises y areniscas cuarcíticas de grano fino a limolíticas, más o menos micáceas. (Foto 26). Presentan tonalidades grises y verdosas en corte alterado. Las areniscas y cuarcíticas poseen granos angulosos de cuarzo, abundantes micas, como la moscovita, biotita y clorita que se encuentran entre el 5% y 10%, un 10% de óxidos de hierro de alteración de siderita. La matriz es clorítica y representa el 20% - 25% del total de la roca. Se encuentra muy cubierto por los coluviales procedentes de los grupos litológicos cuarcíticos circundantes. La compacidad es moderada - alta, y la dureza moderada. El grado de alteración es moderado - bajo en los niveles cuarcíticos, y moderado - altos en las pizarras.



Foto 26. Areniscas micaceas y pizarras constitutivas del grupo litológico (122c). Cercanías del cerro Horbezuela, en el borde norte del Tramo sobre la carretera de García Sola a Peloche.

- Estructura

  Geográficamente los afloramientos se encuentran ubicados en la franja NO del Tramo. El grado de tectonicidad de este grupo se considera alto. En este sentido, el grado de plegamiento y fracturación son altos o moderadamente altos. La intensidad de diaclasado se estima alta. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima entre 125 y 150 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Grupo con permeabilidad baja, y posible sólo a través de superficies de discontinuidad tectónica o estratigráfica.

  - Estabilidad natural: En zonas de ladera se han podido observar fenómenos de vuelco de estratos y reptación del manto superficial del suelo de alteración o coluvial.

  - Taludes artificiales observados: Los taludes de excavación existentes son de tamaño bajo. Construidos en pendientes muy fuertes, han evolucionado a per-

files muy irregulares por problemas de inestabilidad. Los estratos de pizarras se suelen descomponer con facilidad, y el alto grado de diaclasado y fracturación de la roca, propicia desprendimientos, desplomes y corrimientos de cuñas abundantes.

- Taludes recomendados: La orientación del plano del talud con respecto a la geometría de los planos de estratificación y de las discontinuidades tectónicas principales debe determinar normalmente el perfil del talud de excavación. No obstante se estima aconsejable no dar a estos terrenos pendientes por encima de los 45°, con carácter general en taludes medios, haciendo constar que en muchas ocasiones las condiciones estructurales aconsejarán taludes más tendidos. En taludes pequeños se pueden excavar taludes fuertes y dejar que evolucionen siempre que exista una amplia cuneta al pie del talud.

- Capacidad portante: Las condiciones resistentes del terreno ante cargas superficiales a media ladera deben estimarse como mucho moderadas. Se considera la posibilidad de que en esas condiciones pueden provocarse asientos diferenciales de magnitud reducida normalmente.

- Ripabilidad: Los materiales de este grupo, al menos en los primeros metros superficiales, serán ripables en alto porcentaje y el resto presentará una ripabilidad marginal en gran medida.

ARENISCAS, CUARCITAS Y PIZARRAS, (122b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por areniscas micáceas y cuarcitas en bancos de orden decimétrico, con intercalaciones de pizarras limolíticas. Se trata de una sucesión de bancos competentes de orden métrico y decimétrico de areniscas y cuarcitas, separados por pasadas e intercalaciones pizarrosas que oscilan de 1 a 2 centímetros, en los tramos más cuarcíticos, y entre 20 centímetros y 1 metro en los tramos más pizarrosos.

Las areniscas son bastante micáceas, y las pizarras limolíticas. Están formadas por granos subangulosos de cuarzo, abundantes pajuelas de moscovita y biotita más o menos cloritizada o ferruginizada, óxidos de hierro, y como minerales accesorios circón, turmalina y rutilo. La matriz de estas rocas es clorítica poco cristalina.

- Estructura

Este grupo litológico tiene una extensión cartográfica muy reducida, apareciendo únicamente en la sierra de la Chimenea y de los Golondrinos. A escala de afloramiento tiene una estructura lentejonar, con una continuidad lateral de no más de 2 kilómetros. Se trata pues, de un grupo de poca relevancia cartográfica.

Conforma relieves positivos, puesto que se trata de un grupo competente y los grupo litológicos adyacentes son pizarrosos, obviamente más blandos a la erosión. Se encuentra muy bien estratificado, en bancos alternantes de orden centimétrico y métrico de bancos competentes de cuarcitas y areniscas, con bancos más blandos de pizarras. El grado de tectonicidad se considera alto. El metamorfismo de esta rocas es de grado medio - bajo. El grado de fracturación se considera moderado - alto. La potencia aproximada de este grupo litológico es de 30 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Grupo litológico permeable sólo en baja proporción por fisuración.

  - Estabilidad natural: No se han apreciado aspectos mencionables en este sentido.

  - Taludes observados: Se ha estudiado un pequeño talud excavado perpendicularmente a las capas y con perfil muy verticalizado en donde no se ha apreciado nada destacable en orden a la estabilidad.

  - Taludes recomendados: Según lo observado en taludes perpendiculares a la estratificación que suele aparecer muy verticalizada, los taludes podrán adquirir perfiles fuertes del orden 1H:2V. En trazados paralelos a las capas o muy sesgados las pendientes no deberían superar el 1H:1’5V. En cualquier caso la estructura local de las capas debe condicionar el diseño adecuado del talud.

  - Capacidad portante: Este grupo debe presentar normalmente condiciones resistentes altas o muy altas. No obstante considerando la alta tectonicidad del conjunto de la estructura en la que se ve inmerso y participa, la capacidad portante podría verse disminuida localmente.

  - Ripabilidad: Este grupo se considera no ripable.

PIZARRAS, (122a)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por pizarras pardo negruzcas en corte fresco, y de tonos verdosos y rojizos el horizonte de alteración. Se trata de pizarras microcristalinas de sericita y clorita, y con una cantidad muy variable, dependiendo de los tramos, de limo fino de cuarzo y micas. Se trata en su conjunto, de una serie bastante homogénea litológicamente. Presentan una compacidad alta. La dureza se estima moderada. El grado de alteración es muy alto, en especial bajo el contacto con las unidades cenozoicas. Localmente, como producto de la alteración este grupo puede transformarse en una arcilla muy plástica de tonos rojos vinosos. A veces es frecuente encontrar pequeños niveles de areniscas y cuarcitas ricas en óxidos de hierro, y micas generalmente oxidadas a la base de la unidad. Estos pequeños niveles detríticos son de grano fino, subredondeados y subangulosos, y están formados mayoritariamente por cuarzo, y en menor proporción por fragmentos de roca volcánica alterada a cloritas y óxidos de hierro. Suele estar muy cubierto por coluviales y mantos de alteración pertenecientes al grupo litológico (C1), o por otros diversos depósitos cuaternarios muy someros, tipo glacis.

- Estructura

  Da lugar a áreas deprimidas y a relieves muy suaves. Las pizarras presentan una esquistosidad hercínica muy penetrativa, por lo que es muy difícil diferenciar las superficies de estratificación original. El grado de plegamiento se considera intenso en todo el grupo. Asimismo, se han detectado muchas fallas inversas y planos de cabalgamiento en el interior de este grupo. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima en 500 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Este grupo presenta una impermeabilidad muy alta y solo por fisuración lo será de forma muy moderada.

  - Estabilidad natural: En las pocas laderas naturales constituidas por este grupo dentro del Tramo, se han podido observar algunas estructuras superficiales debidas a corrimiento de capas en pendientes de tipo estructural, o vuelco de estratos en capas con buzamientos contrapendiente.

  - Taludes artificiales observados: No existen taludes de excavación de mención en este grupo litológico dentro del Tramo de estudio.

- Taludes recomendados: Como en todo el resto del paleozoico, el diseño de taludes deberá estar muy condicionado a las interelaciones entre la geometría del trazado y la de las discontinuidades estructurales del grupo. En general se puede aconsejar que en cortes perpendiculares al rumbo de las capas o con buzamientos contratalud, no se superen el 1H:1'5V. En el resto de situaciones se requerirán taludes que oscilarán entre el 1H:1V y el 1'5H:1V para los casos muy desfavorables.

- Capacidad portante: Las condiciones resistentes de los materiales de este grupo litológico, cuando no están alterados, deben considerarse altas en general. No obstante en apoyos superficiales a media ladera la capacidad portante del terreno puede estar debilitada debido a roturas de gravedad en la ladera por corrimiento entre capas y vuelco de estratos.

- Ripabilidad: Grupo considerado con ripabilidad marginal en alta proporción, bajo los primeros metros alterados superficiales o descompuestos.

ARENISCAS, ARENISCAS MICÁCEAS, CUARCITAS Y PIZARRAS, (121c)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por areniscas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras. Se trata de una alternancia irregular de capas de centimétricas a decimétricas. Las cuarcitas son blanquecinas, de grano fino, a veces limolíticas (con abundancia de moscovita y biotita ferruginosa), formadas por granos subangulosos de cuarzo y una proporción estimable (10% - 15%) de óxidos de hierro asociados a minerales pesados (circón, rutilo, turmalina y opacos). Los términos areniscosos son micáceos, lajeados, y tienen un color pardo amarillento. Las pizarras son limolíticas con colores gris pardusco y gris verdoso. Este grupo litológico se encuentra muy cubierto, algunas veces por los canchales y coluviales procedentes de los escarpes de la cuarcita Armoricana, grupo litológico (121b), y otras veces por un importante manto de alteración de edad aproximadamente pre-eocena.

- Estructura

Presenta un relieve en lomas y constituye en la gran mayoría de las veces la rampa morfológica de la cuarcita Armoricana. Es decir, el nexo de unión entre las líneas de cumbres de la cuarcita Armoricana, y la campiña metamórfica o las diferentes superficies de glacis. Presenta una estructura tabular. El plegamiento es intenso, con abundantes pliegues y planos de cabalgamiento interno del tipo banco sobre banco. El grado de fracturación y diaclasado se considera elevado y muy variable. Esta variabilidad depende de la cercanía a accidentes tectónicos de

primer orden. El grado de alteración es alto, llegando prácticamente a ser localmente una arcilla. Interiormente el grupo se encuentra muy bioturbado. El grado de metamorfismo es muy bajo. La potencia aproximada de este grupo litológico oscila entre 200 y 300 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Materiales permeables sólo por fisuración.

  - Estabilidad natural: Se han observado corrimientos de ladera a favor de los planos de estratificación y en combinación con discontinuidades tectónicas. Estos fenómenos se desarrollan en vertientes en donde este grupo, circunstancia por otra parte bastante frecuente, constituye o tiende a constituir pendientes estructurales favorecidas por la alineación de las sierras con los ejes de plegamiento.

  - Taludes artificiales observados: Los taludes de excavación existentes en el Tramo sobre este grupo son reducidos y de características bajas o medias. Es frecuente que éstos se excaven con direcciones sensiblemente coincidentes, o formando ángulos pequeños con los planos de estratificación. Cuando esto ocurre, y el buzamiento de las capas es claramente desfavorable (buzan hacia la calzada con ángulos entre 30° y 55°), los problemas de corrimientos de estratos y cuñas es muy acusado. En taludes bajos, sensiblemente perpendiculares a la estratificación perfiles subverticales, se mantienen bien con pequeños problemas de cuñas inestables.

  - Taludes recomendados: En taludes de excavación en donde se cortan las capas con dirección sensiblemente paralelo al rumbo de las capas y con buzamiento desfavorable, debe tenderse siempre a crear un talud con pendiente menor que la presentada por la estratificación cuando sea factible el diseño. En caso contrario, se debe pensar que serán necesarias medidas de refuerzo o contención en el talud. Para situaciones de cortes transversales a las estructuras pueden darse casos muy extremos en razón del grado de tectonicidad y alteración de las capas. En estos casos, los valores a considerar podrían oscilar entre los 1H:2V para situaciones favorables y 1H:1V, en condiciones medias. En el resto de las situaciones, que serán mayoría, es decir en cortes sesgados a la estructura, el buzamiento de las capas debe resultar determinante en el diseño del talud, con independencia de que las discontinuidades tectónicas reduzcan aún más las posibilidades geométricas del talud. Como norma general no deberían proyectarse, en este grupo, desmontes con pendientes superiores a los 1H:1’5V, a no ser que se tenga un conocimiento muy claro de las características positivas del terreno en este aspecto.

- Capacidad portante: Este grupo litológico está constituido por materiales de alta o muy alta resistencia. No obstante en zonas de media ladera con pendientes estructurales, en donde se han observado fenómenos de deslizamientos gravitacionales, las condiciones resistentes del terreno serán como mucho moderadas, o incluso bajas, para solicitaciones de alguna entidad a niveles superficiales o poco profundos.

- Ripabilidad: Salvo en áreas de alta tectonicidad y alteración en donde el terreno será en gran proporción ripable o marginal, el resto del grupo no lo será mayoritariamente.

CUARCITAS, (121b)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por cuarcitas blancas, rojizas por alteración en áreas de fracturas, cristalinas, y estratificadas en bancos de espesor métrico o centimétrico. Suelen distinguirse dos grandes paquetes de 200 o 300 metros de potencia separados por un nivel de areniscas de bancos finos que da una pequeña depresión. El tamaño del grano de las cuarcitas varía de fino a medio. La matriz es muy escasa, y cuando tiene lugar es sericítica y en una proporción menor del 5%.

- Estructura

La serie “Armoricana” integrante de este grupo es el principal elemento constructor del relieve. En él se ubican las cotas más elevadas del Tramo, y dibujan una superficie grabada en un relieve “apalachiano”. Posee una estructura tabular. Los bancos cuarcíticos tienen una estructura lentejonar, e interiormente masiva, y suelen tener un espesor que varía entre 20 centímetros y 1.5 metros. El grado de fracturación y diaclasado se debe considerar a grandes rasgos elevado, aunque sufre grandes variaciones dependiendo del contexto tectónico en el que se ubica. El plegamiento es de forma global intenso. Interiormente se han detectado numerosos planos de cabalgamiento de tipo “apalachiano” (banco sobre banco). La compacidad y la dureza son muy elevados. La potencia aproximada de este grupo litológico se estima entre 350 - 400 metros. (Foto 27).

- Geotecnia

- Permeabilidad: Materiales que sólo son permeables por fisuración.

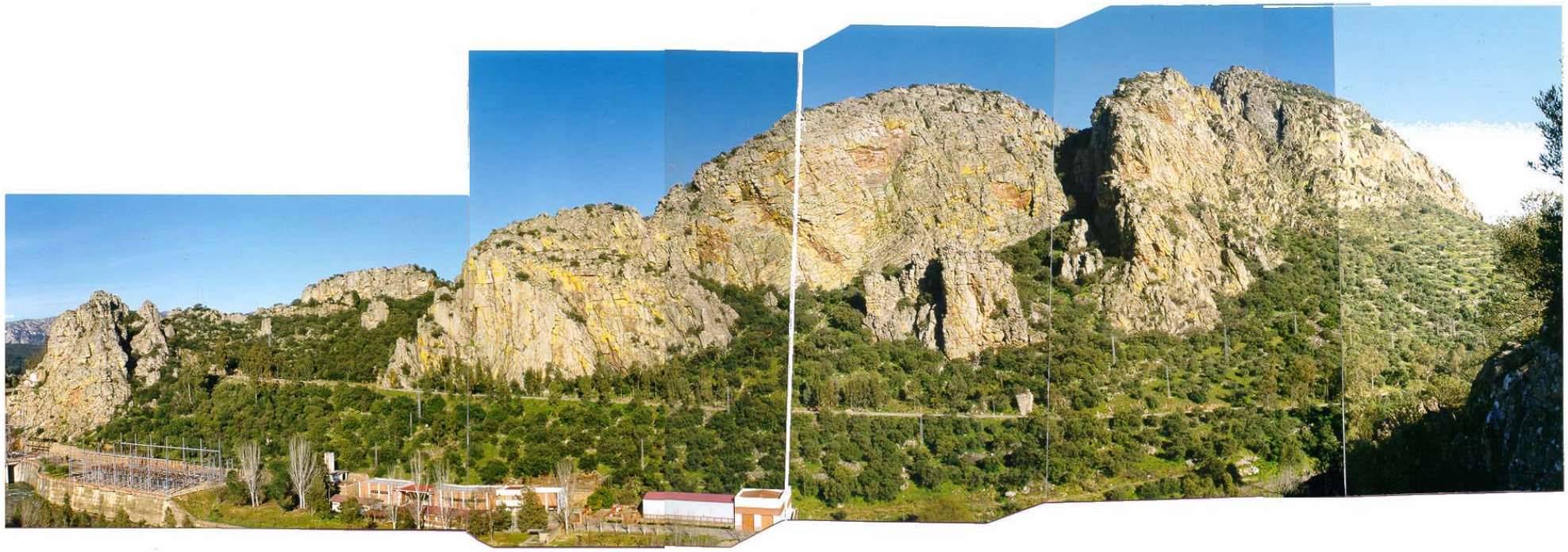


Foto 27. Cuarcitas ordovícicas de Arenig, pertenecientes al grupo litológico (121b). La gran falla que corta este crestón, a la altura del cierre de la presa de García Sola (ver cartografía 1:50.000), genera estos dos importantes corrimientos. Foto realizada desde la margen derecha del río Guadiana junto al cierre de la presa.

- Estabilidad natural: Los estratos cuarcíticos, que constituyen mayoritariamente este grupo, ocupan normalmente las cimas o divisorias de aguas de gran parte de las sierras del Tramo. Sus estratos se alinean por lo regular con la dirección de las crestas, al tratarse de relieves estructurales que siguen el rumbo de los ejes de los pliegues hercínicos. A consecuencia de ello, es frecuente que una de las dos vertientes se constituya como ladera estructural en donde la pendiente natural tiende a adquirir la del plano de estratificación de las capas. Esto ha dado lugar que a favor de los planos de discontinuidad estratigráfica y en combinación con los tectónicos, se hayan originado corrimientos gravitacionales de todo tipo y dimensiones, especialmente en los niveles con estructuras sedimentarias de tipo alternante. En estos niveles alternantes, donde los bancos de cuarcita intercalan horizontes de pizarras, han tenido, en muchas ocasiones, un juego de despegue tectónico como planos de corrimiento entre capas en las etapas de compresión y plegamiento. En la actualidad la inestabilidad está relegada esencialmente a las capas más superficiales del terreno y sus recubrimientos, en los tramos de ladera altos con fuertes pendientes, y a las paredes escarpadas de las cresterías, en donde se desprenden bloques de muy diversa consideración.

- Taludes artificiales observados: Dado el frecuente emplazamiento de este grupo litológico en las divisorias de aguas de las sierras del Tramo, no suelen ser muy frecuentes los taludes de excavación sobre el mismo, excepto en aquellas carreteras que se ven obligadas a atravesarlas más o menos perpendicularmente.

  Los taludes excavados en este grupo suelen ser en general de pequeña o media altura y de tipo subvertical o perfil muy fuerte. Mantienen en general una buena estabilidad excepto en el caso que las capas sean cortadas en dirección paralela o sensiblemente paralela a la estratificación y esta buce hacia la calzada. En estos casos los problemas de inestabilidad por corrimientos de estratos y cuñas suele ser acusado.

- Taludes recomendados: Salvo en las áreas en donde este grupo pueda aparecer fuertemente tectonizado, permitirá en la mayoría de los casos diseñar taludes entre fuertes y subverticales; especialmente si se excavan más o menos perpendiculares a la dirección de la capas. La fuerte inclinación, que normalmente presentan los materiales de este grupo, favorece también el diseño de taludes fuertes, cuando las capas se cortan en direcciones sesgadas, que formen un fuerte ángulo con la dirección de las capas. Cuando los taludes a excavar sean sensiblemente coincidentes con el rumbo de las capas, y el buzamiento de las mismas sea hacia la calzada, siempre que la inclinación de los planos de estratificación superen los 25°, se deberían dar pendientes al talud que impidieran el afloramiento en el mismo de dichos planos. Especialmente si la serie cuarcítica intercala horizontes pizarrosos alterados, laminados y bre-

chificados. En el caso de que las condiciones topográficas impidieran estos diseños habría que pensar en medidas de refuerzos y contención. En este último caso, y cuando se trate de tramos a media ladera, se debe investigar con detenimiento la estructura local, ante la posibilidad de que pueda existir estructuras fósiles de corrimiento a favor de capas o planos de falla.

En áreas de alta tectonicidad los taludes no deberán sobrepasar pendientes del orden 1H:1'5V. En cualquier caso será aconsejable construir una amplia cuneta al pie del talud en previsión de potenciales desprendimientos.

- Capacidad portante: La mayor parte de los materiales de este grupo litológico presenta una capacidad portante muy alta. Circunstancialmente en áreas de alta tectonicidad y alteración las condiciones resistentes pueden descender a moderadas. Con relación a las zonas medias y altas de las laderas con pendientes estructurales, en donde se han observado corrimientos gravitacionales de capas o grandes cuñas, las condiciones portantes del terreno, en los niveles más superficiales, pueden ser bastante críticas para solicitaciones importantes.

- Ripabilidad: Grupo no ripable.



Foto 28. Cuarcitas y areniscas, con intercalaciones pizarrosas pertenecientes al grupo litológico (121a). Trinchera de la carretera que une Puebla de Alcocer y Galinzuela cuando atraviesa la sierra del Castillo.

CUARCITAS, ARENISCAS, PIZARRAS, LIMOLITAS Y CONGLOMERADOS, (121a)

- Litología

  Los afloramientos de este grupo litológico están constituidos por bancos de cuarcitas, con intercalaciones de areniscas, pizarras, y limolitas. (Foto 28). En la base de la serie existen conglomerados silíceos que no han sido observados. Las cuarcitas son arenitas gruesas, a veces microconglomeráticas, recristalizadas y fracturadas. La estructura alternante es irregular con bancos métricos de cuarcitas y arenitas, y de centimétricos a métricos de, limolitas y pizarras. Las capas presentan tonos verdosos, rojizos y cremas amarillentos. El paso al grupo litológico (121b) es transicional, aumentando las intercalaciones y la potencia de niveles de cuarcitas y areniscas a techo. Compacidad y dureza son muy altas en los tramos cuarcíticos. Los conglomerados intercalados en los tramos basales de la serie, son de cantos silíceos de cuarzo y cuarcita, redondeados y fuertemente cementados en matriz silícea. Estos terrenos presentan una alteración muy importante que afecta con mayor profundidad a los horizontes pizarrosos y a las áreas más tectonizadas.

- Estructura

  Este grupo constituye la rampa de los relieves “apalachianos” de la cuarcita Armoricana. El contacto con la serie esquisto - grauváquica está muy tectonizado y alterado. La mayor parte de su extensión cartográfica se encuentra cubierta por coluviales y canchales, sobretodo el contacto con el grupo litológico (121b) correspondiente a la cuarcita Armoricana. El grado de fracturación y la intensidad de diaclasado se consideran altos. La intensidad de plegamiento es muy alta, con abundantes mantos de cabalgamiento de banco sobre banco. La disposición y el buzamiento varía mucho por la complicación tectónica del área. La potencia aproximada para este grupo litológico se estima entre 500 y 700 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: La existencia de una red densa de fracturas y diaclasado procura, en esta formación constituida por materiales impermeables, una infiltración por fisuración muy desigual según las áreas y en razón del grado de alteración de estos materiales. La escorrentía superficial puede presentar un flujo lento a través de los suelos de recubrimiento.

  - Estabilidad natural: En las escasas áreas ocupadas por este grupo litológico se han observado deslizamientos y corrimientos de ladera significativos. Aunque es en las masas de derrubios, que cubren sus laderas y cartografiadas como grupo (C1), en donde este grupo podría estar implicado en profundidad en algún sector.

Entre las causas que motivan los fenómenos de inestabilidad observados, hay que señalar las siguientes como más importantes:

a) Constitución rítmica de la serie estratigráfica en bancos de distinta competencia y resistencia (cuarcita-arenisca-pizarra).

b) Existencia de multitud de planos de discontinuidad (sedimentarios y tectónicos), muchos de los cuales, entre los sedimentarios, han jugado ya como horizontes de despegue entre capas en los procesos tectónicos.

c) Profunda alteración en muchas áreas del Tramo, asociadas normalmente con zonas de falla y fracturas importantes, circunstancia frecuente por otra parte. Esta alteración puede adquirir algunos metros de potencia haciéndose más penetrativa en los estratos pizarrosos. Existe también un fenómeno de caolinización profunda que acompaña a este manto de alteración.

d) Disposición estructural de las discontinuidades y horizontes de alteración favorables al movimiento en las vertientes.

e) Existencia de horizontes freáticos, permanentes o temporales, que provocan presiones intersticiales.

- Taludes artificiales observados: Son raros los taludes de excavación con dimensiones mayores a 10 metros. En general predominan los pequeños desmontes y los de dimensiones medias.

  Las pendientes que se ha intentado dar a los taludes han sido fuertes. El resultado ha sido siempre unos taludes irregulares como consecuencia de una inestabilidad de bloques y grandes cuñas. Esta, ha sido favorecida por la estructura alternante de capas de muy distinta competencia, el fuerte diastrofismo, y la alteración profunda, que presenta con frecuencia la formación.

- Taludes recomendados: En principio habrá que decir que serán los datos estructurales del terreno los que deban definir las características del talud. Por otra parte, como este conocimiento casi nunca llega a ser medianamente correcto antes de la excavación, lo normal suele ser dar al talud la pendiente que este podría soportar en las mejores condiciones estructurales. Es una opción que puede adoptarse siempre que se haya previsto contar con un tiempo suficiente, para que el talud adquiera un perfil más o menos estable en base a una inestabilidad.

  En las mejores condiciones (bancos verticales u horizontales de naturaleza masiva sin grandes zonas de dislocación y alteración, cortados perpendicularmente a la dirección de los planos) la pendiente que podría darse sería del tipo

subvertical. Pero lo normal será la existencia de repliegues y abundantes zonas de dislocación y alteración de los estratos más pizarrosos intercalados. Por otra parte, será frecuente la existencia, en los primeros metros del terreno, de roturas de tipo gravitacional que afectan tanto al suelo de recubrimiento como a las capas del substrato rocoso que conforma este grupo. En consecuencia se estima que pendientes por encima del 1H:1'5V, ya darán problemas importantes de deslizamiento y corrimiento de grandes cuñas. Por lo que lo aconsejable será no sobrepasar en principio estos valores si no se tienen buenos conocimientos del terreno, a sabiendas de que en muchas zonas del talud terminan por definirse pendientes menores, y otras en donde la subverticalidad sería posible. En cualquier caso es aconsejable la construcción de una amplia cuneta al pie de estos taludes en previsión de desprendimientos y corrimientos de cuñas.

- Capacidad portante: Se trata sin duda de una formación constituida mayoritariamente por estratos de alta o muy alta resistencia. No obstante en apoyos muy superficiales, especialmente a media ladera, se pueden dar con bastante frecuencia problemas de asientos diferenciales. Estos asientos serán debidos a la fuerte dislocación tectónica de las capas, a la existencia horizontes con una alteración profunda asociados, a los sectores fuertemente fracturados, y a la posible existencia de planos de rotura gravitacional fósiles en áreas con pendientes acusadas. Estas son circunstancias a tener muy en cuenta en estos terrenos a la hora de fundar estructuras.

- Ripabilidad: Aunque localmente la fuerte tectonicidad y la alteración sectorial puedan hacer que este grupo presente una ripabilidad marginal, se deben considerar en principio que no lo será mayoritariamente.

DIABASAS, (001)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por diabasas tardihercínicas o pérmicas. (Fotos 29 y 30). La textura de estas rocas es holocristalina y granuda, entre diabásica y ofítica. Los fenocristales de plagioclasas son antipertíticas e irregularmente alterados a epidota, saussurita y carbonatos. Los clinopiroxenos están sustituidos por clorita y epidota. Se han detectado reliquias de biotita muy transformadas a clorita y opacos finos, y olivino reemplazado por clorita, serpentina y carbonatos. En un ámbito global, todos los minerales máficos en estas rocas se encuentran irregularmente ferruginizados.



Foto 29. Aspecto superficial de las diabasas del grupo litológico (001). Arroyo de Valmayor.



Foto 30. Disyunción columnar y alteración típica de las diabasas del grupo litológico (001). Proximidades del Arroyo de Valmayor.

- Estructura

La distribución geográfica de este grupo litológico se restringe prácticamente al área NE del Tramo, en el núcleo del sinclinal de Herrera del Duque. Perfora los materiales del Silúrico y Devónico a modo de grandes diques de estructura tabular. La continuidad de los diques suele ser buena, superándose en algunos casos los 3 kilómetros. La compacidad y dureza de estas rocas son muy altas. El grado de alteración es muy bajo. El grado de fracturación es moderado. El grado de metamorfismo es muy bajo. La potencia de los diques es muy variable y oscila desde los no cartografiables por tener una potencia de escasos metros, a los cartografiables con alrededor de 250 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Materiales con permeabilidad por fisuración exclusivamente.

  - Estabilidad natural: La erosión puede dejar masas bolares que pueden posteriormente desprenderse y rodar ladera abajo.

  - Taludes artificiales observados: No existen.

  - Taludes recomendados: Por sus escasos afloramientos en la zona de estudio es poco probable la construcción de taludes artificiales en estas rocas. No obstante se puede estimar que estas rocas pueden excavarse con taludes subverticales.

  - Capacidad portante: La resistencia debe estimarse muy alta en principio. No obstante se debe considerar la posible existencia de áreas de alteración en estos materiales intrusivos que harían disminuir la capacidad portante hasta valores moderados.

  - Ripabilidad: Grupo no ripable. Sólo en áreas de alteración lo sería.

3.3.5. Grupos geotécnicos

En este apartado se agrupan, según ciertas características geotécnicas comunes, las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior.

- Grupo geotécnico G1

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupo litológicos (A1) y (a1). Materiales permeables por percolación. Poseen una morfología llana y se ven afectados por la dinámica fluvial. Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para cimentar sobre ellos estructuras de ningún tipo, de las que habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo.

- Grupo geotécnico G2

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (A2), (a2), (C2) y (c2). Se trata de fondos de valle y los coluviales de penillanura con una permeabilidad moderada, y con problemas locales de escorrentía. Son terrenos vulnerables a la erosión, y los coluviales pueden presentar problemas de estabilidad natural. Se encuentra poco o nada consolidado, y sólo admitirá cargas muy someras. Los taludes recomendados en los coluviales estarán en torno a los valores 1’5H:1V. Cualquier solicitud de alguna entidad deberá transferirse al substrato próximo. Grupo ripable en su totalidad.

- Grupo geotécnico G4

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (C1) y (c1). Se trata de coluviales y recubrimientos de ladera en las áreas de sierra. Materiales de permeabilidad variable, entre alta y moderada, y con una base de apoyo que es con mucha frecuencia un horizonte con características impermeables (terciario arcilloso o manto de alteración el substrato precámbrico-paleozoico). Constituyen terrenos en ladera, a veces muy pronunciados en donde los procesos fósiles de deslizamiento son estructuras frecuentes en las que cabe su inestabilización en épocas lluviosas. Los taludes a excavar serán normalmente de bajas alturas, y los problemas que podrían suscitarse serán de desprendimientos de cantos o bloques, o de deslizamiento si aflorase en el talud una base arcillosa. Las pendientes admisibles estarán siempre por debajo del 1H:1V. En principio debe suponerse una capacidad portante baja para este grupo geotécnico, cuyos materiales son perfectamente ripables por medios mecánicos normales.

- Grupo geotécnico G5

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (350), (D), (d). Se trata de rañas, glacis y abanicos aluviales. Los materiales de este grupo geotécnico presentan normalmente una permeabilidad aceptable que pueden oscilar dentro de un amplio rango. En la base de apoyo de estas formaciones existirá con frecuencia un horizonte impermeable arcilloso de alteración del substrato, o perteneciente al terciario. Constituyen superficies planas de muy suave pendiente, terminadas en muchos casos en pequeños escarpes de bordes, en algún caso, por roturas de gravedad. Los taludes de excavación tendrán normalmente alturas bajas o medias como mucho. Los problemas que pueden presentarse será de desprendimiento de cantos o bolos, y deslizamiento. En este último caso concurrirá casi siempre, un horizonte arcilloso en la base del talud. Es aconsejable no dar a los desmontes pendientes superiores al 1H:1V. La capacidad portante debe estimarse baja en principio, sin dejar no obstante de considerar, la posibilidad de que la respuesta resistente pueda llegar a ser moderada en muchas ocasiones. Grupo ripable.

- Grupo geotécnico G8

  Grupo eminentemente pizarroso conformado por los grupos (141b), (141c), (132), (123b), (122c) y (122a). Materiales que condicionan sus respuestas geomecánicas a su naturaleza esquistosa pizarreña y al alto diastrofismo provocado por la orogenia hercínica. Son terrenos prácticamente impermeables y la que pueden presentar es de carácter fisural. Sobre la estabilidad natural de las vertientes puede decirse que es bastante deficiente en general, al haberse detectado numerosos movimientos gravitacionales fósiles y latentes. Los taludes que podrán soportar dependerán de las relaciones entre la geometría del trazado y la de las estructu-

ras sedimentarias y tectónicas de los grupos litológicos. No obstante, se aconseja que no se deberían diseñar taludes de excavación con pendientes superiores al 1H:1V. La capacidad de carga se debe considerar en principio como moderada, e incluso circunstancialmente baja en apoyos superficiales a media ladera. Las condiciones resistentes del terreno serán en general buenas a poco que se profundice en él por debajo de la zona meteorizada y descomprimida. Estos materiales sólo serán ripables con medios mecánicos normales en los horizontes alterados y descomprimidos, y presentarán amplios sectores con ripabilidad marginal. El resto del terreno que no aparezca alterado ni descomprimido, se considera que no lo será.

- Grupo geotécnico G9

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (142), (141a), (123c), (123a), (121b) y (010e). Se trata de cuarcitas y conglomerados siliceos. Estos materiales sólo presentan permeabilidad por fisuración. La estabilidad natural del grupo es buena en general, aunque se dan de forma moderada procesos de desprendimientos en los escarpes serranos que suelen conformar. Los taludes de excavación podrán diseñarse con pendientes muy fuertes, con tendencia a la subverticalidad, aunque siempre estarán sometidos a procesos de desprendimientos de bloques y cuñas debido a la fuerte tectonicidad que normalmente acompaña a las formaciones hercínicas en el Tramo. La capacidad portante debe estimarse muy alta en principio. Grupo no ripable.

- Grupo geotécnico G10

  Este grupo geotécnico esta constituido por los grupos litológicos (121a), (121c) y (122b). Se trata de alternancias de areniscas, cuarcitas y pizarras. Materiales de baja y muy baja permeabilidad que presentan, a niveles de formaciones, una infiltración a través de todas las discontinuidades del terreno (estratigráficas y tectónicas principalmente). Con respecto a la estabilidad natural existen rasgos en el paisaje atribuibles a corrimientos de ladera, de carácter fósil normalmente, surgidos al abrigo de las vertientes estructurales, la fuerte tectónica y alteración profunda que se observa en las zonas de las grandes fallas que recorren el territorio. En la actualidad los procesos son muy localizados y mucho más superficiales.

  Los taludes de excavación estarán profundamente condicionados a la geometría de las discontinuidades estratigráficas, tectónicas y metamórficas, así como a la alteración profunda que puede presentar el terreno. La alteración será irregular y afectará, más a los estratos pizarrosos y areniscosos que a los cuarcíticos, y a las áreas de influencia tectónica que a las no afectadas por fracturas importantes. En general se deben excavar en estos terrenos taludes con pendientes medias. Evolucionaran normalmente a taludes irregulares por movimientos de cuñas. En tramos de series muy cuarcíticas, los taludes podrán adquirir pendientes fuertes o

muy fuertes. Necesitarán amplias cunetas a pie del desmonte que puedan recoger las masas de roca movilizadas por inestabilidad gravitacional.

La capacidad resistente de los materiales de estos grupos es alta a muy alta en principio, pero conviene tener presente la cantidad de factores negativos que afectan a estos grupos, especialmente la alta tectonicidad y la alteración profunda que les afecta en amplias áreas. Estas circunstancias pueden hacer disminuir mucho la capacidad portante en estos terrenos, en especial, en apoyos a media ladera en tramos con predominio de horizontes pizarrosos.

La existencia de series muy cuarcíticas junto a otras que lo son menos, hará que la ripabilidad de estos terrenos será como mucho de carácter marginal y en baja proporción, si exceptuamos las áreas en donde exista un manto de alteración, que suele ser profundo, en cuyo caso la formación será ripable, en gran proporción en este nivel, y como poco, tendrá carácter marginal.

- Grupo geotécnico G12

Este grupo geotécnico está constituido por el grupo litológico (001). Rocas magmáticas de naturaleza básica (diabasas) intrusivas o interestratificadas en las series esquistosas. Su permeabilidad es de tipo fisural y ligada a zonas muy diaclasadas o arenizadas por la alteración. La meteorización las descomprime dejando un resto de bloques con formas bolares que suelen tapizar partes de las laderas donde se encuentran. Podrán diseñarse taludes entre muy fuertes y moderados en razón del grado de alteración y tectonicidad. Por las mismas razones, la capacidad de carga podrá oscilar entre muy alta y moderada. Aunque es una roca muy dura cuando se encuentra fresca, es muy probable que se encuentren sectores muy tectonizados y alterados donde este material sea posible ripar o presenta una ripabilidad marginal.

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 2

La Zona 2, al definirse como área de sierras, plantea en primer lugar problemas topográficos, aunque dada la distribución de las sierras, no parece probable que éstas, salvo el sector ocupado por las sierras del Escorial y de Los Villares en el extremo este del Tramo, puedan tener gran incidencia en futuros trazados preferentes. Las sierras plantean problemas de índole geomorfológico en sus laderas como consecuencia de la existencia de importantes deslizamientos gravitacionales fósiles y latentes. Estos movimientos tienen su origen en la mayoría de los casos, por la existencia de un substrato de litología arcillosa, procedente de la alteración profunda de las pizarras precámbricas o paleozoicas, que es muy desfavorable a la estabilidad. Además, sobre este substrato arcilloso se asientan los derrubios de ladera o depósitos del terciario superior que son, por otra parte, los encargados de retener las aguas de infiltración, creando pequeños acuiclusos que en definitiva son la causa esencial que cataliza los movimientos. Otros deslizamientos fósiles

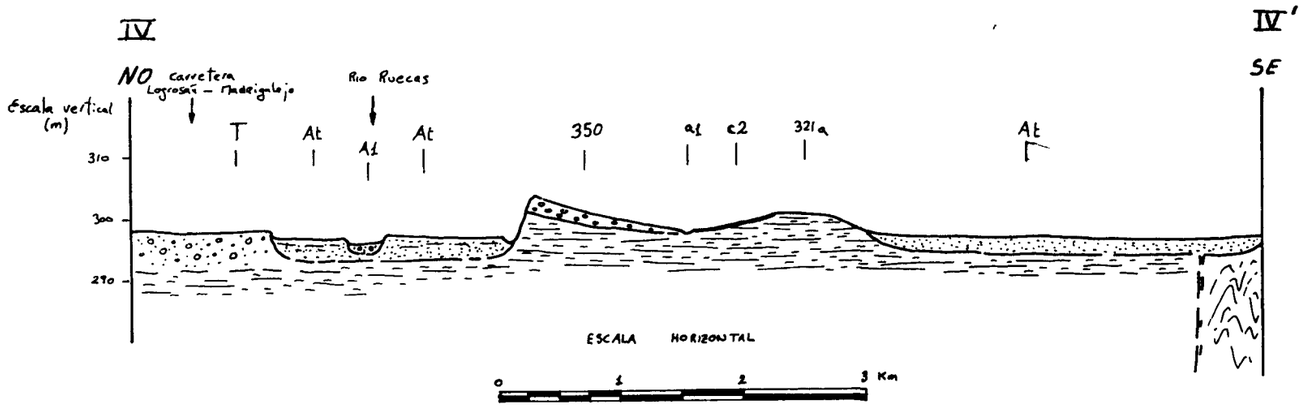
o latentes que afectan de forma natural a las laderas del substrato paleozoico, tienen un origen más estructural y están relacionados, en principio, con el corrimiento entre capas en series alternantes de pizarra, areniscas y cuarcitas. La alta tectonicidad y la alteración profunda han favorecido en alta medida estos fenómenos durante el Cuaternario. Los problemas en estas áreas surgirán a la hora de excavar taludes o túneles o al apoyar estructuras, ya que la capacidad de carga podrá ser baja hasta profundidades relativamente importantes. En general, al atravesar las sierras perpendicularmente a las estructuras, que serían las circunstancias normales si se han de atravesar las sierras, las condiciones estructurales serían, en principio, las mejores que podría presentar esta zona. No obstante, dado el grado de diastrofismo y alteración sufrido en estas áreas habrá que contar siempre con problemas de estabilidad, en especial, cuando se atraviesan zonas de collado que suelen coincidir generalmente con zonas de mayor intensidad tectónica. Si se excavan túneles ha de contarse siempre que se presentarán zonas de profunda brechificación y alteración en el contacto de las cuarcitas con las pizarras, en donde el agua podrá estar presente con mucha frecuencia. Por todo lo dicho anteriormente, las emboquilladuras serán casi siempre zonas conflictivas frente a la estabilidad.

3.4. ZONA 3: CUENCA DE LOS RÍOS GARGÁLIGAS Y RUECAS

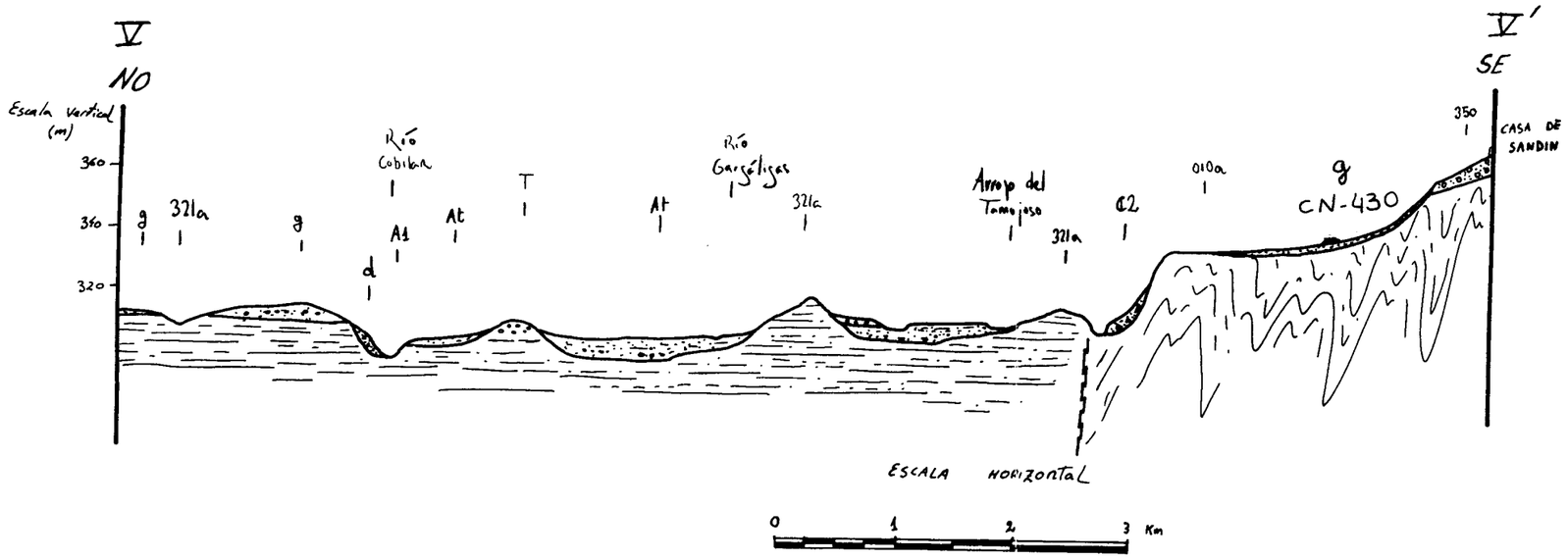
3.4.1. Geomorfología

Al norte del cauce del río Gargáligas que cruza el Tramo de estudio en dirección NE-SO, se define un territorio que ocupa parte de la zona norte en el ángulo NO del mismo. El río Gargáligas debe ocupar sin duda el territorio de un accidente tectónico que facultaría durante el Neógeno la deposición de una serie detrítico arcillosa que está ausente al sur de dicho río en sus términos basales. (Figura 12). De alguna forma, podría considerarse que el borde de estos depósitos, que se podrían situar al sur de dicho río y en la proximidad a las sierras, habrían sido erosionados por la fase final de la deposición de la raña y depósitos afines, con el que culmina la serie sedimentaria de esta cuenca. Se trata de un territorio de muy suave morfología ocupado por las vegas de los ríos Gargáligas y Ruecas, y los terrenos terciarios entre los que discurren ambos. (Foto 31). Solamente en los bordes, que definen el contacto entre la zona de vega y terrenos terciarios, existe una morfología de pequeños escarpes y pendientes pronunciadas, que pueden alcanzar alturas de algunas decenas de metros.

Desde un punto de vista geomorfológico, las áreas de vega de esta Zona que han sido aprovechadas para la agricultura eran, en general, terrenos inestables de tipo pantanoso. En la actualidad, este territorio está sujeto a la dinámica fluvial cuyo impacto es capitalizado negativamente, por todas las infraestructuras creadas sobre el mismo. En este sentido, cabe mencionar las inundaciones, sufridas por las poblaciones asentadas en la llanura de inundación, durante los temporales invernales de los años 96-97 y 97-98; entre otras la población de Gargáligas.



A1,a1 .- Aluvial
c2 .- Coluviales de penillanura
At .- Terraza aluvial o llanura de inundación
T .- Terraza
350 .- Raña
321a .- Arcillas gris verdosas



A1 .- Aluvial
At .- Terraza aluvial o llanura de inudación
c2 .- Coluviales de penillanura
d .- Conos de deyección
g .- Glacis
350 .- Raña
321a .- Arcillas gris verdosas
010a .- Pizarras y grauvacas

FIGURA 12. CORTES GEOLÓGICOS DE LA ZONA 3.



Foto 31. Llanura de inundación del río Gargáligas. Terreno muy llano y de carácter impermeable. Foto realizada en el pk(9) del camino del canal que se dirige de Madrigalejo a Zurbarán.

3.4.2. Tectónica

Los materiales englobados en la Zona 3, si exceptuamos los pequeños recintos en los que afloran los materiales del Precámbrico, no han sufrido deformaciones tectónicas que puedan destacarse. Solamente cabría mencionar las secuelas de los movimientos de la fase iberomanchega al final del terciario, que provoca reajustes en el puzle del substrato precámbrico paleozoico y que se deja translucir en pequeñas fallas de gravedad. Esta fase disloca localmente los depósitos neógenos y da lugar a la deposición de las rañas. La rotura de vertientes por efecto de una inestabilidad gravitacional actual es un fenómeno que afecta a estos terrenos cuando llegan a constituir laderas escarpadas; circunstancia muy local en esta Zona 3.

3.4.3. Columna estratigráfica

La columna estratigráfica de la Zona 3 se contempla en la Figura 13.

COLUMNA	GRUPO LITOLOGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCION	EDAD
	A1,a1	G1	ALUVIAL	CUATERNARIO
	A2,a2	G2	FONDOS DE VALLE	CUATERNARIO
	At	G3	TERRAZA ALUVIAL O LLANURA DE INUNDACION	CUATERNARIO
	T,t	G5	TERRAZAS	CUATERNARIO
	C2,c2	G2	COLUVIALES DE PENILLANURA	CUATERNARIO
	g	G5	NIVELES DE GLACIS	PLIO-CUATERN.
	350	G5	RAÑA	PLIO-CUATERN.
	321a	G7	ARCILLAS GRIS VERDOSAS	TERCIARIO

FIGURA 13.- COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA 3

3.4.4. Grupos litológicos

ALUVIAL, (A1, a1)

- Litología

  Este grupo está constituido por gravas y gravillas subredondeadas y sueltas, de cantos de cuarcita, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. (Foto 32). Los aluviales de arroyos y barrancos poseen un porcentaje mucho mayor de limos y arcillas. Se trata de materiales sueltos y no consolidados, por lo que su dureza y compacidad son prácticamente nulas.



Foto 32. *Gravas, gravilla y arenas, poco potentes (nótese en primer plano el grupo litológico 010a) del grupo litológico (a1), del arroyo de Valdemembrillo. Proximidades de la localidad de Obando.*

- Estructura

  Este grupo constituye el cauce de avenida de los cursos fluviales del tramo. Cartográficamente presenta una estructura canalizada y tabular, interiormente se presenta de una forma masiva. Se dispone horizontalmente. La potencia de este grupo litológico es de 0.5 a 3 metros para (a1) y de 3 a 7 metros para (A1).

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Materiales permeables por percolación y porosidad.

  - Estabilidad natural: Terrenos sometidos a la dinámica fluvial.

  - Capacidad portante: Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para cimentar sobre ellos estructuras de ningún tipo, de las cuales habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo.

  - Ripabilidad: Son materiales excavables.

ALUVIAL, (A1, a1)

- Litología

  Este grupo está constituido por arenas y limos con gravillas dispersas de cantos de cuarcita. Se trata de materiales sueltos y no consolidados, por lo que su dureza y compacidad son prácticamente nulas.

- Estructura

  Este grupo constituye fondos de valle de arroyos y vaguadas. Cartográficamente presenta una estructura canalizada y tabular, interiormente se presenta de una forma masiva. Se dispone horizontalmente. La potencia de este grupo litológico es de 0.5 a 3 metros para (a2) y de 3 a 7 metros para (A2).

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Materiales permeables por percolación y porosidad.

  - Estabilidad natural: Terrenos sometidos a la dinámica fluvial.

  - Capacidad portante: Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para cimentar sobre ellos estructuras de ningún tipo, de las cuales habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo.

  - Ripabilidad: Son materiales excavables.

TERRAZA ALUVIAL O LLANURA DE INUNDACIÓN, (At)

- Litología

  Este grupo está constituido en su mayor parte por limos y arcillas orgánicas propias de áreas de inundación pantanosas. Localmente y en zonas más profunda de la terraza, podrán existir cuerpos canalizados constituidos por materiales más gruesos formados por gravas silíceas con matriz limo-arenosa. Se trata de depósitos sueltos y sin consolidar. La compacidad y la dureza del grupo se estima baja. (Fotos 33a y 33b).

- Estructura

  Este grupo constituye las llanuras aluviales y las llanuras de inundación de los ríos Guadiana, Gargáligas y Ruecas. Cartográficamente presenta una estructura tabular, e interiormente su estructura es masiva. Se dispone de una forma horizontal. La potencia de este grupo litológico es muy variable y oscila entre 0.5 y 4 metros.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Se trata de terrenos con permeabilidad muy baja en superficie debido a su naturaleza limo-arcillosa, circunstancia que acarrea asimismo problemas de encharcamientos por falta de escorrentía superficial. Se trata en realidad de un área de naturaleza aluvial-pantanosa drenada antrópicamente para su utilización en zonas de regadío.

  - Estabilidad natural: Los problemas de estabilidad en estos terrenos son de origen hidrodinámico y están ligados a los ciclos climáticos que determinan las crecidas de los ríos y arroyos de la región. A este respecto, durante el invierno de 1996-97, que coincidió con una espectacular crecida de los cauces a consecuencia de un fuerte y prolongado periodo de lluvias, que permitió observar en vivo los efectos geodinámicos de las aguas sobre los terrenos, así como, el efecto catastrófico sobre las infraestructuras creadas, imprudentemente, invadiendo terrenos sujetos a unos procesos que retornan siempre, pasando una factura muy cara a nivel económico y humano a veces.



Fotos 33a y 33b. *Llanura de inundación del río Gargáligas. Nótese como los primeros metros de la terraza son depósitos finos mientras que las partes más profundas de la terraza contienen materiales más gruesos y cuerpos canalizados.*

- Capacidad portante: Muy baja, al menos el horizonte superior arcilloso.

  En general se deben temer asientos diferenciales por la estructura lentejonar de los depósitos detríticos y la posibilidad de implantación de freáticos estacionales a nivel de superficie, así como, los humedecimientos del terreno por causa de una mala escorrentía superficial y baja permeabilidad de los horizontes limo-arcillosos de inundación.

  En cualquier caso, la inundación de carácter cíclico de estos terrenos, impone la necesidad de estudios y diseños adecuados para cualquier infraestructura que se apoye sobre los mismos, con el fin paliar los efectos de las riadas. Por otra parte, la fundación de aquellas estructuras que requieran respuestas resistentes de alguna entidad tendrán que referirse al substrato normalmente próximo que podrá ser de naturaleza terciaria o paleozoica.

- Ripabilidad: Son materiales excavables.

COLUVIALES DE PENILLANURA, (C2,c2)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por coluviales arenosos y arcillosos rojos o pardo-grisáceos. Cuando se alimenta directamente de la superficie de la raña o de glacis, estos materiales poseen un alto contenido de cantos de cuarcita generalmente alterada, redondeados y polimícticos. Debido a su génesis, posee variaciones composicionales laterales importantes.

- Estructura

  Este grupo conforma las laderas de los relieves terciarios. Posee un perfil en cuña. Se trata de materiales flojos y nada compactados. La estructura interna es masiva. La potencia de este grupo se estima entre 0.5 m y 3 m para (c2), y entre 3 m y 5 m para (C2).

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Materiales con permeabilidad de media a baja por percolación.

  - Estabilidad natural: No se han observado procesos inestables apreciables en estos terrenos, aunque se deben suponer vulnerables a la erosión lineal y a la arrollada intensa.

  - Taludes artificiales observados: Carecen de importancia.

- Taludes recomendados: Su importancia es muy pequeña. Valores de 1’5H:1V serán adecuados.

- Capacidad portante: Baja en general.

- Ripabilidad: Son materiales totalmente excavables.

TERRAZAS, (T)

- Litología

Este grupo litológico está constituido por las terrazas aluviales del río Guadiana y Bullaque, integradas por gravas de cantos cuarcíticos fundamentalmente, y algunos muy esporádicos de cuarzo y pizarra. Interiormente presenta cuerpos lenticulares, a modo de paleocanales, con materiales más gruesos y redondeados del tipo grava, y con una matriz escasa y fundamentalmente arenosa. El tamaño medio de los cantos está entre 2 y 6 cm. Se trata de depósitos sueltos y sin consolidar. La dureza y compacidad se estiman de bajas a moderadas.

- Estructura

Este grupo conforma las vegas elevadas de los grandes cursos fluviales del Tramo de estudio (Guadiana, Gargáligas y Ruecas). Se dispone subhorizontalmente y posee una estructura tabular. Interiormente presenta una estructura masiva. La potencia aproximada de este grupo litológico es variable, y se estima que puede oscilar entre 3 y 6 metros.

- Geotecnia

- Permeabilidad: Este grupo litológico se considera que su gran mayoría es permeable por percolación y porosidad. La existencia de lechos limo-arcillosos intercalados o en superficie atenúa la permeabilidad e infiltración de las aguas meteóricas dando lugar a áreas con mal drenaje superficial.

- Estabilidad natural: Estos depósitos están expuestos a la erosión lineal y a la arrollada en grandes crecidas.

- Taludes artificiales observados: Se trata en general de desmontes de escasa altura que, de no aflorar en la base un substrato arcilloso de un posible manto de alteración en pizarras paleozoica o correspondiente a materiales terciarios, puede aguantar pendientes que van desde subverticales en los lechos de gravas, a inclinaciones entorno a los 60° - 55° en los horizontes limo-arenosos. Aparecen afectados por una erosión en cárcavas y terminan por provocar desprendimientos y desplomes de los depósitos de gravas que les superponen.

- Taludes recomendados: En principio los perfiles a dar en este grupo pueden estar entre los valores 1H:1V y 1H:1’5V.

- Capacidad portante: Se debe considerar a este grupo litológico con capacidad resistente moderada como mucho, y siempre que los depósitos adquieran cierta potencia, dado que en muchas ocasiones el substrato puede ser de peores características que la terraza. A este respecto convendrá siempre tener un perfecto conocimiento del perfil de la terraza incluyendo las características del terreno que la soporta. En general se considera que las solicitudes de carga con alguna entidad deben remitirse al substrato.

  La presencia de limos y limos arcillosos en superficie, o intercalados en lechos lenticulares, puede dificultar el drenaje superficial y facultar la existencia de freáticos temporales a nivel de superficie que pueden dar lugar a pequeños asientos diferenciales en situación de cargas por infraestructuras.

- Ripabilidad: Son materiales totalmente excavables.

RAÑAS, (350) - NIVELES DE GLACIS, (g)

- Litología

  En este grupo litológico se incluyen los diferentes niveles de deposición que conforman las superficies culminantes del terciario comúnmente denominada raña (grupo litológico (350)) y los diferentes niveles de glacis (grupo litológico (g)), de edad cuaternaria. (Fotos 34, 35, 36). El grupo litológico (350) es un conglomerado de cantos heterométricos (el tamaño medio oscila entre 10 y 20 cm), fundamentalmente cuarcíticos, y en menor proporción de cuarzo, irregularmente cementado por carbonatos y con una matriz arenosa y arcillosa. Es muy frecuente encontrar un horizonte, de 0.5 m de potencia, culminando la raña, de gravillas sueltas, de cuarcita alterada con una pátina ferruginosa, de cantos redondeados, homogéneos y de 1 cm de diámetro. Dentro de la raña (350) se han incluido sus vertidos y algunos niveles de glacis encajados sobre esta superficie que muy frecuentemente queda estructurado con escarpes de erosión de origen poligénico. Los depósitos de vertido de raña y los “rañizos” encajados sobre el nivel más alto de la raña, están constituidos por gravas y gravillas no superiores a los 7 centímetros de diámetro inmersos en una abundante matriz arcillosa y arenosa.

  Los niveles de glacis pertenecientes al grupo litológico (g) están constituidos por arenas limosas y arcillosas, rojas y ocres, y niveles de gravas y gravillas silíceas de cantos de aproximadamente 10 cm de diámetro. En algunas zonas, los componentes fundamentales son arcillas arenosas con gravas. A veces, debido a la alta proporción de finos, estos materiales se podrían clasificar como un mudstone.

La alterabilidad se estima entre moderada y alta, dependiendo fundamentalmente del contenido de finos.

- Estructura

Este grupo litológico conforma los depósitos de las diferentes superficies de erosión-deposición que se han generado desde el Plioceno al Pleistoceno. La raña, estratigráficamente, culmina las cuencas terciarias y constituye un pedimento que arranca de los relieves cuarcíticos ordovícicos. Los niveles de glacis se encajan en la raña movilizando parte de sus materiales. Su disposición es subhorizontal. La estructura interna de este grupo se considera masiva. A escala cartográfica posee una estructura en cuña ya que la potencia va aumentando a medida que nos separados de los relieves cuarcíticos. Debido a este fenómeno la potencia de este grupo es muy variable y oscila de 0.5 a 10 metros.



Foto 34. Aspecto superficial de los materiales del grupo litológico (g). Glacis al NE de Talarrubias en el talud de la carretera que une esta población con la de Puerto Peñas.



Foto 35. Conglomerados alterados de cuarcitas pertenecientes al grupo litológico (g). En la foto se puede observar un pequeño deslizamiento a consecuencia del gran contenido en caolin que puede presentar localmente en su composición. Talud sobre la carretera N-430 a la altura de Casas de Don Pedro.



Foto 36. Conglomerados de cuarcitas pertenecientes al grupo litológico (350). Talud excavado en la raña entre el pk(3) y pk(4) de la carretera que une las poblaciones de Orellana de la Sierra y Navalvillar de Pela.

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Formaciones con permeabilidad por percolación y porosidad que podrán oscilar de alta a moderada en proporción del contenido arcilloso del grupo litológico a nivel local. Es normal que este grupo litológico cree un horizonte freático, de tipo estacional o permanente que puede llegar a superficie, al apoyarse sobre un substrato pizarroso o arcilloso de naturaleza impermeable.

- Estabilidad natural: La circunstancia de que estos grupo litológicos, especialmente el (350), se sitúe sobre formaciones de naturaleza detrítico arcillosa del Terciario, o sobre un horizonte de alteración arcilloso en pizarras paleozoicas, propicia la existencia de fenómenos de deslizamiento en los bordes de los terrenos aterrazados, como consecuencia del encajamiento de la red fluvial por debajo del nivel de las rañas y glacis.

- Taludes artificiales observados: Taludes de excavación que afecten exclusivamente a estas formaciones son lógicamente de pequeña entidad debido a la escasa potencia de los mismos, salvo raras excepciones en donde ha sido cortado en nivel de raña más alto. Los taludes conformados oscilan entre pendientes 1H:1V y 1'5H:1V, evolucionando posteriormente en razón del grado de compactación y proporción del componente arcilloso del grupo litológico a nivel local. La evolución de la raña inicial, creando niveles escalonados de rañas secundarias heredadas y glacis a lo largo del cuaternario, determina la existencia de diferenciaciones en la potencia, compactación y proporción entre elementos finos y gruesos en distintos niveles.

  Es frecuente ver a estos grupos coronando los taludes excavados en las formaciones terciarias o paleozoicas. En estos casos su comportamiento depende de la posibilidad de que exista o pueda instalarse un horizonte freático en el contacto, ya que en el caso positivo, esta circunstancia constituirá un elemento negativo para la estabilidad del talud.

- Taludes recomendados: Si los desmontes van a afectar sólo a estos grupos litológicos, es decir, no van a tener alturas importantes normalmente, el perfil en principio que podrá darse no debe exceder del 1H:1V. En los casos en donde estas formaciones se vean afectadas por deslizamientos de ladera, o se vea muy poco compactada, o con alta proporción arcillosa, el talud no debe superar el 1'5H:1V.

- Capacidad portante: Las condiciones resistentes de este grupo pueden variar en un amplio margen que va desde respuestas moderadas a bajas en razón de su potencia, compactación, condiciones de estabilidad natural, composición litológica y naturaleza del substrato.

  En condiciones normales de plataformas llanas o de muy suave pendiente, suele constituir un buen cimiento para la calzada siempre que no exista un horizonte freático de naturaleza temporal a nivel de superficie, circunstancia por otra parte muy frecuente. En estos casos, de no procederse a un buen drenaje del terreno por debajo de la calzada, la aparición de asientos diferenciales y las subpresiones sobre las capas del firme podrán arruinar la carretera. En solicitaciones de alguna importancia el bulbo de presiones será referido normalmente al substrato.

- Ripabilidad: Los materiales de esta formación son totalmente excavables.

ARCILLAS GRIS VERDOSAS, (321a)

- Litología

  Este grupo litológico está constituido por arcillas gris verdosas en corte fresco, y con tonalidades rojizas y rosáceas en pátinas de alteración. (Foto 37). Algunas veces, como en las cercanías a la localidad de Vegas Altas, la alteración de estos materiales genera suelos arcillosos muy oscuros y plásticos. Se trata de un grupo litológico muy homogéneo en toda su extensión cartográfica. Localmente podrían intercalar niveles detríticos de naturaleza lentejonar con materiales más gruesos de tipo conglomerático y areno-limoso.

- Estructura

  Este grupo litológico se sitúa en la parte oriental del Tramo y conforma relieves tabulares suaves, lomas y planicies. Se dispone en capas subhorizontales. Interiormente presenta una estructura homogénea y masiva. La compacidad se estima moderada, y su dureza siempre baja. Se han medido aproximadamente 20 metros de potencia en el cerro de Barrerón (Hoja 754).



Foto 37. Explotación de las arcillas del grupo litológico (321a) en las cercanías del cerro Barrerón (Los Guadalperales).

- Geotecnia

  - Permeabilidad: Materiales con características netamente impermeables que circunstancialmente pueden contener algunos horizontes algo más permeables asociados a niveles detríticos más gruesos.

  - Estabilidad natural: Se ha observado, que cuando estos terrenos conforman laderas con pendientes acusadas y soportan un horizonte detrítico del tipo raña, existen roturas de ladera por deslizamiento de gravedad. Se trata en realidad de un fenómeno local, pues no es frecuente encontrar taludes fuertes en estos materiales.

  - Taludes artificiales observados: Este grupo litológico ha sido ampliamente excavado en la construcción de canalizaciones para la distribución de las aguas de regadío procedente de los numerosos embalses existentes en la zona. Se trata en general de taludes con alturas no superiores a los 6 metros, revestidos y con pendientes en torno al 1H:1V. Se han detectado importantes problemas de erosión (Foto 38). El deterioro continuo que se observa en el revestimiento con agrietamientos y en algún caso abombamientos, señalan la existencia de empujes y deformaciones que en gran medida deben proceder de los materiales arcillosos. (Foto 39).



Foto 38. Pequeño talud realizado en la construcción del canal principal de Madrigalejo en el que se observan importantes problemas de erosión en las bermas.



Foto 39. Estructuras de aguante al pie de los pequeños, pero muy inestables, taludes realizados en la construcción del canal que une Madrigalejo y Zurbarán. Pk(0'5), cercanías al almacén del butano.

En taludes de carretera se ha detectado un comportamiento muy inestable en los desmontes, algunos de muy pequeña altura, excavados en el acondicionamiento de la carretera local entre Madrigalejo y la N430. (Foto 40). Concretamente en la proximidad de Madrigalejo, en un talud en el que se puede apreciar los rasgos de un deslizamiento fósil, la inestabilidad ha sido muy acusada. En un sentido contrario, los desmontes creados en la cantera abierta en arcillas de esta formación, (Foto 37),en la margen derecha del río Gargáligas, al norte de la población de igual nombre, se ejecutan con pendientes muy verticalizadas que se mantienen por tiempo prolongado. La ausencia de agua en los taludes, la compacidad de los niveles, o la posible existencia de horizontes potentes carbonatados, pueden explicar este comportamiento estable de estos taludes.



Foto 40. Deslizamiento de los materiales del grupo litológico (321a) en el talud de la carretera N-430 a la entrada a Madrigalejo. Al fondo, dicha población.

- Taludes recomendados: Con independencia de que localmente puedan encontrarse áreas con las características apuntadas para la cantera de la fábrica de cerámica de Valdívia, lo normal será la presencia de las arcillas grises u orgánicas descompuestas de baja resistencia. Los taludes de excavación recomendados quedarían por debajo del valor 1H:1V y próximos al 1'5H:1V. En el caso de sectores con problemas de inestabilidad fósil lo más probable es que sean necesarias medidas de apoyo o contención.

- Capacidad portante: La capacidad soporte del terreno será como mucho media tendiendo a valores bajos. Superficialmente ha de suponerse que el terreno está muy alterado y, circunstancialmente en zonas de ladera, movilizado por deslizamiento. En estas circunstancias los valores resistentes serán bajos. La interferencia de agua en el terreno por encharcamiento o instalación de freáticos temporales bajo la calzada, dará lugar a la aparición de asientos diferenciales, por lo que se impondrá siempre un perfecto drenaje que aísle la infraestructura vial de la posible agua de circulación freática y de la escorrentía superficial.

- Ripabilidad: Los materiales de esta formación son escavables.

3.4.5. Grupos geotécnicos

En este apartado se agrupan, según ciertas características geotécnicas comunes, las formaciones geológicas individualizadas en el apartado anterior.

- Grupo geotécnico G1

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupo litológicos (A1) y (a1). Materiales permeables por percolación. Poseen una morfología llana y se ven afectados por la dinámica fluvial. Por sus condiciones geomorfológicas no son terrenos adecuados para fundar sobre ellos estructuras de ningún tipo, de las que habrá que transferir siempre sus demandas de resistencia al substrato próximo.

- Grupo geotécnico G2

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (A2), (a2), (C2) y (c2). Se trata de fondos de valle y los coluviales de penillanura con una permeabilidad moderada, y con problemas locales de escorrentía. Son terrenos vulnerables a la erosión, y los coluviales pueden presentar problemas de estabilidad natural. Se encuentra poco o nada consolidado, y sólo admitirá cargas muy someras. Los taludes recomendados en los coluviales estarán en torno a los valores 1'5H:1V. Cualquier solicitud de alguna entidad deberá transferirse al substrato próximo. Grupo ripable en su totalidad.

- Grupo geotécnico G3

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (At) y (l). Se trata de unidades que se caracterizan por ser áreas con morfología llana que se ven afectados por procesos recurrentes de inundación y en el caso del grupo (At), sometido además a los efectos de la dinámica fluvial. En su constitución litológica existe, al menos, un horizonte superficial eminentemente arcilloso e impermeable, que retiene las aguas de escorrentía y precipitación, haciendo de estas zonas unas áreas blandas y pantanosas con problemas de capacidad portante y drenaje.

- Grupo geotécnico G5

  Este grupo geotécnico está constituido por los grupos litológicos (350), (D), (d). Se trata de rañas, glacis y abanicos aluviales. Los materiales de este grupo geotécnico presentan normalmente una permeabilidad aceptable que pueden oscilar dentro de un amplio rango. En la base de apoyo de estas formaciones existirá con frecuencia un horizonte impermeable arcilloso de alteración del substrato, o perteneciente al terciario. Constituyen superficies planas de muy suave pendiente, terminadas en muchos casos en pequeños escarpes de bordes, en algún caso, por roturas de gravedad. Los taludes de excavación tendrán normalmente alturas ba-

jas o medias como mucho. Los problemas que pueden presentarse será de desprendimiento de cantos o bolos, y deslizamiento. En este último caso concurrirá casi siempre, un horizonte arcilloso en la base del talud. Es aconsejable no dar a los desmontes pendientes superiores al 1H:1V. La capacidad portante debe estimarse baja en principio, sin dejar no obstante de considerar, la posibilidad de que la respuesta resistente pueda llegar a ser moderada en muchas ocasiones. Grupo ripable.

3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos que presenta la Zona 3

La Zona 3 presenta un espectro amplio de problemas de intensidad baja o media para los trazados lineales, entre los que cabría destacar los de naturaleza geomorfológica. Las amplias terrazas de inundación existentes en el Tramo, como la del río Gargáligas, son áreas de naturaleza pantanosa, drenadas en la actualidad para su utilización en la agricultura de regadíos. En este sentido, la naturaleza arcillosa de los terrenos terciarios que ocupan estas terrazas, junto a los cuaternarios aluviales fangosos, de gran parte de la Zona, introducen factores negativos, por lo que respecta a la capacidad portante, a sus características geomecánicas en general. También, estos factores influyen en los problemas de naturaleza hidrológica e hidrodinámica dada la naturaleza impermeable de casi todos los terrenos existentes, incluso el substrato precámbrico, y la escasa y mala escorrentía superficial, que faculta la existencia de áreas amplias de encharcamiento muy persistentes en épocas lluviosas y de inundación. El impacto sufrido en esta zona, especialmente las vegas de los ríos Gargáligas y Ruecas, en las inundaciones causadas por las importantes lluvias registradas en los últimos inviernos, años 96-97 y 97-98, han puesto de manifiesto la vulnerabilidad de estas áreas y las infraestructuras que soportan, ante condiciones climatológicas adversas.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS TOPOGRAFICOS

Las sierras existentes al Norte y Este del Tramo, y los valles del Guadiana y Zujar, con sus embalses respectivos encajados en la penillanura precámbrica, constituyen los obstáculos orográficos, más importantes que presenta el Tramo. El resto de las sierras existentes constituyen, en realidad, grandes o pequeños inselberg que sólo constituirían obstáculos en trazados conectivos entre corredores principales. Las sierras existentes en el ángulo NE del Tramo son atravesados actualmente, sin grandes dificultades por la carretera N502, a través del puerto de los Carneros (748 metros de altitud) cuyo trazado y geometría no reúnen las condiciones adecuadas para el tráfico que soporta. Resultando por ello un tramo de alta peligrosidad. El acceso al Tramo por el Norte a través de las sierras es más problemático. Las carreteras procedentes de esta dirección aprovechan el estrecho cañón que el río Guadiana construye al atravesar perpendicularmente los materiales paleozoicos, definiendo las sierras de Chimenea y Solona en una y otra margen respectivamente.

El obstáculo interpuesto por los valles creados en el encajamiento de la red fluvial, y el factor añadido por la superficie de los embalses, será sin duda un condicionante importante a los posibles trazados. No obstante, existen numerosos sectores en donde el estrechamiento del valle y embalse respectivos, especialmente en el del río Guadiana, no forzará a un corredor estrecho o estructuras elevadas excesivamente largas.

4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS HIDROLOGICOS

En el Tramo de estudio, existen una serie de factores negativos, que van a condicionar los problemas hidrológicos. El primero es la naturaleza netamente impermeable de la gran mayoría de los terrenos del Tramo, al existir un predominio muy destacado de los materiales esquistosos en las series precámbrico paleozoicas, y la naturaleza arcillosa, asimismo, predominante en los terrenos terciarios. El segundo viene condicionado por un lado, por la amplitud que adquieren en el área peneplanizada del precámbrico esquisto-grauváquico, los terrenos con morfología suavemente tendida, llana o claramente endorreica; y por otro, por la adquirida por las terrazas de inundación de los ríos Gargáligas y Ruecas ocupados por suelos orgánicos arcillosos (Foto 41). Todo ello constituye un problema a tener muy en cuenta en el diseño de la estructura vial, con vista a procurar un buen drenaje en la explanada, evitando la instalación de cualquier freático temporal bajo ella, o la fluctuación de los permanentes.



Foto 41. Inundaciones en la terraza aluvial del río Ruecas a su paso por Madrigalejo. Al fondo la mencionada localidad.

En las medias laderas, la existencia de coluviones y mantos de derrubios en general sobre los materiales pizarrosos, a veces muy alterados en productos arcillosos caolínicos, especialmente las laderas de las sierras paleozoicas y a su pie, faculta la existencia de un freático estacional o permanente. Esta tiene como base la zona de contacto, y hace acto de presencia en numerosos puntos, como surgencias o manantiales en el frente de los mantos de recubrimiento coluvial y mantos de derrubios. La oclusión de las vías naturales de descarga del agua freática, acarreará problemas de estabilidad en el terreno y en cualquier estructura que se apoye sobre él, especialmente si se trata ya de una zona afectada por deslizamientos fósiles o latentes. Dado que especialmente en las laderas de las sierras las paleozoicas, están ampliamente desarrollados estos fenómenos inestables, se deben extremar las estructuras de drenaje tanto en construcción de terraplenes como en la excavación de taludes. Y en general, en toda infraestructura que pueda interferir sobre el drenaje natural existente, tanto profundo como superficial, facilitando y mejorando en lo posible, la evacuación de las aguas.

En la excavación de taludes que puedan dejar colgados estos tipos de freáticos, debe procederse a su interceptación evitando su afloramiento o presencia en el talud.

4.3. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS LITOLOGICOS

Los materiales arcillosos, incluso las arcillas orgánicas, son terrenos frecuentes en el Tramo.

Las pizarras de la serie esquisto-grauváquica sufren con frecuencia alteraciones en profundidad, que las convierten en un horizonte en alto contenido en arcillas caolínicas. Este fenómeno está especialmente desarrollado en las áreas del contacto del precámbrico con los terrenos paleozoicos de naturaleza cuarcítica, Ordovícico, que constituyen las columnas vertebrales de las sierras. De esta circunstancia, arrancan los procesos de tipo geomorfológico relacionados con la inestabilidad de vertientes en las sierras, acontecidos durante el cuaternario, que han sido heredados por los tiempos actuales en sus formas fósiles, latentes y localmente activas. Los materiales neógenos de la cuenca del Gargáligas son de naturaleza arcillosa mayoritariamente, con la presencia frecuente de importantes horizontes de arcillas fangosas. Estos materiales presentan malas características geomecánicas, como se deja translucir en los taludes sobre ellos excavados, en la construcción de canales y taludes de carretera.

Fuera de lo que podemos denominar cuenca del Gargáligas, en los terrenos situados al sur del mencionado río dominados por los materiales de la serie esquisto-grauváquica, existen restos de un depósito neógeno que normalmente está fosilizado por los depósitos de la raña o coluviales del mismo tipo o más actuales. Este nivel es de naturaleza detrítico arcillosa, areno arcillosa y conglomerática, con alto contenido en caolín. Enlaza en el borde de las sierras, con los horizontes constituidos por las pizarras y los conglomerados arcillosos, profundamente rubefactados por un proceso profundo y prolongado, y constituye sin duda la formación inicial que alimentó las cuencas neógenas creadas al final del paleógeno, y que por tanto serían presumiblemente de esta edad. Estos depósitos han sido observados puntualmente bajo recubrimientos coluviales más recientes.

Los fangos arcillosos y orgánicos están también presentes en la amplias terrazas de inundación de los ríos Gargáligas y Ruecas, constituyendo unos terrenos inadecuados para el sustento de estructuras.

4.4. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS

La inestabilidad natural fósil y latente existente en las laderas de las sierras paleozoicas, la erosionabilidad de los materiales arcillosos terciarios y los problemas derivados de la actividad hidrodinámica de los cursos fluviales, especialmente significativa en los valles de los ríos Gargáligas y Ruecas por la amplitud y características de su terraza de inundación, son los problemas más significativos de índole geomorfológico que presenta el Tramo.

En general los probables trazados preferentes diseñados en el Tramo de dirección E-O, serán escasamente afectados por estos problemas.

4.5. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOTECNICOS

a) Problemática en los materiales del substrato precámbrico-paleozoico

Los terrenos de esta edad no deben presentar problemas mencionables de capacidad portante salvo áreas muy localizadas y en referencia a terrenos muy concretos. En este sentido, se deben estudiar con detalle los caracteres estructurales y geomorfológicos, cuando los apoyos se realicen a media ladera, especialmente, si estos se realizan en las vertientes de las sierras paleozoicas y en la proximidad de la series cuarcíticas. Puesto que allí, la tectonicidad, alteración y la presencia de aguas feáticas catalizan condiciones de baja resistencia, tanto el substrato pizarroso como el recubrimiento terciario o cuaternario.

La excavación de taludes conllevará normalmente una problemática asociada y recurrente de inestabilidad de cuñas, y corrimiento entre capas en condiciones favorables. La alta tectonicidad impresa en los materiales, asociada a las discontinuidades metamórficas y sedimentarias, introduce una problemática amplia e intensa en este sentido. Todo esto condiciona diseños con pendientes muy diversas y la necesidad, en la mayoría de los casos, en taludes medios y altos, de dejar amplias cunetas de resguardo ante hipotéticos corrimientos y desplomes, o al uso reiterado de geomallas y pantallas dinámicas con otras estructuras de apoyo o protección.

En general, se puede decir que los trazados a media ladera paralelos a las alineaciones serranas o ejes de plegamiento, deberán ser las más conflictivas en principio, en orden a la estabilidad, ya que las estructuras de plegamiento y tectónicas, así como las geomorfológicas favorecerán la aparición de una problemática en ese sentido.

La excavación del talud debe contar con la problemática, existente en las sierras paleozoicas, de inestabilidad de vertientes, que afectarán a las zonas de emboquille y áreas próximas, y a la existencia de zonas de profunda tectonicidad y alteración en los contactos entre las cuarcitas del Tremadoc de la base del paleozoico y las pizarras de la serie esquisto - grauváquica precámbrica. La presencia de aguas freáticas también deben ser importantes en estas zonas.

b) Problemática en terrenos de edad neógena

Los terrenos arcillosos que afloran en la cuenca del río Gargáligas deben presentar problemas de capacidad de carga, pudiéndose dar en ellos fenómenos de asiento diferencial bajo la influencia de freáticos estacionales. Los depósitos más gruesos, que se superponen a las arcillas y enlazan con el nivel de la raña, presentan mejores características, aunque su alto contenido en arcillas y su carácter lentejonar, así como la presencia de acuíferos temporales asociados a los mismos, son circunstancias que pueden facilitar la aparición de asientos diferenciales.

Los taludes excavables en las arcillas neógenas no admitirán normalmente pendientes fuertes, aunque localmente se ha observado algún talud, de pendientes muy verticalizadas, en niveles de arcillas muy compactas que permanecen sin un deterioro apreciable. Si el agua no está presente por ningún concepto en el talud y los niveles arcillosos aparecen compactos e incluso con un componente carbonático apreciable, los taludes fuertes en el entorno 1H:1V, no sólo serán posibles sino aconsejables. Lo normal será que los taludes con pendientes superiores al 1H:1V sufran deterioros rápidos. Especialmente, si existen horizontes de arcillas orgánicas o niveles detríticos más permeables intercalados o superpuestos a las arcillas, puede proporcionar agua a las mismas y crear pequeños freáticos colgados. En estos casos las pendientes estables serán muy tendidas, valores en el entorno 1'5H:1V serían aconsejables.

La excavación de taludes en la serie detrítica superior o raña no debe suponer en ningún caso una problemática importante dada la reducida potencia que suele tener esta formación. Como mucho podrá dar lugar a taludes con alturas entre medias y bajas; frecuentemente bajas. En algunos casos, la potencia de esta formación puede parecer incrementada como consecuencia de roturas de gravedad y derrames en los bordes que se asoman a las laderas. En estos casos la estabilidad de los taludes de excavación debe ser bastante deficiente. En general, el valor de la pendiente a dar a los desmontes no deberían superar el 1H:1V.

c) Problemática en terrenos del recubrimiento cuaternario.

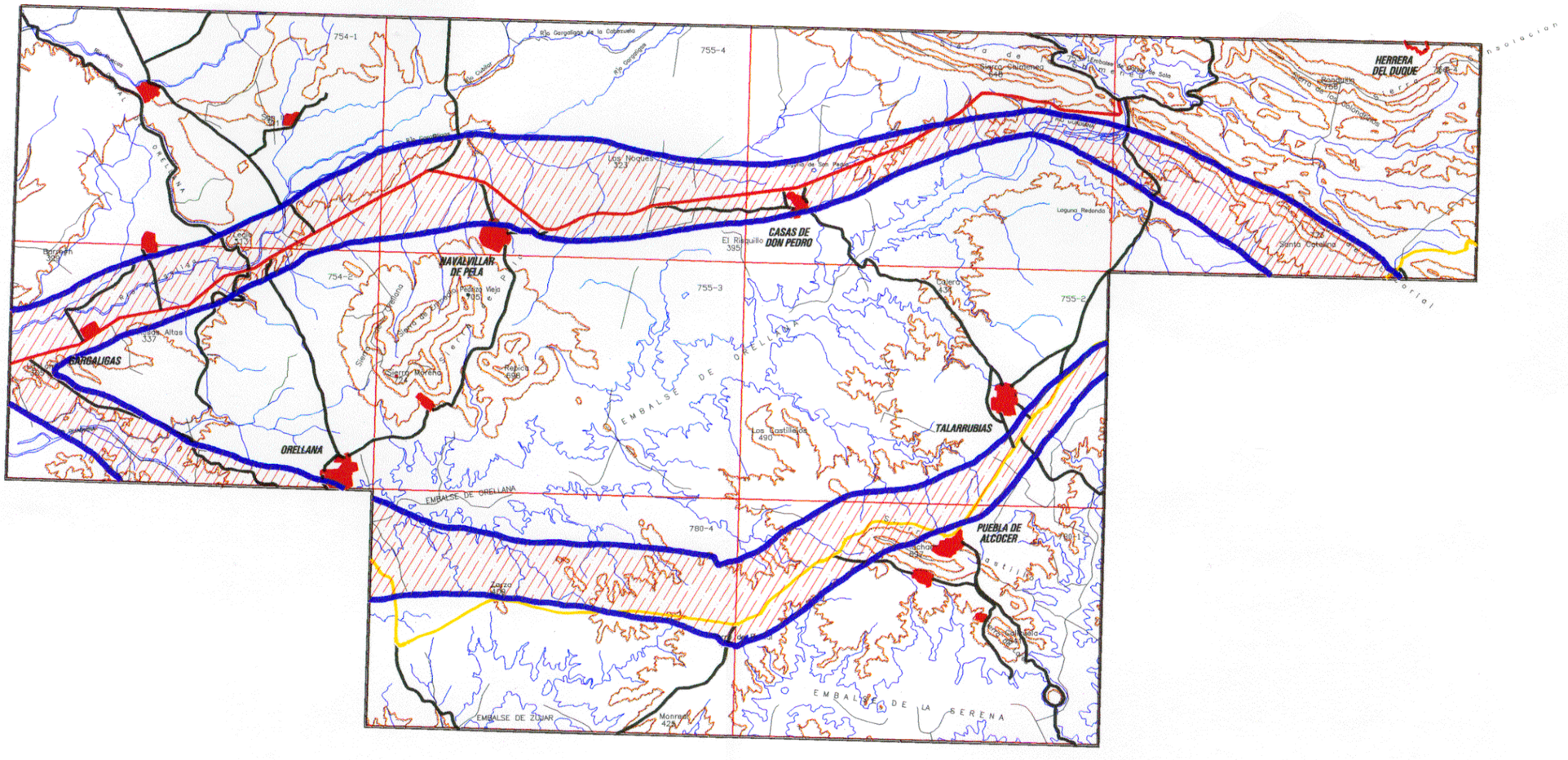
Los problemas más destacados que pueden suscitarse en terrenos de edad cuaternaria serán normalmente de capacidad portante. Los terrenos más susceptibles en este aspecto serán los derrubios de ladera, especialmente los de las vertientes de las sierras paleozoicas, muy afectadas por movimientos gravitacionales; los depósitos aluviales de las terrazas de inundación de los ríos Gargáligas y Ruecas, constituidos por fangos arcillosos; y los recubrimientos de glacis y rañizos con alto contenido en arcilla. En la mayoría de los casos, la escasa potencia de estos depósitos, especialmente glacis y rañizos reducirá a un mínimo la problemática de los asientos, cuando no, los relega a terrenos del substrato muy próximo.

No obstante y dada la naturaleza impermeable del substrato la posibilidad de que se instale un pequeño nivel freático en el contacto substrato/recubrimiento es muy alta, en algunos casos existen claras zonas lagunares asociadas a estos terrenos. Con estas condiciones, bastante generalizadas, las fluctuaciones estacionales de estos freáticos pueden repercutir muy negativamente en las condiciones portantes y facultar asientos diferenciales y subpresiones en las capas del firme, que abocarán a su deterioro.

4.6. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

Los trazados E-O que se pretendan diseñar en el área estudia, van a encontrar dos amplias bandas o corredores, por los que podría transitar una estructura lineal que trate de mejorar las comunicaciones entre las provincias de Ciudad Real y Badajoz. Estas bandas o corredores, arrancarían en la zona este del Tramo en el sector por donde en la actualidad va el trazado de la carretera N413. Es decir, por el puerto de los Carneros, collado que separa la sierra del Escorial de la de los Villares. A partir de este punto existen dos posibles corredores: uno seguiría una dirección aproximadamente ONO-ESE hasta enlazar una vez pasado el río Guadiana aguas abajo de la presa García Sola, en la cola del embalse del embalse de Orellana, con el actual corredor por donde discurre la carretera N430. Otro posible itinerario consistiría en proseguir el corredor por el que transita la carretera N413 hasta la altura de la población de Orellana la Vieja, desde donde podría seguir dos itinerarios: uno consistiría en cruzar el río Guadiana por debajo de la presa de Orellana y enlazar a continuación por el corredor donde transita la carretera local que une la población de Orellana la Vieja con la carretera N430 por la margen derecha del río Guadiana, o bien proseguir por la margen izquierda del río y cruzarlo en la proximidad del meridiano de la población de Valdivia situado en el límite del Tramo pero fuera del mismo.

CORREDOR DE TRAZADO SUGERIDO


754-1
754-2
755-4
755-3
755-2
780-4
780-1
Los Vaqueros
323
Sierra Grande
448
Sierra de los Dolomitas
Ranquiles
Sierra de Sola
Embalse de Sola
Laguna Redonda
Santa Catalina
El Risquillo
395
Pedazo Viejo
395
Sierra Morena
Retica
696
Los Castillos
490
Los Altos
337
Encinarejo
Zarzo
476
Monrreal
425
Talarrubias
434
Sierra de Talarrubias
Sierra de Orellana
Sierra de Pedroso
Sierra de Pedroso
Sierra de Pedroso

CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDO DEL ITINERARIO CIUDAD REAL-BADAJOZ

Una de las finalidades de un Estudio Previo de Terrenos es la de proponer corredores para futuras vías de comunicación, dentro del área estudiada.

En este caso, fruto del Estudio realizado, se ha llegado a la conclusión de la conveniencia de proponer corredores en dirección Este-Oeste que abarquen una zona más extensa.

Aunque la unión entre Ciudad Real y Badajoz se sale del ámbito de este Estudio, se ha considerado necesario incluirla debido a la importancia dentro de la comunicación Este-Oeste de la Península.

La interconexión de las poblaciones de Ciudad Real y Badajoz tiene hasta la localidad de Agudo dos corredores alternativos, uno norte y otro sur. A partir de esta localidad, existe una única opción hasta Badajoz.

La Alternativa sur arranca de Ciudad Real por la carretera nacional 420 hasta la localidad de Corral de Calatrava. Llegado a este punto, continúa por el corredor de la carretera local que conduce a la localidad de Cabezarados, y a partir de allí, por el actual de la carretera nacional 424 hasta Abenojar. Existe también otro corredor posible entre Corral de Calatrava y Abenojar pasando por Pozuelos de Calatrava.

Desde la localidad de Abenojar, el corredor sigue en dirección Oeste por la carretera local que lleva a Saceruela. En este tramo de Abenojar a Saceruela, y en las proximidades de la Sierra de los Canalizos, existe una alternativa de interconexión con la opción norte, al oeste de la Sierra de los Buitres. La alternativa sur enlaza finalmente con la carretera nacional 503 a la altura de Valdemanco del Esteras para terminar en la localidad de Agudo.

La opción norte arranca con dirección este desde Ciudad Real por la carretera nacional 430 hasta la localidad de Retama. Desde esta localidad hasta Agudo, el corredor toma una dirección OSO pasando por la Sierra de los Terneros.

A partir de la localidad de Agudo existe un corredor único que coincide con el actual de las carreteras locales que unen las localidades de Tamurejo, Siruela, Talarrubias, y pasando el Embalse de Orellana, Casas de San Pedro. Desde Casas de San Pedro se conecta con el actual corredor de la carretera nacional 430 hasta Badajoz.

En la figura 14 bis se muestran los diferentes corredores propuestos para unir Ciudad Real con Badajoz.

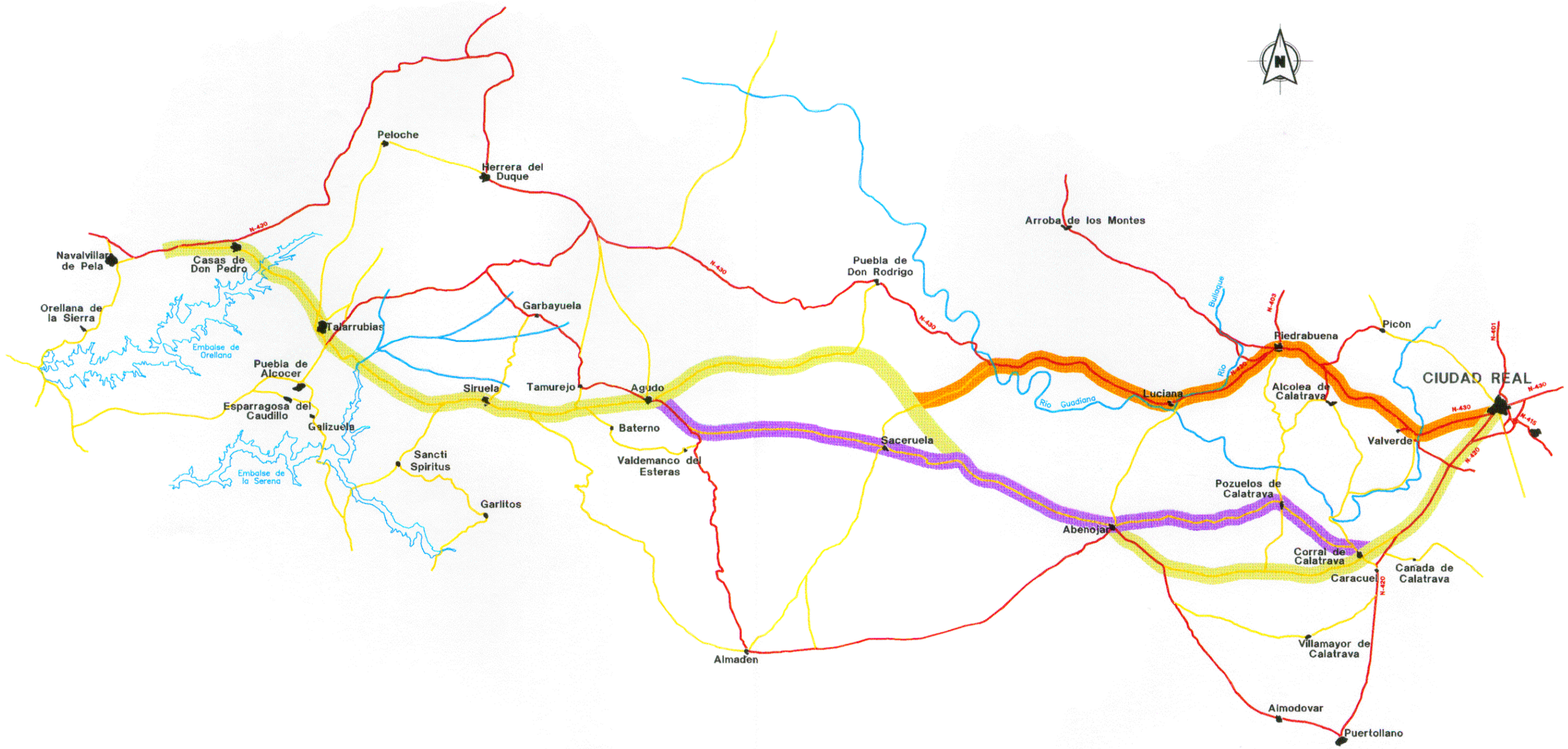


Figura 14 Bis
CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS DEL ITINERARIO CIUDAD REAL-BADAJOZ
ESCALA 1:400.000

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACION SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente estudio no incluye un análisis detallado de los yacimientos de materiales del Tramo, ya que dicho análisis desbordaría, por su metodología especial y amplitud, el alcance de los Estudios Previos de Terrenos.

No obstante, se ha considerado conveniente presentar, de forma ordenada, la información recogida sobre yacimientos con motivo de la realización del Presente Estudio Previo. Estos datos no constituyen una recopilación sistemática y exhaustiva, aunque pueden ser útiles para futuros trabajos.

La información que a continuación se expone se refiere exclusivamente a yacimientos de materiales utilizables en obras de carretera (canteras, graveras y materiales para terraplenes y pedraplenes).

5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

Los únicos materiales aptos para ser aprovechados como yacimientos rocosos son, si exceptuamos los pequeños asomos de rocas intrusivas de carácter básico existentes en la serie devónica, las cuarcitas paleozoicas que en distintos tramos de la serie constituyen los resaltes orográficos más significativos del paisaje.

Los yacimientos rocosos de naturaleza cuarcítica son abundantísimos en todo el Tramo de estudio, no existiendo dificultades mayores para el acceso a ellos. Un horizonte explotado antaño es el de las cuarcitas de la base del Silúrico, “Cuarcitas de Criadero”, grupo litológico (123c). Dentro del Tramo de estudio, estos materiales se localizan en el amplio sinclinal de Herrera del Duque. Su aprovechamiento en este área se reduce a una pequeña explotación abandonada próxima a la carretera nacional N413, en el límite del Tramo, (foto 42). Para la extracción de estos materiales será necesario utilizar explosivos, aunque su tableado estratigráfico y la densidad del diaclasado facilitará esta tarea. Su coeficiente de aprovechamiento no superará el 0’85 %. Estos materiales son muy buenos para hormigones y capas bajas e intermedias del firme y menos aptas para los del firme por su baja adhesividad a los betunes.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Foto 42. Cantera abandonada en las "cuarcitas de Criadero", YR-4. Fotografía realizada desde el camino que sale desde el pk(19) de la carretera C-413 en dirección a Casa Castuera.

Los afloramientos de rocas intrusivas básicas (grupo litológico 001) existentes dentro del tramo son muy reducidos, y por otra parte, presentan una irregularidad, en lo que respecta a la dureza de la roca, introducida por la tectonicidad, la alteración y su recubrimiento en superficie. Se trata de yacimientos que requerirán estudios muy detallados para poder determinar la calidad de los mismos en profundidad. La roca fresca es de extraordinaria dureza y compacidad. Estos materiales son muy buenos como áridos para capas del firme de carreteras. El coeficiente de desgaste de los Angeles es del 15 % para la granulometría A, y del 17 % para la E. Su peso específico puede variar en función del contenido de sílice y ferromegnesianos de la roca, pero como término medio es muy próximo a 3. La adhesividad a los betunes es prácticamente del 100 %.

Como ha quedado dicho, en el Tramo de estudio no existen prácticamente yacimientos rocosos, por lo que los únicos yacimientos que se señalan corresponden, a afloramientos de cuarcitas no aprovechados o utilizados muy superficialmente, y a las masas de diabasas intrusivas o interestratificadas en las pizarras devónicas

En la Figura 18 se encuentran situados los yacimientos rocosos en el Tramo estudiado, y en la Figura 15 se especifican las características y la importancia de cada uno.

SIMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITOLÓGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-1	Alto	756-4	001	Diabasas	Bueno a través del Camino que sale del pk(20'8) de la carretera C-413 en dirección a Herrera del Duque.
YR-2	Alto	756-4	001	Diabasas	Bueno a través del Camino que sale del pk(20'8) de la carretera C-413 en dirección a Herrera del Duque.
YR-3	alto	756-4	001	Diabasas	Bueno a través del Camino que sale del pk(20'8) de la carretera C-413 en dirección a Herrera del Duque.
YR-4	Bajo	756-4	123c	Cuarcitas	Bueno en el pk(19) de la carretera C-413 en dirección a Casa Castuera.

FIGURA 15. CUADRO - RESUMEN DE YACIMIENTOS ROCOSOS

5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

Los materiales que constituyen la gran mayoría de los yacimientos granulares en el Tramo son de origen aluvial, coluvial. Las explotaciones existentes son mínimas. Se ha localizado una explotación de gravas y arenas aluviales en la cola del embalse de Orellana, en los acarreos del río Guadiana grupo litológico (A1), y otra en los coluviones que constituyen un potente canchal en la vertiente sur de la sierra de Chimenea, próximo a la carretera N430, grupo (C1). Fuera de estas dos graveras, sólo existen pequeños aprovechamientos locales de las rañas y glacis. La escasa potencia que normalmente tienen estos grupos los descartan en principio como yacimientos de interés dentro del Tramo. Solamente en los localizados puntos donde la raña adquiere cierta potencia como ocurre al sur de Navalvillar de Pela podría pensarse en un aprovechamiento de estos materiales, que por otra parte contienen una matriz arcillosa muy abundante. Dado que los depósitos aluviales en el Tramo abundan en materiales arcillosos y fangosos, los yacimientos granulares de posible aprovechamiento más claro estarían relegados a los abombamientos canchales cuarcíticos que tapizan las sierras paleozoicas, en donde la proporción de arenas y finos es muy pequeña, y por tanto el aprovechamiento es muy alto.

Las gravas aluviales, están constituidas por cantos cuarcíticos redondeados inmersos en una matriz arenosa. La explotación no entraña problemas, salvo la hidrodinámica en épocas de crecida. Los accesos a las áreas de afloramiento son muy buenos, (foto 43). Las reservas se consideran medianas, ya que la potencia de los aluviales y las terrazas es muy variable y poco potente en términos generales. El coeficiente medio de aprovechamiento, basándose en el contenido medio de finos, se estima en 0'9.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



Foto 43. Gravera sobre las terrazas de río Guadiana, YG-1. Fotografía obtenida en el pk (170) de la carretera N-430.

Las gravas coluviales están constituidas por cantos cuarcíticos angulosos y subangulosos, heterométrica y con muy poca matriz, generalmente arenosa e inferior al 10 % del total de la roca. Las reservas son muy grandes, y la explotación y los accesos son muy buenos. Salvo los coluviales tipo canchal, la mayoría de los coluviales que orlan los relieves cuarcíticos, poseen una alteración importante. Este hecho hace que los valores de sus características como árido, expuestos a continuación, den como resultado una dureza deficiente. El coeficiente medio de aprovechamiento se estima en 0'8.

Peso específico Aparente/Real	Absorción %	Estabilidad SO4Mg	Coeficiente Los Ángeles	Adhesividad al betún	Presencia de sulfatos
2'593 / 2'711	1'672	1'568	28'44	99'7	Sí

En la Figura 18 se encuentran situados los yacimientos granulares en el Tramo estudiado, y en la Figura 16 se especifican las características y la importancia de cada uno.

SIMBOLO	INTERES	SITUACION	GRUPO LITOLOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG-1	Alto	755-1	A1	Gravas	Bueno en el pk (170) de la carretera N-430.
YG-2	Medio	755-1	C1	Gravas	Bueno en el pk (166'5) de la carretera N-430.
YG-3	Alto	755-3	350	Gravas	Bueno entre los pk(3) y pk(4) de la carretera que une Orellana de la Sierra y Navalvillar de Pela.
YG-4	Alto	755-4	T	Gravas	Bueno en el pk (147) de la carretera N-430.
YG-5	Alto	754-2	At	Gravas	Bueno desde la localidad de Gragáligas.
YG-6	Alto	754-1	A	Gravas	Bueno desde la localidad de Madrigalejo.
YG-7	Alto	754-1	At	Gravas	Bueno desde la localidad de Vegas Altas.
YG-8	Bajo	754-2	T	Gravas	Bueno desde la localidad de Acedera.

FIGURA 16. CUADRO - RESUMEN DE YACIMIENTOS GRANULARES

5.4. MATERIALES PARA PRESTAMOS

Los materiales cuaternarios de las vegas de los ríos Gargáligas y Ruecas, al menos el horizonte más superficial fangoso y las margas terciarias del grupo (321a) serían formaciones que presentarían características inadecuadas para su aprovechamiento como préstamos para carreteras. Asimismo, podrían incluirse dentro de este grupo los depósitos ligados a las áreas lacustres, Grupo litológico (l), desarrolladas sobre los glacis localizados al norte de la población de Talarrubias. El resto de las formaciones cuaternarias, pliocuaternarias y terciarias (aluviales, coluviales, glacis y rañas) serían utilizables para terraplenes y pedraplenes.

Los materiales del precámbrico y paleozoico son utilizables en su gran mayoría para pedraplenes si exceptuamos las áreas pizarrosas de profunda alteración, grupo (V) en donde la alta proporción de arcillas caolínicas impondrían estudios detallados que determinarán su idoneidad para ser utilizados. Asimismo, existen otras áreas dentro de las series pizarrosas, con alta alteración, que también requerirán numerosos estudios para su incorporación a estructuras del cuerpo de la carretera.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

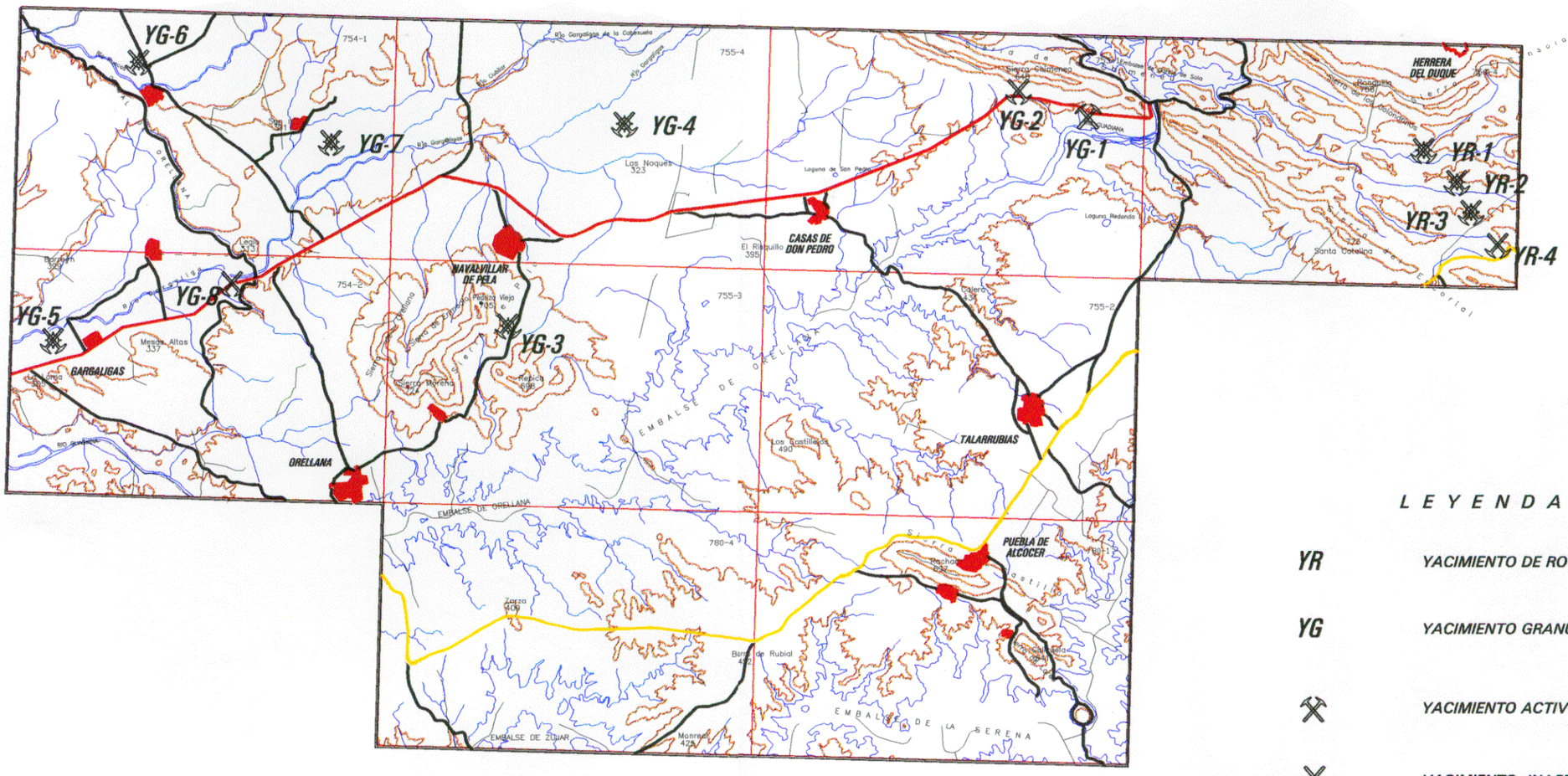
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE

En la Figura 17 se muestra un cuadro-resumen de los yacimientos rocosos y granulares que por su importancia pudieran ser objeto de un estudio más detallado.

SIMBOLO	INTERES	SITUACION	GRUPO LITOLOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR-1	Alto	756-4	001	Diabasas	Bueno a través del Camino que sale del pk(20'8) de la carretera C-413 en dirección a Herrera del Duque.
YR-2	Alto	756-4	001	Diabasas	Bueno a través del Camino que sale del pk(20'8) de la carretera C-413 en dirección a Herrera del Duque.
YR-3	Alto	756-4	001	Diabasas	Bueno a través del Camino que sale del pk(20'8) de la carretera C-413 en dirección a Herrera del Duque.
YG-3	Alto	755-3	350	Gravas	Bueno entre los pk(3) y pk(4) de la carretera que une Orellana de la Sierra y Navalvillar de Pela.
YG-4	Alto	755-4	T	Gravas	Bueno en el pk (147) de la carretera N-430.
YG-5	Alto	754-2	At	Gravas	Bueno desde la localidad de Gragáligas.
YG-6	Alto	754-1	A	Gravas	Bueno desde la localidad de Madrigalejo.
YG-7	Alto	754-1	At	Gravas	Bueno desde la localidad de Vegas Altas.

FIGURA 17. CUADRO - RESUMEN DE LOS YACIMIENTOS A ESTUDIAR EN MÁS DETALLE.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



LEYENDA

YR	YACIMIENTO DE ROCA
YG	YACIMIENTO GRANULAR
⚒	YACIMIENTO ACTIVO
⚒	YACIMIENTO INACTIVO
⚒	YACIMIENTO A ESTUDIAR EN DETALLE

FIGURA 18. MAPA DE SITUACION DE LOS YACIMIENTOS ROCOSOS Y GRANULARES

Escala 1:200.000

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

INSTITUTO TECNOLOGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA. 1989.- “Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, Hoja 756, Herrera del Duque”. ITGE.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA. 1976.- “Mapa de Rocas Industriales a escala 1:200.000, Hoja 60, Villanueva de la Serena”. IGME.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO

(1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350 — ** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

* NEOGENO 2

- 2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense
- 1** MIOCENO
  - Superior — Messinense, Tortoniense — Pontiense — Pantiense s.str., Vallesense
  - Medio — Serravallense, Langhiense — Helvetiense — Vindoboniense
  - Inferior — Burdigaliense, Aquitaniense

* PALEOGENO 1

- 3** OLIGOCENO — Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense
- 2** EOCENO
  - Superior — Priaboniense=Ludense=Bartonense
  - Medio — Biarritzense, Luteciense
  - Inferior — Cuisiense, Ilerdiense - Ypresiense, Sparnaciense
- 1** PALEOCENO — Thanetiense, Montiense, Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

* CRETÁCICO 3

- 2** SUPERIOR — Maestrinchtiense, Campaniense, Santoniense, Coniaciense (2), Turonense, Cenomanense — Senonense
- 1** INFERIOR — Albense, Aptense, Barremiense — Facies Urgoniense; Hauteriviense, Valagieniense, ? Berriasiense=Wealdense — Neocomiense (marino) / Facies Wealdense (continental)

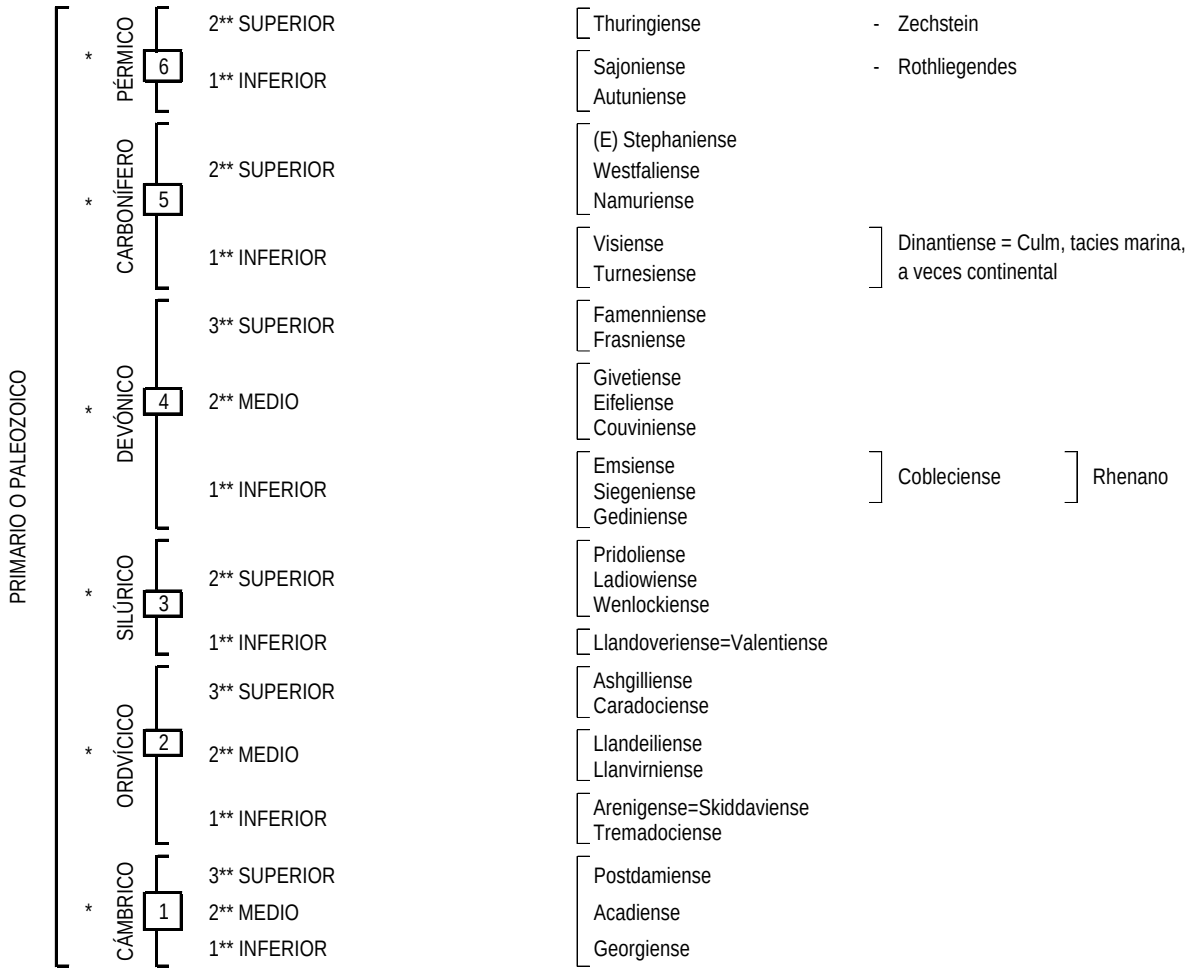
* JURÁSICO 2

- 3** MALM — Superior — Portlandiense=Tithonico, Kimmeridgiense, Oxfordiense
- 2** DOGGER — Medio — Calloviense, Bathoniense, Bajociense, Aaleniense
- 1** LIAS — Inferior — Toarciense, Pliensbachiense, Sinamuriense, Hettangiense

* TRIÁSICO 1

- 3** SUPERIOR — Retiense, Noriense, Carniense — Keuper
- 2** MEDIO — Ladiniense, Anisiense=Virglonense — Muschelkalk
- 1** INFERIOR — Werfeniense — Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento geotécnico de los mismos, escorrentía de las aguas superficiales, permeabilidad de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor ripable alguno, se considera que toda la masa es ripable, al menos en el espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

b) Se consideran de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

c) Se consideran no ripables aquellas formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien a formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2-3 kg/cm^2) produce asientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos si son poco potentes o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos de estabilidad de los taludes, asignados a los distintos materiales del Tramo, un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65°) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10°).

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera. En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

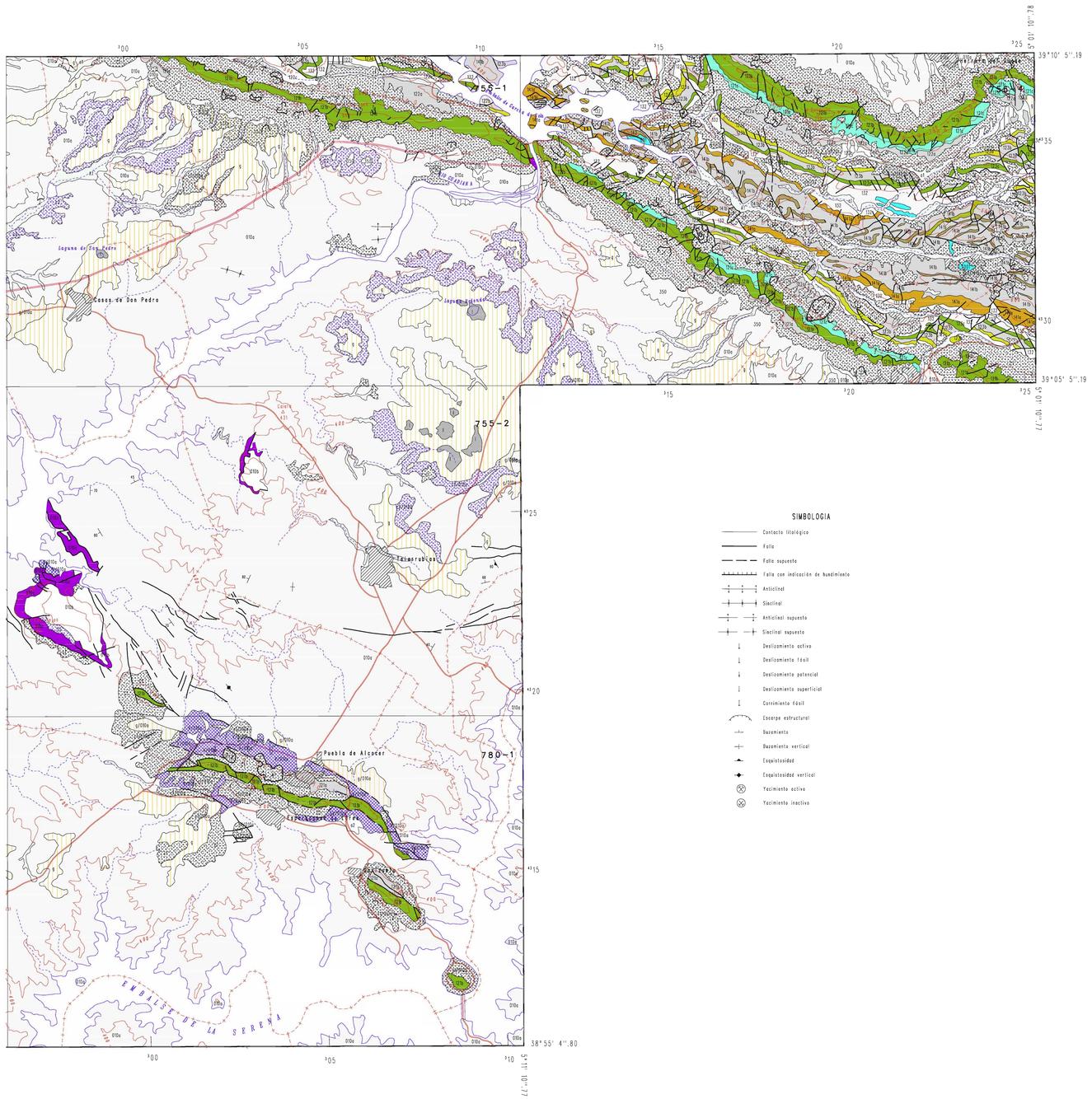
Drenaje

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

8. PLANOS

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)

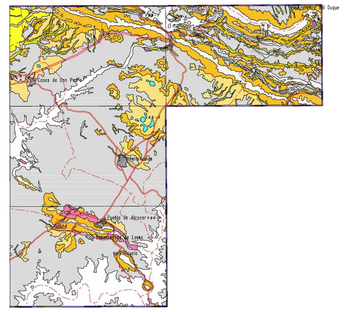


SIMBOLOGIA

- Contacto litológico
- Falla
- Falla supuesta
- Falla con indicación de hundimiento
- Anticlinal
- Sinclinal
- Anticlinal supuesto
- Sinclinal supuesto
- Deslizamiento activo
- Deslizamiento fósil
- Deslizamiento potencial
- Deslizamiento superficial
- Corrimiento fósil
- Escarpe estructural
- Buzamiento
- Buzamiento vertical
- Esquistosidad
- Esquistosidad vertical
- Yacimiento activo
- Yacimiento inactivo

ESQUEMA DE SUELOS Y FORMACIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

(ESCALA 1:200.000)

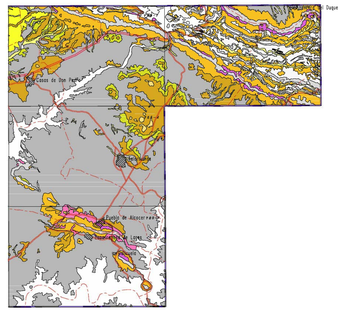


LEYENDA

- Litosuelos y rankers sobre cuarcitas
- Suelos aluviales y fondos de valle constituidos por gravas y arenas. Permeabilidad moderada. No cohesivos
- Depósitos de rañas y superficies de glacis. Gravas poligénicas y polimícticas, irregularmente cementadas. Permeabilidad alta o moderada. Cohesivos
- Depósitos de ladera de origen coluvionar, conos y abanicos aluviales. Permeabilidad variable. Suelos cohesivos e irregularmente cementados.
- Rankers sobre pizarras
- Suelos aluviales y mantos de alteración sobre pizarras. Alteritas. Permeabilidad muy baja. Plasticidad alta. Suelos no cohesivos
- Suelos sobre materiales margosos y arcillosos. Permeabilidad muy baja. No cohesivos
- Suelos sobre materiales fangosos y arcillosos de llanura de inundación con áreas pantanosas. Permeabilidad muy baja. No cohesivos
- Suelos arenosos y limo-arenosos sobre terrazas aluviales. Permeabilidad moderada. Cohesivos
- Suelos fangosos y arcillosos de origen lagunar. Permeabilidad muy baja. No cohesivos

ESQUEMA GEOTECNICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

- Aluviales. Permeabilidad moderada-alta por percolación. Problemas de tipo hidrodinámico en épocas de crecida. Capacidad portante baja. Ripable.
- Permeabilidad entre buena y moderada. Problemas de escorrentía superficial deficiente. Capacidad portante muy baja. Ripable.
- Permeabilidad muy baja, impermeables. Capacidad portante muy baja. Problemas de dinámica fluvial, zonas inundables. Ripable.
- Recubrimientos de ladera. Permeabilidad alta-moderada. Procesos fósiles de deslizamiento. Problemas de desprendimiento de cantos o bloques, o de deslizamiento si afloran en el talud una base arcillosa. Las pendientes admisibles estarán siempre por debajo de 1H:1V. Capacidad portante baja. Ripables.
- Roña, glacis, terrazas y abanicos aluviales. Permeabilidad aceptable. Problemas de desprendimiento de cantos o bolos y deslizamiento. Pendiente aconsejada menor de 1H:1V. Capacidad portante baja. Ripable.
- Alteritas. Permeabilidad muy baja. Pendientes naturales con deslizamientos y corrimientos fósiles de ladera. Taludes artificiales observados con rasgos de inestabilidad fósil. Taludes recomendados ≤ 45 grados. Capacidad portante moderada a baja. Ripable.
- Formaciones de naturaleza detrítico-margosas, limo-arcillosas y areno-conglomeráticas poco consolidadas. Permeabilidad variable, en general poco permeable. Frecuentes laderas estructuradas por deslizamientos fósiles. Taludes de excavación < 1H:1V. Capacidad portante entre moderada y baja. Ripable.
- Alternancias con areniscas, cuarcitas y pizarras. Permeabilidad baja y muy baja. Taludes naturales con procesos leves de corrimientos de ladera, de carácter fósil. Taludes de excavación con pendientes medias. Capacidad portante alta o muy alta en principio. Ripabilidad marginal.
- Grupo pizarroso. Permeables por fisuración. Estabilidad natural baja en mantos de alteración. Taludes aconsejables < 1H:1V. Capacidad portante muy variable. Ripable marginalmente.
- Cuarcitas y conglomerados silíceos. Permeabilidad por fisuración. Taludes naturales con procesos moderados de desprendimientos en los escarpes serranos. Pendientes aconsejables subverticales. Problemas de desprendimientos de bloques y cuñas en taludes artificiales. Capacidad portante muy alta. No ripable.
- Grupo pizarroso y esquistoso-grauváquico. Permeables por fisuración. Estabilidad natural baja en mantos de alteración. Taludes aconsejables < 1H:1V. Capacidad portante muy variable. Ripable marginalmente.
- Diabasas. Permeabilidad por fisuración. Taludes de excavación subverticales. Capacidad portante muy alta. No ripable.

LEYENDA

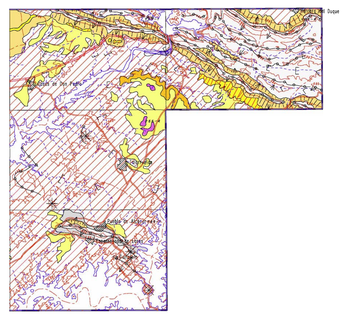
- Llanura de inundación
- Coluviales de penillanura
- Coluviales de sierra
- Niveles de glacis
- Roña
- Relieves terciarios
- Alteritas
- Relieve de sierras
- Penillanura
- Lagunas

SIMBOLOS

- Valle de fondo plano
- Valle en forma de "uve"
- Línea de crestas
- Relieve residual
- Deslizamiento
- Río
- Arroyo

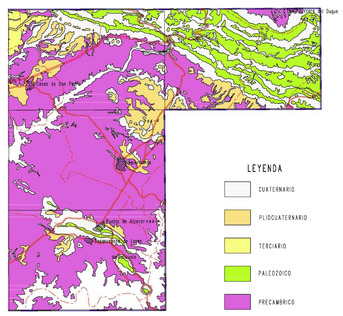
ESQUEMA GEOMORFOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



ESQUEMA GEOLOGICO

(ESCALA 1:200.000)



LEYENDA

- CUATERNARIO
- PLIOCUATERNARIO
- TERCIARIO
- PALEOZOICO
- PRECAMBRICO

L E Y E N D A

DEPOSITOS RECIENTES

A1,a1 — Gravas y gravillas subredondeadas y sueltas, de cantos de cuarcita, e inmersas en una matriz arenosa y limosa. Materiales sueltos y no consolidados. Estructura masiva. Disposición horizontal. Permeable por percolación y porosidad. Problemas de dinámica fluvial. Capacidad portante muy baja. Ripable. (Cuaternario. P.a.: (a1) 0.5-3 m, y (A1) 3-7 m).

A2,a2 — Gravas y cantos con abundante matriz de arenas, limos y arcillas. Materiales sueltos y no consolidados. Estructura masiva. Disposición subhorizontal. Permeabilidad entre buena y moderada. Problemas de escorrentía superficial deficiente. Capacidad portante muy baja. Ripable. (Cuaternario. P.a.: (a2) 0.5-3 m, y (A2) 3-5 m).

A1 — Zonas pantanosas fangosas y limosas en superficie. Depósitos sueltos y sin consolidar. Estructura masiva. Disposición horizontal. Permeabilidad muy baja. Problemas de dinámica fluvial, zonas inundables. Capacidad portante muy baja. Ripable. (Cuaternario. P.a.: 0.5 y 4 m).

l — Limos y arcillas muy plásticas ocres y grises. Conforma pequeñas lagunas endorreicas. Permeabilidad muy baja. Capacidad portante muy baja. Ripables. (Cuaternario. P.a.: < 3 m).

C1,c1 — Cantos y bloques, heterométricos y de naturaleza principalmente cuarcítica con muy poca matriz. Permeabilidad buena por percolación. Estructuras deslizadas fósiles. Inestabilidad fósil, latente y activa en las laderas. Taludes recomendados entre 1H:1V y 1.5H:1V. Capacidad portante baja. Ripable. (Cuaternario. P.a.: (c1) 0.5-3 m, y (C1) 3-10 m).

C2,c2 — Coluviales de penillanura arenosas y arcillosas rojas o pardo-grisáceas con un contenido variable de cantos de cuarcita generalmente alterados, redondeados y polimícticos. Posee un perfil en cuña. Materiales flojos y nada compactados. Estructura interna masiva. Permeabilidad media-alta. Capacidad portante baja. Ripable. (Cuaternario. P.a.: (c2) 0.5-3 m, y (C2) 3-10 m).

T,t — Gravas de cantos cuarcíticos, cuarzo y pizarra. Depósitos sueltos y sin consolidar. Disposición subhorizontal. Estructura tabular. Estructura interna masiva. Permeable por percolación y porosidad en su gran mayoría. Taludes artificiales observados bajos, entre 60 y 55 grados con problemas de erosión en cárcavas que terminan por provocar desprendimientos y deslomes. Taludes recomendados entre 1H:1V y 1H:1.5V. Capacidad portante moderada. Ripable. (Cuaternario. P.a.: 3-6 m).

D,d — Depósitos heterométricos de gravas y cantos, subangulosos a subredondeados y polimícticos. Continuidad lateral escasa. Disposición subhorizontal. Estructura interna masiva. Permeabilidad variable por percolación y porosidad. Problemas de dinámica fluvial. Capacidad portante moderada. Ripable. (Cuaternario. P.a.: (d) 0.5-3 m, y (D) 3-10 m).

V — Eluviales arcillosos plásticos de tonos verdes y rojizos. Estructura en manto. Permeabilidad media-alta. Pendientes naturales con deslizamientos y corrimientos de ladera fósiles. Taludes artificiales observados con rasgos de inestabilidad fósil. Taludes recomendados 1H:1V. Capacidad portante moderada-baja. Ripable. Mesozoico-cuaternario. P.a.: 3-90 m).

350,6 — Gravas, gravillas y conglomerados, de cantos heterométricos y silíceos, irregularmente cementados por carbonatos y con matriz arenosa y arcillosa. Disposición subhorizontal. Estructura interna masiva. Permeabilidad alta a moderada por percolación y porosidad. Pendientes naturales con fenómenos de deslizamiento sobre el sustrato alterado. Taludes artificiales observados pequeños, entre 1H:1V y 1.5H:1V, e inestables en presencia de agua. Taludes recomendados 1H:1V, en condiciones desfavorables 1.5H:1V. Capacidad portante variable de moderada a baja. Ripable. (Pliocuaternario. P.a.: 0.5-10 m).

ROCAS MARGOSAS Y ARCILLOSAS

321a — Arcillas gris verdosas en corte fresco, y con tonalidades rojizas y rosáceas en pátinas de alteración. Disposición subhorizontal. Estructura interna homogénea y masiva. Permeabilidad muy baja (impermeables). Taludes naturales inestables en pendientes acusadas. Taludes artificiales pequeños menores de 1H:1V. Taludes recomendados menores de 1H:1V. Capacidad portante moderada. Ripables. (Terciario. P.a.: 20 m).

ROCAS PIZARROSAS Y CARBONATADAS

141c — Lumaquelas de bioclastos recristalizados e intercalaciones pizarrosas. Grado de fracturación moderado. Grado de plegamiento alto. Estructura tabular. Buena continuidad lateral. Permeabilidad por karstificación. Capacidad portante moderada. No ripables. (Devónico. P.a.: 15 m).

010b — Pizarras, grauvacas, areniscas, esquistos y calizas. Estructura tabular, alternante irregular y bastante homogénea. Grado de fracturación moderado-alto. Estructura masiva de los bancos. El grado de alteración es variable. Grado de diaclasado alto. Intensamente plegado. Permeabilidad por fisuración. Estabilidad natural baja en los horizontes de alteración. Taludes recomendados no superiores al 1.5H:1V. Capacidad portante de moderado a baja. Ripabilidad marginal. (Precámbrico. P.a.: 100-350 m).

ROCAS PIZARROSAS

141b — Pizarras, areniscas y calizas. Estructura tabular. Grado de fracturación moderado-alto. Grado de metamorfismo bajo a muy bajo. Intensamente plegado. Permeabilidad muy baja. Taludes artificiales observados bajos y medios, e inferiores a 1H:1V. Taludes recomendados entre 1H:1.5V y 1H:1V. Capacidad portante moderada. Mayoritariamente ripable con áreas marginales. (Devónico. P.a.: 220 m).

132 — Pizarras negras, y pizarras, areniscas y cuarcitas. Estructura tabular. Grado de fracturación moderado-alto. Grado de metamorfismo bajo-muy bajo. Intensamente plegado. Permeable por fisuración. Estabilidad natural con corrimientos de capas en pendientes de tipo estructural, y vuelcos de estratos. Taludes recomendados en condiciones favorables 1H:1.5V, resto 1H:1V y 1.5H:1V para los desfavorables. Capacidad portante alta. Ripabilidad marginal. (Silúrico. P.a.: 500-600 m).

123b — Pizarras muy homogéneas en la base y a techo pizarras, areniscas y cuarcitas. Estructura tabular. Grado de metamorfismo bajo. Plegamiento suave. Grado de fracturación moderado. Intensidad de diaclasado alta. Alteración moderado-alta. Permeable por fisuración. Estabilidad natural con corrimientos de capas en pendientes de tipo estructural, y vuelcos de estratos. Taludes recomendados en condiciones favorables 1H:1.5V, resto 1H:1V y 1.5H:1V para los desfavorables. Capacidad portante alta. Ripabilidad marginal. (Carbonífero. P.a.: 35-40 m).

122c — Areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras. Grado de fracturación alto. Grado de diaclasado alto. Estructura tabular. Permeabilidad baja. Taludes artificiales observados bajos e inestables con desprendimientos, deslomes y corrimientos de cuñas. Taludes recomendados menores de 45 grados. Capacidad portante moderada. Ripabilidad marginal. (Ordovícico. P.a.: 125-150 m).

122a — Pizarras pardo negruzcas en corte fresco, y de tonos verdosos y rojizos al horizonte de alteración. Compacidad alta. Dureza moderada. Plegamiento intenso. Impermeabilidad muy alta. Pendientes naturales con abundantes movimientos gravitacionales. Taludes artificiales observados bajos y medios e inferiores al 1H:1V, con deslizamientos, vuelcos y reptaciones. Taludes recomendados entre 1H:1.5V y 1H:1V. Capacidad portante moderada. Mayoritariamente ripable con áreas marginales. (Ordovícico. P.a.: 500 m).

010a — Pizarras y grauvacas. Bancos masivos. Estructura tabular, alternante irregular, monótona y homogénea. Grado de fracturación e intensidad de diaclasado, altos. Grado de metamorfismo muy bajo. Plegamiento intenso. Grado de alteración alto. Permeabilidad por fisuración. Estabilidad natural baja en los horizontes de alteración. Taludes recomendados no superiores al 1.5H:1V. Capacidad portante de moderada a baja. Ripabilidad marginal. (Precámbrico. P.a.: 400-600 m).

ROCAS CUARCITICAS Y PIZARROSAS

141a — Alternancia irregular de pizarras y cuarcitas. Estructura tabular. Grado de fracturación moderado-alto. Grado de metamorfismo bajo-muy bajo. Intensamente plegado. Permeables por fisuración. Taludes artificiales observados, medios-bajos, con problemas de corrimientos de estratos y cuñas. Taludes recomendados a 55 grados, en general. Capacidad portante alta o muy alta. No ripables. (Devónico. P.a.: 20-100 m).

122b — Areniscas, cuarcitas y pizarras. Estructura tabular. Grado de fracturación moderado-alto. Grado de diaclasado alto. Continuidad lateral baja. Permeabilidad baja. Taludes artificiales observados pequeños. Taludes recomendados menores de 45 grados. (Ordovícico. P.a.: 30 m).

121c — Areniscas, areniscas micáceas, cuarcitas y pizarras. Se encuentra muy cubierta y alterada. Plegamiento intenso. Grado de fracturación y diaclasado, elevados y muy variables. Grado de alteración alto. Grado de metamorfismo muy bajo. Permeables por fisuración. Taludes artificiales observados, medios-bajos, con problemas de corrimientos de estratos y cuñas. Taludes recomendados 55 grados, en general. Capacidad portante alta a muy alta. Ripabilidad marginal. (Ordovícico. P.a.: 200-300 m).

121a — Cuarcitas, areniscas, pizarras y limolitas con tonos verdosos, rojizos y cremas amarillentos. Compacidad y dureza muy altas en los tramos cuarcíticos. Estructura tabular y continuidad lateral escasa en cuarcitas y conglomerados. Grado de fracturación, intensidad de diaclasado y plegamiento, altos. Permeabilidad por fisuración. Estabilidad natural con corrimientos y deslizamientos importantes. Taludes artificiales observados pequeños y medios, irregulares por caída de bloques y cuñas. Taludes recomendados inferiores al 1H:1.5V. Capacidad portante alta a muy alta. Ripabilidad marginal. (Tremadoc. P.a.: 500-700 m).

ROCAS CUARCITICAS, ARENISCOSAS Y CONGLOMERATICAS

142 — Alternancia irregular de cuarcitas y areniscas, con pizarras. Grado de plegamiento, fracturación y diaclasado, altos. Permeables por fisuración. Taludes artificiales observados, medios-bajos, con problemas de corrimientos de estratos y cuñas. Taludes recomendados de 55 grados, en general. Capacidad portante alta a muy alta. Ripabilidad marginal. (Devónico. P.a.: 75-100 m).

123c — Grauvacas y cuarcitas. Intensamente plegado. Grado de fracturación moderado. Taludes artificiales observados pequeños y medios, de perfil muy fuerte y con buena estabilidad. Taludes recomendados variables dependiendo de la tectónica y fracturación. Capacidad portante muy alta. No ripable. (Ordovícico. P.a.: 20-60 m).

123a — Cuarcitas, areniscas y pizarras. Grado de fracturación moderado-alto. Permeables por fisuración. Taludes artificiales observados pequeños y medios, de perfil fuerte y con buena estabilidad. Taludes recomendados variables dependiendo de la tectónica y alteración. Capacidad portante muy alta. No ripable. (Ordovícico. P.a.: 60-80 m).

121b — Cuarcitas blancas, y rojizas por alteración. Estructura masiva de los bancos. Grado de fracturación y diaclasado elevados. Plegamiento intenso. Compacidad y dureza muy elevados. Permeables por fisuración. Problemas de estabilidad natural de corrimientos y deslizamientos. Taludes artificiales observados pequeños y medios, de perfil muy fuerte y con buena estabilidad. Taludes recomendados variables dependiendo de la tectónica y alteración. Capacidad portante muy alta. No ripable. (Arenig. P.a.: 350-400 m).

010c — Cuarcitas blancas y conglomerados poligénicos. Tamaño de grano entre 0.5 y 1.5 mm. Estructura tabular con forma lenticular. Continuidad lateral escasa. Compacidad y dureza muy altas. Grado de alteración, fracturación y diaclasado, altos. Intensamente plegado con un grado de metamorfismo muy bajo. Permeabilidad por fisuración. Taludes recomendados subverticales. Capacidad portante alta. No ripable. (Precámbrico. P.a.: 10-70 m).

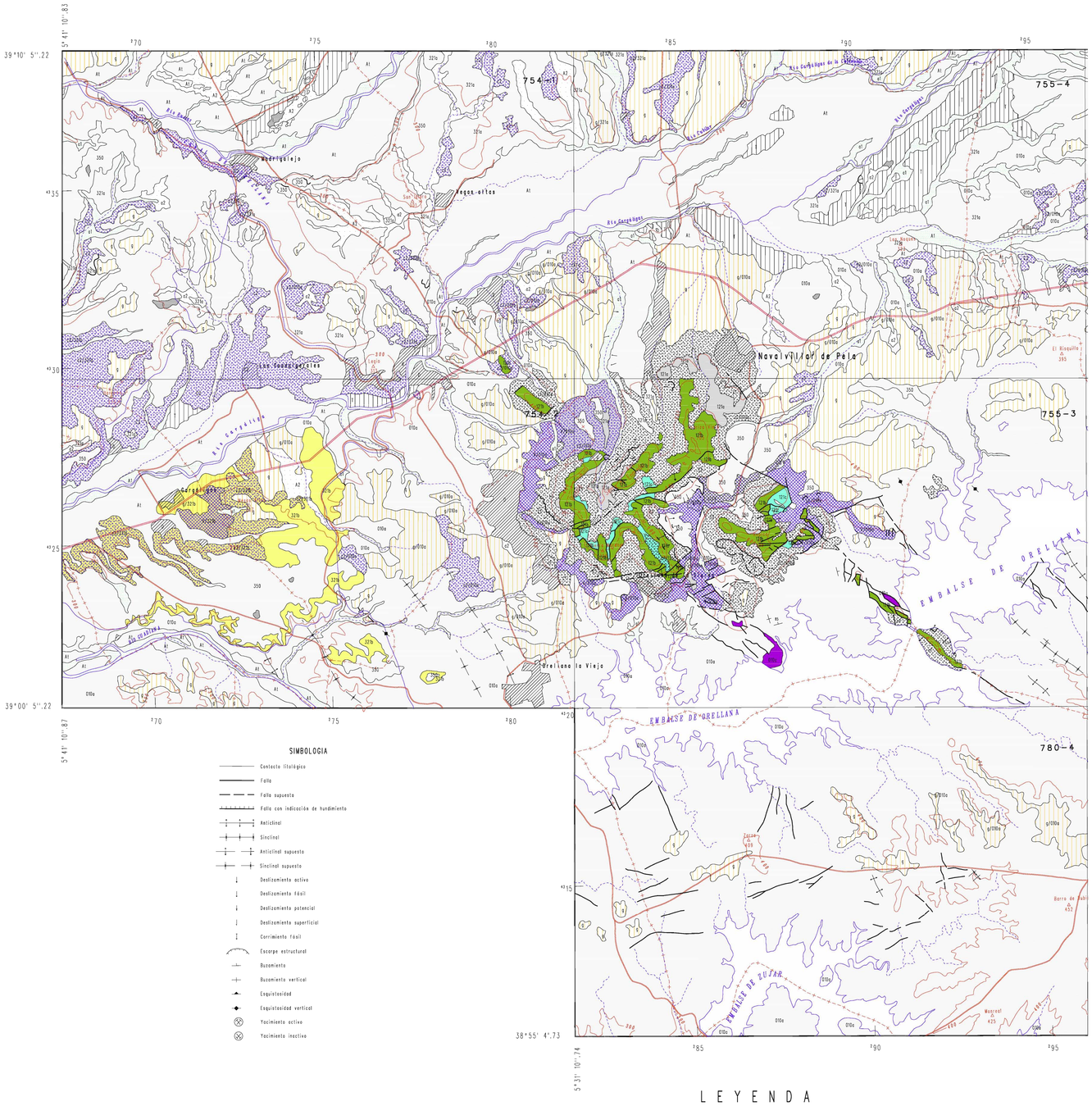
ROCAS PLUTONICAS

001 — Diabasas holocristalinas, granudas con textura entre diabásica y ofítica. Estructura tabular en dique. Buena continuidad lateral. Compacidad y dureza muy altas. Grado de alteración muy bajo. El grado de fracturación es moderado. Permeabilidad por fisuración exclusivamente. Taludes recomendados subverticales. Capacidad portante muy alta. No ripable. (Post-hercínico. P.a.: 250 m).

MINISTERIO DE FOMENTO	DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS SERVICIO DE GEOTECNIA	ESTUDIO PREVIO DE TERRENOS ITINERARIO: MERIDA - CIUDAD REAL TRAMO: VALDIVIA - HERRERA DEL DUQUE	CONSULTOR: U.T.E. INECO - INGEMISA	CUADRANTES HOJA: 755-1, HOJA: 755-2 HOJA: 756-4, HOJA: 780-1	MAPA LITOLOGICO - ESTRUCTURAL Y ESQUEMAS COMPLEMENTARIOS	ESCALAS 1: 50.000 1: 200.000 ORIGINAL GRAFICA	FECHA: MAYO 1998	REVISADO: J. MARTIN CONTRERAS J. SANTAMARIA ARIAS

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


754-1
755-4
754-2
755-3
780-4
Rodrigalejo
Vegas altas
Los Navalmorales
Navalvillar de Pela
Orellana la Vieja
EMBALSE DE ORELLANA
EMBALSE DE ZUJAR
Río Guadalupejo
Río Ortigas
Río Orellana
Río Zujar
Río Guadiana
Arroyo Lagar
Arroyo Cerrajón
Arroyo Cerrajones de la Estrella
Arroyo Cerrajones
Arroyo Pedroso
Arroyo Cerrajón
Arroyo Cerrajón
El Risquillo
Barro de Pabón
Muncrat
Cerro Gordo
Cerro Gordo
Cerro Gordo



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Mérida-Ciudad Real

Tramo: San Pedro de Mérida-Valdivia



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

98-04

NOTAS PREVIAS A LA LECTURA DE *LOS*
"ESTUDIOS PREVIOS DE TERRENO"
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS, EN FORMATO DIGITAL

La publicación que está consultando corresponde a la colección de *Estudios Previos de Terreno* (EPT) de la Dirección General de Carreteras, editados entre 1965 y 1998.

Los documentos que la integran presentan formatos diferentes pero una idea común: servir de base preliminar a los estudios y proyectos de esta Dirección General. En ese sentido y para una información más detallada se recomienda la lectura del documento *"Estudios previos de terreno de la Dirección General de Carreteras"* (Jesús Martín Contreras, et al, 2000)

Buena parte de los volúmenes que integran esta colección se encuentran agotados o resultan difícilmente disponibles, presentándose ahora por primera vez en soporte informático. El criterio seguido ha sido el de presentar las publicaciones tal y cómo fueron editadas, respetando su formato original, sin adiciones o enmiendas.

En consecuencia y a la vista, tanto del tiempo transcurrido como de los cambios de formato que ha sido necesario acometer, deben efectuarse las siguientes observaciones:

- La escala de los planos, cortes, croquis, etc., puede haberse alterado ligeramente respecto del original, por lo que únicamente resulta fiable cuando ésta se presenta de forma gráfica, junto a los mismos.

- La cartografía y nomenclatura corresponde obviamente a la fecha de edición de cada volumen, por lo que puede haberse visto modificada en los últimos años (nuevas infraestructuras, crecimiento de núcleos de población …)

- El apartado relativo a sismicidad, cuando existe, se encuentra formalmente derogado por las sucesivas disposiciones sobre el particular. El resto de contenidos relativos a este aspecto pudiera, en consecuencia, haber sufrido importantes modificaciones.

- La bibliografía y cartografía geológica oficial (fundamentalmente del IGME) ha sido en numerosas ocasiones actualizada o completada desde la fecha de edición del correspondiente EPT.

- La información sobre yacimientos y canteras puede haber sufrido importantes modificaciones, derivadas del normal transcurso del tiempo en las mencionadas explotaciones. Pese a ello se ha optado por seguir manteniéndola, pues puede servir como orientación o guía.

- Por último, el documento entero debe entenderse e interpretarse a la luz del estado de la normativa, bibliografía, cartografía…, disponible en su momento. Sólo en este contexto puede resultar de utilidad y con ese fin se ofrece.

Marzo 2010
Área de Geotecnia – Dirección General de Carreteras

serie monografías

Estudio Previo de Terrenos

Itinerario Mérida-Ciudad Real

Tramo: San Pedro de Mérida-Valdivia

Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCION 4

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO 7

2.1. CLIMATOLOGÍA 7
2.2. TOPOGRAFÍA 18
2.3. GEOMORFOLOGÍA 19
2.4. ESTRATIGRAFÍA 23
2.5. TECTÓNICA 28
2.6. SISMICIDAD 29

3. ESTUDIO DE ZONAS 31

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO 31
3.2. ZONA 1: AREA DE SIERRAS CUARCÍTICAS 33

3.2.1. Geomorfología 33
3.2.2. Tectónica 33
3.2.3. Estratigrafía 34
3.2.4. Grupos litológicos 34
3.2.5. Grupos Geotécnicos 70
3.2.6. Resumen de los problemas geotécnicos de la Zona 1 76

3.3. ZONA 2: ZONA DE LAS VEGAS ALTAS DEL GUADIANA 77

3.3.1. Geomorfología 77
3.3.2. Tectónica 78
3.3.3. Estratigrafía 78
3.3.4. Grupos litológicos 78
3.3.5. Grupos geotécnicos 94
3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos en la Zona 2 99

3.4. ZONAS DE RELIEVES ALOMADOS 99

3.4.1. Geomorfología 99
3.4.2. Tectónica 100
3.4.3. Estratigrafía 101
3.4.4. Grupos litólogicos 101
3.4.5. Grupos geotécnicos 111
3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos de la Zona 3 116

ÍNDICE (cont.)

Pág.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO 117

4.1. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS 117
4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS 117
4.3. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOTECNICOS 118
4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS 118

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS 120

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO 120
5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS 120
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES 120
5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES 128
5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE 128

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 131

7. ANEJOS 133

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS 134

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS 137

1. INTRODUCCION

El objeto del Estudio Previo de Terrenos es exponer las características más sobresalientes desde los puntos de vista litológico, estructural y geotécnico de un área determinada, que pueden incidir directamente sobre una obra de carácter lineal, como es el caso de una carretera.

Real ocupa una extensión aproximada de 1100 km^2, estando comprendido prácticamente en su totalidad en la provincia de Badajoz, estando el resto en Cáceres.

Comprende las siguientes Hojas y Cuadrantes del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Nº	Hoja	Cuadrante
753	Miajadas	1,2,3 y 4
754	Madrigalejo	3 y 4
778	Don Benito	1 y 4
779	Villanueva de la Serena	1 y 4

En la Figura 1.1. se observa la posición del plano en el Mapa de España.

La ejecución del Estudio ha precisado del desarrollo de las siguientes fases:

- Recopilación y análisis de la bibliografía existente, tanto geológica como geotécnica, del Tramo de estudio o de áreas próximas.

- Estudio fotogeológico sobre fotogramas aéreos a escala 1:20.000 del área de estudio.

- Comprobación del estudio fotogeológico, corrección del mismo y toma de datos en el campo.

- Realización de los mapas litológico-estructurales, a escala 1:50.000, que forman parte de los Planos que acompañan a esta Memoria. Además los Planos contienen cuatro esquemas a escala 1:200.000 y que se denominan: geológico, geomorfológico, de suelos y formaciones de pequeño espesor, y geotécnico.

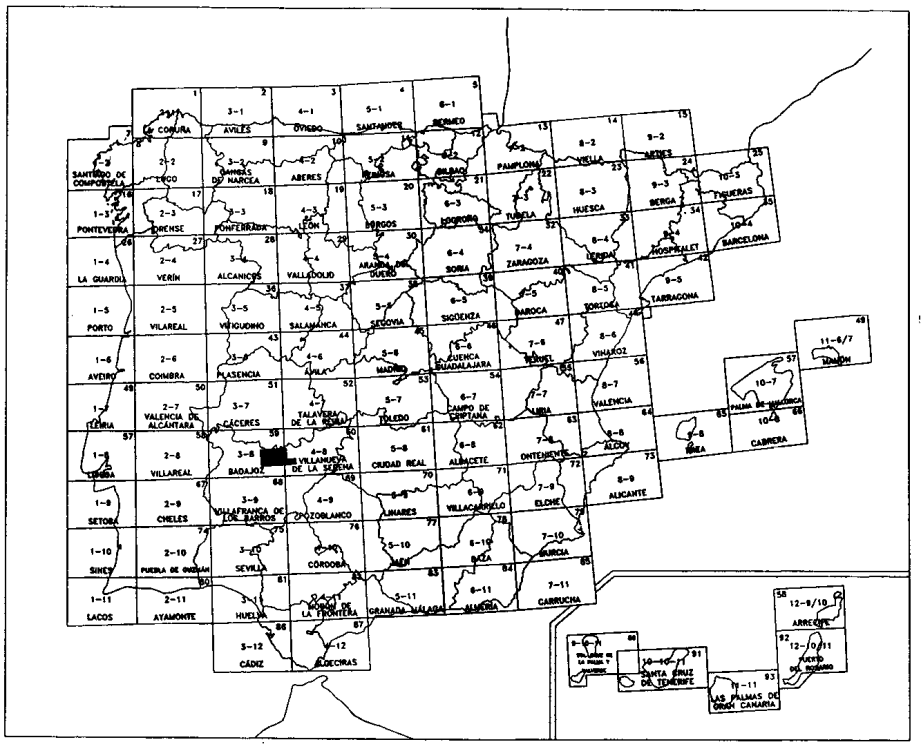


Figura 1.1. *Esquemas de situación del Tramo San Pedro de Mérida - Valdivia.*

Dadas las características del Estudio, se ha procurado tratar más intensamente aquellos aspectos que puedan incidir sobre la problemática propia de las obras públicas de carácter lineal. Igualmente han sido abordados de forma sucinta otros temas que no afectan de forma global a la problemática tratada, dadas las limitaciones de tiempo y el objeto propio del Estudio.

Los resultados finales, obtenidos de la ejecución del Estudio, han quedado plasmados en la siguiente Memoria.

Esta Memoria aparece dividida en una serie de capítulos que se describen a continuación:

- Capítulo 1: Introducción.

- Capítulo 2: Recoge las características generales del Tramo estudiado.

- Capítulo 3: Se realiza una división del Tramo en zonas de estudio y un análisis pormenorizado, desde los puntos de vista geológico-geotécnico, de las mismas.

- Capítulo 4: En base a los problemas topográficos, geomorfológicos y geotécnicos reconocidos en el Tramo, se sugieren aquellos corredores que parecen reunir mejores condiciones para la construcción de vías de comunicación.

- Capítulo 5: Se indican los yacimientos de roca, granulares y de materiales de préstamo que han sido recopilados durante la ejecución del Estudio.

- Capítulo 6: Recoge la bibliografía consultada.

- Capítulo 7: Recoge, mediante dos Anejos, la simbología utilizada en las columnas estratigráficas, y los criterios utilizados en las descripciones geotécnicas.

Este Estudio Previo de Terrenos ha sido supervisado y ejecutado por:

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS, Servicio de Geotecnia

D. Jesús Santamaría Arias
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Francisco Carmona Guillen
Licenciado en Ciencias Geológicas.

y por parte de la empresa consultora UTE INECO-INGEMISA:

D. Oscar de la Torre Alvarez
Licenciado en Ciencias Geológicas

D. Francisco Miguel Sánchez Pérez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

2. CARACTERES GENERALES DEL TRAMO

2.1. CLIMATOLOGÍA

Para el estudio de la climatología de la Zona han sido escogidas un cierto número de estaciones meteorológicas, pertenecientes a la red del Instituto Nacional de Meteorología. Las características geográficas y el nombre de cada una de las estaciones están recogidos en la Tabla 1. No todas las estaciones se encuentran dentro del área de estudio, pero se han incluido por su proximidad al Tramo.

De todos los datos suministrados por estas estaciones se han seleccionado unos determinados parámetros, de los cuales se ha extraído el valor medio, el máximo y el mínimo. Todos estos valores se han recogido en dos Tablas; una con los parámetros de pluviometría y otra con los parámetros de temperaturas, hay que observar, que en la mayoría de las estaciones los datos no están completos. El Instituto Meteorológico tiene estos datos incompletos puestos como cero.

Los gráficos 1 y 2 muestran los climogramas de todas las estaciones consultadas.

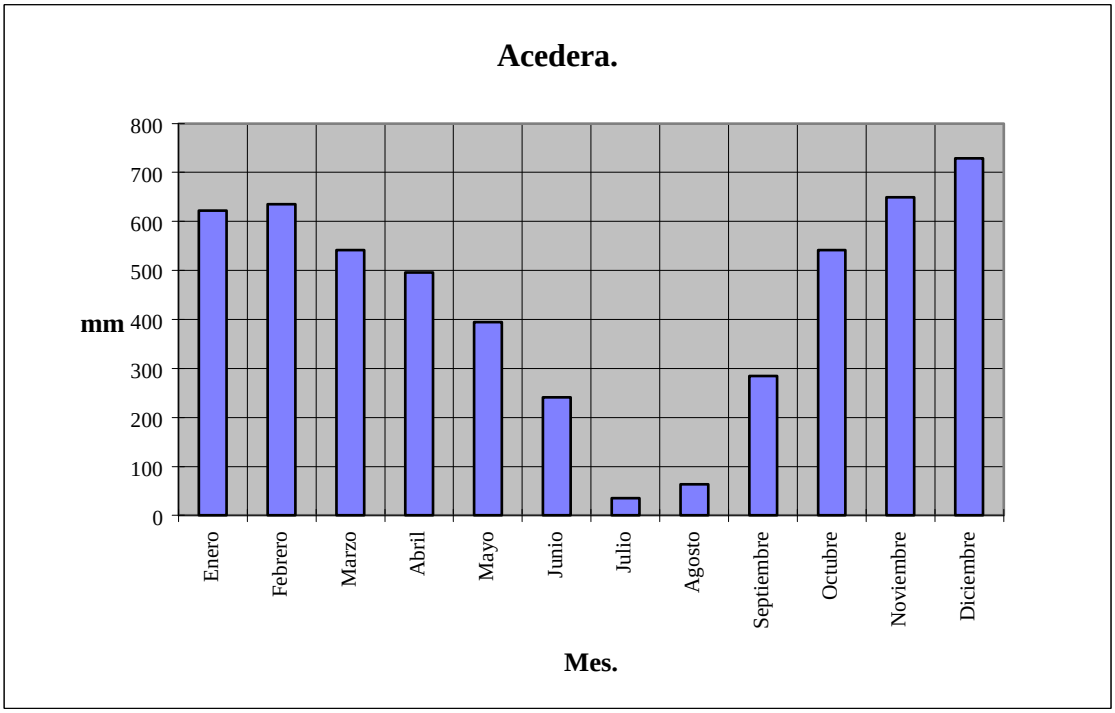
Las tablas 1 a 4 contienen los datos de temperatura y las numeradas de 5 a 8 los de precipitaciones.

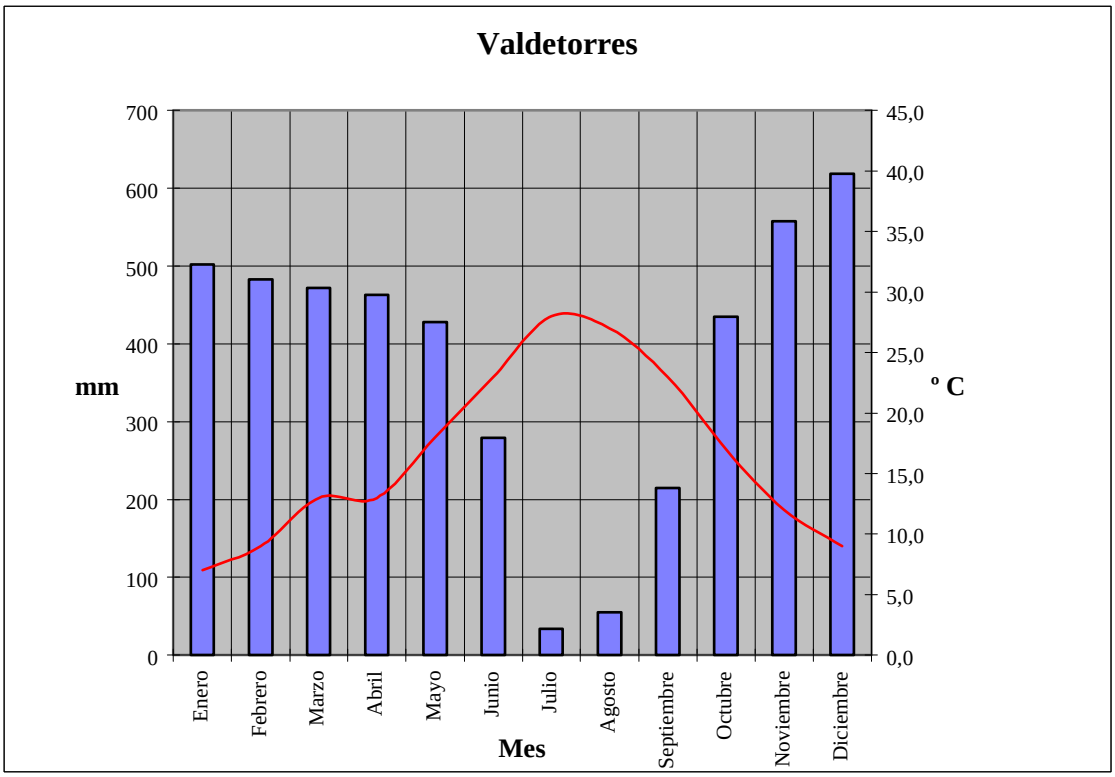
Las precipitaciones medias anuales recogidas en las estaciones de referencia son bastantes semejantes entre sí, siendo la media anual de 1.200 mm, cantidad superior a la media nacional, estas precipitaciones se producen en un promedio de 126 días lluviosos al año, siendo los meses más lluviosos los de Junio, Julio y Agosto. La nieve de suelo apenas está presente en el Tramo, únicamente en el mes de Enero se registran 4 días.

Las nieblas son muy frecuentes con un promedio de 31 días al año, siendo predominante en los meses de Diciembre, Marzo, Abril y Mayo.

Los días de rocío y escarcha se dan durante un promedio de 32 y 17 días respectivamente, siendo los meses más frecuentes los de Mayo, Junio, Julio y Agosto para los primeros y Noviembre, Enero, Febrero y Marzo para los segundos.

Las temperaturas tienen un mínimo invernal de 8 °C en Enero y de máxima 38 ° C en los meses de Julio y Agosto. El mes más frío corresponde a Enero con una media de 5.6 grados y los meses más calurosos a Julio y Agosto con una media de las máximas de 29 ° C.


Acedera.
800
700
600
500
mm 400
300
200
100
0
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Mes.


Valdetorres
700
600
500
400
mm
300
200
100
0
45,0
40,0
35,0
30,0
25,0
º C
20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre
Mes

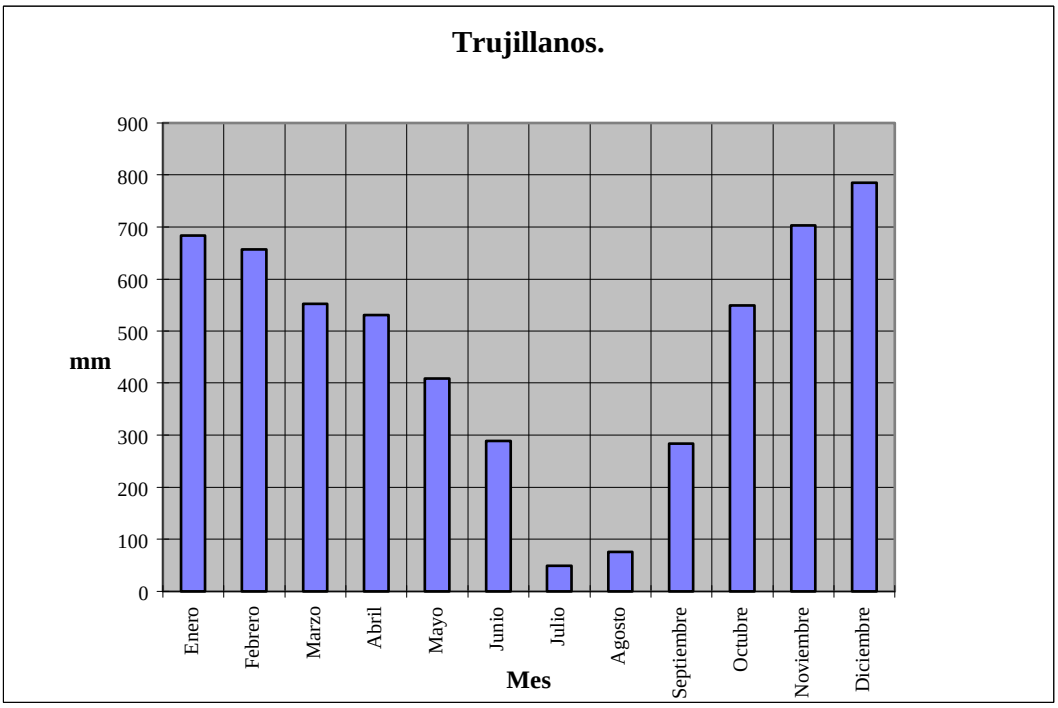


Gráfico 1

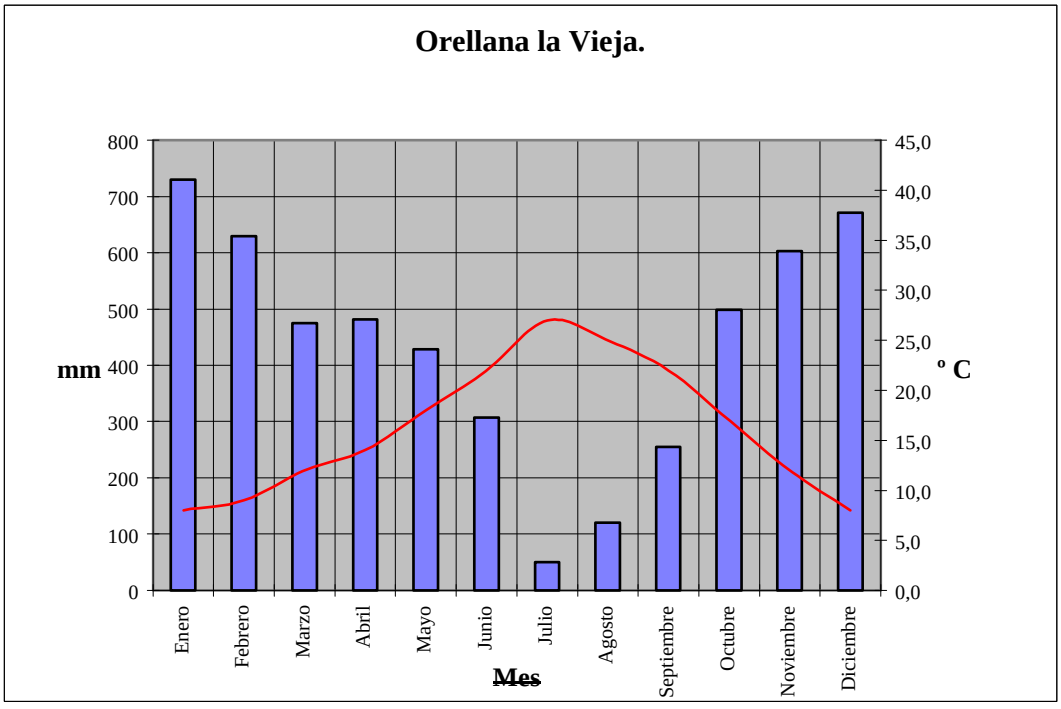


Gráfico 2

PRECIPITACIONES. ACEDERA **Período 1.960-1.990**

Mes		Precipitación Total mm	Precipitación Max 1 día mm	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Días precip >30mm
Enero	***Máxima***	199	68	2	1	0	0	0	0	1	2
Enero	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enero	***Media***	62	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Máxima***	228	44	1	1	1	0	0	0	1	1
Febrero	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	64	17	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Máxima***	151	50	1	2	2	0	0	0	1	2
Marzo	***Mínima***	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	54	18	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	***Máxima***	198	68	2	3	4	0	0	0	2	2
Abril	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	50	17	0	0	1	0	0	0	0	0
Mayo	***Máxima***	118	42	0	2	4	0	0	0	0	1
Mayo	***Mínima***	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	39	16	0	0	1	0	0	0	0	0
Junio	***Máxima***	134	48	0	1	8	0	0	0	0	1
Junio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	24	14	0	0	1	0	0	0	0	0
Julio	***Máxima***	23	21	0	1	3	0	0	0	0	0
Julio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Máxima***	60	40	0	1	3	0	0	0	0	1
Agosto	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Máxima***	99	53	0	1	4	0	0	0	0	2
Septiembre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	28	15	0	0	1	0	0	0	0	0
Octubre	***Máxima***	182	58	0	0	4	0	0	0	0	1
Octubre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	54	19	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	207	56	0	1	3	0	0	0	0	2
Noviembre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	65	23	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	223	52	1	1	3	0	0	0	0	3
Diciembre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	73	22	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 1

PRECIPITACIONES. VALDETORRES Período 1.960-1.990

Mes		Precipitación Total mm	Precipitación Max 1 día	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Días precip >30mm
Enero	***Máxima***	189	65	22	2	1	1	15	2	16	1	2
Enero	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Media	55	17	6	0	0	0	2	0	1	0	0
Febrero	***Máxima***	161	36	21	1	1	1	11	0	15	0	1
Febrero	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	53	15	6	0	0	0	1	0	1	0	0.1
Marzo	***Máxima***	161	46	12	1	2	2	2	1	3	0	2
Marzo	***Mínima***	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	46	14	5	0	0	0	0	0	0	0	0.1
Abril	***Máxima***	167	77	17	0	2	5	2	0	4	0	1
Abril	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	47	17	5	0	0	1	0	0	0	0	0.1
Mayo	***Máxima***	101	55	15	0	2	9	1	0	1	0	1
Mayo	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	35	15	5	0	0	2	0	0	0	0	0.1
Junio	***Máxima***	84	52	14	0	1	10	0	0	0	0	1
Junio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	22	12	2	0	0	2	0	0	0	0	0.1
Julio	***Máxima***	30	30	4	0	1	5	0	0	0	0	1
Julio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	5	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Agosto	***Máxima***	61	61	8	0	1	8	0	0	0	0	1
Agosto	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	9	7	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Septiembre	***Máxima***	78	34	10	0	1	4	1	4	0	0	1
Septiembre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	23	13	3	0	0	1	0	0	0	0	0
Octubre	***Máxima***	187	41	16	0	2	5	6	1	0	0	1
Octubre	***Mínima***	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	53	18	5	0	0	1	0	0	0	0	0.1
Noviembre	***Máxima***	184	63	16	0	0	2	11	0	1	0	2
Noviembre	***Mínima***	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	62	22	6	0	0	0	1	0	0	0	0.4
Diciembre	***Máxima***	197	54	19	0	1	1	17	0	4	0	2
Diciembre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	62	19	5	0	0	0	2	0	0	0	0

Tabla 2

PRECIPITACIONES. ESTACIÓN DE TRUJILLANOS Período 1.960-1.990

Mes		Precipitación Total mm	Precipitación Max 1 día mm	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Meteoro diferente	Días Precip inapreciable	Días precip >30mm
Enero	***Máxima***	254	48	24	2	1	1	17	0	23	0	15	5	2
Enero	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enero	***Media***	68	20	6	0	0	0	1	0	1	0	2	1	0
Febrero	***Máxima***	185	41	20	1	1	1	14	0	26	0	18	4	3
Febrero	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	66	19	6	0	0	0	1	0	2	0	2	1	0
Marzo	***Máxima***	181	51	16	1	2	2	2	0	1	0	16	5	1
Marzo	***Mínima***	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	55	17	5	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
Abril	***Máxima***	144	58	16	0	1	2	1	0	1	0	15	4	1
Abril	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	53	18	5	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
Mayo	***Máxima***	115	53	16	1	3	7	4	0	2	0	10	5	1
Mayo	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	41	17	4	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
Junio	***Máxima***	101	58	14	0	0	6	2	0	0	0	6	5	1
Junio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	29	15	3	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
Julio	***Máxima***	65	46	4	0	1	4	0	0	0	0	4	3	1
Julio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Máxima***	51	51	4	0	0	4	0	0	0	0	4	2	1
Agosto	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	8	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Máxima***	83	51	7	0	1	2	2	0	0	0	7	3	1
Septiembre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	28	16	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Octubre	***Máxima***	172	41	17	0	1	6	5	1	0	0	18	6	2
Octubre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	55	19	5	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
Noviembre	***Máxima***	211	55	16	0	0	1	12	0	15	0	16	5	1
Noviembre	***Mínima***	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	70	23	6	0	0	0	1	0	1	0	2	1	0
Diciembre	***Máxima***	295	53	18	1	1	1	11	0	15	0	18	5	3
Diciembre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	78	22	6	0	0	0	1	0	1	0	2	1	0

Tabla 3

PRECIPITACIONES. ORELLANA LA VIEJA Período 1.960-1.990

Mes		Precipitación Total mm	Precipitación Max 1 día mm	Días lluvia	Días nieve	Días granizo	Días tormenta	Días niebla	Días rocío	Días escarcha	Nieve cubriendo	Días precip >30mm
Enero	***Máxima***	201	59	18	2	0	0	2	0	0	0	2
Enero	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enero	***Media***	73	19	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Máxima***	138	36	17	0	0	0	0	0	0	0	1
Febrero	***Mínima***	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	63	16	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Máxima***	139	40	9	1	0	0	0	0	0	0	1
Marzo	***Mínima***	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	48	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	***Máxima***	152	31	14	0	1	2	0	0	0	0	1
Abril	***Mínima***	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	48	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Máxima***	136	27	5	1	0	3	0	0	0	0	0
Mayo	***Mínima***	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	***Media***	43	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Máxima***	119	50	3	0	0	5	0	0	0	0	1
Junio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	***Media***	31	15	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Julio	***Máxima***	17	11	4	0	1	4	0	0	0	0	0
Julio	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	***Media***	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Máxima***	53	53	3	0	1	2	0	0	0	0	1
Agosto	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	***Media***	12	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Máxima***	85	33	6	0	1	1	0	0	0	0	1
Septiembre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	***Media***	26	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Máxima***	225	56	14	0	0	0	0	0	0	0	2
Octubre	***Mínima***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	50	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Máxima***	172	40	5	0	0	1	1	0	0	0	2
Noviembre	***Mínima***	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	60	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	181	38	15	0	0	0	2	0	0	0	1
Diciembre	***Mínima***	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	67	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 4

TEMPERATURAS. ACEDERA **Período 1.960-1.990**

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media mes	Días temp. min < -5º C	Días temp. min < 0º C	Días temp. min >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Máxima***	20	3	14	7	10	0	12	0	0	0
Enero	***Mínima***	16	-4	12	1	7	0	0	0	0	0
Enero	***Media***	18	-1	13	4	8	0	6	0	0	0
Febrero	***Máxima***	24	4	17	8	12	0	9	0	0	0
Febrero	***Mínima***	18	-3	13	3	8	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	20	0	15	5	10	0	3	0	0	0
Marzo	***Máxima***	30	5	22	10	16	0	3	0	9	1
Marzo	***Mínima***	21	-1	15	5	10	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	26	3	19	7	13	0	0	0	3	0
Abril	***Máxima***	32	6	24	12	17	1	2	0	15	6
Abril	***Mínima***	24	0	16	5	11	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	28	4	20	8	14	0	0	0	6	1
Mayo	***Máxima***	36	10	29	14	22	0	0	1	26	19
Mayo	***Mínima***	26	4	20	9	15	0	0	0	1	0
Mayo	***Media***	33	7	26	12	19	0	0	0	18	8
Junio	***Máxima***	41	12	34	17	25	0	0	6	30	27
Junio	***Mínima***	35	7	26	13	20	0	0	0	17	8
Junio	***Media***	39	10	31	15	23	0	0	3	26	20
Julio	***Máxima***	44	16	38	21	30	0	0	19	31	31
Julio	***Mínima***	38	11	33	16	25	0	0	0	29	22
Julio	***Media***	42	13	36	19	27	0	0	11	31	29
Agosto	***Máxima***	43	16	37	20	29	1	1	19	31	31
Agosto	***Mínima***	38	8	33	15	24	0	0	0	30	27
Agosto	***Media***	42	13	35	18	27	0	0	9	31	29
Septiembre	***Máxima***	43	16	35	19	27	1	1	11	31	29
Septiembre	***Mínima***	35	8	27	13	20	0	0	0	22	5
Septiembre	***Media***	39	12	32	17	24	0	0	5	28	20
Octubre	***Máxima***	33	10	28	15	21	1	1	1	26	12
Octubre	***Mínima***	24	5	19	10	15	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	30	8	23	12	18	0	0	0	13	4
Noviembre	***Máxima***	30	6	20	12	15	1	4	0	2	1
Noviembre	***Mínima***	20	0	16	6	12	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	24	3	18	8	13	0	1	0	0	0
Diciembre	***Máxima***	23	3	15	10	12	0	13	0	0	0
Diciembre	***Mínima***	16	-3	12	3	8	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	19	0	14	6	10	0	3	0	0	0

Tabla 5

TEMPERATURAS. VALDETORRES **Período 1.960-1.990**

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media mes	Días temp. min < -5º C	Días temp. min < 0º C	Días temp. min >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	*Máxima*	24	4	16	8	12	0	26	0	0	0
Enero	*Mínima*	14	-4	7	-1	4	0	0	0	0	0
Enero	*Media*	18	-2	13	3	8	0	8	0	0	0
Febrero	*Máxima*	29	4	19	8	13	0	16	0	4	0
Febrero	*Mínima*	16	-4	11	0	6	0	0	0	0	0
Febrero	*Media*	21	0	15	5	10	0	3	0	0	0
Marzo	*Máxima*	30	6	24	11	16	1	4	0	13	4
Marzo	*Mínima*	21	-5	14	4	9	0	0	0	0	0
Marzo	*Media*	26	2	19	7	13	0	1	0	3	0
Abril	*Máxima*	34	10	25	13	19	0	1	1	16	8
Abril	*Mínima*	23	-1	18	6	12	0	0	0	0	0
Abril	*Media*	29	4	21	9	15	0	0	0	8	2
Mayo	*Máxima*	39	11	33	16	24	0	0	7	29	23
Mayo	*Mínima*	27	3	21	9	16	0	0	0	6	0
Mayo	*Media*	34	7	26	12	19	0	0	1	19	9
Junio	*Máxima*	46	14	36	18	27	0	0	15	30	29
Junio	*Mínima*	34	7	25	13	19	0	0	0	16	5
Junio	*Media*	39	10	31	16	24	0	0	5	27	21
Julio	*Máxima*	44	17	39	23	31	0	0	25	31	31
Julio	*Mínima*	38	8	32	15	24	0	0	1	30	23
Julio	*Media*	41	14	36	19	27	0	0	14	31	29
Agosto	*Máxima*	45	17	37	21	29	0	0	26	31	31
Agosto	*Mínima*	38	10	32	15	23	0	0	2	30	19
Agosto	*Media*	41	14	35	19	27	0	0	13	31	29
Septiembre	*Máxima*	44	17	35	20	28	0	0	20	30	29
Septiembre	*Mínima*	32	7	26	13	19	0	0	0	17	3
Septiembre	*Media*	38	11	31	17	24	0	0	6	27	20
Octubre	*Máxima*	39	12	29	15	22	0	0	2	28	18
Octubre	*Mínima*	23	1	19	7	14	0	0	0	0	0
Octubre	*Media*	32	7	24	12	18	0	0	0	14	5
Noviembre	*Máxima*	31	6	23	12	16	0	9	0	8	1
Noviembre	*Mínima*	18	-3	14	3	8	0	0	0	0	0
Noviembre	*Media*	24	2	17	7	12	0	1	0	1	0
Diciembre	*Máxima*	23	3	15	8	11	2	19	0	0	0
Diciembre	*Mínima*	15	-8	9	0	6	0	0	0	0	0
Diciembre	*Media*	18	-1	13	4	8	0	5	0	0	0

Tabla 6

TEMPERATURAS. TRUJILLANOS **Período 1.960-1.990**

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media mes	Días temp. min < -5º C	Días temp. min < 0º C	Días temp. min >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Máxima***	20	1	16	4	8	0	24	0	0	0
Enero	***Mínima***	15	-5	11	0	7	0	0	0	0	0
Enero	***Media***	17	-3	13	2	7	0	11	0	0	0
Febrero	***Máxima***	24	3	18	7	11	0	7	0	0	0
Febrero	***Mínima***	16	-4	12	2	8	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	20	-1	15	4	9	0	5	0	0	0
Marzo	***Máxima***	29	3	23	8	15	2	4	0	9	0
Marzo	***Mínima***	22	-7	17	5	12	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	26	0	20	6	13	0	1	0	4	0
Abril	***Máxima***	32	4	24	10	16	0	2	0	17	3
Abril	***Mínima***	23	-2	16	4	10	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	28	2	20	7	13	0	0	0	5	1
Mayo	***Máxima***	35	10	27	14	20	0	0	1	23	13
Mayo	***Mínima***	29	3	22	10	16	0	0	0	7	0
Mayo	***Media***	32	6	25	11	18	0	0	0	17	6
Junio	***Máxima***	40	13	33	18	25	0	0	12	30	25
Junio	***Mínima***	34	7	26	13	19	0	0	0	15	6
Junio	***Media***	37	10	30	15	23	0	0	3	25	17
Julio	***Máxima***	46	14	39	22	29	0	0	23	31	31
Julio	***Mínima***	38	11	33	17	25	0	0	9	27	22
Julio	***Media***	41	13	36	19	28	0	0	14	31	29
Agosto	***Máxima***	45	18	39	22	30	0	0	23	31	31
Agosto	***Mínima***	38	11	32	15	25	0	0	2	31	26
Agosto	***Media***	42	13	36	18	27	0	0	10	31	29
Septiembre	***Máxima***	43	15	34	19	26	0	0	14	30	23
Septiembre	***Mínima***	36	7	26	12	20	0	0	0	19	4
Septiembre	***Media***	39	10	31	15	23	0	0	4	27	18
Octubre	***Máxima***	34	9	26	14	18	0	0	0	19	8
Octubre	***Mínima***	26	4	19	9	14	0	0	0	1	0
Octubre	***Media***	30	6	22	11	17	0	0	0	10	3
Noviembre	***Máxima***	27	5	20	9	14	0	3	0	3	0
Noviembre	***Mínima***	20	-2	15	6	11	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	24	1	18	7	12	0	1	0	1	0
Diciembre	***Máxima***	22	2	16	8	11	0	22	0	0	0
Diciembre	***Mínima***	16	-4	12	-1	7	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	19	-1	14	4	9	0	6	0	0	0

Tabla 7

TEMPERATURAS. ORELLANA LA VIEJA Período 1.960-1.990

Mes		Máxima	Mínima	Media Máximas	Media Mínimas	Media mes	Días temp. min < -5º C	Días temp. min < 0º C	Días temp. min >20º C	Días temp. Max >25º C	Días temp. Max >30º C
Enero	***Máxima***	30	3	26	7	16	2	25	0	24	4
Enero	***Mínima***	13	-7	9	-1	5	0	0	0	0	0
Enero	***Media***	17	-2	12	4	8	0	7	0	1	0
Febrero	***Máxima***	30	5	23	10	15	2	17	0	10	1
Febrero	***Mínima***	15	-5	12	-1	6	0	0	0	0	0
Febrero	***Media***	19	-1	14	4	9	0	5	0	1	0
Marzo	***Máxima***	34	6	28	11	20	0	16	0	23	17
Marzo	***Mínima***	19	-4	13	1	8	0	0	0	0	0
Marzo	***Media***	23	1	17	6	12	0	3	0	3	1
Abril	***Máxima***	34	8	28	14	21	0	5	0	24	12
Abril	***Mínima***	22	-4	16	4	11	0	0	0	0	0
Abril	***Media***	27	3	20	8	14	0	1	0	6	1
Mayo	***Máxima***	39	8	30	16	23	0	0	3	27	19
Mayo	***Mínima***	26	2	20	7	15	0	0	0	3	0
Mayo	***Media***	32	5	25	11	18	0	0	0	14	6
Junio	***Máxima***	42	14	35	18	26	0	0	11	30	29
Junio	***Mínima***	30	5	25	11	18	0	0	0	14	2
Junio	***Media***	36	10	30	15	22	0	0	3	26	16
Julio	***Máxima***	43	16	38	21	29	0	0	28	31	31
Julio	***Mínima***	36	9	32	16	24	0	0	3	31	23
Julio	***Media***	39	14	34	19	27	0	0	15	31	28
Agosto	***Máxima***	44	16	37	21	28	0	0	24	31	31
Agosto	***Mínima***	35	6	29	15	22	0	0	2	27	14
Agosto	***Media***	39	12	33	18	25	0	0	9	30	25
Septiembre	***Máxima***	40	16	35	20	28	0	0	22	30	29
Septiembre	***Mínima***	28	5	24	12	19	0	0	0	12	0
Septiembre	***Media***	34	10	29	15	22	0	0	6	24	13
Octubre	***Máxima***	38	10	31	14	21	0	2	1	27	23
Octubre	***Mínima***	24	0	18	6	13	0	0	0	0	0
Octubre	***Media***	29	6	22	11	17	0	0	0	8	2
Noviembre	***Máxima***	33	8	26	12	18	0	14	0	18	11
Noviembre	***Mínima***	18	-3	13	1	7	0	0	0	0	0
Noviembre	***Media***	22	2	17	7	12	0	2	0	1	1
Diciembre	***Máxima***	28	2	21	9	13	2	22	0	9	0
Diciembre	***Mínima***	14	-9	9	-1	5	0	0	0	0	0
Diciembre	***Media***	18	-2	13	4	8	0	7	0	1	0

Tabla 8

2.2. TOPOGRAFÍA

El Tramo San Pedro de Mérida-Valdivia está situado íntegramente en la Comunidad autónoma de Extremadura, afectando principalmente a la provincia de Badajoz (comarcas de las vegas Altas del Guadiana y la Serena) y, en menor medida, a la provincia de Cáceres.

Geográficamente la Zona de estudio se ubica al Sur de la Sierra de Montánchez, en el curso medio del río Guadiana, aguas abajo del embalse de Orellana. Esta área queda inmediatamente al Este de la localidad de Mérida.

Las dos poblaciones más importantes, Don Benito y Villanueva de la Serena, están localizadas al Sur del área estudiada. Otras localidades importantes son: Miajadas, Santa Amalia, Medellín, San Pedro de Mérida, Hernán Cortés, Vívares, Rena, Villar de Rena, Valdivia, La Haba y La Coronada.

Las principales vías de comunicación, son: en primer lugar la Autovía N-V de Madrid a Portugal por Badajoz, la N-430 de Badajoz a Valencia por Almansa, la C-520 de Cáceres a Villanueva de la Serena, la C-426 de Don Benito a Miajadas, la C-420 de Villanueva de la Serena a Andújar y la C-423 de Don Benito a Olivenza por Almendralejo.

Desde el punto de vista topográfico el paisaje está dominado por el contraste entre las llanuras aluviales muy antropizadas de los ríos Guadiana, Zújar, Búrdalo, Ruecas y Gargáligas, y las zonas que flanquean estas llanuras aluviales: al Noroeste, un relieve moderadamente accidentado provocado por la presencia de materiales paleozoicos y al Sureste, un relieve suave provocado por materiales precámbricos, coronados por glacis.

Por estas características topográficas, se ha podido dividir el Tramo en zonas topográficas que a su vez tienen un claro reflejo geomorfológico: Zona 1, formada por las llanuras aluviales, Zona 2 formada por los relieves más abruptos y Zona 3 de formas y modelado suave, con la red fluvial encajada.

Las cotas del Tramo están comprendidas entre los 230 m en los alrededores de la desembocadura del río Búrdalo en el Guadiana y los 539 m de la Morra del Pajar.

La Zona 1 es llana, incluye las poblaciones más significativas del Tramo de estudio y es la más importante en extensión. Es característico el papel relevante que tiene el modelado fluvial. El intervalo de variación de cotas es muy reducido, puesto que las alturas se encuentran entre los 230 m y los 280 m, siendo la media de 240 m. Este área constituye las vegas Altas del Guadiana y está formada por los depósitos terciarios y los depósitos aluviales de los ríos.

Es característico en esta Zona llana la existencia de relieves residuales aislados que resaltan sobre la llanura de inundación provocados, en su mayor parte, por materiales paleozoicos, originando las Sierras del Villar (438 m), Sierra de Rena (384 m), Sierra de Suárez (402 m), Sierra de Yelves (393 m), Sierra de Batanejo (327 m), Sierra de Enfrente (363 m) y otras de menor resalte.

La Zona 2 está situada al O de este área, es un paisaje de relieves moderadamente accidentados provocados por los materiales paleozoicos, y más concretamente por la Cuarcita Armoricana, que se encuentra muy replegada y es un material resistente a la erosión. Las alturas están comprendidas entre los 280 m y los 540 m siendo la media de 400 m y disminuyen claramente de NNE a SSO. En esta Zona se encuentran las mayores cotas del Tramo, en la Morra del Pajar (539 m) y en la Sierra del Saltillo (535 m).

La Zona 3, que flanquea a las llanuras aluviales al N y S, está formada por materiales precámbricos del complejo esquisto grauváquico, es un paisaje suave y bastante llano, no tanto como las llanuras aluviales de los ríos, como característica morfológica presenta un acusado por extenso que no por profundo, grado de encajamiento de la red fluvial. Estas zonas a su vez están recubiertas por glacis pliocuaternarios.

2.3. GEOMORFOLOGÍA

El Tramo San Pedro de Mérida-Valdivia se encuentra ubicado en el eje de la cuenca alta del Guadiana, al Norte de la Comarca de la Serena y al Sur de los Relieves de Zorita y más concretamente en la comarca de las vegas Altas en la cuenca Terciaria del Guadiana occidental.

En el ámbito de la Zona de estudio se observa un contraste entre los paisajes formados por la combinación de los procesos fluviales de los principales ríos que ocupan una amplia banda central de dirección NE y los de las zonas que la bordean: el área O-ONO que tiene un paisaje moderadamente abrupto debido al control litológico de las formaciones duras (cuarcitas y areniscas) de los materiales paleozoicos que la forman y los bordes de la cuenca N y SE que forman un relieve alomado, controlado por superficies estructurales y la red fluvial que vierte la Zújar, en materiales precámbricos al SE y N y graníticos al N.

En la Zona central, llana, existen relieves residuales o inselbergs de resistencia formados por materiales Paleozoicos, duros, que quedan aislados unos de otros por medio de llanuras fluviales de los ríos. Foto 2.1.

Teniendo en cuenta lo comentado en los dos párrafos anteriores se puede dividir el área correspondiente al presente Estudio Previo de Terrenos en tres subzonas geomorfológicamente diferentes, como se observa en la Figura 2.1:

- Zona de relieve abrupto
- Zona de las Vegas altas del Guadiana
- Zona de relieve alomado

En la primera Zona geomorfológica, la más importante en extensión, dominan dos procesos: los fluviales y los antrópicos, dando ambos forma al paisaje; y son de menos importancia los procesos gravitacionales asociados a los inselbergs.

En cuanto a los procesos fluviales, son fundamentalmente deposicionales, de relleno de cuenca, de ahí su relieve tan llano.

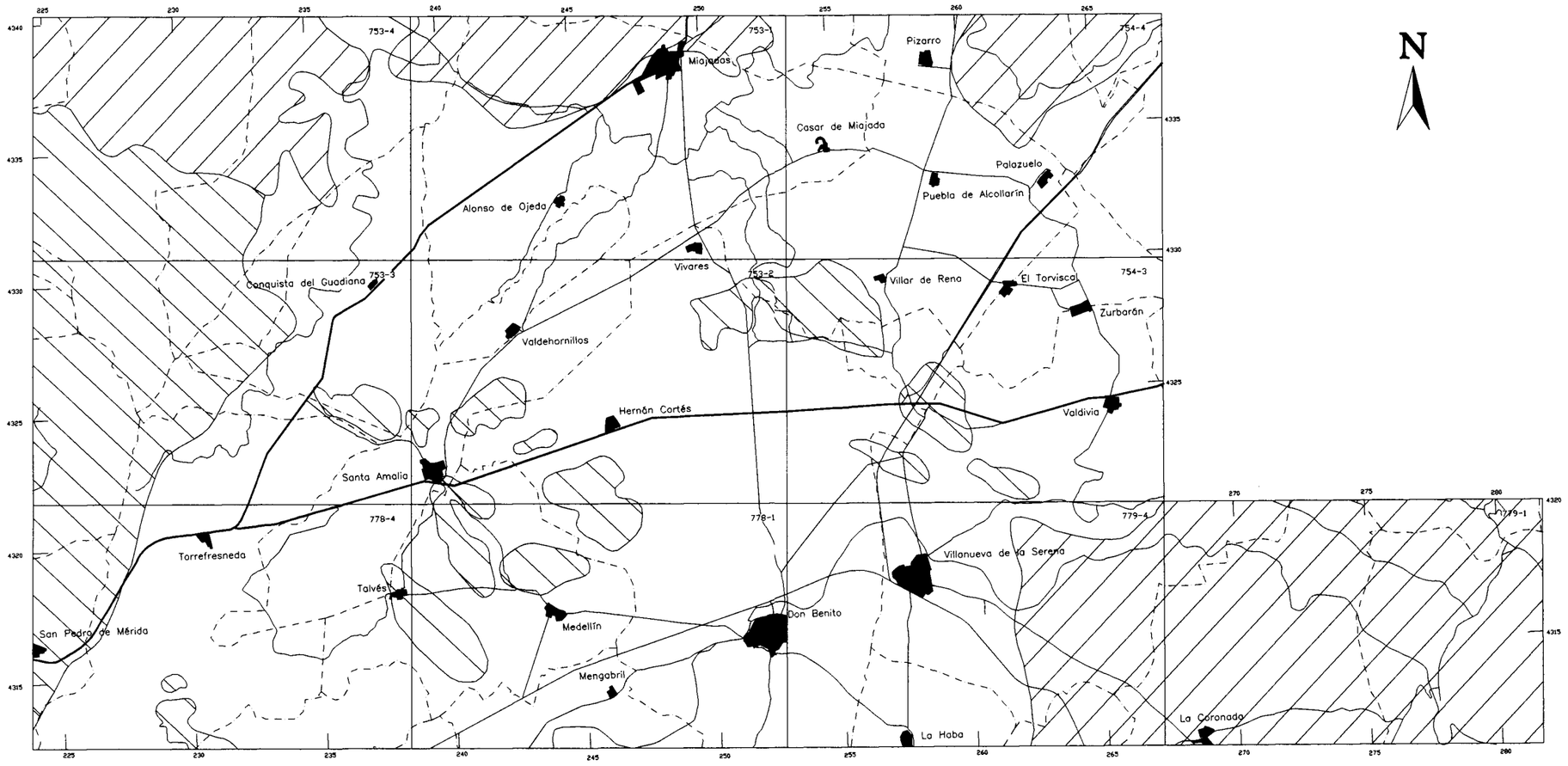


Figura 2.1. *Zonas geomorfológicas del Tramo San Pedro de Mérida-Valdivia.*



Foto 2.1. *Paisaje característico de la Zona de estudio.*

En cuanto a las formas de paisaje que generan estos procesos son numerosos:

- Extensas llanuras de inundación ligadas a los cursos de los principales ríos que discurren por la cuenca: Guadiana, Ruecas, Búrdalo, Gargaligas y Zújar. Están formadas por limos y arcillas de decantación muy fértiles para el cultivo. Esta red fluvial principal genera valles amplios en todo el centro del área de estudio, en una amplia banda de dirección NE.

- También son de gran importancia, en extensión, las morfologías de terraza con cauces encajadas de orden de unos 3 m en algunos tramos, sobre todo de los ríos Búrdalo y Guadiana.

- El cauce activo de los ríos es próximo a meandriforme, pero existe una red básicamente anastomosada de cauces abandonados de funcionamiento episódico en épocas de avenida. Los caudales activos dejan depósitos de barras longitudinales y, en los meandros, barras de acrección lateral y procesos erosivos en las orillas contrarias.

- Son de destacar las morfologías en la red Secundaria en el borde NO de la cuenca donde se observa una fuerte incisión lineal, y de arroyada tanto difusa como en regueros.

- También en el borde NO se observan abanicos aluviales, pero de escasa importancia que parten de los inselbergs de la cuenca del Guadiana.

Respecto a los procesos antrópicos en el Valle del Guadiana tienen gran importancia, puesto que han modificado en gran medida el paisaje, su morfología, hidrografía e incluso la distribución de los núcleos de población, desde la puesta en marcha del Plan Badajoz; los Canales de Orellana y Zújar, sus canales secundarios y los aterrazamientos han dado lugar a movimientos de tierras, a la canalización de arroyos y a la construcción de los embalses de agua arriba de los ríos Guadiana y Zújar.

La Zona montañosa del Oeste está caracterizada por un relieve abrupto, condicionado por la distinta competencia de los materiales rocosos que la constituyen, en su mayor parte Paleozoicos.

Como consecuencia de los procesos gravitacionales que han funcionado en esta Zona y que se reactivan en épocas de lluvia se ha dado lugar a un relieve caracterizado por crestas y escarpes estructurales; así como por el gran desarrollo de coluviones con depósitos heterométricos que orlan los relieves cuarcíticos (Sierra del Saltillo, el Cerro del Acebuche y la Mora del Pajar).

2.4. ESTRATIGRAFÍA

El Tramo consta de materiales precámbricos, paleozoicos, terciarios y cuaternarios. Desde el punto de vista estratigráfico se pueden diferenciar tres áreas:

- La primera, al Oeste del Tramo, se caracteriza por la presencia de materiales Paleozoicos pertenecientes al límite entre las zonas Centroibérica y Ossa Morena definidos por Lotze Julivert et al.

- La segunda, que ocupa la parte central, forma una cuenca ocupada por materiales terciarios y cuaternarios.

- La tercera Zona, al SE, NO y N formada por materiales precámbricos.

El Precámbrico está representado por el denominado Complejo Esquisto-Grauváquico constituido por unas alternancias monótonas de pizarras, areniscas y, en menor proporción, microconglomerados y conglomerados, muy replegadas que generan relieves alomados y que en general afloran mal.

En discordancia con el Precámbrico, aunque ésta no se observa directamente en la Zona, se sitúan los materiales paleozoicos que abarcan los períodos Ordovícico, Silúrico, Devónico y Carbonífero.

El Ordovícico, muy bien representado, comienza por un tramo de carácter detrítico integrado fundamentalmente por areniscas (Tremadoc) y cuarcitas (Cuarcita Armoricana) separadas por una discordancia.

En tránsito gradual se pasa a los materiales correspondientes al Silúrico, el cual comienza de muro a techo, con más pizarras grises seguidas de cuarcitas blancas masivas dispuestas en bancos de hasta 1 m de potencia. Sobre ellos se apoyan, en ocasiones, unas pizarras negras con intercalaciones de areniscas y cuarcitas. A techo, en malas condiciones de afloramiento, se encuentran unas calizas metamorfizadas y recristalizadas, como se puede observar en las inmediaciones de Torre Cano.

El Devónico inferior de la Zona de Ossa Morena queda incluida en el Tramo. Esta unidad, en tránsito gradual con la anterior, está formada por pizarras grises arenosas y cuarcitas y areniscas cuarcíticas en niveles centimétricos a métricos. A techo tienen una banda de pizarras grises limitadas por contactos mecánicos.

Los materiales correspondientes al Carbonífero son unos conglomerados cuarcíticos de matriz arenosa que hacia techo van pasando a areniscas, en ocasiones, con bases erosivas y finalmente a pizarras. Los conglomerados se apoyan, discordantemente, sobre materiales Ordovícicos, y están en contacto mecánico con el Devónico.

Como se ha comentado anteriormente, en el ámbito del Tramo se observa el límite entre la Zona Centroibérica y la Zona de Ossa Morena. A pesar de ello, los materiales son de litologías similares por lo que se pueden correlacionar bastante bien.

En clara discordancia con todas las litologías descritas hasta ahora, se encuentran los materiales Terciarios de la cuenca media del Guadiana pertenecientes, en su totalidad, al Neógeno, y apoyados sobre materiales de edades Precámbricas-Paleozoicas; litológicamente se trata de gravas y arcosas que pasan lateralmente a arcosas, limos y arcillas de NE a SO. Localmente se observan zonas de calcretas edáficas que originan formas de depósitos de canales, barras y cuerpos tabulares de gran continuidad lateral.

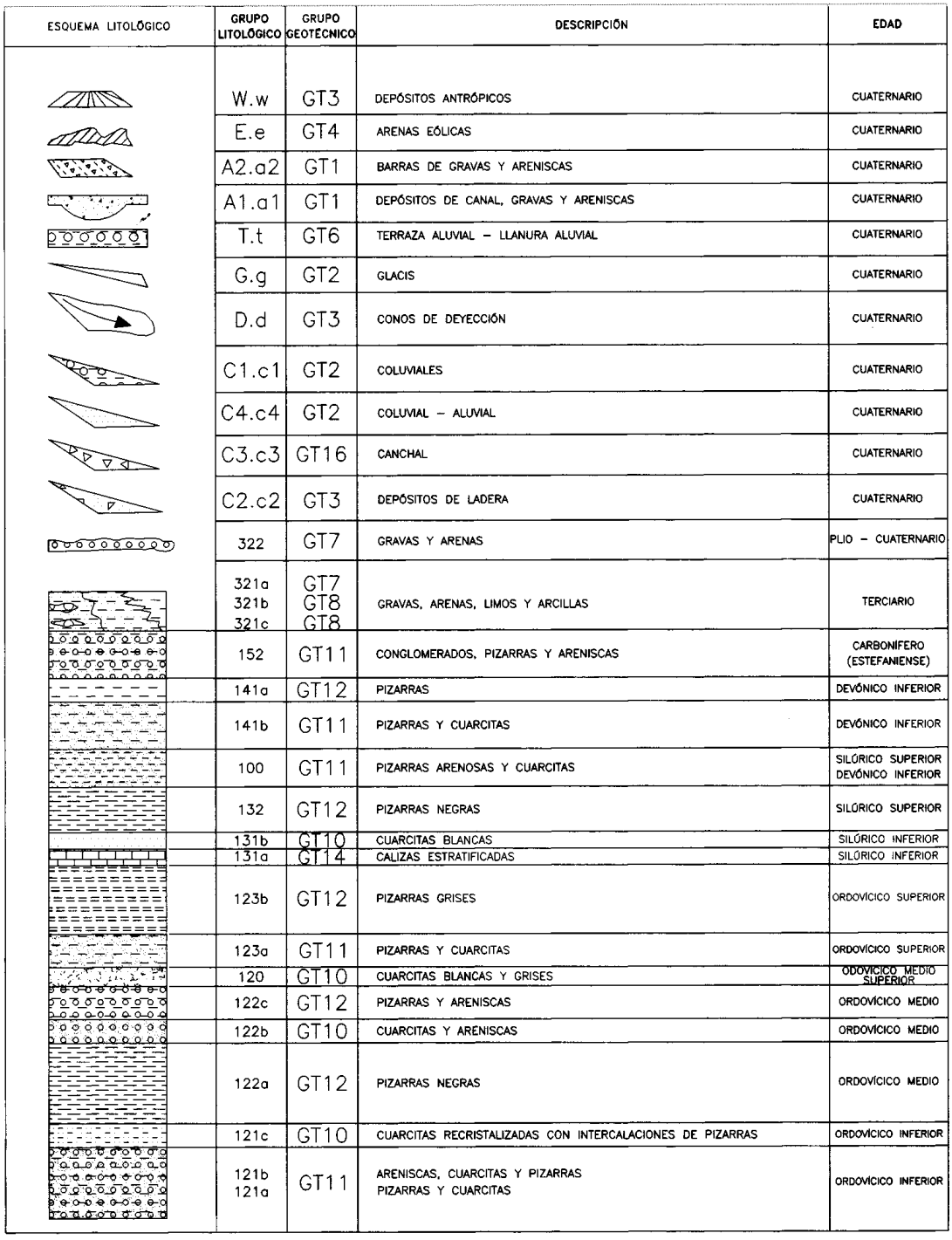
Los sedimentos terciarios de la cuenca del Guadiana son claramente continentales y rellenan la misma por medio de un dispositivo de abanicos aluviales y ríos braided durante el primer ciclo y ríos braided que constituyen el segundo.

Se observan dos ciclos de relleno de cuenca: el primero ocurrido durante el Mioceno y el segundo durante el Pleistoceno.

Se observa una importante red de cauces asociados a estos ríos, tanto permanentes como funcionales en épocas de crecida. Otros tipos de depósitos son los originados por gravedad en los alrededores de las formaciones paleozoicas que constituyen depósitos

de ladera y coluviones. También están representados los depósitos mixtos coluviales-aluviales.

En la Figura 2.2. se observa una columna litológico-estratigráfica general y esquemática del Tramo.



ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	W.w	GT3	DEPÓSITOS ANTRÓPICOS	CUATERNARIO
	E.e	GT4	ARENAS EÓLICAS	CUATERNARIO
	A2.a2	GT1	BARRAS DE GRAVAS Y ARENISCAS	CUATERNARIO
	A1.a1	GT1	DEPÓSITOS DE CANAL, GRAVAS Y ARENISCAS	CUATERNARIO
	T.t	GT6	TERRAZA ALUVIAL – LLANURA ALUVIAL	CUATERNARIO
	G.g	GT2	GLACIS	CUATERNARIO
	D.d	GT3	CONOS DE DEYECCIÓN	CUATERNARIO
	C1.c1	GT2	COLUVIALES	CUATERNARIO
	C4.c4	GT2	COLUVIAL – ALUVIAL	CUATERNARIO
	C3.c3	GT16	CANCHAL	CUATERNARIO
	C2.c2	GT3	DEPÓSITOS DE LADERA	CUATERNARIO
	322	GT7	GRAVAS Y ARENAS	PLIO – CUATERNARIO
	321a 321b 321c	GT7 GT8 GT8	GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	TERCIARIO
	152	GT11	CONGLOMERADOS, PIZARRAS Y ARENISCAS	CARBONÍFERO (ESTEFANIENSE)
	141a	GT12	PIZARRAS	DEVÓNICO INFERIOR
	141b	GT11	PIZARRAS Y CUARCITAS	DEVÓNICO INFERIOR
	100	GT11	PIZARRAS ARENOSAS Y CUARCITAS	SILÚRICO SUPERIOR DEVÓNICO INFERIOR
	132	GT12	PIZARRAS NEGRAS	SILÚRICO SUPERIOR
	131b	GT10	CUARCITAS BLANCAS	SILÚRICO INFERIOR
	131a	GT14	CALIZAS ESTRATIFICADAS	SILÚRICO INFERIOR
	123b	GT12	PIZARRAS GRISES	ORDOVÍCICO SUPERIOR
	123a	GT11	PIZARRAS Y CUARCITAS	ORDOVÍCICO SUPERIOR
	120	GT10	CUARCITAS BLANCAS Y GRISES	ORDOVÍCICO MEDIO SUPERIOR
	122c	GT12	PIZARRAS Y ARENISCAS	ORDOVÍCICO MEDIO
	122b	GT10	CUARCITAS Y ARENISCAS	ORDOVÍCICO MEDIO
	122a	GT12	PIZARRAS NEGRAS	ORDOVÍCICO MEDIO
	121c	GT10	CUARCITAS RECRISTALIZADAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
	121b 121a	GT11	ARENISCAS, CUARCITAS Y PIZARRAS PIZARRAS Y CUARCITAS	ORDOVÍCICO INFERIOR

Figura 2.2. *Columna Litológico-estratigráfica general del Tramo (parte 1).*

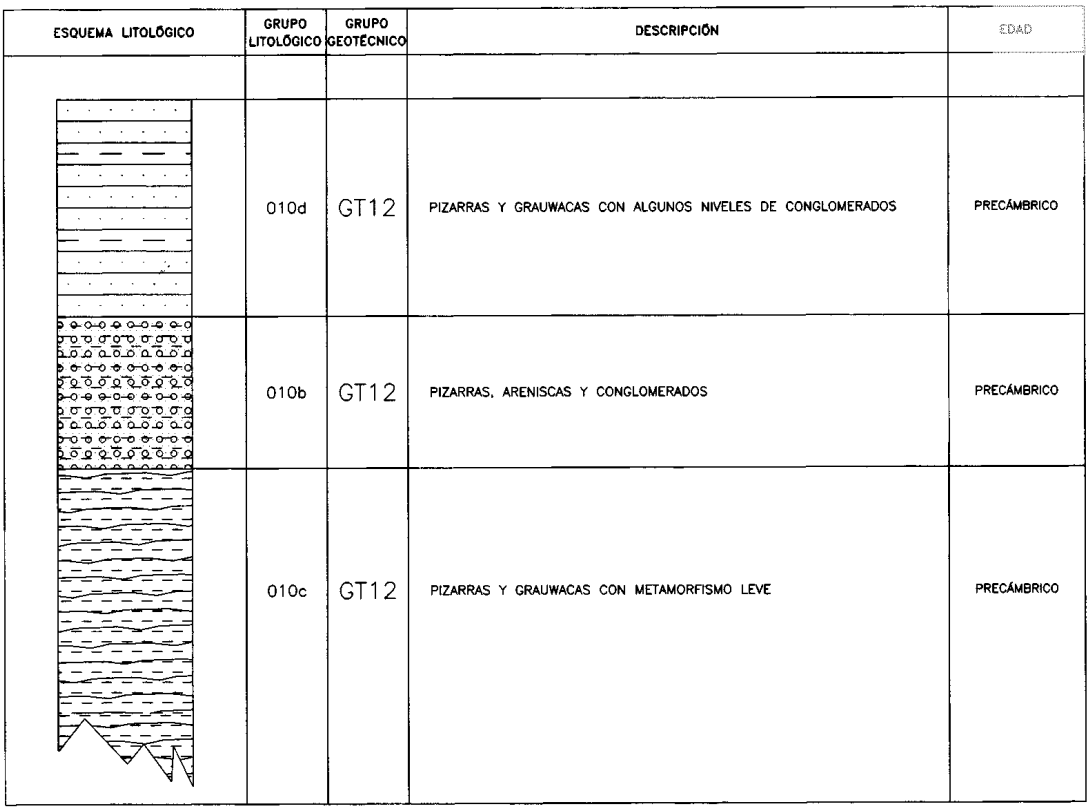


Figura 2.2. *Columna Litológico-estratigráfica general del Tramo (parte 2).*

2.5. TECTÓNICA

El Tramo de estudio se encuentra ubicado en el borde meridional de la Zona Centro-Ibérica y en el límite septentrional de la Zona de Ossa Morena, al NO del batolito de los Pedroches.

Aunque regionalmente hay evidencias de orogenias anteriores a la Hercínica (p.ej: La Sárdica, patente por la discordancia entre el Paleozoico y el Precámbrico, no visible en la Zona, y otra intraprecámbrica deducida de una discordancia interna regional en los sedimentos precámbricos que tampoco se observa en el Tramo en el ámbito del Estudio), es la Orogenia Hercínica la que origina las principales estructuras en el Tramo.

La Orogenia Hercínica actúa en un contexto de metamorfismo regional de grado bajo.

Los efectos de esta Orogenia son especialmente visibles en la Zona 1, donde el contraste de competencias entre litologías permite visualizar estructuras a escala cartográfica. En este área, se pueden distinguir: una primera fase hercínica que genera pliegues de ejes subhorizontales y planos axiales subverticales. Estas estructuras tienen direcciones aproximadas entre N120E y N160E, son vergentes hacia el NE y tienen buzamientos subverticales hacia el SO. También se forman fallas compresivas de direcciones subparalelas a las estructuras descritas. Los plutones graníticos existentes en el plano se emplazan posteriormente a la formación de estas estructuras.

La segunda fase hercínica en esta Zona se observa en la falla de dirección N130E que separa los materiales carboníferos de la Zona en los sectores. En el sector norte se observa que las estructuras de la primera fase quedan claramente giradas por una segunda fase de deformación relacionada con una zona de cizalla dextrosa. Se originan pliegues de plano axial vertical y eje vertical, con direcciones de N50E a N70E, también visibles en algunos inselbergs que afloran en la cuenca del Guadiana. Existe una fracturación compresiva asociada a estas estructuras. Finalmente un sistema de fracturas con direcciones similares a las estructuras afecta levemente a las estructuras probablemente tardihercínicas, existentes.

En los materiales Precámbricos, la primera fase origina pliegues de direcciones similares a las originadas en los materiales paleozoicos. En la parte Oeste de la Zona de Estudio se observa una falla de dirección aproximada NNE-SSO y de buzamiento subvertical al SE, sobre la cual se extiende la cuenca del Guadiana; esta falla alpina, formada en una fase distensiva de la orogenia, constituye un borde tectónico de esta cuenca que afecta a las estructuras hercínicas e incluso a algunos materiales del Mioceno. A su vez, este accidente se ve afectado por unas fallas ONO-ESE.

Durante esta época la cuenca sufre un suave basculamiento hacia el NO encauzado por el accidente antes mencionado, quedando el borde SE inactivo generándose un semigraben que se rellenó paulatinamente con los materiales terciarios.

2.6. SISMICIDAD

Todo lo que se expone en este apartado está referido a la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-94 de reciente vigencia (desde el 9 de Febrero de 1997) que sustituye a la PDS (1974) que se venía aplicando hasta el momento de su entrada en vigor. Según dicha Norma, la construcción de una infraestructura lineal se considera una obra de especial importancia a efectos de su aplicación, según su epígrafe 1.2.2. Esto quiere decir, que para el cálculo del coeficiente de riesgo (*p*) de la fórmula:

$$a_c = a_b \cdot p$$

donde

a_c = Aceleración de cálculo
a_b = Aceleración básica
p = Coeficiente de riesgo que se obtiene mediante la fórmula

$$P = (t/50)^{0.37}$$

t, que es el período de vida de la construcción, va a ser igual o mayor a 100 años en este caso, de obra de especial importancia.

Según el epígrafe 1.2.3. de la NCSE-94 no es obligatoria la aplicación de esta Norma si la aceleración sísmica de cálculo, **a_c**, es inferior a 0.06 g, donde g es el valor de la gravedad.

Para saber la a_c simplemente tenemos que aplicar la fórmula mencionada anteriormente, puesto que a_b la obtenemos del Mapa de Riesgo Sísmico de la Figura 2.3. siendo a_b<0.04 g, obteniéndose una a_c claramente fuera del rango de obligatoriedad para el cumplimiento de esta Norma, teniéndose que cumplir únicamente las Prescripciones de índole general que son:

- Clasificación de las construcciones
- Mapa de peligrosidad y obtención de la aceleración sísmica básica
- Aceleración sísmica de cálculo

APARTADO DEROGADO

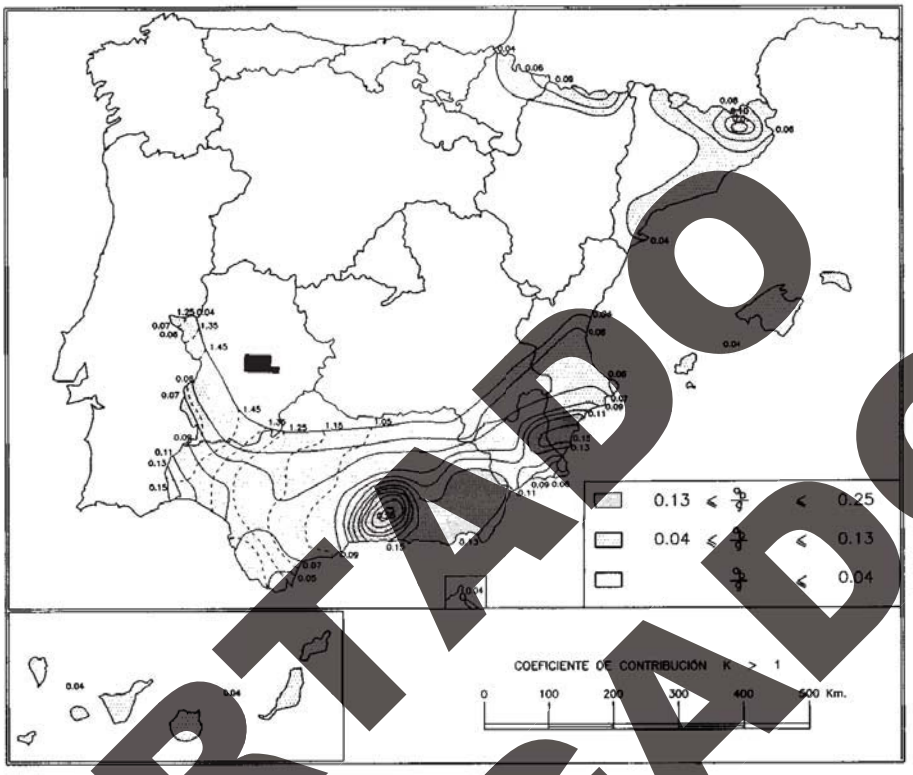


Figura 2.3. *Situación del Tramo San Pedro de Mérida-Valdivia en el Mapa de Peligrosidad sísmica.*

APARTADO DEROGADO

3. ESTUDIO DE ZONAS

3.1. DIVISIÓN DEL TRAMO EN ZONAS DE ESTUDIO

Se ha dividido el estudio en zonas para estructurar y facilitar la descripción y examen de las características de los grupos litológicos que se han discriminado.

En la Figura 3.1 se puede observar un esquema en el que se aprecia cómo quedan distribuidas las zonas del Tramo.

Los criterios utilizados para realizar esta participación son fundamentalmente geomorfológicos, coincidiendo con la división en unidades geomorfológicas del Tramo de estudio.

Estas unidades quedarían como siguen:

- ZONA 1: Montañosa, constituida fundamentalmente por los relieves que genera la presencia de la "Cuarcita Armoricana". Los materiales sobre los que se desarrolla son paleozoicos de naturaleza cuarcítica, areniscosa, pizarrosa y granítica.

  Esta constituida por pequeñas sierras irregulares formadas por materiales cuarcíticos que, en ocasiones, forman alineaciones NO-SE bordeadas por depósitos de ladera.

- ZONA 2: Vegas Altas del Guadiana. Está formada por los rellenos Terciarios y Cuaternarios de la cuenca de dicho río. Se caracteriza por el desarrollo de los valles amplios y los depósitos aluviales asociados a los ríos Guadiana, Zújar, Gargáligas y Guadamez, fundamentalmente. El relieve es bastante llano en esta subzona. Ocupa la parte central del Tramo.

- ZONA 3: Area de relieve alomado, situada en el SE, N y NO de la Zona de estudio. Se desarrolla sobre materiales Precámbricos, consisten fundamentalmente, en pizarras y grauvacas y, en menor medida, conglomerados y granitos como el plutón que aflora al N de Miajadas. No existen grandes contrastes en el relieve. La red fluvial está moderadamente encajada. Una característica es la relativa importancia que adquieren los glacis, que recubren estos materiales.

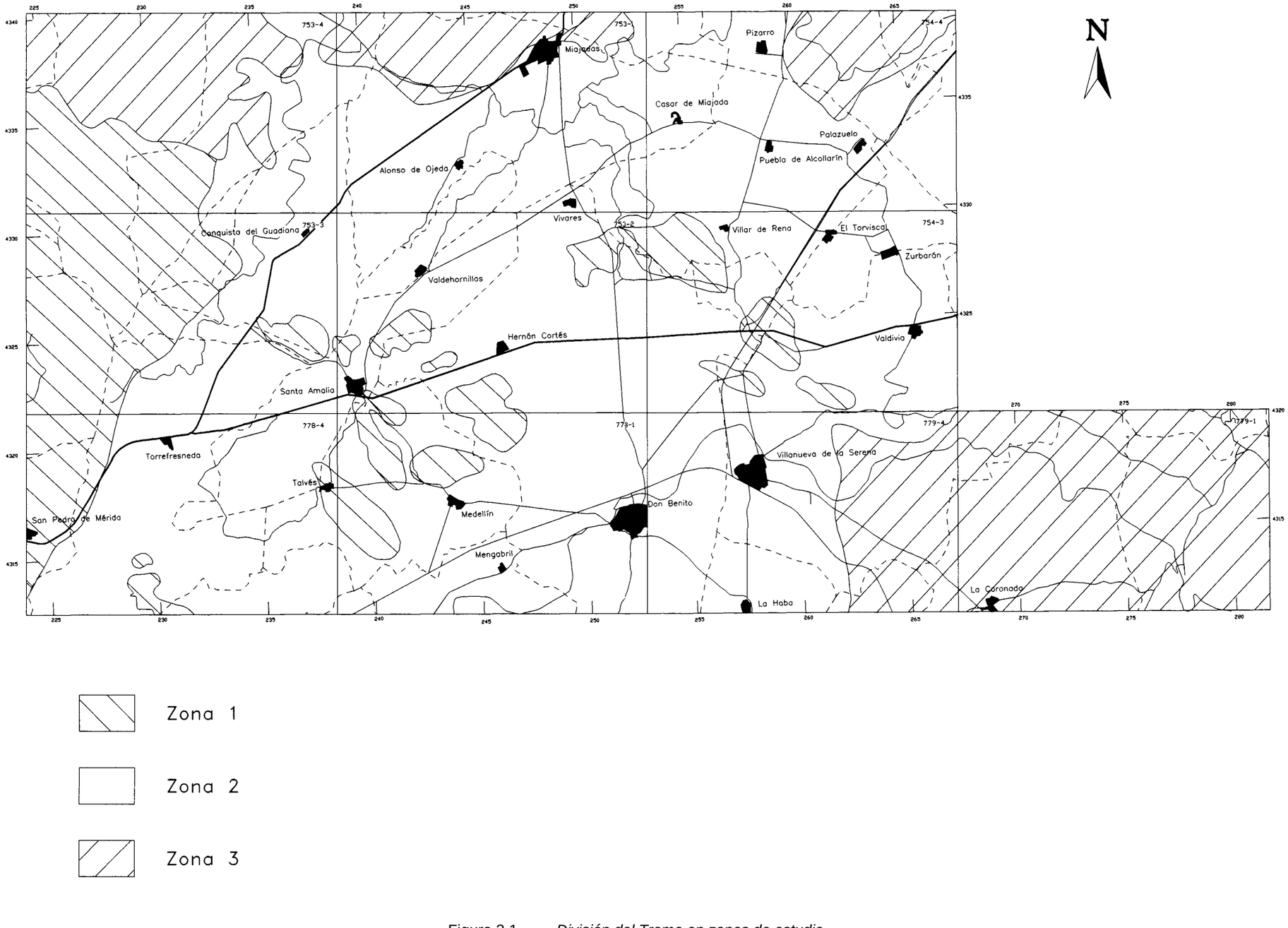


Figura 3.1. *División del Tramo en zonas de estudio.*

3.2. ZONA 1: AREA DE SIERRAS CUARCÍTICAS

3.2.1. Geomorfología

Se encuentra situada en la parte Oeste del Tramo, bordeando por este extremo la cuenca del río Guadiana.

Es una Zona relativamente mal comunicada, aunque la bordea su extremo E la carretera N-V, debido a que únicamente está atravesada por una carretera local que, partiendo del Canal de Orellana, llega a Arroyomolinos, localidad que queda fuera del Tramo y está al NO del mismo. La carretera del Canal de Orellana simplemente la bordea. También se encuentra el desvío a San Pedro de Mérida desde la N-V.

El primer factor que ha influido en el modelado de este área es la composición litológica del substrato y su estructura, que ha condicionado la distribución de los elementos orográficos principales que, junto con los procesos erosivos originados por la red fluvial, conforman el relieve actual.

Como consecuencia, se observa un relieve relativamente abrupto, desarrollándose aquí las cotas más elevadas de todo el Tramo, como la Sierra de Saltillo, el Cerro del Acebuche y el Cerro de la Parrilla que superan los 500 m. Sobre estos resaltes se desarrollan líneas de crestas, escarpes estructurales, algún relieve en forma de lomas suaves y algún cerro cónico.

Los cresteríos cuarcíticos originan laderas con una pendiente considerable que quedan tapizadas por depósitos de ladera cuarcíticos heterométricos, canchales y coluviones originados por procesos gravitacionales.

En estos mismos lugares tienen lugar procesos de incisión lineal y fenómenos de arroyada en épocas de lluvia. La red fluvial es poco importante y se encuentra encajada. Las vertientes regularizadas son muy escasas.

3.2.2. Tectónica

Aunque se puede hablar de una fase de deformación anterior al Hercínico, patente por la discordancia entre los materiales precámbricos y palezoicos en la Zona 1, la más visible es la deformación Hercínica.

Como ya se ha dicho, tiene lugar en dos fases de deformación principales; la primera muy patente al Sureste de la falla N130E, la cual separa los materiales devónicos de los carboníferos, y la segunda que se hace visible al NE de esta falla.

En la Zona suroeste, se observan pliegues isoclinales de ejes subhorizontales, morfología cilíndrica y planos axiales subverticales. La longitud de onda es kilométrica. Los pliegues suelen ser vergentes hacia el NE, buzando subverticalmente al SO.

Las direcciones de las trazas de los ejes de los pliegues siguen direcciones entre los N160°E y los N120°E. Estos pliegues son isopacos en los materiales pelíticos, llevando asociada una esquistosidad de plano axial en ellos. Asociadas a esta primera fase de plegamiento existen fallas comprensivas subparalelas a las estructuras descritas. Todas estas estructuras están afectadas por las intrusiones graníticas del Oeste. La falla N130°E, antes mencionada, es consecuencia de la segunda fase de deformación, estando relacionada con una zona de cizalla dextrosa.

Las estructuras observadas, por tanto, serían resultado del plegamiento de los pliegues de primera fase.

Se observan pliegues de eje subvertical, morfología cilíndrica y planos axiales subverticales. En las litologías más pizarrosas se observa una esquitosidad de plano axial de direcciones N50°E y N70°E y buzamiento prácticamente horizontal. Estas estructuras tienen expresión cartográfica gracias a que afectan a la Cuarcita Armoricana y originan las mayores cotas del Tramo y también los mayores desniveles.

Las estructuras más importantes de esta Zona son el sinclinal de Aljucen, el sinclinal de El Saltillo, el sinclinal de la Parrilla y el sinclinal de La Venta.

3.2.3. Estratigrafía

La columna estratigráfica de la Zona 1 se contempla en la Figura 3.2. En la Figura 3.3. se representa un corte esquemático de la Zona.

3.2.4. Grupos litológicos

En este apartado se describe la litología, estructura y características geotécnicas para cada uno de los grupos litológicos que se han distinguido en la cartografía en la Zona 1.

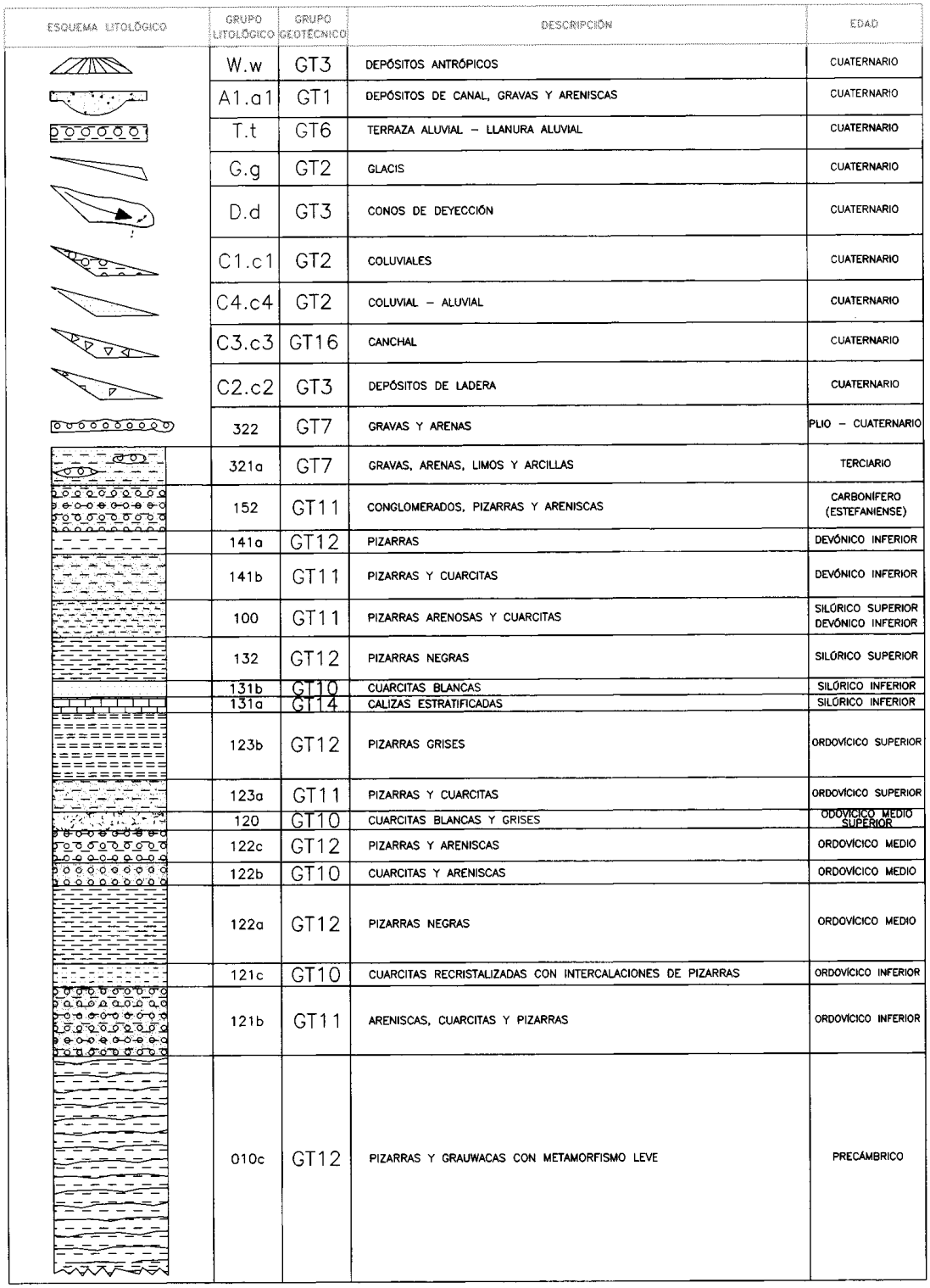
ALUVIAL, A1

Este grupo litológico se describirá en la Zona 2, apartado 3.3.4.

DEPÓSITOS COLUVIALES, C1

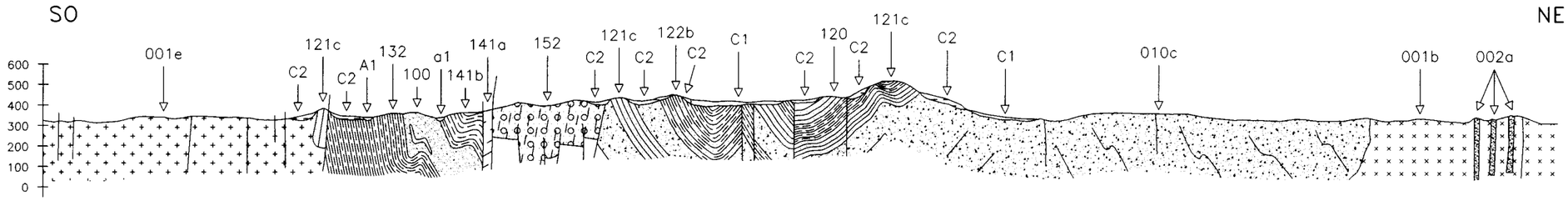
- Litología

  Se trata de depósitos areno-limo-arcillosos de colores marrones oscuros a ocres con contenido variable de materia orgánica, que contienen cantos angulosos de cuarcitas, en su mayoría, y de pizarras en menor proporción, con tamaños variables que pueden llegar hasta 15 centímetros.



ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	W.w	GT3	DEPÓSITOS ANTRÓPICOS	CUATERNARIO
	A1.a1	GT1	DEPÓSITOS DE CANAL, GRAVAS Y ARENISCAS	CUATERNARIO
	T.t	GT6	TERRAZA ALUVIAL – LLANURA ALUVIAL	CUATERNARIO
	G.g	GT2	GLACIS	CUATERNARIO
	D.d	GT3	CONOS DE DEYECCIÓN	CUATERNARIO
	C1.c1	GT2	COLUVIALES	CUATERNARIO
	C4.c4	GT2	COLUVIAL – ALUVIAL	CUATERNARIO
	C3.c3	GT16	CANCHAL	CUATERNARIO
	C2.c2	GT3	DEPÓSITOS DE LADERA	CUATERNARIO
	322	GT7	GRAVAS Y ARENAS	PLIO – CUATERNARIO
	321a	GT7	GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	TERCIARIO
	152	GT11	CONGLOMERADOS, PIZARRAS Y ARENISCAS	CARBONÍFERO (ESTEFANIENSE)
	141a	GT12	PIZARRAS	DEVÓNICO INFERIOR
	141b	GT11	PIZARRAS Y CUARCITAS	DEVÓNICO INFERIOR
	100	GT11	PIZARRAS ARENOSAS Y CUARCITAS	SILÚRICO SUPERIOR DEVÓNICO INFERIOR
	132	GT12	PIZARRAS NEGRAS	SILÚRICO SUPERIOR
	131b	GT10	CUARCITAS BLANCAS	SILÚRICO INFERIOR
	131a	GT14	CALIZAS ESTRATIFICADAS	SILÚRICO INFERIOR
	123b	GT12	PIZARRAS GRISES	ORDOVÍCICO SUPERIOR
	123a	GT11	PIZARRAS Y CUARCITAS	ORDOVÍCICO SUPERIOR
	120	GT10	CUARCITAS BLANCAS Y GRISES	ORDOVÍCICO MEDIO SUPERIOR
	122c	GT12	PIZARRAS Y ARENISCAS	ORDOVÍCICO MEDIO
	122b	GT10	CUARCITAS Y ARENISCAS	ORDOVÍCICO MEDIO
	122a	GT12	PIZARRAS NEGRAS	ORDOVÍCICO MEDIO
	121c	GT10	CUARCITAS RECRISTALIZADAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
	121b	GT11	ARENISCAS, CUARCITAS Y PIZARRAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
	010c	GT12	PIZARRAS Y GRAUWACAS CON METAMORFISMO LEVE	PRECÁMBRICO

Figura 3.2. Columna estratigráfica de la Zona 1



Escala vertical 1:20.000
Escala horizontal 1:50.000

LEYENDA

A1	Depósitos de canal. Gravas y arenas		120	Cuarcitas blancas y grises	
C1	Coluviales		122b	Cuarcitas y areniscas	
C2	Depósitos de ladera		121c	Cuarcitas recristalizadas con intercalaciones de pizarras	
152	Conglomerados, pizarras y areniscas		001b	Granodiorita biotítica	
141a	Pizarras		010c	Pizarras y grauwacas con metamorfismo leve	
141b	Pizarras y cuarcitas		001e	Granito porfídico con moscovitas	
100	Pizarras arenosas y cuarcitas		002a	Diques de pórfidos leucograníticos	
132	Pizarras negras				

Figura 3.3. Corte geológico de la Zona 1

- Estructura

  La disposición interna es masiva, los cantos están dispersos en una matriz arcillosa.

  En cuanto a la estructura deposicional, se depositan prácticamente horizontales con una pendiente pequeña que aumenta gradualmente al aproximarse a los relieves de los que proceden.

  Los espesores vistos de esta formación son variables aunque no superan los 6 m, siendo relativamente frecuente, sobre todo en las partes dístales, inferiores a 0.5 metros.

- Geotécnia

  Estos materiales son un suelo, con bajo grado de compactación y capacidad portante baja. Estos materiales son excavables.

  La permeabilidad, en general, es baja, dado el porcentaje de finos que contiene este grupo. El drenaje superficial es, por lo general, suficiente pero en las zonas más llanas es insuficiente y dado su carácter impermeable puede dar lugar a encharcamientos.

  No se han observado taludes de interés, pero son de prever problemas de estabilidad, erosionabilidad y caída de material, deslizamientos y caída de cantos sueltos.

DEPÓSITOS DE LADERA, C2

- Litología

  Grupo litológico compuesto por cantos angulosos y heterométricos de hasta 50 cm, de composición cuarcítica, areniscosa y pizarrosa inmersos en una matriz arenolimo-arcillosa masiva, con porcentajes variables de materia orgánica que oscurece estos depósitos. Esta matriz presenta un color rojizo y normalmente marrón oscuro. La Foto 3.1. - muestra un aspecto y los problemas que puede generar este grupo litológico.

- Estructura

  Se depositan en las zonas bajas de los relieves montañosos, internamente son masivos. Se han llegado a ver hasta 14 metros de potencia en estos depósitos, aunque pueden ser mayores ya que no se ve la base de los mismos en muchos casos. En algunas ocasiones se observan niveles más ricos en cantos.

- Geotécnia

Se trata de suelos, de capacidad portante baja, de baja compacidad, son excavables y por su composición y estructura pueden ser fácilmente erosionables.

La permeabilidad de este grupo litológico es baja, debido a su matriz rica en finos. El drenaje superficial suele ser suficiente, por las pendientes en las que se encuentran; sin embargo, los drenajes subterráneos son insuficientes, por lo que pueden generar problemas geomorfológicos importantes.

Se han observado taludes a unos 50° que presentan problemas de desprendimientos y caídas de material en épocas de lluvia, ya que son depósitos poco compactos, situados en pendientes naturales altas.

Así, se recomienda no superar inclinaciones de más de 3H:2V, con la precaución de no excavar en la base del depósito y para no generar deslizamientos de material a mayor escala. Se recomienda que se drenen los taludes en estas formaciones, para evitar la saturación de agua en los niveles más finos, dada su matriz arcillosa.



Foto 3.1. Aspecto en campo del grupo litológico C2

DEPÓSITOS DE LADERA-CANCHALES, C3

- Litología

  Se trata de gravas de cantos mayoritariamente cuarcíticos de morfología achatada, muy angulosos e irregulares; inmersos en una matriz escasa e irregular en la que domina el tamaño arenoso, y una fracción limo-arcillosa. Son depósitos poco compactos.

- Estructura

  Se instalan en laderas que forman los relieves cuarcíticos, 121 y 111 a. Su organización interna es tímidamente ordenada, con niveles que van paralelos o subparalelos a la pendiente, y en corte transversal aparecen horizontales correspondientes posiblemente a períodos en los que se han depositado canchales, superponiéndose unos a otros.

  Generalmente, el porcentaje de finos crece hacia el pie del cuerpo sedimentario, debido al lavado de las fracciones más arcillosas y su depósito en las zonas más dístales.

- Geotécnia

  Se considera un suelo, con una capacidad portante baja, son fácilmente erosionables y excavables.

  La permeabilidad de estos depósitos puede llegar a alta en zonas pobres en finos, pero en general es buena; siendo los drenajes superficiales excelentes.

  Se recomienda no exceder una pendiente mayor de 3H:2V, aunque lo mejor sería evitar la construcción de taludes en estos materiales. Es recomendable no excavar en la base de estas formaciones puesto que potencialmente pueden deslizar y producir daños de importancia.

  Debido a la baja cohesión interna, y a la forma de yacer, presentan problemas de caídas de bloques y cantos, dado su heterometría y facilidad para erosionarse.

  Pueden tener interés como yacimientos de áridos y préstamo.

GLACIS, G

Este grupo litológico se describirá en la Zona 3, apartado 3.4.4.

CONOS DE DEYECCION, D,d

- Litología

  Estos depósitos aparecen en las zonas de cabecera como gravas heterométricas de cantos subangulosos a subredondeados, en su mayoría cuarcíticos, con alguno de naturaleza pizarrosa. En las partes dístales unas veces la matriz es arenosa con los cantos más finos, y, en otras, son de naturaleza areno-limosa.

- Estructura

  Internamente el depósito es masivo, caótico, sin apreciarse ningún tipo de estructura interna, aunque se aprecian cicatrices erosivas en su interior.

  Su estructura externa es típica de cono de deyección, estrecho en la cabecera y amplio y extendido en su parte distal.

  Su disposición sedimentaria es horizontal o subhorizontal. Se han llegado a observar hasta 4,5 m de espesor sin ver la base, en general los mayores espesores están en la parte intermedia.

- Geotécnia

  Se trata de suelos con capacidad baja-media. Son materiales erosionables y excavables.

  La permeabilidad también varía de las partes dístales, donde es muy baja a las proximales que dependiendo de su contenido en finos, puede ser media.

  Los drenajes superficiales en las partes más alejadas y horizontales serán insuficientes y dada su baja permeabilidad, pueden llegar a producir encharcamientos. En la parte cercana a la cabecera, por el contrario, la pendiente es mayor por lo que se facilita el drenaje superficial.

  Se han observado taludes bajos en las partes proximales, con ángulos medios, en los que se han apreciado problemas de chineos, siendo por lo demás estables.

  En los parámetros de los taludes, no sería recomendable superar pendientes del orden 3H:2V, para evitar la caída de cantos, además se evitaría una escorrentía demasiado eficaz, dada la facilidad con que se pueden acarcavar estos materiales.

Es interesante resaltar el potencial interés de estos depósitos como préstamo de materiales granulares, dada la escasez en la Zona de materiales de préstamo, de esta naturaleza.

SUELOS, v1

- Litología

Son arenas, limos y arcillas de origen eluvial con mayores porcentajes de los dos últimos en la parte superior y de las primeras en la parte inferior, con contenidos considerables de materia orgánica, sobre todo en la parte superior. Contienen algún canto disperso de cuarcitas y pizarras, y son de color marrón oscuro a marrón pálido.

- Estructura

Se reconoce una estructura horizontal, distinguiéndose dos horizontes:

- Uno superior, con mayor índice de materia orgánica, que se puede considerar hasta donde llegan las raíces de las plantas.

- Otro inferior, de color marrón que se hace más blanquecino, hasta llegar a la roca fresca.

En la Zona 1, los espesores observados en estos suelos son variables, no superando los 1,5 m.

- Geotecnia

Estos suelos presentan capacidad portante baja. La permeabilidad de estos materiales es baja, son excavables y fácilmente erosionables.

El drenaje superficial es insuficiente, pudiendo potencialmente generarse encharcamientos, dada su morfología llana y baja permeabilidad no permite un buen drenaje subterráneo. Tienen cierto grado de plasticidad y compactación.

Dada su escasa potencia, no tiene interés desde el punto de vista de estabilidad en la construcción de taludes como del apoyo de estructuras.

JABRE, V2, v2

Este grupo litológico se describirá en la Zona 3, apartado 3.4.4.

GRAVAS Y ARENAS, (322)

Este grupo litológico se describirá en la Zona 3, apartado 3.4.4.

ARENAS, GRAVAS, LIMOS Y ARCILLAS, (321a)

Se describirán en la Zona 2 por tener más representación, apartado 3.3.4.

DEPOSITOS ARTIFICIALES, W

- Litología

  Se trata de amontonamientos de escorias y materiales, escombreras, de la explotación de la mina de la Parrilla. Son por tanto, materiales heterogéneos tanto litológicamente como granulométricamente, sin consolidar, de baja densidad y compactos. En la Foto 3.2. se puede observar el aspecto externo de esta formación.



Foto 3.2. Escombreras de la Mina de La Parrilla, W

- Estructura

  Constituyen amontonamientos en tongadas, horizontales. Son escombreras de forma troncocónica.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de suelos compactos, con permeabilidad media-baja. Son erosionables. Su capacidad portante es baja.

  Los drenajes superficiales y subterráneos son buenos. Son fácilmente excavables.

  Existen taludes altos, a 40-45°, relativamente estables, con problemas de pequeños desprendimientos, caídas de material suelto y erosión. Estos materiales podrían ser aprovechables para su utilización en rellenos y terraplenes, aunque tienen un contenido alto en sulfatos.

CONGLOMERADOS, ARENISCAS Y PIZARRAS, (152)

- Litología

  Se trata de una serie compuesta por unos conglomerados muy cementados como se observa en la Foto 3.3, son cantos de cuarzo muy redondeados y heterométricos de hasta 20 cm. El cemento es ferruginoso, lo que les otorga unos tonos rojizos. Tienen intercalaciones de areniscas de grano fino a grueso, con colores amarillento-verdoso.



Foto 3.3. Aspecto geotécnico del grupo litológico (152)

A techo se depositan unas pizarras alteradas verde-rojizas compactas de grano fino, alternando con niveles finos de areniscas y gravas verdosas.

- Estructura

Yacen subverticalmente hacia el SO y con direcciones a N120°E. Se presentan en cuerpos canalizados y poco continuos.

Las areniscas se disponen en paquetes de 7 a 8 metros de espesor. El espesor total de la formación es difícil de estimar, pero puede ser superior a los 350 m, de acuerdo a la literatura existente.

- Geotecnia

Geotécnicamente se trata de rocas con capacidad portante, en general, alta. En zonas pizarrosas alteradas disminuye este parámetro por el desarrollo de suelos.

La permeabilidad de este grupo litológico es muy baja, y siempre por fractura. Los drenajes superficiales son suficientes.

Esta formación es ripable en las zonas pizarrosas y alteradas más superficiales y ripable marginal a no ripable en zonas conglomeráticas. No se han observado taludes de interés, pero es conveniente, sobre todo en zonas de contacto entre areniscas y pizarras, evitar las situaciones de paralelismo entre la dirección y buzamiento de capas con respecto a la orientación de los taludes. Se recomienda también no superar una inclinación 2H:3V en la construcción de éstos.

Se pueden producir caídas de cantos procedentes de los conglomerados, ya que en las zonas superficiales la matriz está alterada y por tanto quedan sueltos.

PIZARRAS, (141a)

- Litología

Son pizarras negras a gris oscuro muy finas, de tacto untoso y satinadas. Contienen pequeñas capas de areniscas y cuarcitas en bancos de orden centimétrico con mineralización de hierro, de colores rojos oscuros y negros como se puede observar en la Foto 3.4. Se encuentran bastante alteradas.

- Estructura

Estas pizarras, a escala cartográfica, aparecen entre dos fallas, no superando el espesor estimado en 150 m. Las pizarras desarrollan una esquistosidad muy penetrativa, que se ve interrumpida por las pequeñas capas de cuarcitas y areniscas de espesor centimétrico. El buzamiento es alto, tendiendo a subvertical.

- Geotécnia

Se trata geotécnicamente de una roca de capacidad portante media a alta. En zonas alteradas puede disminuir su capacidad portante. Los drenajes subterráneos de esta formación son muy deficientes, ya que su permeabilidad es debida a la fracturación, siendo aceptables los superficiales.

Es ripable en los primeros metros, pasando a ripable marginal y no ripable en profundidad. No se observan taludes de entidad.

Sería conveniente no superar inclinaciones superiores a 2H:3V y evitar las situaciones más desfavorables de dirección y buzamiento de capas y esquistosidad respecto a la orientación de los taludes para evitar caídas de cuñas y bloques.



Foto 3.4. Aspecto del grupo litológico (141a)

PIZARRAS Y CUARCITAS, (141b)

- Litología

  Se trata de una alternancia de cuarcitas de color gris violáceco, pizarras arcillosas gris-oscuro-verdosas y pizarras arenosas. Las pizarras contienen moscovita. Las cuarcitas están muy recristalizadas y se disponen en bancos decimétricos. Se puede observar el aspecto de esta formación en la Foto 3.5.



Foto 3.5. Aspecto de campo del grupo litológico (141b)

- Estructura

  Las pizarras están afectadas por una esquistosidad de carácter penetrativo. Las cuarcitas se disponen en paquetes de 5 a 8 m formados por bancos decimétricos.

  Los buzamientos son subverticales hacia el SO. La potencia de esta unidad se calcula en unos 250-275 m.

- Geotecnia

  Geotécnicamente es una roca con capacidad portante alta. Localmente puede disminuir su capacidad portante por desarrollar suelos sobre las zonas pizarrosas.

  La permeabilidad de este grupo litológico es muy baja, debido a la fracturación y los drenajes superficiales son suficientes, debido a los fuertes buzamientos y pendientes.

  Esta formación se considera ripable en los primeros metros, donde llega la zona alterada, para luego pasar a ripable marginal y no ripable.

  Los taludes observados son bajos y no presentan problemas, pero potencialmente pueden presentar caída de bloques y cuñas por lo que se debe elegir la orientación

de los taludes menos desfavorable respecto a la dirección y buzamiento general de la formación. Se recomiendan taludes con inclinación no superior a 2H:3V.

PIZARRAS ARENOSAS Y ARENISCAS Y CUARCITAS, (100)

- Litología

  Estos materiales afloran muy mal en toda la Zona, dada su fuerte alterabilidad. Se trata de unas pizarras arenosas de tonos ocres, negros y grises oscuros. A veces se presentan zonas con pizarras más arcillosas con colores negros, finamente foliadas, muy lajables. A techo pasan a grauvacas de grano fino a medio y, a veces, con cambios laterales a cuarcitas.

  En algunas zonas se encuentran atravesadas por pequeños diques de cuarzo. En la Foto 3.6 se observa un afloramiento, aunque de mala calidad, de esta formación.

- Estructura

  Afloran en paquetes potentes, con buzamientos subverticales, se observa una esquistosidad penetrativa muy marcada, la potencia estimada es de 300 m.

- Geotecnia

  Se trata de una roca con capacidad portante alta, aunque es muy probable que al estar cubierta, desarrolle suelos que hagan disminuir este parámetro.

  La permeabilidad de estos materiales es muy baja, por fractura, y sus drenajes superficiales suficientes.

  Esta formación sólo es ripable en la capa de alteración, pasando a no ripable en profundidad.

  No se han observado taludes, en los nuevos taludes a practicar no sería recomendable superar una inclinación 1H:1V.

  Las pizarras y cuarcitas se comportan de manera diferente, en cuanto a competencia, por lo que en el diseño de taludes, en función de la dirección de éstos, podrían producirse situaciones de deslizamiento de las capas más competentes, cuarcitas, sobre las menos competentes, pizarras; sobre todo si éstas están alteradas o con un alto contenido en agua.

PIZARRAS NEGRAS, (132)

- Litología

  Se trata de un paquete monótono de pizarras grises y negras, carbonosas, compactas y finamente laminadas. En superficie, aparecen alteradas y lajables, son bastante grafitosas. Se puede observar un aspecto de estas pizarras alterado en la Foto 3.7.



Foto 3.6. Aspecto del grupo litológico (100)

- Estructura

  Son pizarras con una esquistosidad muy penetrativa. Se observan buzamientos subverticales. La dirección del conjunto oscila entre los N115°E y los N120°E. El espesor total es de unos 300-500 m.

- Geotécnia

  Se trata de rocas con capacidad portante alta. La permeabilidad de esta formación es muy baja por fractura y los drenajes superficiales suficientes.

Este grupo litológico es ripable-ripable marginal. No se han observado taludes ni artificiales ni naturales de interés, pero puede presentar problemas de caída de lajas y cuñas si no se tienen en cuenta los buzamientos y direcciones de la esquistosidad y estratificación a la hora de diseñar los parámetros de los taludes. No es recomendable superar inclinaciones de 2H:3V.



Foto 3.7. Aspecto del grupo litológico (132)

CUARCITAS BLANCAS MASIVAS, (131b)

- Litología

  Constituyen un nivel con un gran contraste topográfico. Son rocas de color blanco grisáceo, muy recristalizadas. Se encuentran muy fracturadas y con vetas de cuarzo blanco.

- Estructura

  Se encuentran estratificadas formando bancos que alcanzan hasta 1 m. de potencia. Forman un resalte topográfico de dirección próxima a los N120°E y buzamientos subverticales. Su potencia no es superior a los 150 m.

- Geotécnia

  Se trata de una roca con una capacidad portante muy alta. La permeabilidad de este grupo es muy baja, siempre por fracturación. Los drenajes superficiales son excelentes. Forman un conjunto no ripable.

  Los taludes, en esta formación, podrán alcanzar una inclinación de 2H:3V siempre que se evite la situación más desfavorable de orientación de los taludes respecto a la dirección y buzamiento de la estratificación, como por ejemplo que el buzamiento sea contra el eje del vial, y la inclinación del talud superior al buzamiento de las capas.

  Potencialmente pueden darse problemas de caídas de bloques y deslizamiento de cuñas en los taludes artificiales.

CALIZAS, (131a)

- Litología

  Son calizas que, generalmente, están cubiertas habiéndose observado solamente en dos afloramientos. Tienen colores de gris oscuro a rojizos. Se encuentran bien estratificadas, muy recristalizadas, y con indicios de karstificación. Aparecen con pequeñas intercalaciones de pizarras. Se observan vetas de calcita blanca. Localmente desarrollan arcillas de calcificación que les confieren el tono rojizo. Foto 3.8.



Foto 3.8. Aspecto de campo del grupo litológico (131a)

- Estructura

  Se observan en dos pequeños afloramientos, están muy bien estratificadas. Tienen una dirección de N160°E y un buzamiento de 80° al Oeste; el espesor de esta formación es de 60 a 100 m, en bancos de 10 a 40 cm de espesor.

- Geotécnia

  Se trata de rocas con capacidad portante alta. La permeabilidad de esta formación es media por karstificación y los drenajes superficiales son aceptables; no son ripables.

  Los taludes a construir en estos materiales podrían alcanzar una inclinación de 1H:2V. Dado el grado de diaclasado existente, y a la estructura interna en bancos de 10 a 40 cm de espesor, podrían formarse bloques de tamaño decimétrico o superiores, con riesgo de caída en función del ángulo entre estos paquetes calcáreos y los taludes a practicar.

PIZARRAS Y CUARCITAS, (123 a)

- Litología

  Se trata de una alternancia entre unas pizarras de grano muy fino, de tacto jabonoso, grises-ocres y rojizas, con pizarras arenosas rojizas, ferruginizadas. Se observan capas centimétricas de cuarcita de colores rojizos. La Foto 3.9 muestra un aspecto de estos materiales.



Foto 3.9. Aspecto en campo del grupo litológico 123a

- Estructura

  Se trata de una alternancia en finas capas, de orden centimétrico a decimétrico; los buzamientos de la esquistosidad y de la estratificación son subverticales. El espesor es difícil de estimar pero se calcula de 230-250 m, de acuerdo a la literatura existente.

- Geotécnia

  Se trata, en conjunto, de una roca con capacidad portante alta y localmente media o baja, en función de los espesores de alteración. La roca es ripable, para pasar a ripable marginal en profundidad.

La permeabilidad es muy baja y, siempre por fractura; consecuentemente, los drenajes subterráneos son malos, los drenajes superficiales son aceptables.

Por la disposición de los materiales, subverticales, y por la estructura interna, alternancia de cuarcitas y pizarras, con niveles de competencia diferentes, pueden producirse caídas de bloques y deslizamientos en función del ángulo de interacción de los futuros taludes y las capas atravesadas.

También es posible que niveles de pizarras más alteradas, con cantidades de agua próximas a la saturación, actúen como zonas de despegue, y favorezcan deslizamientos, siempre claro está en función de las pendientes a practicar.

PIZARRAS NEGRAS GRAFITOSAS, (123b)

- Litología

Son pizarras grises-negras grafitosas con una esquistosidad muy desarrollada. El macizo rocoso se encuentra muy diaclasado. Localmente se observan muy replegadas y con glándulas de cuarzo blanco. Las pizarras son de grano muy fino a arenosas. Se puede observar el aspecto de esta formación en la Foto 3.10.

- Estructura

Se encuentran muy replegadas y tectonizadas. Presentan diaclasado perpendicular a la esquistosidad. Los buzamientos son de 45° a subverticales. Aunque es difícil estimar, el espesor de esta formación se calcula en 500 m.

- Geotécnia

Es un conjunto rocoso con capacidad portante alta, aunque localmente puede disminuir por el desarrollo de suelos arcillosos sobre él, debidos a la alteración; son materiales ripables.

La permeabilidad es muy baja. Los drenajes superficiales son suficientes.

Se han observado taludes de más de 10 m. de altura y subverticales, con caídas de bloques de hasta 0,25 m y deslizamientos, aunque puede haber caídas de bloques mayores y cuñas. Estos taludes son perpendiculares a la esquistosidad.

Se recomienda un estudio cuidadoso del diaclasado y la esquistosidad, ya que según el ángulo y la dirección de los taludes a practicar se pueden formar cuñas de un tamaño considerable; en todo caso las pendientes no deberían superar la relación 2H:3V, y la construcción de un cunetón, que recoja los materiales caídos.

CUARCITAS BLANCAS Y GRISES, (120)

- Litología

Esta unidad destaca topográficamente, está formada por cuarcitas blancas donde se aprecia una fina laminación, suelen tener intercalados niveles de cuarcitas grises oscuras masivas y recristalizadas.

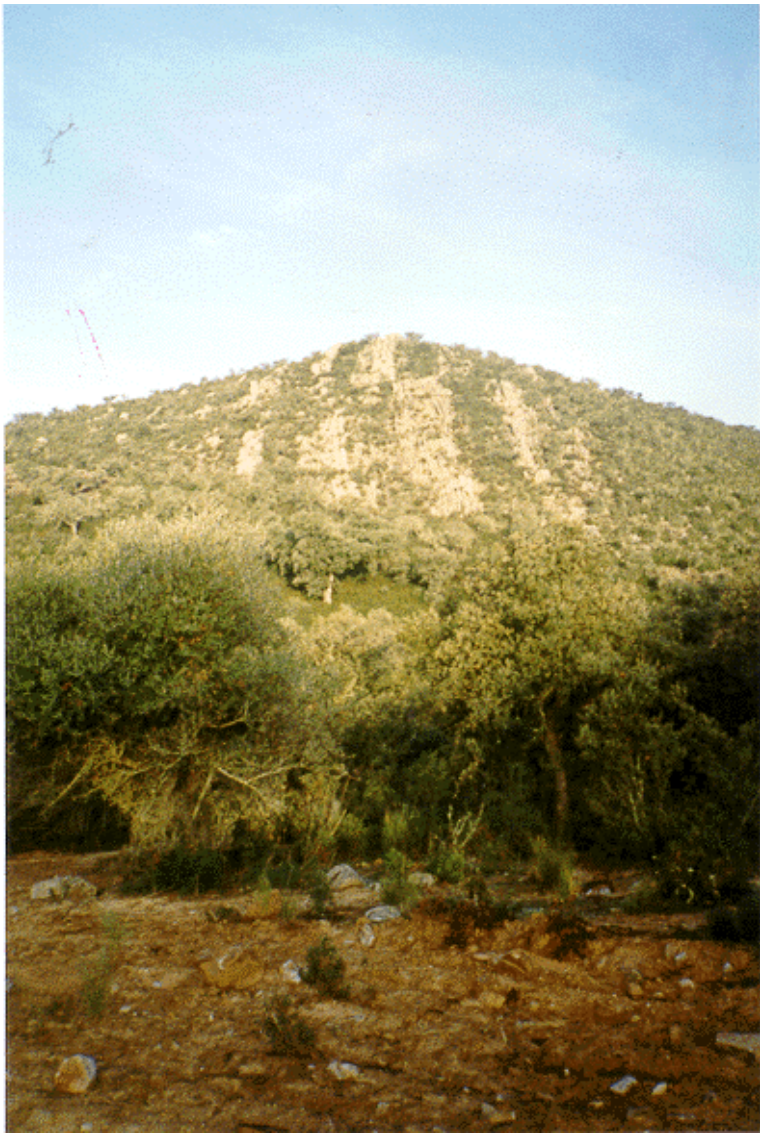


Foto 3.10. Aspecto en campo del grupo litológico (123b)

- Estructura

Se presentan en capas de 70-80 cm. de espesor, los buzamientos son subverticales y la potencia total de esta formación se estima en torno a los 100 m.

- Geotécnia

  Es una roca con capacidad portante alta, no son ripables, localmente pueden ser ripables de forma marginal.

  La permeabilidad de estos materiales es muy baja, debido a la fracturación; los drenajes superficiales son suficientes.

  No se han observado taludes de interés, en los taludes a diseñar, no sería aconsejable superar la relación 3H:2V, si la situación es de paralelismo entre la traza y la dirección de los materiales, en estas situaciones podría pensarse en taludes con inclinaciones superiores, aunque siempre habrá algún riesgo de caída de bloques.

PIZARRAS Y ARENISCAS, (122c)

- Litología

  Se trata de unas pizarras y lutitas arcillosas de grano muy fino de colores grises oscuros con tonos verdosos y violáceos. Están finamente foliadas, son muy compactas, aunque las pocas veces que se observan aparecen muy alteradas y se lajan con facilidad. Localmente son más micáceas y con pequeños niveles intercalados de limolitas y cuarcitas. Foto 3.11.



Foto 3.11. Aspecto de campo del grupo litológico (122c)

- Estructura

  Son paquetes pizarrosos muy laminados y replegados con buzamientos subverticales. El espesor de esta unidad es de unos 150-200 m.

- Geotécnia

  Se trata de rocas con capacidad portante alta localmente menor en las zonas alteradas. La permeabilidad de este grupo litológico es muy baja debido a fracturación. Los drenajes superficiales son suficientes. Este grupo es ripable.

  No se observan taludes de interés. Se recomienda no exceder una inclinación de 1H:1V y evitar la posición más desfavorables del talud a la orientación de la esquistosidad, estratificación y diaclasado.

CUARCITAS Y ARENISCAS, (122b)

- Litología

  Se trata de cuarcitas muy recristalizadas y areniscas, amarillentas, limolíticas. Dan un cierto resalte topográfico. Localmente pasan a cuarcitas grises y ocres, a veces blanquecinas, que alternan con pequeños niveles de pizarras. La foto 3.12 ofrece un aspecto de esta información.



Foto 3.12. Aspecto de campo del grupo litológico (122b)

- Estructura

  Están formando parte de los flancos de las estructuras más importantes de esta Zona. Los buzamientos son altos, entre 50° y subverticales; poseen un diaclasado perpendicular a la estratificación, se presenta en bancos centimétricos o decimétricos.

- Geotécnia

  Se trata de rocas con capacidad portante muy alta, la permeabilidad es muy baja y por fracturación. Los drenajes superficiales son excelentes. Estos materiales no son ripables.

No se observan taludes de interés, pero se recomienda no construir taludes con una inclinación superior a 1H:1V y evitar orientaciones de éstos desfavorables a la dirección y buzamiento de la estratificación y el diaclasado, para evitar caídas de grandes bloques y cuñas.

PIZARRAS NEGRAS, (122a)

- Litología

Se trata de pizarras finas satinadas, negras y grisáceas con una esquistosidad muy apretada, y muy compactas. Se encuentran bastante cubiertas y pueden presentar alteraciones frecuentes. Se observan pátinas de óxidos; localmente presentan pequeños niveles de limolitas. Se puede observar un aspecto de esta formación en la Foto 3.13.

- Estructura

Son unas pizarras con esquistosidad marcada, con buzamientos del orden de 50°. Esta esquistosidad oculta la estratificación. Se encuentra formando parte de los flancos de las principales estructuras de este área. El espesor de la formación está aproximadamente entre 200-225 m.

- Geotécnia

Se trata de rocas con capacidad portante alta, pero puede haber zonas alteradas en las que disminuya este parámetro, son ripables en superficie, pasando a ripable marginal en profundidad.

La permeabilidad es muy baja, siempre por fractura, lo que provoca que los drenajes subterráneos sean muy deficientes. Los drenajes superficiales son suficientes.

No se han observado taludes en estos materiales; la presencia de niveles limolíticos y cuarcíticos, hacen que este material se pueda comportar de forma diferencial, siendo posible la caída de lajas de pizarras a favor de estos niveles más competentes, o cuando la base de estos paquetes están más saturadas en agua, lo que facilita el despegue.

El grado de meteorización existente facilita la caída de lajas y cantos aún con pendientes suaves, en situaciones en que la esquistosidad buce con el talud, estos problemas se pueden agravar.

CUARCITAS BLANCAS Y GRISES RECRISTALIZADAS, (121c)

- Litología

  Estos materiales son los responsables de las zonas más abruptas del paisaje. Se trata de capas de 1-1,5 m de potencia, masivos de cuarcitas de tonos entre blancos y gris oscuro, muy recristalizadas. Contienen niveles pizarrosos grises, puntualmente pueden ser más potentes que los bancos cuarcíticos.

- Estructura

  Se disponen en bancos muy bien estratificados de orden métrico a decimétrico. No se observa estructura interna; los buzamientos están muy verticalizados. La potencia media de esta formación es de unos 150-200 m. Tiene un diaclasado muy desarrollado perpendicular a la estratificación.

- Geotécnia

  Se trata de rocas con una capacidad portante muy alta, no son ripables. La permeabilidad es muy baja y por fracturación. Los drenajes superficiales son excelentes.



Foto 3.13. Aspecto de campo del grupo litológico (122a)

Son rocas que permiten taludes altos e inclinaciones importantes 1H:1V o superiores. Debería hacerse un cuidadoso estudio de la fracturación y diaclasado, ya que se pueden liberar bloques de tamaño considerable, si el grado de inclinación del talud es superior al del buzamiento.

Los niveles más pizarrosos, pueden actuar como planos de debilidad, sobre los cuales pueden deslizar paquetes cuarcíticos más pesados, esta circunstancia puede agravarse si las pizarras están alteradas y cercanas al punto de saturación del agua.

ARENISCAS, PIZARRAS Y CUARCITAS, (121b)

- Litología

  Las cuarcitas aparecen en capas con un fino bandeado milimétrico, alguna vez dan tonos rojizos, pero generalmente son grises y recristalizadas; están atravesadas por diques de cuarzo blanco de potencia decimétrica.

  Las areniscas están muy diaclasadas, son de grano fino y de composición cuarcítica. Tienen tonos beige y rojizos debido a la presencia de hierro; a veces contienen lechos microconglomeráticos.

  Las pizarras también tienen tonos rojizos, y están muy esquitosadas, con pequeños niveles más moscovíticos y cuarcíticos. Son duras y compactas. Se puede ver un aspecto de esta formación en la Foto 3.14.

- Estructura

  Las cuarcitas se encuentran bien estratificadas y son las que marcan la estructura de la formación, se presentan en bancos de milimétricos hasta decimétricos.

  Las areniscas se disponen en bancos de espesor centimétrico. Buzan con ángulos subverticales. Esta formación da un resalte moderado; en total el espesor está cercano a los 400 m.

- Geotécnia

  Se trata de rocas con una capacidad portante alta. Sus drenajes subterráneos son muy deficientes debido a su baja permeabilidad siempre por fractura, y los superficiales son excelentes.

  Son rocas ripables, en su capa de alteración, que no supera los 2-3 m de espesor, siendo no ripable en profundidad.

  No se observan taludes en esta formación, pero son previsibles caídas de bloques y cuñas, producto de la combinación del diaclasado y fracturación, con su disposición en bancos; esto puede liberar bloques de tamaño decimétrico, según el ángulo de corte del talud a practicar, no sería recomendable en ningún caso sobrepasar inclinaciones de 1H:1V.



Foto 3.14. Aspecto de campo del grupo litológico (121b)

CUARCITAS Y PIZARRAS, (121a)

- Litología

  Se trata de cuarcitas muy recristalizadas, grisáceas, localmente rojizas, bien estratificadas y moderadamente alteradas; y unas pizarras satinadas verdoso-grisáceas compactas y con una esquistosidad apretada muy fina. Se ha observado un pequeño nivel de conglomerados ocres de cuarcita, con matriz areniscosa, muy cementadas.

  En la Foto 3.15 se puede apreciar el aspecto de este grupo litológico.

- Estructura

  Las cuarcitas están bien estratificadas, en bancos desde 60 cm a 1 m. de potencia. Presentan unos buzamientos subverticales; el espesor total de la formación es mayor de 500 m.

- Geotécnia

Se trata de rocas con capacidad portante muy alta. Los drenajes subterráneos de esta formación son muy deficientes, no así los superficiales que son suficientes, debido a los buzamientos subverticales.



Foto 3.15. Aspecto de campo del grupo litológico (121a)

Esta formación es ripable en las zonas pizarrosas por estar más alteradas, sin embargo en las zonas cuarcíticas no es ripable, o ripable marginal en algunos puntos o áreas muy concretos y pequeños.

PIZARRAS Y GRAUVACAS, (010c)

- Litología

Se trata de una alternancia de pizarras y grauvacas; las primeras poseen una esquistosidad muy penetrativa y son de colores grises con tonos verdoso-amarillentos.

Las grauvacas, son de color gris verdosa, son generalmente masivas y se presentan en paquetes desde centimétricos a métricos. El conjunto rocoso se encuentra muy replegado y está atravesado por numerosos diques de cuarzo en las zonas de

metamorfismo de contacto, en los alrededores de la mina de la Parrilla. Se puede ver el aspecto de esta formación en la Foto 3.16.

- Estructura

  El macizo rocoso está muy replegado y por lo general con buzamientos muy altos casi subverticales. No se puede observar el espesor total de esta formación, siendo en algunos casos mayor de 1000 m, de acuerdo a la literatura científica existente sobre el área.

- Geotécnia

  Se trata de rocas con capacidad portante alta, su permeabilidad es muy baja y, siempre por fractura los drenajes superficiales son suficientes. Estos materiales se pueden considerar ripables, siendo no ripables en profundidad.

  La alternancia de materiales de diferentes competencias y características geotécnicas, unido a lo replegado de la formación, hace que esta litología sea susceptible de generar caídas o desprendimientos de bloques, en función de la pendiente y altura de los paramentos a practicar, no siendo recomendables taludes de gran altura ni pendientes superiores a 2H:1V.



Foto 3.16. Aspecto en campo del grupo litológico (010c), en la corta de la Mina La Parrilla

GRANITO ORIENTADO CATACLASTICO, (001a)

- Litología

  Se trata de tonalitas biotíticas muy tectonizadas. El conjunto rocoso tiene un color verde oscuro y desarrolla suelos de color rojizo. En general, tiene aspecto masivo. Foto 3.17.

  Son granitos de grano medio a grueso, con una foliación característica, variando su textura entre granoblástica y lepidoblástica.

  Están formados por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita, con contenidos variables en opacos.



Foto 3.17. Aspecto de campo del grupo litológico (001a)

- Estructura

  El aspecto externo es masivo. Están afectados por una foliación característica, producto de la deformación. Está atravesado por multitud de diques de cuarzo y en menor grado de diabasas.

- Geotécnia

  Se trata de rocas con capacidad portante alta. La permeabilidad de estos materiales es de muy baja a nula, excepto en las zonas más fracturadas, y los drenajes superficiales con suficientes.

  Esta litología no es ripable, excepto en las zonas en que desarrolla horizontes de alteración (jabres), que suele ser excavable.

  En la N-V se observan taludes de más de 15 m y unos 60° de inclinación, que se encuentran tendidos mediante bermas. En estos taludes se observan cicatrices de cuñas caídas de material suelto, caídas de bloques pequeños, etc. Para el diseño de taludes en estos materiales se recomienda un estudio cuidadoso de la fracturación y el diaclasado para evitar la formación de bloques y cuñas susceptibles de movilizarse.

GRANITO PORFIDICO, (010d)

- Litología

  Se trata de unos granitos, en su mayor parte muy alterados, arenizados (jabre) y muy recubiertos; como se observa en la Foto 3.18.



Foto 3.18. Aspecto de campo del grupo litológico (010d)

En zonas donde la alteración es menos intensa se observa un granito de grano grueso-medio y de carácter porfídico, con fenocristales mayores de 5 cm, con una disyunción en bloques. Presenta pequeños diques pegmatíticos y aplíticos de cuarzo y enclaves subesféricos de hasta 40 cm.

- Estructura

Masiva, con un diaclasado vertical bastante espaciado y un diaclasado subhorizontal algo más denso. En ocasiones, los fenocristales están orientados.

- Geotécnia

Al estar este granito muy arenizado, la capacidad portante llega a ser media, sobre estas rocas, sobre roca fresca la capacidad portante es alta.

La permeabilidad puede incrementarse de baja a media en los primeros metros porque los granitos están arenizados. Los drenajes superficiales son suficientes.

En las zonas alteradas este granito es excavable; en profundidad no es ripable.

Para la realización de obras que supongan la construcción de taludes, debería de estar precedido de un estudio de detalle del diaclasado y la fracturación en cuanto a densidad por unidad de volumen y dirección y buzamiento de las discontinuidades para prevenir o evitar la formación de bloques o cuñas susceptibles de movilizarse.

DIQUES DE CUARZO, (002b)

- Litología

Se trata de diques compuestos de cuarzo cristalino, masivo, y de color blanco, suelen estar muy rotos, como se puede observar en la Foto 3.19.



Foto 3.19. Aspecto de campo del grupo litológico (001d)

- Estructura

  Su estructura es netamente intrusiva, cortando granitos, rocas paleozoicas y precámbricas presentes en el Tramo. Su espesor puede llegar a 4-5 m. Se encuentran muy fracturados, por su origen intrusivo.

- Geotécnia

  Se trata de una roca, cuarzo cristalino blanco, masivo y muy duro y poco alterado.

  Su capacidad portante es muy alta. No es una roca ripable. Su permeabilidad es muy baja, pero puede aumentar por fracturación. Los drenajes superficiales son excelentes, pueden ser útiles como material de préstamo y áridos.

  Desde el punto de vista constructivo que nos ocupa, su importancia es muy marginal.

DIQUES DE DIABASA, (002d)

- Litología

  Se trata de bloques de diabasa de carácter básico y muy alterados. Presentan colores oscuros y amarillentos. No se observan frescos.

- Estructura

  Presentan espesores de 4-5 m, afectando a materiales graníticos de los grupos (001a) y (001c). Intruyen verticalmente.

- Geotécnia

  No se presentan frescos, su capacidad portante es baja y la ripabilidad aumenta llegando, incluso, a ser excabable. En taludes altos presenta caídas de bloques y de material suelto.

  Por su escasa presencia y potencia, desde el punto de vista constructivo aquí considerado, son de una importancia casi marginal.

3.2.5. Grupos Geotécnicos

En este apartado, los grupos litológicos descritos en los epígrafes anteriores se clasifican en "Grupos Geotérmicos", utilizando como criterio ciertas características geotécnicas que tienen en común los grupos litológicos. Este agrupamiento queda de la siguiente manera en la Zona 1:

- Grupo geotécnico G1

  Formaciones aluviales compuestas por gravas redondeadas y arenas sueltas cuarcíticas, y en menor medida limos y arcillas. Se trata de suelos con capacidad portante, en general, baja. La permeabilidad suele ser alta, debido a la porosidad intergranular, pues son materiales bastante lavados, puede disminuir localmente. Son materiales ripables, por medios normales, y excavables. También son materiales fácilmente erosionables. Suelen tener niveles freáticos cercanos a la superficie y sus drenajes superficiales suelen ser difíciles. Son materiales muy poco cohesivos.

  Tienen gran interés como materiales de préstamo y, sobre todo, como áridos. En la Zona 1 este grupo geotécnico está formado por el grupo litológico A1.

- Grupo geotécnico G2

  Se trata de formaciones arenoso-limo-arcillosas, que contienen cantos angulosos, generalmente cuarcíticos. Estos cantos se disponen dispersos entre una matriz arenoso-limo-arcillosa.

  Se trata de suelos cohesivos, sin consolidar, con una capacidad portante baja, que pueden generar asientos.

  Estos materiales son pocos permeables y suelen tener drenajes superficiales suficientes, aunque a veces no lo son y provocan encharcamientos cuando la pendiente es muy baja. El nivel freático puede estar muy cercano a la superficie.

  Los materiales de este grupo son ripables y excavables con medios mecánicos normales. Son suelos cohesivos fácilmente erosionables. No generarán problemas en los taludes dado su bajo espesor; no obstante, potencialmente pueden generar deslizamientos; de este modo, los taludes artificiales no deberán superar los 45° de inclinación.

  En la Zona 1 este grupo geotécnico está integrado por los grupos litológicos C1 y G,g.

- Grupo geotécnico G3

  Se trata de depósitos arcillo-limosos que engloban bloques heterométricos. Se caracterizan por ser suelos, con distinto grado de compactación excepto en los depósitos antrópicos que son más homogéneos y fácilmente erosionables.

  La capacidad portante es baja y la permeabilidad irregular, pero por lo general baja. En la base de estos depósitos, y estacionalmente, pueden aflorar pequeños rezumes de agua. Este factor puede ser importante puesto que son formaciones gravitacionalmente inestables y el agua puede activar estos procesos.

  Son formaciones ripables y excavables. Se observan deslizamientos en taludes construidos en estas formaciones.

  Los integrantes de este grupo geotécnico en la Zona 1 son los grupos litológicos C2, D, y W, c2, d y w.

- Grupo geotécnico G5

  Son suelos arcillosos con fracción de tipo limo y arenas. Son suelos cohesivos. Son erosionables y de escaso espesor; la capacidad portante es muy baja y pueden lle-

gar a generar asientos. La permeabilidad de estos materiales es muy baja, lo que, unido a sus deficientes drenajes superficiales, provoca que estas zonas puedan encharcarse en época de lluvias.

Estos depósitos son ripables y excavables por medios mecánicos normales. En las partes arcillosas presenta cierta plasticidad.

Este grupo geotécnico está formado, en la Zona 1, por el grupo litológico v1.

- Grupo geotécnico G7

Son materiales semiconsolidados y formados por arcosas, arenas, limos y gravas cuarcíticas en niveles más o menos gruesos que no superan 1 m de espesor y con matriz areno-limo-arcillosa. Son suelos muy cohesivos y compactos. Son fácilmente erosionables y en las zonas donde abundan las fracciones arcillosas pueden presentar cierta plasticidad. En conjunto, la capacidad portante es de baja a media, existiendo la posibilidad de generar asientos.

La permeabilidad de estos materiales es baja. Sus drenajes superficiales son muy deficientes en la mayor parte de los casos lo que va a provocar en época de lluvias que se originen encharcamientos.

Los grupos litológicos encuadrados en este grupo geotécnico son ripables y excavables con medios mecánicos normales.

En la Zona 1 este grupo geotécnico está integrado por los grupos litológicos (321a) y (322).

- Grupo geotécnico G9

Este grupo está formado por el resultado de los procesos aluviales que han actuado sobre los materiales plutónicos dentro del Tramo. Se trata de materiales arenosos muy poco evolucionados. Localmente contienen bastante matriz arcillosa. Tienen una capacidad portante baja, pudiéndose originar asientos. Son suelos, en general, poco cohesivos y poco compactos. Son erosionables con facilidad.

La permeabilidad es alta por lo general y los drenajes superficiales deficientes. Estos materiales son ripables y excavables con métodos únicamente.

En la Zona 1 este grupo geotécnico está compuesto únicamente por el grupo litológico v2.

- Grupo geotécnico G10

  Este grupo geotécnico se caracteriza porque sus grupos litológicos son muy ricos en cuarzo cristalizado que les imprime gran dureza y resistencia, y frecuentemente están muy diaclasados.

  Se trata de rocas estratificadas con una elevada capacidad portante.

  La permeabilidad de este grupo es muy baja y por fractura, sin embargo, tiene unos drenajes superficiales excelentes puesto que siempre originan resalte respecto a otros grupos.

  Estos materiales no son ripables con métodos mecánicos tradicionales y necesitarán la ayuda de explosivos para su excavación. Los taludes podrán levantarse con inclinaciones de hasta 1H:2V y deberá cuidarse la orientación de éstos respecto a la estratificación. Será recomendable hacer estudios exhaustivos de la estratificación y el diaclasado de estas formaciones al acometer obras de este tipo.

  Estos materiales pueden ser de utilidad como fuente de áridos de machaqueo.

  En la Zona 1, los grupos litológicos (121c); (122b); (131b); (002b) y (120) son los que componen este grupo geotécnico.

- Grupo geotécnico G11

  Está formado por alternancias de materiales duros y competentes como pueden ser cuarcitas y areniscas, y materiales incompetentes como son las pizarras. Son materiales estratificados. Se trata de rocas con capacidad portante alta.

  La permeabilidad es muy baja por fracturación. Los drenajes superficiales suelen ser suficientes. Localmente pueden tener un grado de infiltración debido a las fracturas. Los taludes artificiales pueden presentar problemas de estabilidad, como desprendimiento de bloques y cuñas debido a su litología alternante. En zonas más pizarrosas es aconsejable no superar los 45° de inclinación y evitar direcciones desfavorables respecto a la dirección y buzamiento de las capas, diaclasas y foliación. Será recomendable hacer estudios con detenimiento de la fracturación, esquistosidad y fracturación al acometer obras de este tipo.

  Este grupo se considera difícilmente ripable o con ripabilidad marginal, debido al carácter de sus litologías y a la posible presencia de bancos potentes de cuarcitas que complica su excavación por medios mecánicos habituales. Las zonas alteradas y las más fracturadas serán ripables.

Los grupos litológicos que integran este grupo geotécnico son: (121a); (121)b; (123a); (100); (141b) y (152).

- Grupo geotécnico G12

Son formaciones mayoritariamente pizarrosas, estratificadas y esquistosas. Estas rocas se caracterizan por no tener una elevada dureza y por la existencia de planos de debilidad en su seno.

En general, estas rocas tienen capacidad portante alta, pero localmente puede pasar a moderada, e incluso a baja, al estar fuertemente alteradas. En apoyos a media ladera y poco profundos, los valores pueden llegar a ser moderados e incluso bajos si tenemos en cuenta los condicionantes geomorfológicos y tectónicos.

Los valores de permeabilidad de este grupo son muy bajos y por fracturación y los drenajes superficiales son suficientes.

Este grupo se considera mayoritariamente ripable, aunque localmente pueda tener ripabilidad marginal en razón de su grado de meteorización y fracturación.

Los taludes artificiales construidos sobre este grupo podrán tener problemas de estabilidad referente a la caída de bloques y cuñas y desprendimientos. Será imprescindible hacer un estudio local de la fracturación, estratificación y esquistosidad antes de acometer ninguna obra de este tipo. A su vez, se aconseja no superar inclinaciones 1H:1V en su construcción.

En la Zona 1, los grupos litológicos que componen este grupo geotécnico son: (122a); (122c); (010c); (123b); (132) y (141a).

- Grupo geotécnico G13

Se trata de formaciones rocosas intensivas con una deformación que imprime cierto grado de esquistosidad, fracturación e intrusión de pequeños diques. A su vez, la dureza y resistencia original constituyen un macizo muy fracturado y con muchas discontinuidades.

Se trata de rocas con capacidad portante alta, en general. La permeabilidad de estos materiales es muy baja. Los drenajes superficiales son suficientes.

Esta formación es ripable debido a su alto grado de tectonización. Localmente puede tener ripabilidad marginal.

Los taludes artificiales observados presentan formas intermedias con alturas totales de unos 10-15 m y nunca superando los 60° de inclinación. Estos taludes presentan ciertos signos de inestabilidad en origen (caídas de bloques, cicatrices de cuñas) siendo estables actualmente. Antes de su construcción deben de hacerse estudios detallados de fracturación.

En la Zona 1 este grupo está constituido por la formación (001a).

- Grupo geotécnico G14

Son rocas calcáreas, con un bajo índice de afloramiento. Se trata de calizas recristalizadas y con síntomas de karstificación.

Su capacidad portante es alta, aunque localmente puede disminuir por el desarrollo de alteraciones sobre estos materiales calcáreos, como pueden ser arcillas de descalcificación.

La permeabilidad de estos materiales podría ser alta debido a su karstificación. Este parámetro no se ha podido estimar debido a las malas condiciones de afloramiento. Los drenajes superficiales son de deficientes a suficientes.

Estos materiales se consideran ripables.

Potencialmente pueden tener los problemas derivados de la karstificación. Para construir taludes artificiales deberían realizarse estudios de fracturación, diaclasado y estratificación pues se podrían generar caídas de bloques y cuñas. Los taludes no deberían exceder una inclinación de 1H:3V.

El grupo litológico que constituye este grupo geotécnico en la Zona 1 es (131a).

- Grupo geotécnico G15

Se trata de formaciones rocosas intrusivas, cristalinas y, en general, con un grado de meteorización alto, pero esto es irregular.

En general, la capacidad portante es alta, pero en zonas meteorizadas, dependiendo del grado de esta meteorización puede llegar a moderada.

La permeabilidad es baja, en general, aumentando localmente por fracturación y por meteorización. En general, los drenajes superficiales suelen ser suficientes.

La ripabilidad de estos materiales es muy variable, desde no ripable en zonas de afloramiento a ripable en zonas muy meteorizadas y tectonizadas.

Para la construcción de taludes artificiales en estas formaciones es necesario realizar estudios exhaustivos locales de la fracturación, pues si el ángulo de incidencia y la inclinación son desfavorables, los bloques delimitados por el diaclasado podrían deslizarse como cuñas.

Este grupo geotécnico es interesante por sus posibilidades como árido y de machaqueo.

Los grupos litológicos que integran este grupo geotécnico son: (001d) y (002c).

- Grupo geotécnico G16

Son gravas angulosas de cantos cuarcíticos, heterométricas y con escasa matriz arenosa.

Su capacidad portante es baja. Son suelos poco compactos y nada cohesivos.

Su permeabilidad es alta y sus drenajes superficiales excelentes por situarse en laderas formadas por relieves cuarcíticos.

Son ripables y excavables por medios mecánicos convencionales.

Los taludes superficiales sobre estos materiales van a presentar problemas de estabilidad, como deslizamientos y caídas de material. Conviene no construir taludes en estas formaciones debido a los problemas geomorfológicos que acarrean los descalces de formaciones metaestables como ésta.

Este grupo geotécnico está integrado por el grupo litológico C3,c3.

3.2.6. Resumen de los problemas geotécnicos de la Zona 1

Los problemas constructivos serán de naturaleza diversa, desde la difícil excavabilidad de los materiales cuarcíticos hasta la excavación de desmontes en materiales formados por alternancias pizarrosas que causarán problemas de estabilidad por caídas de bloques y cuñas que podrán, en parte, solventarse evitando las situaciones más desfavorables de orientación de los taludes respecto a la estratificación, pizarrosidad y diaclasado de estas rocas.

Los grupos G3 y G16 darán problemas de índole gravitacional, al poder alterarse sus condiciones de equilibrio.

Los grupos G3 y G2 pueden dar lugar a problemas de capacidad portante en apoyos a media ladera.

En conjunto, las condiciones constructivas son de favorables a aceptables.

3.3. ZONA 2: ZONA DE LAS VEGAS ALTAS DEL GUADIANA

3.3.1. Geomorfología

Ocupa la parte central, y más extensa, del Tramo, quedando encuadrada en el sector central de la cuenca terciaria del Guadiana occidental. Se encuentra atravesada de NE a SO por la autovía N-V y de E - O por la actual N-430, además existe una densa red de carreteras locales.

Se caracteriza por una topografía prácticamente horizontal con altitudes comprendidas entre los 230 y 280 m, en la que solamente resalta la presencia de algunos inselberg de resistencia provocados por los materiales cuarcíticos. Este área queda caracterizada por las formas fluviales y los procesos ligados a ellas generados por los cursos de los ríos Guadiana y sus afluentes, Ruecas y Búrdalo.

El río Guadiana, en el Tramo, discurre por la parte suboriental de la cuenca, creando un valle amplio con un cauce de estiaje meandriforme; el resto de los canales en la llanura de inundación adoptan formas anastomosadas y sólo son activos en épocas lluviosas. También se pueden observar niveles de barras longitudinales funcionales y cicatrices de acreción lateral en los meandros.

Los ríos Ruecas y Búrdalo junto a sus afluentes han generado un conjunto de depósitos de llanura de inundación que siguen direcciones Norte-Sur y Noroeste-Sureste.

En el borde occidental de la cuenca se reducen los depósitos de llanura de inundación, llegándose a encajar algo la red de drenaje.

Asociados a las cresterías cuarcíticas de los inselbergs se disponen depósitos de ladera y coluviones provocados por la actuación de procesos gravitacionales generados por estos materiales. Los principales relieves provocados por estos inselbergs son las Sierras de Yelves, Batanejo, Sierra de Enfrente, La Sierrecilla y las Sierras de Rena y Suárez.

Sobre las terrazas y llanuras de inundación del río Guadiana se depositan arenas que provienen de la reelaboración eólica de arenas fluviales, formando un manto extenso al Norte del río Guadiana.

Los sedimentos terciarios presentan estructura tabular con niveles de gravas cuarcíticas que, al estar exhumadas por la incisión fluvial forman plataformas o superficies estructurales que tienen una extensión limitada, desapareciendo lateralmente.

Los procesos de arroyada difusa y en cauces cambiantes actúan sobre zonas con pendientes no regularizadas y suaves en materiales erosivos, que, junto al retrabajamiento de los ríos y aportes gravitacionales, generan el depósito de materiales de origen mixto, coluvial-aluvial.

Por último, reseñar el impacto de las actividades antrópicas, en la red de drenaje, ligadas al desarrollo de las zonas de regadío del Plan Badajoz.

3.3.2. Tectónica

La tectónica de la Zona 2 está relacionada con la formación de la cuenca del Guadiana desde finales del Paleógeno, con los impulsos de la Orogenia Alpina y con la actividad neotectónica posterior que provocan superficies erosivas (más visibles en la Zona 3) que son destruidas posteriormente por la incisión fluvial en este área.

El accidente tectónico más importante de este área es una fractura de dirección NNE-SSO, subvertical y de edad alpina, al Oeste de la Zona, que constituye un borde tectónico de la cuenca del Guadiana, afectando a estructuras hercínicas. Fallas menores, de la misma dirección y cercanas a esta fractura, llegan a afectar a materiales de edad Mioceno.

Este accidente probablemente ha tenido actividad neotectónica y se ve afectado por fracturas de dirección aproximada N125°E.

La cuenca sufrió una reactivación tectónica distensiva importante en el Mioceno, que marca la separación de los ciclos de deposición de depósitos tipo raña comentados en el apartado de Estratigrafía. Posteriormente, en el Plioceno, otros fenómenos distensivos condicionan el borde de la cuenca, siendo los responsables de la deposición de los glacis y rañas pliocenas.

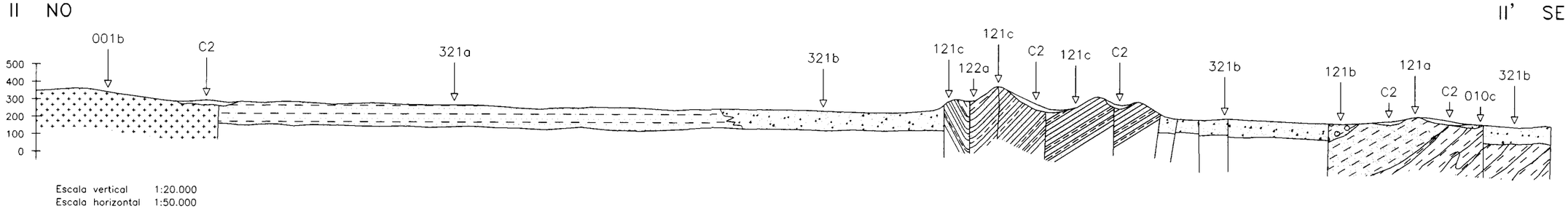
En la Figura 3.4. se puede observar un corte geológico de la Zona 2.

3.3.3. Estratigrafía

En la figura 3.5. se representa la columna estratigráfica de la Zona 2.

3.3.4. Grupos litológicos

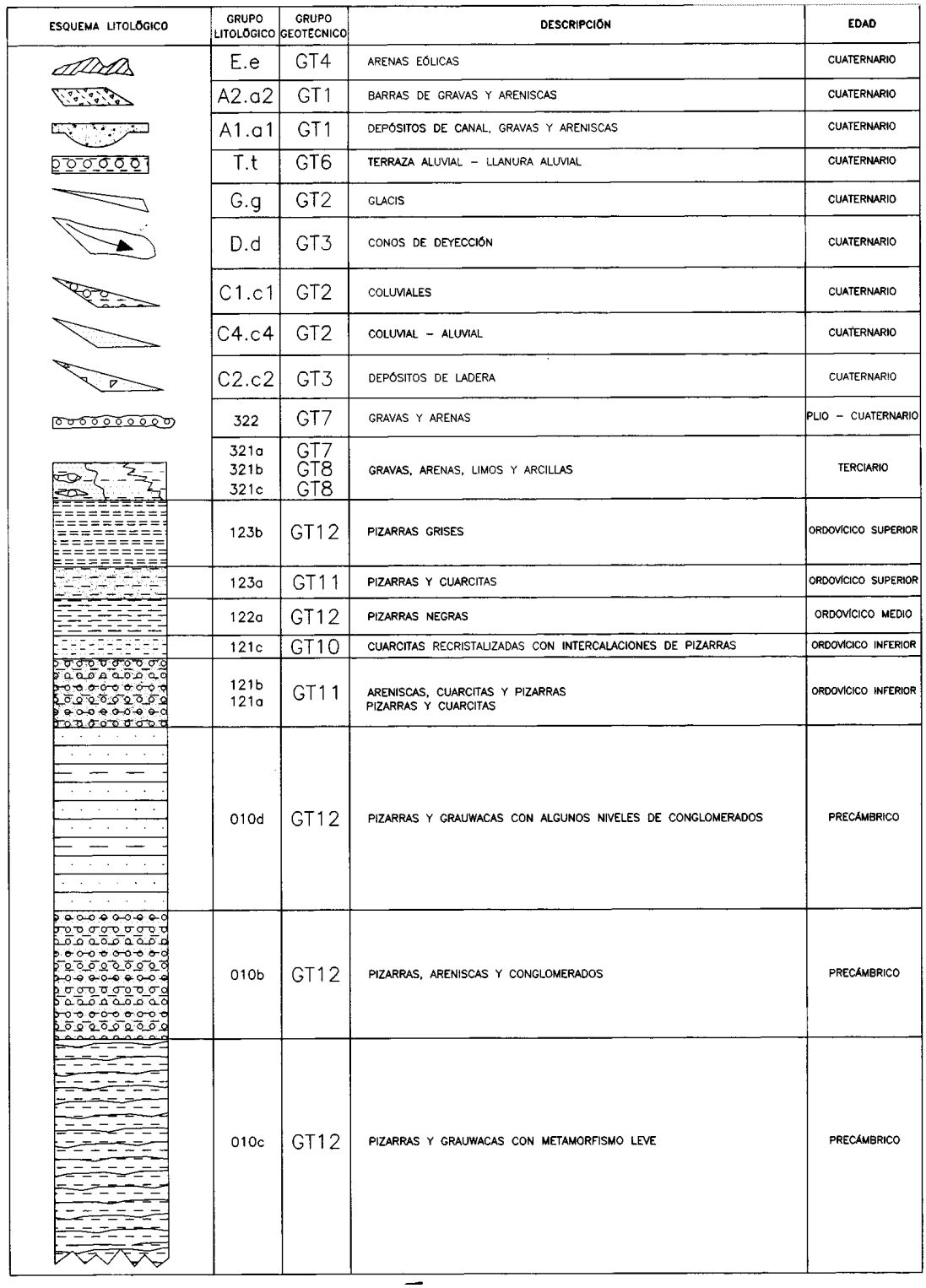
Se describen la litología, estructura y características geotécnicas de cada una de las formaciones litológicas que se han diferenciado en la cartografía en la Zona 2.



LEYENDA

	C2	Depósitos de ladera		121b	Areniscas, cuarcitas y pizarras
	321a	Gravas, arenas, limos y arcillas		121a	Pizarras y cuarcitas
	321b	Gravas, arenas, limos y arcillas		001b	Granodiorita biotítica
	122a	Pizarras negras		010c	Pizarras y grauwacas con metamorfismo leve
	121c	Cuarcitas recristalizadas con intercalaciones de pizarras			

Figura 3.4. *Corte geológico de la Zona 2.*



ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	E.e	GT4	ARENAS EÓLICAS	CUATERNARIO
	A2.a2	GT1	BARRAS DE GRAVAS Y ARENISCAS	CUATERNARIO
	A1.a1	GT1	DEPÓSITOS DE CANAL, GRAVAS Y ARENISCAS	CUATERNARIO
	T.t	GT6	TERRAZA ALUVIAL – LLANURA ALUVIAL	CUATERNARIO
	G.g	GT2	GLACIS	CUATERNARIO
	D.d	GT3	CONOS DE DEYECCIÓN	CUATERNARIO
	C1.c1	GT2	COLUVIALES	CUATERNARIO
	C4.c4	GT2	COLUVIAL – ALUVIAL	CUATERNARIO
	C2.c2	GT3	DEPÓSITOS DE LADERA	CUATERNARIO
	322	GT7	GRAVAS Y ARENAS	PLIO – CUATERNARIO
	321a 321b 321c	GT7 GT8 GT8	GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	TERCIARIO
	123b	GT12	PIZARRAS GRISES	ORDOVÍCICO SUPERIOR
	123a	GT11	PIZARRAS Y CUARCITAS	ORDOVÍCICO SUPERIOR
	122a	GT12	PIZARRAS NEGRAS	ORDOVÍCICO MEDIO
	121c	GT10	CUARCITAS RECRISTALIZADAS CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
	121b 121a	GT11	ARENISCAS, CUARCITAS Y PIZARRAS PIZARRAS Y CUARCITAS	ORDOVÍCICO INFERIOR
	010d	GT12	PIZARRAS Y GRAUWACAS CON ALGUNOS NIVELES DE CONGLOMERADOS	PRECÁMBRICO
	010b	GT12	PIZARRAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS	PRECÁMBRICO
	010c	GT12	PIZARRAS Y GRAUWACAS CON METAMORFISMO LEVE	PRECÁMBRICO

Figura 3.5. *Columna Litológico-estratigráfica de la Zona 2.*

ALUVIAL, A1

- Litología

  Se incluyen aquí los depósitos aluviales de canal, tanto los activos como los abandonados. Se trata de gravas cuarcíticas subredondeadas de hasta 30 cm de diámetro, pero lo más normal es que tengan de 6-7 cm, de diámetro. La matriz es arenosa de tonos pardos. A veces se intercalan niveles arenosos de grano medio a grueso y espesores decimétricos. En los canales abandonados, el depósito en su parte superficial tiene contenido en limos algo mayores.

- Estructura

  Deposición horizontal. Niveles arenosos intercalados de orden decimétrico. Estructura interna masiva. El espesor puede superar los 3 m. con relativa facilidad.

- Geotécnia

  Se trata de un suelo con baja capacidad portante, lo que puede generar asientos.

  Poseen una permeabilidad media y drenaje superficial insuficiente, por lo cual, en épocas de lluvias es fácilmente inundable. Además el nivel freático puede estar cercano a la superficie. Es una formación excavable.

GRAVAS, a2

- Litología

  Se trata de las barras longitudinales, laterales y point-bar de meandros. Se trata pues de gravas muy lavadas, cuarcíticas en su mayor parte, y con escasa matriz arenosa, también cuarcítica. La mayor parte de los cantos están entre los 6 y 15 cm de tamaño. Se pueden observar en la Foto 3.20.

- Estructura

  Su deposición es horizontal. Generalmente su ordenación interna es masiva, pero se pueden observar cantos imbricados y estratificación cruzada en zonas más arenosas. El espesor puede llegar a los 3 m. Pueden ser susceptibles de uso como áridos.

- Geotécnia

  Se trata de suelos con capacidad portante baja-media. Puesto que los cantos de cuarcita se apoyan unos sobre otros al ser escasa la matriz.

  La permeabilidad es alta y los drenajes superficiales deficientes. Son zonas susceptibles de inundación dada su cercanía a los cursos de agua. Niveles freáticos muy cercanos a la superficie.



Foto 3.20. Aspecto en campo del grupo litológico a2

TERRAZAS Y LLANURAS DE INUNDACIÓN, T

- Litología

  Se trata de gravas con cantos y bloques redondeados y subredondeados, de cuarcita, con una matriz abundante, de carácter areno-arcilloso. A techo se enriquece en niveles de arenas arcósicas, arenas y limos. Los colores son de ocres a marrón oscuro.

- Estructura

  Deposición horizontal, en capas con abundantes cambios lsaterales de facies. Estructura interna masiva, el espesor puede llegar a 15-20 m, se observan cicatrices erosivas.

- Geotécnia

  Se trata de suelos con capacidad portante baja. La permeabilidad es media-baja y los drenajes superficiales muy deficientes, por lo que en épocas de lluvias constituyen zonas fácilmente inundables. Esta formación es excavable. Pueden ser útiles como fuente de áridos y de material para préstamos. Son fácilmente erosionables, por lo que las pendientes de los taludes a practicar deben ser bajas, para prevenir acarcavamientos y caídas de cantos y chineo.

DEPÓSITOS COLUVIONALES, C1

Estos depósitos ya se han descrito en la Zona 1, apartado 3.2.4.

DEPÓSITOS DE LADERA, C2

Este grupo se describió en la Zona 1, apartado 3.2.4.

DEPOSITO MIXTO ALUVIAL-COLUVIAL, c4

- Litología

  Se trata de depósitos de arcillas y limos con cantos dispersos, en zonas de pendientes no regularizadas.

- Estructura

  Deposición subhorizontal y estructura interna masiva. Su espesor es difícil de estimar, en todo caso, es pequeño sin superar en el mayor de los casos los 3 m.

- Geotécnia

  Se trata de un suelo sin consolidar, con capacidad portante baja, pudiendo generar asientos. Son suelos compactos. Su permeabilidad es baja, siendo suficientes los drenajes superficiales. Es una formación excavable y erosionable.

  No se han observado taludes de interés, no obstante, se recomienda no superar una inclinación 2H:1V, ya que son fácilmente erosionables, por tanto pueden gene-

rar cárcavas y pequeños deslizamientos, aunque dada su escasa potencia y situación geográfica, va a tener poca incidencia en los diseños constructivos.

GLACIS, g

Este grupo litológico se describirá en la Zona 3, apartado 3.4.4.

DEPÓSITOS DE ABANICO ALUVIAL, D

Este grupo litológico ya se describió en la Zona 1. Apartado 3.2.4.

ARENAS EOLICAS, e

- Litología

  Se trata de arenas de tonos ocres claros y pardos, muy bien seleccionados y de grano muy fino, sueltas y sin apenas matriz. Provienen de la reelaboración y retrabajado eólico de las arenas fluviales que coronan las terrazas del Guadiana. Composición mayoritariamente cuarcítica. En la Foto 3.21. se observa el aspecto de estas arenas.



Foto 3.21. Aspecto de campo del grupo litológico e

- Estructura

  Su depósito es horizontal. Debido al alto grado de antropización de los depósitos no se observan estructuras internas.

  El espesor es muy variable generalmente inferior a 1 m. y en muy pocas ocasiones lo supera. A veces, se ve estratificación plana.

- Geotécnia

  Se trata de un suelo con capacidad portante muy baja y un grado de compactación también bajo.

  La permeabilidad de este grupo es elevada, pero disminuye dada la mezcla hecha por el hombre entre el substrato y estas arenas. Los drenajes superficiales son muy deficientes.

  En estas zonas, pueden llegar a sufrir encharcamientos dado el escaso espesor de esta formación. Además, los niveles freáticos pueden ser cercanos a la superficie.

  Son materiales excavables y erosionables. Dada la poco potencia de estos depósitos su incidencia en las condiciones constructivas de taludes y apoyos son mínimas.

SUELOS, v1

Este grupo litológico ya se describió en la zona 1, apartado 3.2.4.

GRAVAS Y ARENAS, (322)

- Litología

  Se trata de gravas poco consolidadas, de redondeadas a subangulosas, de cuarcita y granito, con cantos, por lo general de 6 a 10 cm, habiéndose observado cantos de hasta 20 cm. Tienen poca matriz. Presentan niveles intercalados de arenas, limos y arcillas de colores rojizos.

  Se puede observar el aspecto de estos materiales en la Foto 3.22.



Foto 3.22. Aspecto en campo del grupo litológico (322)

- Estructura

  Las gravas se organizan en bancos de 20 a 40 cm de espesor que yacen con una leve inclinación, presentan cambios laterales de facies, hacia tramos más arenosos. Estos materiales tienen a base, una superficie de erosión bastante marcada.

- Geotécnia

  Se trata de un suelo con capacidad portante media-baja, su permeabilidad es media-alta y sus drenajes superficiales suficientes.

  Se trata de materiales excavables y erosionables.

  En los taludes observados presentan chineos y caída de materiales sueltos. Se recomienda no exceder en 2H:1V la inclinación de los taludes construidos, para prevenir la formación de cárcavas, dada su erosionabilidad.

ARENAS, GRAVAS, LIMOS Y ARCILLAS, (321a)

- Litología

  Se trata fundamentalmente de arenas arcósicas y litoarenitas con abundante matriz limo-arcillosa entre las cuales se intercalan algunos niveles de cantos y gravas de poca continuidad lateral. Estas gravas tienen cantos de 5 a 10 cm; por lo general, tienen colores ocres y a veces rojizos. Culminan esta formación otras litologías de grano más fino como son limos y arcillas.

  Un aspecto de esta formación se puede observar en la Foto 3.23.

- Estructura

  Su deposición es horizontal-subhorizontal. Los niveles de conglomerados son de orden decimétrico, a veces métrico, pero en todo caso el espesor es bastante irregular, incluso desapareciendo lateralmente, por cambio de facies.

  Las arenas se disponen de forma parecida pero son mucho más abundantes, en capas más potentes de 3 ó 4 m. de espesor. El espesor total del grupo puede llegar a los 200 m.

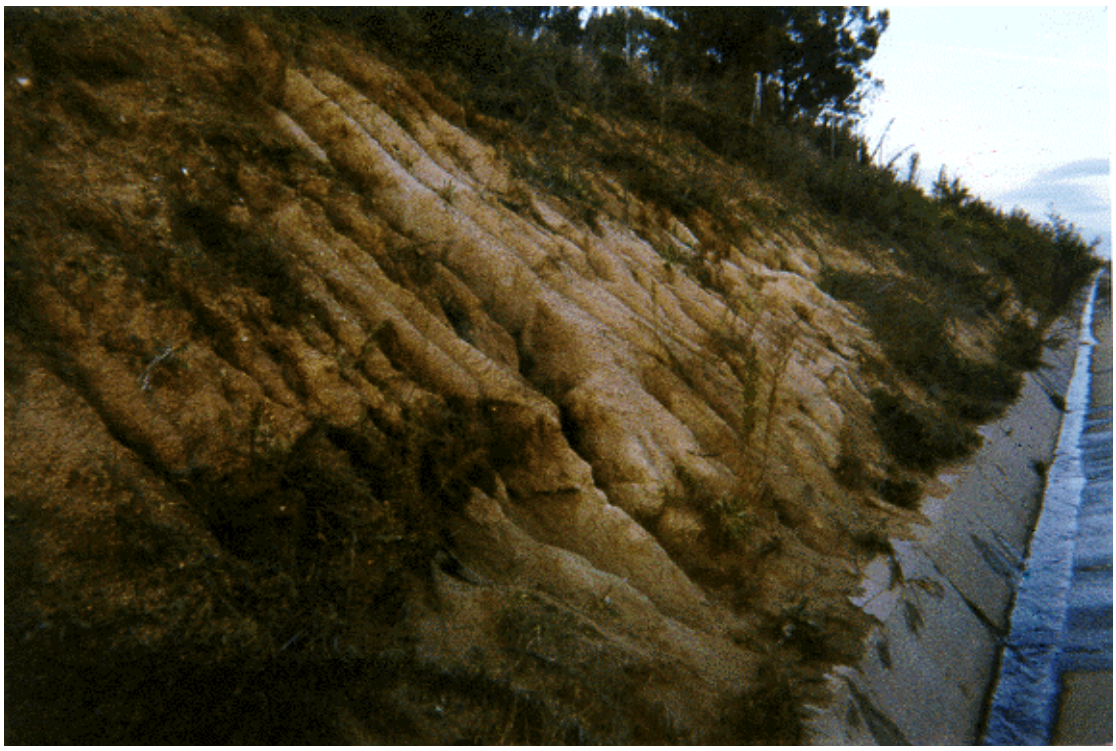


Foto 3.23. Aspecto en campo del grupo litológico (321a)

- Geotécnia

  Se trata geotécnicamente, de suelos, de baja capacidad portante, que pueden generar asientos.

  La permeabilidad es baja y los drenajes superficiales pueden ser pobres, por lo que pueden dar lugar a encharcamientos en épocas de lluvias.

  Estos materiales son excavables y bastante erosionables.

  Se han observado taludes, en la N-V, sobre estos materiales con inclinaciones no superiores a 45° que no presentan problemas importantes, aunque pueden aparecer fenómenos de acarcavamiento y caídas de pequeñas presas de tierra y cantos, además de chineo.

ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, (321b)

- Litología

  Estos materiales son parecidos a los anteriores, en los que están ausentes las fracciones más gruesas. Se trata, pues, de arenas (arcosas y litoarenitas), limos y arcillas rojizas, verdosas, marrones y amarillentas. Muy esporádicamente aparece algún nivel de cantos. En la Foto 3.24. se observa el aspecto.



Foto 3.24. Aspecto en campo del grupo litológico (321b)

- Estructura

  Su deposición es subhorizontal. Su estructura interna es masiva. Su espesor puede llegar a los 150 m.

- Geotécnia

  Se trata de suelos con baja capacidad portante, pueden producirse asientos. Son suelos con elevada compacidad, no plásticos. Su permeabilidad es baja y los drenajes superficiales deficientes.

  Son materiales muy susceptibles de erosión, observándose acarcavamiento en los taludes. Los observados son bajos y no presentan problemas, pero potencialmente, pueden originarse deslizamientos, caídas de material suelto y erosión, por lo que sería conveniente no superar inclinaciones 1H:1V, no realizar taludes altos en esta formación y tomar las medidas pertinentes para que estos materiales no alcancen la calzada.

LIMOS Y ARCILLAS, (321c)

- Litología

  El conjunto es predominantemente arcilloso y limoso de colores rojos, con cantos dispersos subangulosos de cuarcitas dispersas. Presenta, en general, mala calidad de afloramiento. Foto 3.25.



Foto 3.25. Aspecto de campo del grupo litológico (321c)

- Estructura

  Se depositan horizontalmente y su estructura interna es masiva. El espesor total es aproximadamente de unos 25 m. Se encuentra por encima topográficamente de la formación anterior; estratigráficamente es un cambio lateral de facies de esos mismos materiales.

- Geotécnia

  Se trata de suelos con baja capacidad portante, pudiendo generar asientos. Tienen una elevada compacidad. Estos materiales presentan cierta plasticidad.

La permeabilidad es muy baja y los drenajes superficiales; en ocasiones, son deficientes, por lo que pueden generar Zonas encharcadas en épocas de lluvias. Son materiales excavables y erosionables.

No se observan taludes de interés, pero es conveniente no construir taludes altos y de una inclinación que no supere 1H:1V, ya que potencialmente pueden generarse desprendimientos y caída de material en los taludes.

PIZARRAS GRIS, (123b)

Este grupo se ha descrito en la Zona 1, apartado 3.2.4.

PIZARRAS Y CUARCITAS, (123a)

Este grupo litológico se ha descrito en la Zona 1, apartado 3.2.4.

PIZARRAS NEGRAS, (122a)

Se describieron en la Zona 1, apartado 3.2.4.

CUARCITAS BLANCAS Y GRISES RECRISTALIZADAS, (121c)

Esta formación se ha desarrollado en la Zona 1, apartado 3.2.4.

ARENISCAS, PIZARRAS Y CUARCITAS, (121b)

Estos materiales están descritos en la Zona 1, apartado 3.2.4.

CUARCITAS Y PIZARRAS, (121a)

Esta formación está descrita en la Zona 1, apartado 3.2.4.

PIZARRAS Y ARENISCAS NEGRAS, (010e)

- Litología

  Son pizarras y limonitas rojas replegadas, compactas, con glándulas y diquecillos de cuarzo. Presentan niveles de cuarcitas grises muy recristalizadas y conglomerados rojizos con cantos de cuarzo redondeados en matriz lutítica. Los cantos tienen tamaños de 1 a 2 cm. y de 3 a 5 mm. La matriz es abundante. En la Foto 3.26. se observa un talud construido en estos materiales.



Foto 3.26. Aspecto de campo del grupo litológico (010e)

- Estructura

  Los buzamientos son subverticales. El espesor visto de la formación es de 35 m. pero el total debe ser bastante mayor. El macizo rocoso se encuentra muy replegado.

- Geotécnia

  Se trata de rocas con capacidad portante alta. La permeabilidad es muy baja por fractura y los drenajes superficiales son suficientes. Estos materiales son ripables-ripables marginales en los primeros metros. Los taludes vistos son de altura baja y media, con inclinaciones de 45-60° y se observan caídas de bloques pequeños y de tamaño medio.

PIZARRAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS, (010b)

Este grupo litológico se describirá en la Zona 3, apartado 3.4.4.

NIVEL DE CONGLOMERADOS, (010a)

- Litología

  Se trata de microconglomerados con cantos de cuarzo y cuarcita, redondeados y de tamaño no mayores a 1 cm.

- Estructura

  Son subverticales y se encuentran formando parte de una estructura sinclinal. La potencia no llega a 25-30 m. en las zonas de mayor espesor.

- Geotécnia

  Se trata de rocas con capacidad portante alta. La permeabilidad es baja y los drenajes superficiales son excelentes. Son materiales con ripabilidad marginal-ripables. Los taludes se recomiendan con inclinaciones no superiores a 2H:3V.

GRANITO PORFIDICO CON MOSCOVITA, (001e)

- Litología

  Se trata de un granito porfídico, con fenocristales de hasta 15 cm con cierta orientación. El tamaño de grano es de grueso a medio. Tiene enclaves abundantes, oxidados y esféricos. Por lo general, se encuentra muy alterado y sus afloramientos son puntuales.

- Estructura

  Masiva. No se observa el diaclasado. Se encuentra atravesado por pequeños diques de cuarzo y microgranitos.

- Geotécnia

  Se trata de una roca con capacidad portante alta, aunque los suelos que desarrollan tienen una capacidad portante baja.

  Son rocas impermeables y con drenajes deficientes en las zonas alteradas, lo que provoca encharcamientos. Son rocas no ripables cuando están frescas, en las zonas alteradas son ripables y/o excavables. Se recomienda no superar en los taludes, inclinaciones de 2H:3V.

3.3.5. Grupos geotécnicos

En este apartado se agrupan los grupos litológicos de la Zona 2 atendiendo a sus características geotécnicas comunes. El resultado es el siguiente:

- Grupo geotécnico G1

  Formaciones aluviales compuestas por gravas redondeadas y arenas cuarcíticas y en mucho menor medida limos y arcillas. Se trata de suelos con capacidad portante, en general, baja. La permeabilidad es alta, debido a la porosidad intergranular, pues son materiales bastante lavados, pero puede disminuir localmente. Son materiales ripables por medios normales y excavables y erosionables. Suelen tener niveles freáticos cercanos a la superficie y sus drenajes superficiales suelen ser difíciles. Son materiales muy poco cohesivos.

  Tienen gran interés como materiales de préstamo y sobre todo como áridos. En la Zona 2 este grupo geotécnico está formado por los grupos litológicos A1 y a2.

- Grupo geotécnico G2

  Se trata de formaciones arenoso-limo-arcillosas que contienen cantos cuarcíticos, generalmente, angulosos. Estos cantos se disponen dispersos entre una matriz arenoso-limo-arcillosa. Se trata de suelos cohesivos, sin consolidar, con una capacidad portante baja que pueden generar asientos.

  Estos materiales son pocos permeables y suelen tener drenajes superficiales suficientes, aunque a veces no lo son y provocan encharcamientos cuando la pendiente es muy baja. Pueden tener el nivel freático cercano a la superficie.

  Los materiales de este grupo son ripables y excavables con medios mecánicos normales. Son suelos cohesivos fácilmente erosionables. No generarán graves problemas en los taludes dado su bajo espesor, no obstante, potencialmente generarán deslizamientos; así, los taludes artificiales no deberán superar los 45° de inclinación.

  En la Zona 2 este grupo geotécnico está integrado por los grupos litológicos C1 y c4.

- Grupo geotécnico G3

  Se trata de depósitos arcillo-limosos que engloban bloques heterométricos. Se caracterizan por ser suelos cohesivos, con distinto grado de compactación, excepto

en los depósitos antrópicos que son más homogéneos y más fácilmente erosionables.

La capacidad portante suele ser baja y la permeabilidad irregular, pero por lo general baja. Los drenajes superficiales suelen ser suficientes. En la base de estos depósitos, y estacionalmente, puede presentarse el nivel freático. Esto debe considerarse, puesto que son formaciones gravitacionalmente inestables y el agua puede activar estos procesos.

Son formaciones ripables y excavables. Se observan deslizamientos en taludes construidos en estas formaciones. Los taludes artificiales no deberán, en ningún caso, superar los 45° de inclinación, y en la medida de lo posible evitar estas formaciones.

Los integrantes de este grupo geotécnico en la Zona 2 son los grupos litológicos C2 y D.

- Grupo geotécnico G4

Depósitos de arenas eólicas de escaso espesor. Tienen capacidad portante muy baja. Su permeabilidad es muy alta, pero sus drenajes superficiales muy deficientes que, junto a su bajo espesor, hace que a pesar de su permeabilidad se formen charcos. Son fácilmente erosionables. Estos materiales son fácilmente ripables y excavables con medios mecánicos convencionales.

El grupo geotécnico G4, en la Zona 2, está formado por el grupo litológico D.

- Grupo geotécnico G5

Son suelos arcillosos con fracción limo y arenas. Son suelos cohesivos. Son erosionables de escaso espesor. La capacidad portante es muy baja y pueden llegar a generar asientos; la permeabilidad de estos materiales es muy baja lo que, unido a sus deficientes drenajes superficiales, provoca que estas zonas queden encharcadas en época de lluvias. Estos depósitos son ripables y excavables por medios mecánicos normales.

En las partes arcillosas presenta cierta plasticidad. Este grupo geotécnico está formado, en la Zona 2, por el grupo litológico v1.

- Grupo geotécnico G6

Se trata de gravas redondeadas con una matriz no arcillosa, arenas, limos y arcillas. Son suelos cohesivos y poco compactos. La capacidad portante es baja.

Su permeabilidad es media-baja, y sus drenajes son muy deficientes, lo que lleva al encharcamiento e inundación de extensas zonas en épocas de lluvias. Presentan el nivel freático cercano a la superficie. Son materiales fácilmente ripables y excavables por medios mecánicos convencionales.

En la Zona 2, el grupo G6 está representado por el grupo litológico T.

- Grupo geotécnico G7

Son materiales de edad terciaria, semiconsolidados, formados por arcosas, arenas, limos, arcillas y gravas cuarcíticas en niveles más o menos gruesos que no superan 1 m. de espesor y con matriz areno-limo-arcillosa. Son fácilmente erosionables y las Zonas donde abundan las fracciones arcillosas pueden presentar cierta plasticidad. En conjunto, la capacidad portante es de baja a media, existiendo la posibilidad de generarse asientos.

La permeabilidad de estos materiales es baja. Sus drenajes superficiales son muy poco eficientes en la mayor parte de los casos lo que va a provocar, en épocas de lluvias, que se originen encharcamientos.

Los grupos litológicos que encuadran este grupo geotécnico son ripables y excavables.

En la Zona 2, este grupo geotécnico está integrado por los grupos litológicos (321a) y (322).

- Grupo geotécnico G8

Son materiales de edad terciaria compuestos, en su mayor parte, por fracciones finas, arenas, limos y arcillas. Son suelos muy cohesivos y compactos.

Su capacidad portante oscila de baja a moderada. Estos materiales pueden presentar plasticidad en zonas donde abundan las fracciones más finas, que junto con lo comentado anteriormente pueden originar asientos. Su permeabilidad es baja y sus drenajes superficiales, en muchos casos, son insuficientes lo que va a originar zonas inundadas y encharcadas. Estos materiales son fácilmente ripables y excavables.

Los taludes construidos en estas formaciones no deberán tener una inclinación mayor a 1H:1V y van a presentar inestabilidades por deslizamientos, erosión y caída de cantos.

Los grupos litológicos que en la Zona 2 componen este grupo geotécnico son (321b) y (321c).

- Grupo geotécnico G10

Este grupo geotécnico se caracteriza porque sus grupos litológicos son muy ricos en cuarzo, que les imprime gran dureza y resistencia, están frecuentemente muy diaclasados. Se trata de rocas estratificadas con una elevada capacidad portante.

La permeabilidad de este grupo es muy baja y por fractura, sin embargo tiene unos drenajes superficiales excelentes puesto que siempre originan resalte respecto a otros grupos. Estos materiales no son ripables con métodos mecánicos tradicionales y necesitarán de la ayuda de explosivos para su excavación. Los taludes podrán levantarse con inclinaciones de hasta 2H:3V y deberá cuidarse la orientación de éstos respecto a la estratificación. Será recomendable hacer estudios de la estratificación y diaclasado de estas formaciones al acometer obras de este tipo. Estos materiales pueden ser de utilidad como fuente de áridos de machaqueo y préstamo.

En la Zona 2, el grupo litológico (121c) es el que compone este grupo geotécnico.

- Grupo geotécnico G11

Está formado por alternancias de materiales duros y competentes, como pueden ser cuarcitas y areniscas y materiales menos competentes como las pizarras. Son materiales estratificados. Se trata de rocas con capacidad portante alta.

La permeabilidad es muy baja por fracturación. Los drenajes superficiales suelen ser suficientes. Localmente pueden tener un grado de infiltración debido a las fracturas, lo que supone la aparición de rezumes de agua. En los taludes artificiales se pueden presentar problemas de estabilidad, como desprendimientos de bloques y cuñas debido a su carácter de litologías alternantes. En los términos más pizarrosos es aconsejable no superar los 45° de inclinación y evitar orientaciones de talud desfavorables respecto a la dirección, buzamiento de las capas, diaclasado y esquistosidad. Será recomendable hacer estudios detallados de la fracturación, esquistosidad y fracturación, al acometer obras de este tipo.

Este grupo se considera difícilmente ripable o con ripabilidad marginal, por la presencia de bancos potentes de naturaleza cuarcítica que complica su excavación por medios mecánicos habituales. Las zonas alteradas y localmente donde están más fracturadas serán zonas ripables.

Los grupos litológicos que integran este grupo geotécnico son: (121a), (121b), (123a), (010a), (010b) en la Zona 2.

- Grupo geotécnico G12

Son formaciones mayoritariamente pizarrosas, estratificadas y esquistosadas. Estas rocas se caracterizan por no tener una elevada dureza y por la existencia de planos de debilidad en su seno.

En general, estas rocas tienen capacidad portante alta, pero localmente puede pasar a moderada, e incluso a baja, al estar alterado el substrato. En apoyos a media ladera y poco profundos, los valores pueden llegar a ser moderados e incluso bajos si tenemos en cuenta los condicionantes geomorfológicos y tectónicos.

La permeabilidad de este grupo es muy baja, por fracturación y los drenajes superficiales son suficientes.

Este grupo se considera mayoritariamente ripable, aunque localmente pueda tener ripabilidad marginal en razón de su grado de meteorización y fracturación.

Los taludes artificiales construidos sobre este grupo podrán tener problemas de estabilidad referente a la caída de bloques y cuñas y desprendimientos. Se aconseja no superar inclinaciones 1H:1V en su construcción.

En la Zona 2, los grupos litológicos que componen este grupo geotécnico son: (122a), (010e) y (123b).

- Grupo geotécnico G15

Se trata de formaciones rocosas intrusivas, cristalinas y, en general, con un grado de meteorización alto, aunque éste es irregular.

En general, la capacidad portante es alta, pero en zonas meteorizadas, dependiendo del grado de esta meteorización puede disminuir y generar asientos. La permeabilidad es baja, en general, aumentando localmente por fracturación y por meteorización. En general, los drenajes superficiales suelen ser suficientes.

La ripabilidad de estos materiales es muy variable, desde no ripable en zonas frescas a ripable en zonas muy meteorizadas y tectonizadas.

Para la construcción de taludes artificiales en estas formaciones es necesario realizar estudios locales exhaustivos de la fracturación, pues si el ángulo de incidencia y

la inclinación no son adecuados, los bloques delimitados por el diaclasado podrían deslizar como cuñas.

Este grupo geotécnico es interesante por sus posibilidades como árido y material de préstamo. El grupo litológico que integra este grupo geotécnico en la Zona 2 es (001e).

3.3.6. Resumen de problemas geotécnicos en la Zona 2

Básicamente es de resaltar los malos drenajes existentes en los grupos litológicos que componen esta Zona, que dan lugar en épocas lluviosas a inundaciones y todos los problemas que traen consigo éstas.

También son de resaltar los problemas de capacidad portante, que pueden generar asientos. Los niveles freáticos cercanos a la superficie son frecuentes en los grupos litológicos A1, A2 y T, sobre todo.

Los depósitos de ladera, conos de deyección y coluviones, son depósitos que además, de generar problemas por su capacidad portante, pueden hacerlo por su inestabilidad gravitacional, acentuándose ésta en las épocas de lluvias.

En conjunto, las condiciones constructivas son bastante desfavorables, pero son zonas en las que no existen problemas topográficos y pueden solventarse muy bien los geomorfológicos.

3.4. ZONAS DE RELIEVES ALOMADOS

3.4.1. Geomorfología

Se encuentra repartida entre las zonas Sudeste, Norte y Noroeste del Tramo. Básicamente se encuentra formada por materiales precámbricos y granitos que forman los bordes de la cuenca del Guadiana. Todavía se observan, en la parte SE del Tramo, restos de una superficie de arrasamiento de índole regional deteriorada actualmente y que se encuentra tapizada por glacis.

Esta Zona se caracteriza porque presenta un relieve poco contrastado, con zonas aplanadas y suavemente alomadas. Las pendientes suelen ser suaves, aumentando en las inmediaciones de los ríos que están relativamente encajados.

Existen procesos de regularización de vertientes, funcionando actualmente, lo que provoca la suavización de las laderas que se encuentran en equilibrio con procesos de tipo arroyada en manto o en regueros.

La red fluvial en el ámbito de la Zona se caracteriza por la existencia de cauces de carácter estacional tributarios del Zújar y Guadiana que son los principales ríos de esta Zona. El cauce de éstos es anastomosado.

Los relieves graníticos están muy fracturados, observándose fallas que dan un acusado control morfológico. En determinadas zonas de afloramiento se observan morfologías de berrocal, pero lo más normal es que los granitos estén alterados y originen morfologías de lehn granítico, con afloramiento de bolos esporádicos.

Tanto en materiales precámbricos, como en los graníticos, existen pequeños resaltes morfológicos alineados originados por diques de cuarzo.

Es característico de la parte suboriental de esta Zona las morfologías de glacis, que originan una superficie topográfica que corona todos los relieves, que por su carácter regional pueden considerarse como depósitos procedentes de sierras paleozoicas situadas al SO del Tramo.

3.4.2. Tectónica

En esta subzona, esta formada por materiales precámbricos en su mayor parte, que están afectados por la fase sárdica (anterior a la Hercínica), pero sus efectos están enmascarados y retrabajados por las estructuras provocadas por la Orogenia Hercínica. Esta es la responsable de todas las estructuras de plegamientos NO-SE y NNO-SSE.

Los materiales precámbricos se comportan de forma muy homogénea frente a la deformación, los pliegues son bastante apretados, de planos axiales subverticales y con mayor desarrollo de uno de sus flancos.

Existen una serie de fracturas, de direcciones entre E-O y ONO-ESE prácticamente perpendiculares a las estructuras mencionadas: unas locales que se amortiguan al entrar en materiales poco competentes y otras de mayor orden que afectan a varias litologías son de desgarre y tardihercínicas.

Los granitos, están afectados por 2 familias de fracturas de direcciones ONO-ESE y N-S aproximadamente. En la Figura 3.6. se observa un corte geológico de la Zona 3.

3.4.3. Estratigrafía

La columna estratigráfica correspondiente a la Zona 3 se representa en la Figura 3.6.

La Figura 3.7 representa un corte esquemático de la Zona 3.

3.4.4. Grupos litólogicos

En este apartado se describen la litología, estructura y características geotécnicas de cada uno de los grupos litológicos de la Zona 3.

ALUVIAL, A1

Este grupo litológico se describió en la Zona 2, apartado 3.3.4.

GRAVAS, a2

Esta formación se describió en la Zona 2 por adquirir en ésta un mayor desarrollo, apartado 3.3.4.

TERRAZAS Y LLANURA DE INUNDACIÓN, T

Este grupo litológico también ha sido descrito en la Zona 2, apartado 3.3.4.

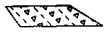
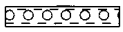
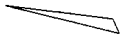
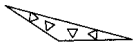
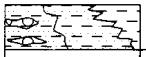
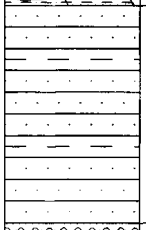
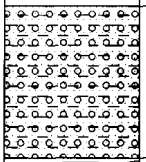
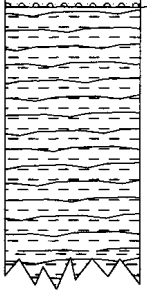
ESQUEMA LITOLÓGICO	GRUPO LITOLÓGICO	GRUPO GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN	EDAD
	A2.a2	GT1	BARRAS DE GRAVAS Y ARENISCAS	CUATERNARIO
	A1.a1	GT1	DEPÓSITOS DE CANAL, GRAVAS Y ARENISCAS	CUATERNARIO
	T.t	GT6	TERRAZA ALUVIAL – LLANURA ALUVIAL	CUATERNARIO
	G.g	GT2	GLACIS	CUATERNARIO
	D.d	GT3	CONOS DE DEYECCIÓN	CUATERNARIO
	C1.c1	GT2	COLUVIALES	CUATERNARIO
	C4.c4	GT2	COLUVIAL – ALUVIAL	CUATERNARIO
	C3.c3	GT16	CANCHAL	CUATERNARIO
	C2.c2	GT3	DEPÓSITOS DE LADERA	CUATERNARIO
	322	GT7	GRAVAS Y ARENAS	PLIO – CUATERNARIO
	321a 321b 321c	GT7 GT8 GT8	GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS	TERCIARIO
	010d	GT12	PIZARRAS Y GRAUWACAS CON ALGUNOS NIVELES DE CONGLOMERADOS	PRECÁMBRICO
	010b	GT12	PIZARRAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS	PRECÁMBRICO
	010c	GT12	PIZARRAS Y GRAUWACAS CON METAMORFISMO LEVE	PRECÁMBRICO

Figura 3.6. *Columna estratigráfica de la Zona 3*

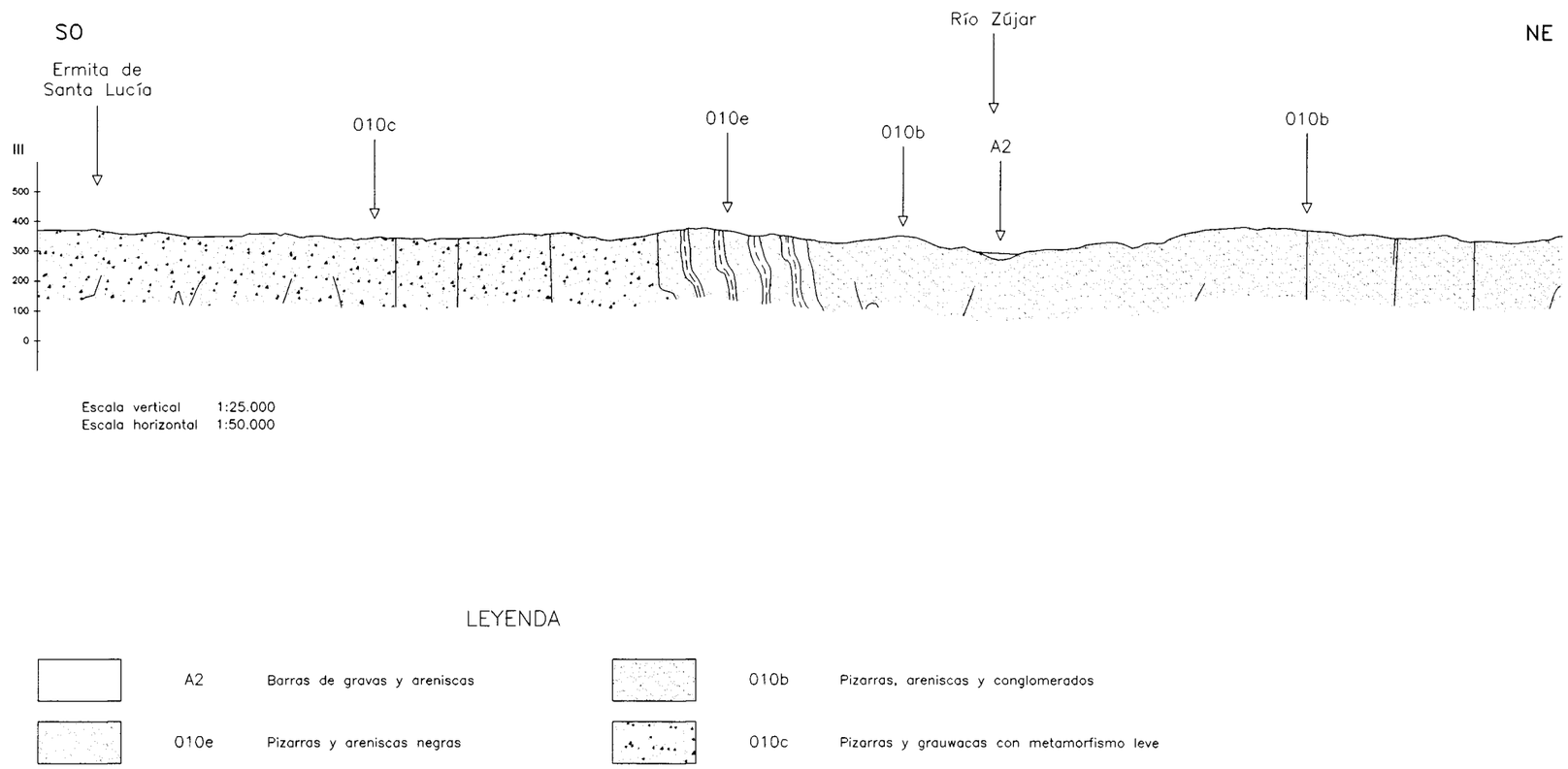


Figura 3.7. *Corte esquemático de la Zona 3*

DEPÓSITOS COLUVIONARES, C1

Este grupo litológico se describió en la Zona 1, apartado 3.2.4.

DEPÓSITOS DE LADERA, C2

Esta formación se describió en la Zona 1, apartado 3.2.4.

DEPOSITO MIXTO ALUVIAL-COLUVIAL, C4

Este grupo se describió en la Zona 2, apartado 3.3.4.

GLACIS, G

- Litología

  Se trata de depósitos compuestos por limos, arcillas y arenas en su gran mayoría, que engloban cantos cuarcíticos de redondeados a subangulosos. Se forman a expensas de las rañas que quedan fuera de la Zona de estudio.

- Estructura

  Son depósitos masivos con una pendiente muy suave, ocupando las zonas altas de los relieves arrasados, su espesor no suele superar los 3,5 metros. La pendiente es suave (O-2° al norte).

- Geotécnia

  Se trata de suelos con capacidad portante baja, que pueden generar asientos. Son materiales excavables. Su permeabilidad es baja, los drenajes superficiales parecen suficientes. Dado su escaso espesor y desigual distribución van a tener poca incidencia en el diseño y construcción de carreteras; sin embargo, dada la potencial erosionabilidad de estos materiales los paramentos de los taludes deben ser tendidos para evitar fenómenos de acarcavamiento.

DEPÓSITOS DE ABANICO ALUVIAL, D

Este grupo litológico se ha desarrollado en la Zona 1, apartado 3.2.4.

SUELOS, v1

Este grupo litológico se ha descrito en la Zona 1, apartado 3.2.4.

JABRE, V2

- Litología

  Este grupo litológico es un depósito generado "in situ", como resultado de la alteración de los granitos; es una arena gruesa, prácticamente sin matriz, aunque a veces puede incluir una fracción arcillosa; el tamaño de grano, esporádicamente, puede ser mayor de 2 mm, son heterométricas y angulosas, donde la composición es fundamentalmente cuarzo y feldespato, con algún grano de micas.

- Estructura

  Tiene una morfología diversa, rellenando zonas de alteración, internamente, no presenta ninguna ordenación interna y el espesor es muy variable, entre algún metro, 1-2 m, hasta decenas de metros. Normalmente los mayores espesores están asociados a las zonas de fractura que han sufrido importantes procesos de alteración.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de un suelo, con capacidad portante media a baja que puede generar asientos. El grupo litológico es excavable. La permeabilidad es media por porosidad intergranular. A veces la permeabilidad queda reducida por la presencia de una fracción limo-arcillosa.

  Las zonas de jabre son de topografía llana, existiendo en ocasiones problemas de encharcamiento, aunque no es lo normal puesto que normalmente los drenajes subterráneos son suficientes. Puede ser susceptible de uso como árido.

  No se han observado taludes naturales, ni artificiales en este grupo litológico, pero la falta de compactación hace recomendable taludes bajos y tendidos, ya que el depósito es de fácil disgregación ante la erosión, lo que puede producir cárcavas y pequeños deslizamientos de material.

LIMOS Y ARCILLAS, (321c)

Este grupo litológico se ha descrito en la Zona 2, apartado 3.3.4.

ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, (321b)

Esta formación se describió en la Zona 2, apartado 3.3.4.

ARENAS, GRAVAS, LIMOS Y ARCILLAS, (321a)

Se han descrito en la Zona 2, apartado 3.3.4.

PIZARRAS Y GRAUVACAS, (010c)

Este grupo litológico fue descrito en la Zona 1, apartado 3.2.4.

ALTERNANCIA DE PIZARRAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS, (010b)

- Litología

  Se trata de pizarras negras y verdosas, y areniscas, de grano medio fino, alternando, en bancos decimétricos a métricos que forman paquetes de hasta 170 m, con microconglomerados de cantos de cuarzo redondeados, a veces muy cementados, en bancos de hasta 1 ó 2 m que forman paquetes de hasta 25 m. La matriz de los microconglomerados es arenosa fina y entitica. Los cantos tienen tamaños de 3-5 mm hasta 1 ó 2 cm. No están grano-soportados. En la Foto 3.27. se puede observar el aspecto de esta formación.

- Estructura

  Se disponen en alternancia con buzamientos de subverticales a verticales y direcciones de N150°E A N160°E, la potencia estimada de esta formación es de unos 1.100 m. Los conglomerados tienen base plana no erosionada. Se observan pliegues de orden métrico.

- Geotécnia

  Se trata de rocas con capacidad portante alta. Son rocas muy impermeables y con unos drenajes superficiales suficientes.



Foto 3.27. Aspecto de campo del grupo litológico (010b)

Se trata de materiales ripables con zonas de ripabilidad marginal debido a la presencia de bancos decimétricos a métricos de conglomerados muy cementados, casi cuarcitas. Los taludes vistos en estas litologías son pequeños y con ángulos de entre 50-70° observándose únicamente caídas de bloques pequeños y cicatrices de cuñas pequeñas de material suelto. El talud es prácticamente perpendicular a la estratificación.

Para las situaciones de paralelismo entre la traza y la dirección de las capas, sobre todo en los tramos más conglomeráticos, deberían de diseñarse taludes bajos y con ángulos tendidos, ya que estos materiales están diaclasados y pueden generar bloques y caída de cantos; así mismo por su diferente competencia con las arenas y cuarcitas se pueden producir caídas de bloques de estos materiales.

PIZARRAS Y GRAUVACAS CON ALGUNA INTERCALACIÓN DE CONGLOMERADOS, (010d)

- Litología

Se trata de pizarras finas y lajosas, negras y verdes alternando con grauvacas de grano fino-grueso, en bancos de decimétricos a métricos.

Esporádicamente aparece algún nivel de conglomerados de cuarcita, de cantos redondeados de hasta 5 cm y matriz arenosa.

- Estructura

Se trata de una alternancia en bancos decimétricos y métricos. Los buzamientos son subverticales. Los rumbos varían entre N160°E y N50-60°E se encuentran muy replegadas.

- Geotecnia

Se trata de rocas con capacidad portante alta, aunque pueden desarrollar suelos que disminuya este parámetro, pudiendo generar asientos.

Son rocas muy impermeables, los drenajes superficiales son suficientes dados sus buzamientos, se trata de rocas ripables en superficie, pasando posteriormente más en profundidad a ripabilidad marginal.

Los taludes observados en esta formación son bajos-medios, con inclinaciones de hasta 70°, con problemas de caídas de material suelto y bloques.

La alternancia de materiales con diferente competencia, máxime si están plegados, puede platear problemas de deslizamientos de unos bancos sobre otros, como por ejemplo paquetes de grauvacas y conglomerados sobre zonas pizarrosos, sobre todo en situaciones en las que el substrato pizarroso esté próximo a saturarse en agua o que esté muy alterado. En estos casos las pendientes de los taludes no deberán de superar 2H:1V, y en cualquier caso es preferible que el paramento no esté buzando más que las capas.

GRANODIORITA BIOTITICA, (001b)

- Litología

Aflora muy esporádicamente. Es una roca de colores claros, holocristalina, de grado medio a grueso, equigranular con presencia de micas algo cristalizadas. Mineralógicamente está compuesta principalmente por cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, biotita; localmente engloba a una subfacies formada por un leucogranito de grado medio grueso, con cuarzo, feldespatos y biotita muy alterada a clorita y moscovita.

- Estructura

  Masiva, intruyen en materiales precámbricos, es frecuente que estén atravesados por numerosos diques. Sus condiciones de afloramiento son malas.

- Geotecnia

  Desde el punto de vista geotécnico se trata de una roca, con capacidad portante alta, sólo es ripable en las zonas alteradas, pasando a no ripable en profundidad.

  La permeabilidad es muy baja y sólo en las zonas más alteradas. Los drenajes superficiales suelen ser suficientes, pero se pueden originar zonas encharcadas donde la topografía sea llana.

  No se han observado taludes de interés. A pesar de ésto, dado el carácter irregular de la fracturación, sería aconsejable un análisis riguroso de la fracturación a la hora del diseño de taludes, ya que puede haber riesgo de deslizamientos de bloques y cuñas y caídas de bloques.

GRANODIORITA CON CORDIERITA, (001c)

- Litología

  Se trata de un granito de tonos grises oscuros, textura holocristalina, equigranular y de grano medio, existen zonas de carácter más porfídico, grano más grueso y otras más ricas en cordierita.

  Los minerales más importantes son cuarzo, plagioclasa, biotita y feldespato alcalino, existen áreas con abundantes enclaves restíticos (de litologías pizarrosas verde-marrones).

- Estructura

  Se observa muy fracturado, con direcciones ONO-ESE y N-S. La estructura es masiva; es un plutón de carácter esférico, desde el punto de vista cartográfico.

  En su mayor parte se encuentra cubierto en las zonas aflorantes se encuentra muy fracturado, con fracturas cada 0,3 m en algunas zonas. Donde aflora lo hace dando morfologías de berrocal, disperso dentro del manto de alteración.

- Geotecnia

  Se trata de una roca con capacidad portante alta, excepto en zonas alteradas, donde disminuye, pudiendo generar asientos. La permeabilidad es baja, pero los drenajes superficiales, la mayor parte de las veces, son suficientes para que no queden zonas encharcadas. Es un grupo no ripable cuando se trata de roca fresca, pero sí cuando esta muy alterada.

  Se han observado, en roca fresca, taludes de alturas medias y de inclinaciones superiores a 60° que no presentan problemas excepto la caída de pequeños bloques. A pesar de esto, dado el carácter irregular de la fracturación sería aconsejable un análisis riguroso de la fracturación a la hora del diseño de taludes ya que puede haber riesgo de deslizamientos de cuñas y caídas de bloques.

GRANITO ALTERADO, (001e)

Se describió en la Zona 2, apartado 3.3.4.

DIQUES DE PORFIDOS LEUCOGRANITICOS, (002a)

- Litología

  Se trata de diques de un color amarillento, de textura porfídica, con cristales de cuarzo de 2-3 mm aunque se han visto de hasta 1 cm en una matriz microcristalina. Están formados por cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa y biotita. Pueden tener mineralizaciones de galena, wolframita, casiterita y sulfuros de hierro y cobre.

- Estructura

  Tienen una traza alargada y arqueada. Sus potencias son variables entre 20 cm y 5 m. Algunos tienen un importante desarrollo longitudinal de hasta 1,5-2 Km. La dirección está entre N120°E y N145°E. Dan resalte sobre el grupo (001b).

- Geotecnia

  Se trata de rocas con capacidad alta. Los drenajes superficiales son excelentes. Se trata de materiales no ripables.

  Los taludes que vayan a construirse deberán cortarlos perpendicularmente y debería hacerse un análisis riguroso de la fracturación de estos diques.

  Aunque por la potencia observada, su incidencia en una obra lineal se puede considerar mínima.

DIQUES DE CUARZO, (002b)

Este grupo litológico se describió en la Zona 1, apartado 3.2.4.

3.4.5. Grupos geotécnicos

Utilizando como criterio las características geotécnicas que tienen en común los distintos grupos litológicos, se han clasificado éstos de la siguiente forma, en la Zona 3.

- Grupo geotécnico G1

  Formaciones aluviales compuestas por gravas redondeadas y arenas sueltas, cuarcíticas, y en mucho menor medida por limos y arcillas. Se trata de suelos con capacidad portante en general baja, pueden generar asientos. La permeabilidad suele ser alta, debido a la porosidad intergranular, pues son materiales bastante lavados, pero puede disminuir localmente. Son materiales ripables por medios normales y excavables.

  Suelen tener niveles freáticos cercanos a la superficie y sus drenajes superficiales suelen ser difíciles. Son materiales muy poco cohesivos.

  Tienen gran interés como materiales de préstamo y sobre todo como áridos. En la Zona 3 este grupo geotécnico está formado por los grupos litológicos A1 y a2.

- Grupo geotécnico G2

  Se trata de formaciones arenoso-limo-arcillosas, que contienen cantos dispersos de naturaleza cuarcítica, y angulosos. Estos cantos se disponen dispersos por la matriz arenoso-limo-arcillosa. Se trata de suelos cohesivos, sin consolidar, con una capacidad portante baja, que pueden generar asientos.

  Estos materiales son poco permeables y suelen tener drenajes superficiales suficientes, aunque a veces no lo son y provocan encharcamientos cuando la pendiente es muy baja. Puede estar el nivel freático próximo a la superficie.

  Los materiales de este grupo son ripables y excavables con medios mecánicos normales. Son suelos cohesivos fácilmente erosionables. No generarán graves problemas en los taludes dado su bajo espesor, no obstante, potencialmente pueden generar deslizamientos, así los taludes artificiales no deberán superar los 45° de inclinación.

  En la Zona 3 este grupo geotécnico está integrado por los grupos litológicos C1 y g.

- Grupo geotécnico G3

  Se trata de depósitos arcillo-limosos que engloban bloques heterométricos. Se caracterizan por ser suelos cohesivos, con distinto grado de compactación, excepto en los depósitos antrópicos en los que ésta es más homogénea; son fácilmente erosionables.

  La capacidad portante suele ser baja y la permeabilidad irregular, pero por lo general baja. Los drenajes superficiales suelen ser suficientes. El nivel freático está cerca de la superficie. Esto debe considerarse, puesto que son formaciones gravitacionalmente inestables y el agua puede activar estos procesos, sobre todo en la construcción de taludes artificiales.

  Son formaciones ripables y excavables. Se observan deslizamientos en los taludes construidos en estos materiales.

  Los taludes artificiales no deberán en ningún caso superar los 45° de inclinación, y en la medida de lo posible evitar estas formaciones. Los integrantes de este grupo geotécnico en la Zona 3 son los grupos litológicos C2 y D.

- Grupo geotécnico G5

  Son suelos arcillosos, con fracción limo y arenas, son suelos cohesivos. Son erosionables y de escaso espesor. La capacidad portante es baja y pueden llegar a generar asientos. La permeabilidad de estos materiales es muy baja, lo que unido a sus deficientes drenajes superficiales provoca que estas zonas queden encharcadas en época de lluvias. Estos depósitos son ripables y excavables por medios mecánicos normales.

  En las partes arcillosas presenta cierta plasticidad. Este grupo geotécnico está formado, en la Zona 3, por el grupo litológico v1.

- Grupo geotécnico G6

  Se trata de gravas redondeadas con una matriz areno-arcillosa son suelos cohesivos y poco compactos como arenas, limos y arcillas. Su capacidad portante es baja.

  Su permeabilidad es media-baja, y los drenajes son muy deficientes, lo que lleva al encharcamiento e inundación de extensas zonas en épocas de lluvia, estando el nivel freático cercano a la superficie. Son materiales fácilmente ripables y excavables por medios mecánicos convencionales.

En la Zona 3 el grupo GT6 está representado por el grupo litológico T.

- Grupo geotécnico G7

Son materiales terciarios, semiconsolidados, formados por arcosas, arenas, limos, arcillas y gravas cuarcíticas en bancos más o menos potentes que no superan 1 m de espesor y con matriz areno-limo-arcillosa. Son suelos muy cohesivos y compactos. Son fácilmente erosivos y en las zonas donde abundan las fracciones arcillosas pueden presentar cierta plasticidad.

En conjunto la capacidad portante es de baja a media, existiendo la posibilidad de darse asientos. La permeabilidad de estos materiales es baja. Sus drenajes superficiales son muy deficientes en la mayor parte de los casos lo que va a provocar en época de lluvias que se originen encauzamientos. Los grupos litológicos encuadrados en este grupo geotécnico son ripables y excavables.

En la Zona 3 este grupo geotécnico está integrado por el grupo litológico (321a).

- Grupo geotécnico G8

Son materiales terciarios compuestos en su mayor parte por fracciones finas, arenas, limos y arcillas. Son suelos muy cohesivos y compactos.

Su capacidad portante es media. Estos materiales pueden presentar plasticidad en zonas donde predominan las fracciones más finas, pudiendo generar asientos. Su permeabilidad es baja y sus drenajes superficiales en muchos casos son insuficientes, lo que va a originar zonas inundadas y encharcadas. Estos materiales son fácilmente ripables y excavables.

Los taludes construidos en estas formaciones no deberán tener una inclinación mayor a 1H:1V y va a presentar inestabilidades por deslizamientos, caídas de cantos y acarcavamiento.

Los grupos litológicos que en la Zona 3 componen este grupo geotécnico son (321b) y (321c).

- Grupo geotécnico G9

Este grupo está formado por el resultado de los procesos aluviales que han actuado sobre los materiales plutónicos dentro del Tramo. Se trata de materiales arenosos muy poco evolucionados, localmente pueden tener matriz arcillosa.

Tienen una capacidad portante baja, pudiéndose originar asientos. Son suelos en general poco cohesivos y poco compactos. Son erosionables con facilidad. La permeabilidad es alta por lo general y los drenajes superficiales deficientes. Estos materiales son ripables y excavables.

En la Zona 3 este grupo geotécnico está compuesto únicamente por el grupo litológico v2.

- Grupo geotécnico G10

Este grupo geotécnico se caracteriza porque sus grupos litológicos son muy ricos en cuarzo lo que les imprime gran dureza y resistencia, estar frecuentemente muy fracturados.

Se trata de rocas, estratificadas con una elevada capacidad portante. La permeabilidad de este grupo es muy baja y por fractura, sin embargo tiene unos drenajes superficiales excelentes puesto que siempre originan resalte respecto a otros grupos.

Estos materiales no son ripables con métodos mecánicos tradicionales y necesitarán la ayuda de explosivos para su excavación. Los taludes podrán levantarse con inclinaciones de hasta 2H:3V y deberá tenerse en cuenta la orientación de estos respecto a la estratificación. Será recomendable hacer estudios exhaustivos de la fracturación y el diaclasado de estas formaciones al acometer obras de este tipo.

Estos materiales pueden ser de utilidad como fuente de áridos de machaqueo y como préstamo.

En la Zona 3, el grupo litológico (002b) es el que compone este grupo geotécnico.

- Grupo geotécnico G11

Está formado por alternancias de materiales duros competentes, como pueden ser cuarcitas y areniscas y materiales menos competentes como son pizarras. Son materiales estratificados, se trata de rocas con capacidad portante alta.

La permeabilidad es muy baja por fracturación. Los drenajes superficiales suelen ser suficientes. Localmente pueden tener un grado de infiltración debido a las fracturas que provoque rezumes de agua en la roca. En los taludes artificiales se pueden presentar problemas de estabilidad, como desprendimientos de bloques y cuñas debido a su carácter alternante. En términos pizarrosos es aconsejable no superar los 45° de inclinación y evitar orientaciones de talud desfavorables respecto a la dirección y buzamiento de las capas diaclasas y esquistosidad.

Este grupo se considera difícilmente ripable o con ripacidad marginal, debido al carácter alternante de sus litologías, y la posible presencia de bancos potentes en las partes cuarcíticas que complica su excavación por medios mecánicos habituales. Las zonas alteradas, y localmente donde estén más fracturadas, serán ripables.

El único grupo litológico que compone este grupo geotécnico en la Zona 3 es (010b).

- Grupo geotécnico G12

Son formaciones mayoritariamente pizarrosas, estratificadas y esquistosadas. Estas rocas se caracterizan por no tener una elevada dureza y por la existencia de planos de debilidad en su seno.

En general estas rocas tienen capacidad portante alta, pero localmente puede pasar a moderada, e incluso a baja, al estar alterado el substrato. En apoyos a media ladera y poco profundos los valores pueden llegar a ser moderados e incluso bajos si tenemos en cuenta los condicionantes geomorfológicos y tectónicos.

Los valores de permeabilidad de este grupo son muy bajos y por fracturación y los drenajes superficiales son suficientes. Este grupo se considera mayoritariamente ripable, aunque localmente pueda tener ripabilidad marginal en razón de su grado de meteorización y fracturación.

Los taludes artificiales construidos sobre este grupo podrán tener problemas de estabilidad referente a la caída de bloques, cuñas y desprendimientos. Será imprescindible hacer un estudio local de la fracturación, estratificación y esquistosidad antes de acometer ninguna obra de este tipo. A su vez se aconseja no superar inclinaciones 1H:1V en su construcción.

En la Zona, los grupos litológicos que componen este grupo geotécnico son (010c) y (010d).

- Grupo geotécnico G15

Se trata de formaciones rocosas intrusivas cristalinas, en general con un grado de meteorización alto, aunque irregular.

En general la capacidad portante es alta, pero en zonas meteorizadas, dependiendo del grado de esta meteorización puede disminuir. La permeabilidad es en general baja, aumentando localmente por fracturación y por meteorización. En general,

los drenajes superficiales suelen ser suficientes. La ripabilidad de estos materiales es muy variable desde no ripable en zonas de afloramiento a ripable en zonas muy meteorizadas y tectonizadas.

Para la construcción de taludes artificiales en estas formaciones es necesario realizar estudios exhaustivos locales de la fracturación, pues si el ángulo de incidencia y la inclinación son desfavorables, los bloques delimitados por el diaclasado podrían deslizar como cuñas.

Este grupo geotécnico es interesante por sus posibilidades como árido y de machaqueo.

Los grupos litológicos que integran este grupo geotécnico en la Zona 3 son (001c), (001b) y (002a).

3.4.6. Resumen de problemas geotécnicos de la Zona 3

Solo merece mención los problemas potenciales de caídas de bloques y deslizamiento de cuñas y materiales sueltos en la construcción de taludes artificiales, para las formaciones (010c) y (010d), se pueden solucionar evitando las orientaciones de los taludes más desfavorables respecto de la esquistosidad y estratificación.

4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

4.1. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS TOPOGRÁFICOS

En general todo el Tramo no presenta problemas derivados de su orografía, o de su diferencia de cotas puesto que los desniveles son pequeños.

El Tramo presenta 3 zonas bien diferenciadas: la primera ubicada en materiales Paleozoicos (Zona 1); la segunda situada en la cuenca del Guadiana (Zona 2) y una tercera sobre materiales Precámbricos y Graníticos (Zona 3).

La Zona 2 no presenta ningún problema de este tipo digno de resaltar.

La Zona 3 tampoco presenta grandes problemas, puesto que en el Tramo los relieves son suavemente alomados y no existen diferencias de cotas significativas.

Unicamente la Zona 1 que posee un relieve más abrupto podría presentar problemas de esta naturaleza, pero por su poca superficie y el estar alejada, en principio, de cualquier corredor posible en este Tramo, no deben de tener incidencia significativa.

4.2. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOMORFOLOGICOS

Los problemas de orden geomorfológico dentro del Tramo de Estudio se pueden dividir en dos: los relacionados con movimientos gravitacionales, y sobre todo los referentes a la dinámica fluvial, y las interacciones mutuas de los dos tipos de procesos.

Los procesos gravitacionales cobran importancia en la Zona 1 y en las laderas de los relieves residuales repartidos en la cuenca del Guadiana.

Las litologías más afectadas por estos procesos son C1, y sobre todo C2.

En la parte Oeste de la cuenca del Guadiana, las pendientes están en proceso de regularización mediante fenómenos de incisión lineal y arroyada difusa. En la cuenca del Guadiana, dominan los proceso fluviales de deposición. Debido al régimen climático existente en esta región, la topografía y los procesos geomorfológicos reinante, tienen lugar, en ciclos irregulares en el tiempo, inundaciones, que pueden ser problemáticas en combinación con las condiciones litológicas y de drenaje de la cuenca, con lo que pueden quedar inundadas áreas muy extensas.

En épocas de crecida pueden activarse canales abandonados, Zonas en las que el régimen puede cambiar de deposicional a erosivo, y en otras zonas aumentar la cantidad cambiando el tipo de depósitos.

4.3. RESUMEN DE LOS PROBLEMAS GEOTECNICOS

En el Tramo existen numerosas formaciones que tiene una capacidad portante baja, que pueden generar asientos, como los materiales terciarios de litologías más finas y los materiales cuaternarios de llanuras de inundación y terrazas. En medias laderas pueden dar problemas a la hora de diseñar apoyos y taludes (grupos C1, C2 y C3).

En el grupo (321b) y (321c) pueden experimentar problemas relacionados con su plasticidad.

Los drenajes superficiales de la zona 2 pueden llegar a ser los problemas geotécnicos fundamentales del Tramo en época de lluvias, dado el régimen climático, la baja permeabilidad de las formaciones más potentes y extensas y la topografía plana de la cuenca.

En la Zona 2, además los niveles freáticos están muy cercanos a la superficie en ciertas formaciones (T, A1 y a2).

En las Zonas 1 y 3 existen problemas con la ripabilidad de algunas formaciones como son las cuarcíticas recristalizadas y las graníticas que cuando están frescas no son ripables.

La construcción de taludes conlleva problemas de estabilidad de diversos tipos. Los materiales con estructura estratiforme y sobre todo las alternancias y los macizos rocosos graníticos y filones con fracturación y diaclasado intensos, potencialmente pueden presentar problemas de caída de bloques y cuñas. Los taludes en grupos de litologías cuaternarias y terciarias podrán tener problemas de deslizamientos (grupos C1, C2, C3, (321b) y (321c)) y erosión.

4.4. CORREDORES DE TRAZADO SUGERIDOS

La geomorfología y las poblaciones van a condicionar el corredor del Tramo San Pedro de Mérida - Valladolid. El corredor principal arrancaría desde el enlace con la autovía N-V a la altura de la localidad de Torrefresneda y continuaría hacia el este por el trazado actual de la N-430.

Existe una variante paralela al sur de este corredor desde la localidad de Santa Amalia para dar comunicación a las dos poblaciones más importantes del Tramo: Don Benito y Villanueva de la Serena y volver a la N-430 hasta la localidad de Valdivia.

En la Figura 4.1. se representan los principales corredores de trazado para una autovía en la Zona de estudio.

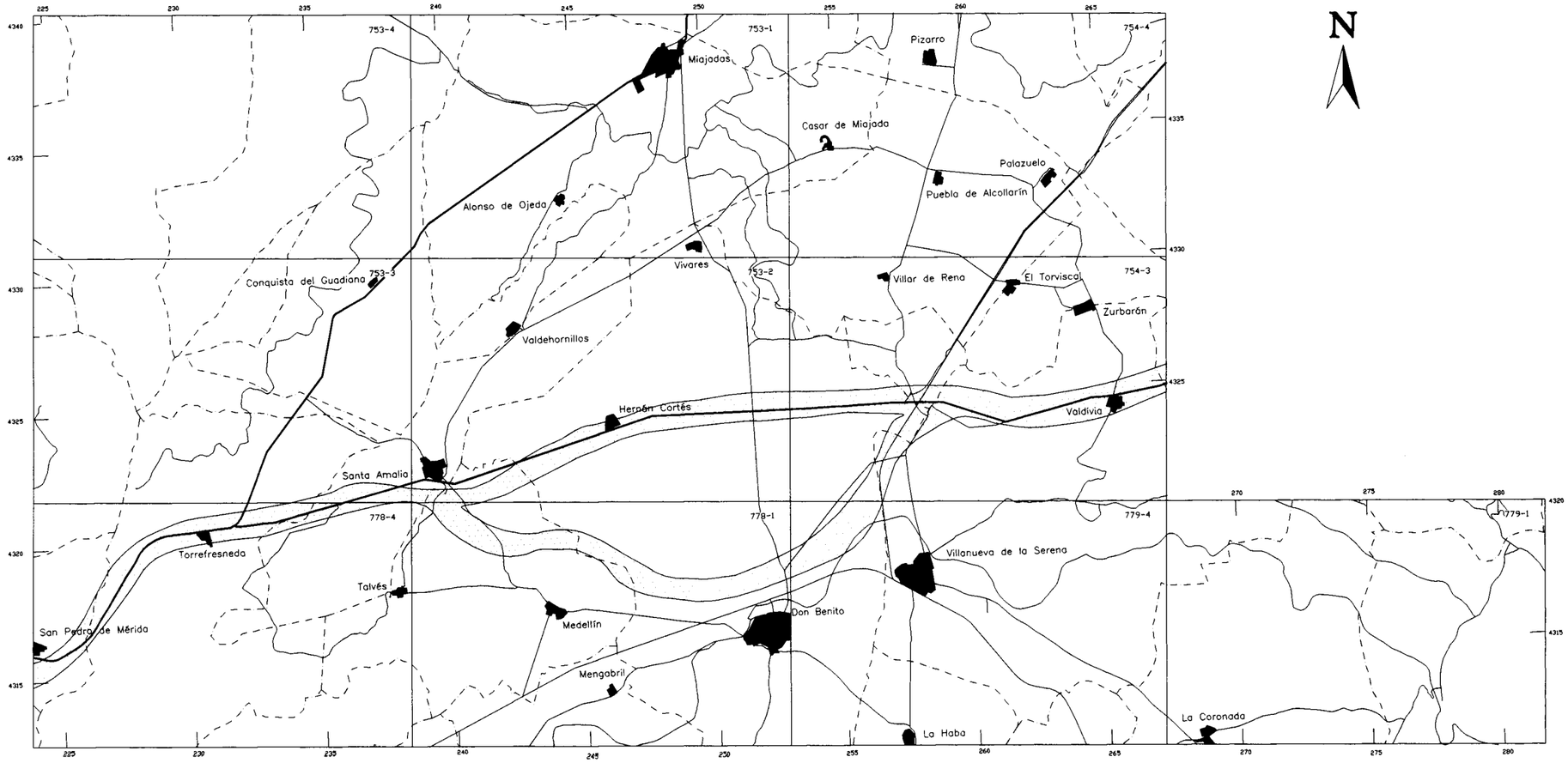


Figura 4.1. *Principales corredores de trazado del Tramo.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

5. INFORMACIÓN SOBRE YACIMIENTOS

5.1. ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente estudio no contiene un examen exhaustivo de los yacimientos de materiales del Tramo, ya que un análisis de esta entidad desbordaría por su magnitud y metodología, el alcance de los Estudios Previos, pero se ha estimado conveniente presentar de forma breve y ordenada la información sobre los yacimientos del Tramo, obtenida durante la realización de los trabajos del mismo.

La información que se da a continuación se refiere únicamente a materiales de uso en la construcción de carreteras (canteras, graveras y materiales para terraplenes y pedraplenes).

En la Figura 5.1. se presentan los principales yacimientos.

5.2. YACIMIENTOS ROCOSOS

En el Tramo de estudio los yacimientos rocosos se encuentran situados en formaciones de naturaleza cuarcítica, pizarrosa-cuarcítica y en menor medida litologías graníticas y calcáreas; son de muy pequeña entidad (algunas canteras se han abierto para coger material una sola vez) y en su totalidad están abandonadas; tienen escaso interés. En el Cuadro 5.1. se muestran los yacimientos más interesantes.

Las formaciones que se han considerado útiles como yacimientos rocosos son los grupos: (121c), (122b), (131b), (002b), (122+123), (001b), (001c), (001d), (001e), (002a), (131a).

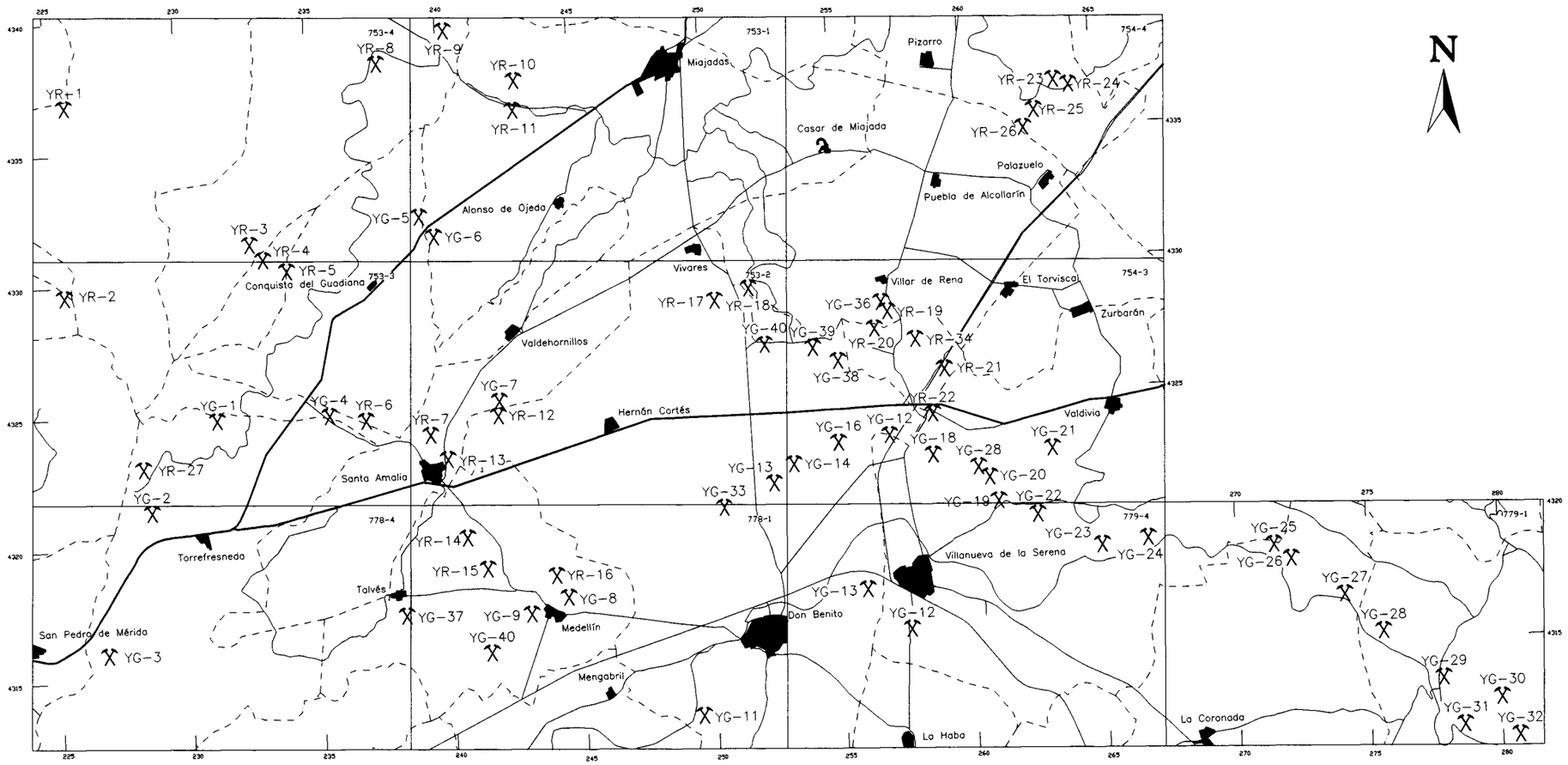
5.3. YACIMIENTOS GRANULARES

Son muy abundantes en el Tramo las explotaciones de gravas, arenas y zahorras naturales en general en los yacimientos granulares del Tramo.

El cuadro 5.2. muestra los yacimientos granulares del Tramo.

Además muchas de las explotaciones cuentan con instalaciones de machaqueo para la obtención de zahorras artificiales y otros materiales de construcción, plantas asfálticas en frío y plantas asfálticas en caliente.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación



YG Yacimiento granular

YR Yacimiento rocoso

Figura 5.1. *Situación de los yacimientos de áridos en el Tramo de San Pedro de Mérida-Valdivia.*

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO 5.1.
YACIMIENTOS ROCOSOS

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LI-TOLOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YR1	Muy Bajo Abandonada	753-4	(121c)	Cuarcitas y pizarras	Desde la carretera que a Arroyo-molinos sale un camino de acce-so que pasa por esta pequeña carretera.
YR2	Muy Bajo Abandonada	753-3	(001d)	Escombreras de mina de uranio	Muy malos. Se hizo andando.
YR3	Muy Bajo Abandonada	753-3	(001c)	Escombreras de la mina de la parrilla (Costa Adelaida)	Malo, desde la carretera de la Parrilla a Arroyo molinos.
YR4	Muy Bajo Abandonada	753-3	(010c)	Escombreras de la mina de la Parrilla (Costa Maricarmen)	Malo, desde la carretera de la Parrilla a Arroyomolinos.
YR5	Muy Bajo Abandonada	753-3	(010c)	Escombreras de la mina de la Parrilla	Muy bueno, desde la carretera de la Parrilla a Arrollomolinos.
YR6	Muy Bajo Abandonada	753-3	(121c)	Cuarcitas y Piritas	La Carretera que une la N-V con Santa Amalia, a la altura del Paírdalo tiene un camino que da a las canteras.
YR7	Muy Bajo Abandonada	753-2	(121c)	Cuarcitas	Desde el km. 2 de la carretera Santa Amalia-Vivares sale un camino que da a un cortijo donde ésta la carretera, es un camino de un cruce.
YR8	Muy Bajo Abandonada	753-4	(001b)	Escombreras de mina de Wolframio y Esta-ño	Bueno desde el Km. 82,5 del canal de Orellana.
YR9	Muy Bajo Abandonada	753-1	(001b)	Granito	Bueno desde la carretera Miaja-das Cáceres (km. 51,5).
YR10	Muy Bajo Abandonada	753-1	(001c)	Granito	Bueno desde el Km. 75 del canal de Orellana.
YR11	Muy Bajo Abandonada	753-1	(001c)	-----	Bueno desde el km. 74,5 del canal de Orellana.
YR12	Muy Bajo Abandonada	753-2	(121c)	Cuarcitas	Bueno desde una posta de acce-so a fincas que va desde Val-dehormillosa Santa Amalia.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LI-TOLÓGICO	MATERIAL	ACCESO
YR13	Muy Bajo Abandonada	753-2	(121c)	Cuarcitas	En Santa Amalia.
YR14	Muy Bajo Abandonada	778-1	(121c)	Cuarcita	Bueno desde la carretera de Yelves a Medellín.
YR15	Muy Bajo Abandonada	778-1	(121c)	Cuarcita	Bueno desde la carretera de Yelves a Medellín.
YR16	Muy Bajo Abandonada	778-1	(001b)	Granito	Bueno a la salida de Medellín por el Guadiana sale una pista que da a la cantera abandonada.
YR17	Bajo	753-2	(121c)	Cuarcitas	Bueno desde el Km. 9,5 de la carretera D.Benito-Miajadas.
YR18	Bajo	753-2	(121c)	Cuarcitas	Bueno desde la carretera que rodea las sierras de Rena, Suarez y del Villar.
YR19	Bajo	754-3	(121a)	Cuarcitas y Pizarras	Bueno desde Villar de Tenz o desde Rena.
YR20	Bajo	754-3	(121c)	Cuarcitas	Malo desde Tenz hay un camino que sale de la carretera que bordea las sierras de Rena y Suarez u se mete entre ellas.
YR21	Bajo	754-3	(121a)	Pizarras, areniscas y Cuarcitas	Por la carretera que va de la n-130 a Palazuelo, al lado de la vía del tren.
YR22	Bajo	754-3	(010b)	Pizarras, areniscas y conglomerados	Bueno desde la Carretera que va desde la N-430 a la Encomienda.
YR23	Bajo	753-1	(010c)	Pizarras	Bueno desde el Km. 38 del canal de Orellana.
YR24	Bajo	753-1	(010c)	Pizarras	Bueno desde el Km. 38 del canal de Orellana.
YR25	Bajo	753-1	(010c)	Pizarras	Bueno desde el Km. 40 del canal de Orellana.
YR26	Bajo	753-1	(010c)	Pizarras	Bueno desde el Km. 40 del canal de Orellana.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

Algunos resultados de ensayos de caracterización de materiales son los siguientes:

Peso especifico real (gr/cm^3)	2,657-2,645
Peso especifico aparente (gr/cm^3)	2,609
Absorción %	0,706
Cotabilidad al SO_4 Mg.	1,611
Materia Orgánica %	0,181
Adhesividad %	70-95%
Desgaste de los ángeles "A" %	24,4

Estos materiales pueden utilizarse incluso como su base en las construcciones viarias según los resultados de los ensayos Proctor y CBR. Un análisis granulométrico representativo con valores medios es el siguiente:

GRANULOMETRICO

TAMIZ U.N.E.	GRAVA 12/22 PASA %	GRAVILLA 6/12 PASA %	GRAVILLA 3/6 PASA %	ARENA 0/3 PASA %
25	97	100	100	100
20	46	100	100	100
12.5	4	45	100	100
10	1.25	12	97	100
5	1	1.4	49.5	96
2.5	0.9	1.3	27	81
0.63	0.8	1.2	13	53
0.32	0.7	1.1	10	41
0.16	0.6	1.0	8	30
0.08	0.55	0.9	4.4	13.6

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO 5.2.
CUADRO CON LOS YACIMIENTOS GRANULARES DEL TRAMO SAN PEDRO DE MÉRIDA-VALDIVIA

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LI-TOLOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG1	Bajo Aban-donada	753-3	(322)	Gravas	Bueno, camino que parte del Km. 109 del Canal de Orellana.
YG2	Bajo Aban-donada	778-4	(321a)	Gravas y Arenas	Bueno, En la curva abandonada del Km. 321 de la N-V.
YG3	Bajo Aban-donada	778-4	a2	Gravas	Malo, desde el Km. 324 de la N-V existe un camino que llega a la antigua gravera.
YG4	Bajo Aban-donada	753-2	A1	Gravas y Arenas	Bueno. En el Km. 1,5 de la C-520.
YG5	Bajo Aban-donada	753-1	T	Gravas y Arenas	En el Km. 301 de la N-V sale una des-viación a un camping.
YG6	Bajo Aban-donada	753-1	A1	Gravas y Arenas	En el Km. 300,5 de la N-V hay un puente a la gravera antigua.
YG7	Bajo Aban-donada	753-2	C2	Gravas	Desde Valdehornillos hay una pista de acceso a fincas que se dirige a Santa Amalia. Últimos 100 m malos.
YG8	Alto Aban-donada	778-1	a2	Gravas	Buena. A la entrada de Medellín desde el Guadiana sale un camino que conduce a la gravera.
YG9	Alto Activa	778-1	a2	Gravas	Bueno, desde el camino a la estación de Medellín.
YG10	Bajo Aban-donada	778-1	a2	Gravas	Malo, Desde Yelves sale un camino que llega a la Gravera.
YG11	Bajo Aban-donada	778-1	V2	Arenas	Bueno puede llegarse desde la carretera del carril del Zújar.
YG-12	Bajo Aban-donada	779-4	(321b)	Arenas	Bueno, en el Km. 101,5 de la C-520
YG13	Bajo Aban-donada	779-4	(321b)	Arenas y Gravas	Bueno en la carretera de Villanueva de la Serena-La Haba.
YG14	Alto Activa	753-2	a2	Gravas y Arenas	Entre el Km. 19 y 20 de la carretera Miajadas-D.Benito existe una pista que da a la gravera.
YG15	Alto Activa	753-2	a2	Gravas y Arenas	Bueno, La planta de fabricación está en el Km. 16 de la carretera de Miajadas-D.Benito.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LI-TOLOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG16	Alto Activa	754-3	a2	Gravas y Arenas	Entre los Km. 6 y 7 de la Carretera de D. Benito a Rena, sale un camino que da a la grávera.
YG17	Alto Activo	754-3	a2	Gravas y Arenas para hormigones	La planta esta en el cruce de las carreteras D.Benito-Rena y Rena Villanueva de la Serena.
YG18	Alto Activo	754-3	a2	Gravas y Arenas	Al lado de la planta de hormigón del YG17 sale una posta que llaga a la carretera.
YG19	Alto Activo	779-1	a2	Gravas y Arenas	Bueno, a la altura del Km. 35 de la carretera Villanueva de la Serena-Entrerrios.
YG20	Alto Activo	754-3	a2	Gravas y Arenas	Bueno pero no hay que andar por pistas que no están en el mapa.
YG21	Alto activo	754-3	a2	Gravas y Arenas	Bueno, Desde la N-630 (Km. 120) sale una pista que lleva a la cantera.
YG22	Alto activo	779-4	a2	Gravas y Arenas	Desde Entrerios sale un pista que da la gravera.
YG23	Alto activo	779-4	a2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido el tráfico de camiones
YG24	Alto activo	779-1	a2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido al tráfico de camiones.
YG25	Alto activo	779-1	a2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido al tráfico de camiones.
YG26	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el Canal del Zújar prohibido al tráfico de camiones.
YG27	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el Canal del Zújar prohibido al tráfico de camiones.
YG28	Alto inactivo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido al tráfico de camiones
YG29	Alto inactivo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido al tráfico de camiones.
YG30	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Bueno desde la carretera nueva de la Coronada a Drellana la Vieja justo en cruce con el río Zújar.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LI-TOLOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG31	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido al trafico de camio-nes.
YG32	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Bueno desde la carretera nueva de La Coronida a Orellana la Vieja, en un ca-mino que sale a la altura del cruce con el Zújar.
YG33	Alto activo	778-2	T	Gravas y arenas	Muy malo por mala calidad del camino que sale de entre los Km. 17 y 18 de la carretera D.Benito-Miajadas.
YG34	Alto activo	779-3	a2	Gravas y arenas	A la salida de Lenz por la carretera que va a Villar de Rena
YG35	Alto activo	754-3	a2	Gravas y arenas	Bueno, pero hay que andar por pistas no registradas en el mapa.
YG36	Bajo inactivo	779-3	C2	Gravas	Bueno desde Villar de Rena
YG37	Bajo inactivo	778-4	C2	Gravas	Bueno desde Yelves.
YG38	Alto activo	754-3	a2	Gravas y arenas	Bueno desde la carretera de Rena a Ruecas
YG39	Alto activo	754-3	a2	Gravas y arenas	Desde la carretera de Rena a Ruecas a la altura del cortijo del palacio sale un camino que da a la gravera
YG40	Alto activo	753-2	a2	Gravas y arenas	Bueno desde la carretera de Rena a Ruecas.

5.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

Todos los grupos litológicos del cuaternario y terciario de la Zona son aceptables como préstamos para terraplenes a excepción de los grupos V1,v1, por su contenido en materia orgánica y en arcillas y los grupos (321c) y (321b) debido a su alto contenido en arcillas.

Para la formación de pedraplenes se pueden usar tanto las pizarras, como los granitos y por supuesto las cuarcitas.

También es a considerar el "Todo uno" obtenido de las instalaciones de la Parrilla, es decir el grupo litológico (W,w).

5.5. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA ESTUDIAR CON MAS DETALLE

Con el objeto de abrir posibles nuevas explotaciones o reactivar las ya existentes, se aconseja un estudio más detenido y completo de las áreas y yacimientos que se han plasmado en la Figura 5.1.

En el Cuadro 5.3. aparece un cuadro con los yacimientos activos más importantes de la Zona, son todos granulares.

Además se aconseja prestar atención a las formaciones A1, A2, T, (322) y C3, por su potencial como materiales de préstamo y yacimientos granulares, así mismo como todas las formaciones predominantemente cuarcíticas y graníticas, así mismo como yacimientos de cantera y préstamo dada la escasez de explotaciones de este tipo dentro del área correspondiente al Tramo.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

CUADRO 5.3. YACIMIENTOS QUE SE RECOMIENDA INVESTIGAR CON MÁS DETALLE.

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITO-LOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG9	Alto activo	778-1	A2	Gravas	Bueno, desde el camino de la estación de Medellín.
YG14	Alto activo	753-2	A2	Gravas y arenas	Entre el Km. 19 y 20 de la carretera de Miajadas - D.Benito existe una pista que da la gravera.
Y2G15	Alto activo	753-2	A2	Gravas y arenas	Bueno, la planta de fabricación está en el Km. 16 de la carretera de Miajadas - D.Benito.
YG16	Alto activo	754-3	A2	Gravas y arenas	Entre los Km. 6 y 7 de la carretera de D.Benito a Rena, sale un camino a la gravera.
YG17	Alto activo	754-9	A2	Gravas y arenas para hormigones	La planta esta en el cruce de las carreteras de D.Benito - Rena y Rena - Vellanueva de la Serena.
YG18	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Al lado de la planta de hormigón del YG17 sale una pista que llega a la carretera.
YG19	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Bueno, a la altura del Km. 3,5 de la carretera de Villanueva de la Serena - Entrerríos.
YG20	Alto activo	754-3	A2	Gravas y arenas	Bueno pero hay que andar por pistas que no están en el mapa.
YG21	Alto activo	754-3	A2	Gravas y arenas	Bueno, Desde la N-630 (Km. 120), sale una pista que lleva a la cantera.
YG22	Alto activo	779-4	A2	Gravas y arenas	Desde Entrerríos sale una pista que da a la gravera.
YG23	Alto activo	779-4	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido el tráfico de camiones.
YG24	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido el tráfico de camiones.
YG25	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido el tráfico de camiones.
YG26	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido el tráfico de camiones.

NOTA: La información de este apartado corresponde exclusivamente a la fecha de edición de esta publicación

SÍMBOLO	INTERÉS	SITUACIÓN	GRUPO LITO-LOGICO	MATERIAL	ACCESOS
YG27	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido el tráfico de camiones.
YG28	Alto inactivo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido el tráfico de camiones.
YG29	Alto inactivo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso es desde el canal del Zújar prohibido el tráfico de camiones.
YG30	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Bueno, desde la carretera nueva de la Coronada a Drellana la Vieja, justo en el cruce con el río Zújar.
YG31	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Problema: el acceso desde el canal del Zújar prohibido al tráfico de camiones.
YG32	Alto activo	779-1	A2	Gravas y arenas	Bueno, desde la carrera nueva de la Coronada a drellana la Vieja, en un camino que sale a la altura del cruce con el Zújar.
YG33	Alto activo	778-2	A2	Gravas y arenas	Muy malo por mala calidad del camino que sale de entre los Km. 17 y 18 de la carretera D.Benito-Miajadas
YG34	Alto activo	779-3	A2	Gravas y arenas	A la salida de Rena por la carretera que va a Villar de Rena.
YG35	Alto activo	754-3	A2	Gravas y arenas	Bueno, pero hay que andar por pistas no registradas en el mapa.
YG38	Alto activo	754-3	A2	Gravas y arenas	Bueno desde la carretera de Rena a Ruecas.
YG39	Alto activo	754-3	A2	Gravas y arenas	Desde la carretera de Rena a Ruecas a la altura del Cortijo del palacio, sale un camino que da a la gravera.
YG40	Alto activo	753-2	A2	Gravas y arenas	Bueno desde la carretera de Rena a Ruecas.

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- INGEMISA (1987) "Estudio Geológico y Geológico-Geotécnico previo al proyecto del canal de los Barros (Badajoz)".

- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA (1991) "Mapa Geológico de España a escala 1:50000, hoja 753, MIAJADAS. ITGE.

- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA (1991) "Mapa geológico de España a escala 1:50000, hoja 779, VILLANUEVA DE LA SERENA. ITGE.

- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA (1991) "Mapa Geológico de España a escala 1:50000, hoja 754, MADRIGALEJO. ITGE.

- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y GEOMINERO DE ESPAÑA (1991) "Mapa geológico de España a escala 1:50000, Hoja 778, DON BENITO. ITGE.

- MINISTERIO DE INDUSTRIA. MAPA GEOTECNICO GENERAL. HOJAS 58 Y 59 VILLARREAL-BADAJOZ. IGME.

- MINISTERIO DE INDUSTRIA. MAPA GEOTECNICO GENERAL (1976) "Mapa geotécnico general a escala 1:200000". HOJA 60. VILLANUEVA DE LA SERENA. IGME.

- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES (1976) a escala 1:200000. HOJAS 58 Y 59 VILLARREAL- BADAJOZ. IGME.

- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA. MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES (1976) a escala 1:200000. HOJA 60. VILLANUEVA DE LA SERENA. IGME.

- MOPU. Estudio de la autovía de Extremadura (N-V). Tramo Puerto de Santa Cruz (Norte)- Miajadas (Sur) (1988).

- DEMARCACIÓN DE CARRETERAS. Estudio Geológico-Geotécnico de la carretera Don Benito - Miajadas (1986). C-426. Junta de Extremadura.

- MINISTERIO DE FOMENTO. NBE (Norma Básica de la Edificación) AE-88 (Acciones en la Edificación) (1996).

- DEMARCACION DE CARRETERAS. Estudio Geológico-Geotécnico de la carretera Cáceres - Villanueva de la Serena C-520. Junta de Extremadura.

- JUNTA DE EXTREMADURA. Investigación de arcillas en las áreas de Miajadas y Madrigalejo (1993).

- Estudio previo EI-E-061. Autopista de Extremadura. Esquema del corredor de Extremadura. Tramo Madrid - Frontera portuguesa. Autor: J.L. Martínez Pombo 1ª Jefatura regional de Carreteras. Oficina Regional de Proyectos.

7. ANEJOS

7.1. ANEJO 1: SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO

(1)

ORIGEN	SÍMBOLO		ORIGEN	SÍMBOLO	
	SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio		SUELOS POTENTES	SUELOS POCO POTENTES < 3,5 promedio
Terraza	T	t	Marismal	M	m
Aluvial	A	a	Lacustre	L	l
Cono de deyección	D	d	Pantanoso	P	p
Coluvial	C	c	Eólico	E	e
Marino	R	r	Eluvial	V	v
Morrenas	H	h	Artificial	W	w
Glacis	G	g	Periglacial	I	i
			Travertinos	Q	q

350

** PLIO-CUATERNARIO — Glacis, Rañas, ... etc

TERCIARIO O CENOZOICO

* NEOGENO 2

2** PLIOCENO — Villatranquiense; Plasenciense/Astiense

1** MIOCENO

Superior	Messinense; Tortoniense	Pontiense	Pantiense s.str.; Vallesense
Medio	Serravallense; Langhiense	Helvetiense	Vindoboniense
Inferior	Burdigaliense; Aquitaniense		

* PALEOGENO 1

3** OLIGOCENO — Chattiense; Rupeliense - Stampiense; Latdorfense=Tongriense - Sannoisense

2** EOCENO

Superior	Priaboniense=Ludense=Bartonense	
Medio	Biarritzense; Luteciense	
Inferior	Cuisiense; Ilerdiense	- Ypresiense, Sparnaciense

1** PALEOCENO — Thanetiense; Montiense; Daniense — Facies Garumnense

SECUNDARIO O MESOZOICO

* CRETÁCICO 3

2** SUPERIOR — Maestrinchtiense; Campaniense; Santoniense; Coniaciense (2); Turonense; Cenomanense — Senonense

1** INFERIOR — Albense; Aptense; Barremiense; Hauteriviense; Valagieniense; ? Berriasiense=Wealdense — Facies Urgoniense; Neocomiense (marino); Facies Wealdense (continental)

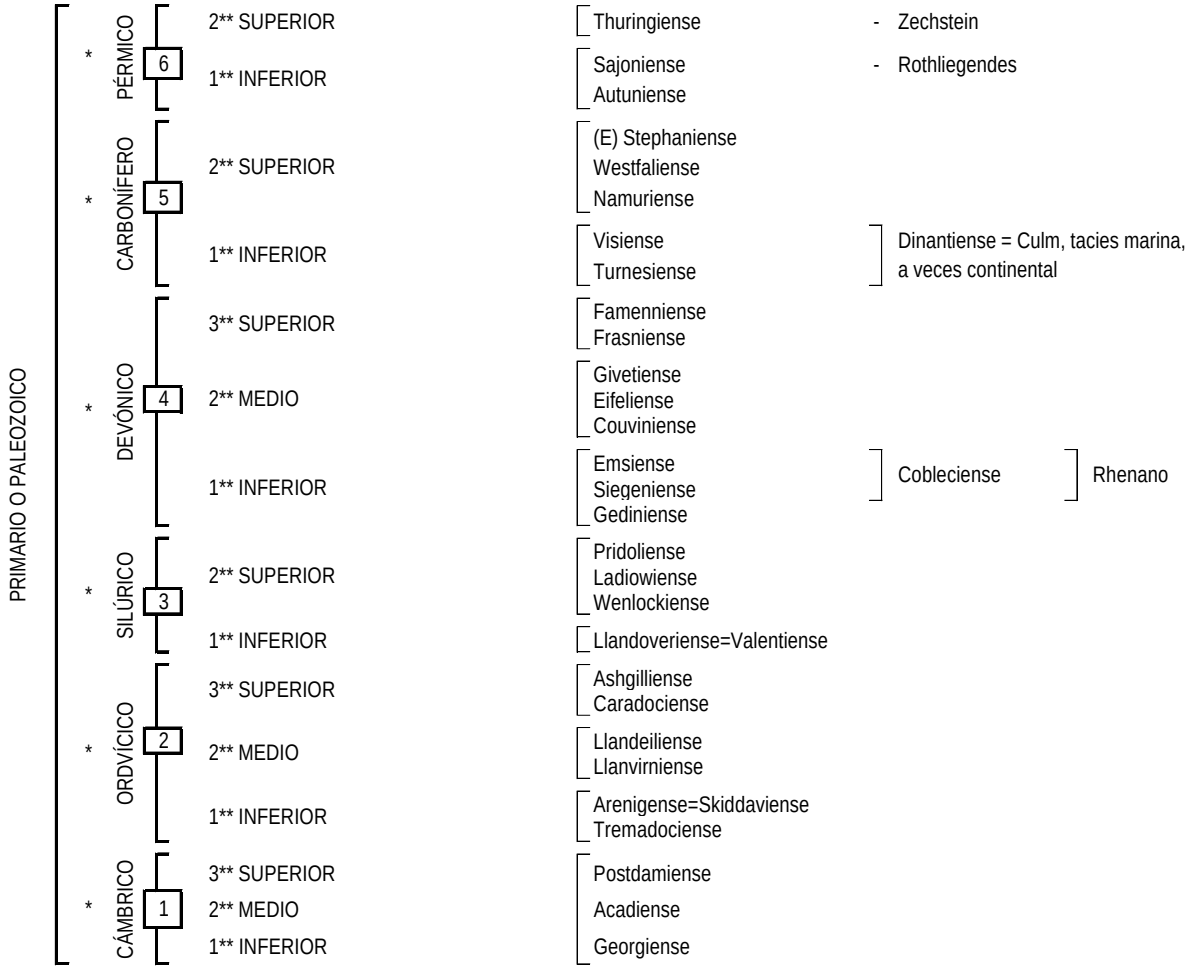
* JURÁSICO 2

3** MALM	Superior	Portlandiense=Tithonico; Kimmeridgiense; Oxfordiense
2** DOGGER	Medio	Calloviense; Bathoniense; Bajociense; Aaleniense
1** LIAS	Inferior	Toarciense; Pliensbachiense; Sinamuriense; Hettangiense

* TRIÁSICO 1

3** SUPERIOR	Retiense; Noriense; Carniense	Keuper
2** MEDIO	Ladiniense; Anisiense=Virglonense	Muschelkalk
1** INFERIOR	Werfeniense	Buntsandstein

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



PRECÁMBRICO 010 **

Los materiales cristalinos de edad indeterminada se denominarán (001)** para rocas masivas y (002) para diques.

(1) Los materiales cuaternarios se cartografiarán con la letra correspondiente a suelos potentes o poco potentes.

(2) Es discutida la pertenencia del Coniaciense al Senonense.

* Los grupos litológicos indeterminados estratigráficamente se denominarán con la primera cifra correspondiente a la era añadiendo dos ceros como signo de indeterminación para el período y época.

En caso de indeterminación de la época, se denominarán los grupos litológicos con las cifras correspondientes a la era y período añadiendo un cero como signo de indeterminación.

** Cuando existan varios grupos litológicos dentro de la misma época, se denominarán con el número estratigráfico correspondiente, al que se agregará la letra (a, b, c ... etc) para diferenciarlos entre sí.

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

7.2. ANEJO 2: CRITERIOS UTILIZADOS EN LAS DESCRIPCIONES GEOTÉCNICAS

Introducción

Con objeto de precisar, en lo posible, el contenido de las descripciones geotécnicas de los materiales del Tramo, se indican a continuación los criterios utilizados en la exposición de las características del terreno, tales como ripabilidad, estabilidad de taludes, capacidad portante y niveles freáticos.

Para evaluar las características geotécnicas sólo se ha dispuesto de las observaciones de campo (datos sobre taludes naturales y desmontes, comportamiento de las formaciones, observaciones sobre el estado de los firmes de las carreteras existentes en la zona, alterabilidad y erosionabilidad de los materiales, etc.). Por tanto sólo se puede dar una valoración cualitativa de dichas características.

Ripabilidad

En lo que a ripabilidad de los materiales del Tramo se refiere, se han considerado los tres niveles o grados que a continuación se indican:

a) Se considera ripable todo material (roca natural o suelo) que pueda ser directamente excavado con un ripper de potencia media, sin previa preparación del terreno mediante explosivos u otros medios. Cuando no se indica espesor afectado por posibles desmontes en las variantes o modificaciones de un trazado.

b) Se considera de ripabilidad media a aquellos materiales que no son ripables utilizando maquinaria de potencia media, pero que sí lo serían empleando maquinaria de mayor potencia. Estos materiales son los llamados "terrenos de transición", que se encuentran en la mayor parte de las formaciones rocosas y que son semirripables en su zona de alteración o ripables mediante una ligera preparación con voladuras.

c) Se consideran no ripables la mayor parte de las formaciones que necesitan para realizar su excavación el empleo de explosivos u otros materiales violentos que produzcan su rotura.

Capacidad portante

En relación con la capacidad portante de los distintos materiales del Tramo, al no poder contar con resultados de ensayos "in situ", se ha adoptado el siguiente criterio:

a) Capacidad portante alta o elevada es la que corresponde a una formación constituida por materiales compactos y preconsolidados, o bien formaciones rocosas estables y resistentes, de excelentes características como cimiento de un firme de una carretera o de una obra de fábrica.

b) Capacidad portante media es la de aquellas formaciones constituidas por materiales compactos y preconsolidados, que tienen sus capas superficiales algo alteradas y que, por tanto, determinan un suelo en el que la aplicación de cargas moderadas superficiales (2-3 Kg/cm^3) produce asientos tolerables en las obras de fábrica. En este caso, la estabilidad del material considerado como explanada del firme es suficiente en general, sin que sea necesaria la mejora del suelo.

c) Capacidad portante baja es la correspondiente a materiales de suelos desagregados en los que la aplicación de cargas moderadas produce asientos inadmisibles para las obras de fábrica con cimentación superficial. La ejecución de firmes en este tipo de materiales requerirá fuertes espesores estructurales, colocación de explanadas mejoradas, retirada de los suelos plásticos, si son poco potentes, o cimentación de las obras de fábrica en la formación subyacente.

Estabilidad de taludes

La evaluación de la estabilidad de taludes se ha apoyado, exclusivamente, en las medidas y observaciones de campo realizadas sobre los taludes naturales y desmontes existentes en el Tramo. Esto confiere a los ángulos un carácter puramente estimativo y expresa sólo el orden de magnitud de los taludes existentes en la zona y su comportamiento geotécnico. En cuanto a las alturas de los taludes, se ha seguido el criterio o clasificación que a continuación se indica:

- B: Bajos (0 a 5 m de altura)
- M: Medios (5 a 20 m de altura)
- A: Altos (20 a 40 m de altura)

Para indicar la inclinación de los taludes, salvo en los casos en que se especifica su valor, se han utilizado las palabras "subvertical" (ángulo de más de 65^0) y "subhorizontal" (ángulo de menos de 10^0).

Se han considerado formaciones con problemas de estabilidad de taludes, aquellas en las que bien sea porque el ángulo de estabilidad natural del material es muy tendido, bien porque la formación está integrada por materiales de diferente comportamiento geotécnico, pueden producirse derrumbamientos, desprendimientos o deslizamientos de ladera.

En general, para cada material y talud, se indica el tipo de problemas que pueden presentarse.

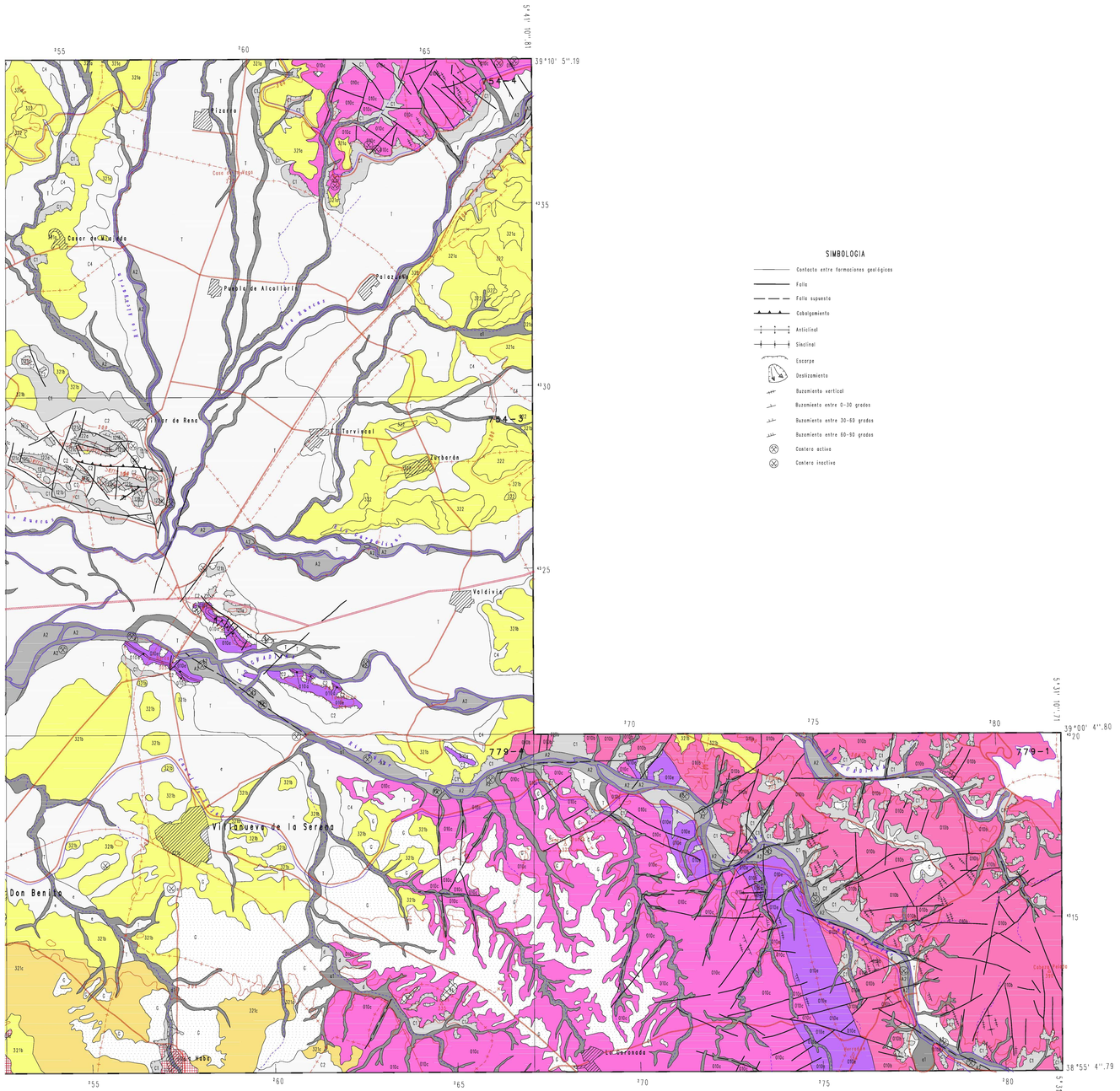
Drenaje

El movimiento superficial y profundo de las aguas de lluvia se reseña en la descripción de las distintas formaciones litológicas. Conviene resaltar que los datos disponibles para una correcta localización de los niveles freáticos del Tramo y sus periódicas variaciones en relación con las distintas épocas del año son escasos. Las observaciones realizadas sobre el terreno sólo han permitido dar unas ideas generales sobre el movimiento del agua a través de las formaciones.

8. PLANOS

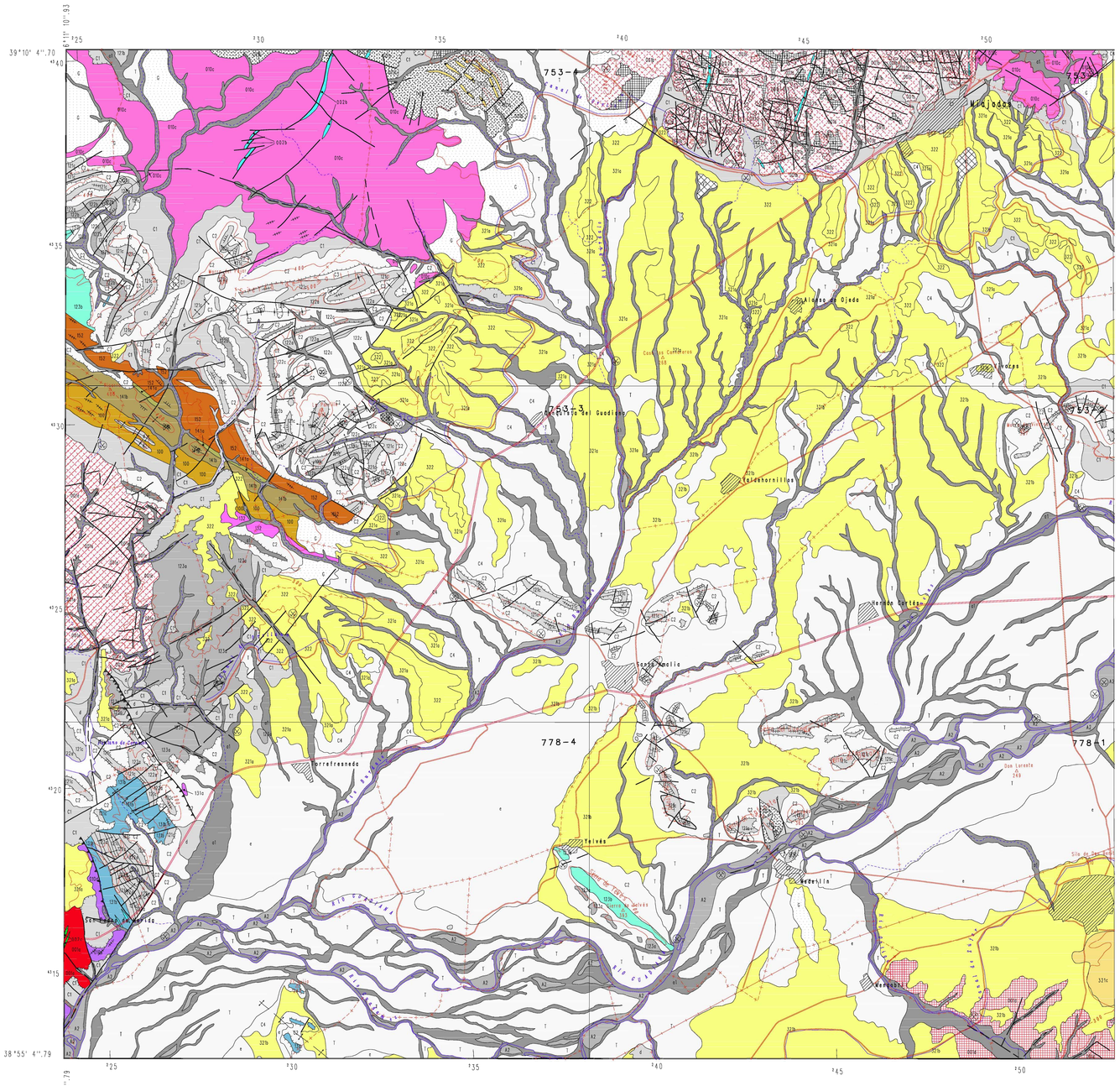
MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


5°41'10".81
39°10' 5".19
255-4
254-4
779-4
779-1
39°00' 4".80
38°55' 4".79
5°31'10".71
Fuente del Arco
Puebla de Alcollarín
Peraleda
Talarrubias
Helechosa de los Montes
Villanueva de la Serena
Don Benito
La Coronada
Zalamea de la Serena
Castuera
Higuera de la Serena
Esparragosa de la Serena
Ruecas
Valdivia
Zarza de Alange
Cazalla de la Sierra
Puebla de la Reina
Monterrubio de la Serena
Malpartida de la Serena
Campanario
Herrera del Duque
Peloche
Quintana de la Serena
Ahillones
Medina de las Torres
Puebla de Sancho Pérez
Valverde de Burguillos
Fuente de Cantos
Monesterio
Calzadilla de los Barros
Casas de Reina
Bienvenida
Ribera del Fresno
Reina
Hornachos
Llerena
Usagre
Bodonal de la Sierra
Higuera la Real
Fuente de Cantos
Segura de León
Valencia de las Torres
Fregenal de la Sierra
Jerez de los Caballeros
Valencia del Ventoso
Alconera
Zafra
Los Santos de Maimona
Puebla de Sancho Pérez
Medina de las Torres
Reina
Fuente de Cantos
Monesterio
Calzadilla de los Barros
Casas de Reina
Bienvenida
Ribera del Fresno
Hornachos
Llerena
Usagre
Bodonal de la Sierra
Higuera la Real
Segura de León
Valencia de las Torres
Fregenal de la Sierra
Jerez de los Caballeros
Valencia del Ventoso
Alconera
Zafra
Los Santos de Maimona
Río Guadiana
Río Ardila
Río Matachel
Río Zújar
Río Guadalemez
Río Guadalefra
Río Viar
Río Bodión
Río Rivera de Cala
Río Rivera de Huelva
Río Rivera de Olivenza
Río Rivera de Cuncos
Río Rivera de Gévora
Río Rivera de Lácara
Río Rivera de Carrión
Río Rivera de Ribera del Fresno
Río Rivera de Usagre
Río Rivera de Bodonal
Río Rivera de Higuera la Real
Río Rivera de Segura de León
Río Rivera de Valencia de las Torres
Río Rivera de Fregenal de la Sierra
Río Rivera de Jerez de los Caballeros
Río Rivera de Valencia del Ventoso
Río Rivera de Alconera
Río Rivera de Zafra
Río Rivera de Los Santos de Maimona
Río Rivera de Puebla de Sancho Pérez
Río Rivera de Medina de las Torres
Río Rivera de Reina
Río Rivera de Fuente de Cantos
Río Rivera de Monesterio
Río Rivera de Calzadilla de los Barros
Río Rivera de Casas de Reina
Río Rivera de Bienvenida
Río Rivera de Ribera del Fresno
Río Rivera de Hornachos
Río Rivera de Llerena
Río Rivera de Usagre
Río Rivera de Bodonal de la Sierra

MAPA LITOLOGICO-ESTRUCTURAL

(ESCALA 1:50.000)


6°11' 10".93
39°10' 4".70
38°55' 4".79
6°11' 10".79
725
730
735
740
745
750
753-4
753-3
753-1
778-4
778-1
Mingogodos
Talaveruela de la Vera
Talaveruela de Tiétar
Talaveruela de Oleza
Cañada Cuadrados
Cañada Real de Guadalupe
Talaveruela de Guadalupe
Talaveruela de Guadarrama
Talaveruela de Guadarrama
Talaveruela de Guadarrama

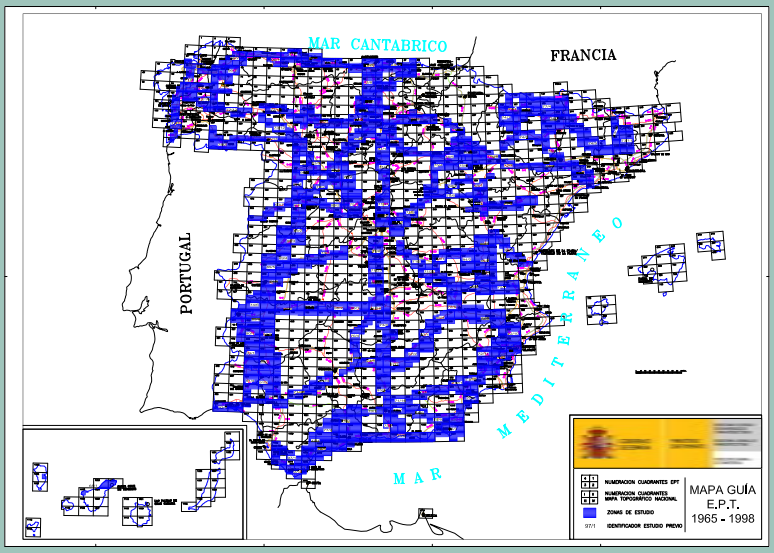


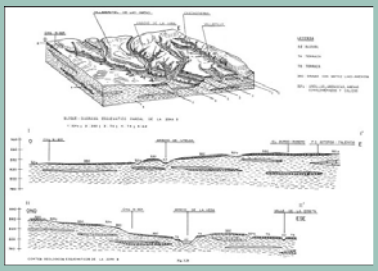
Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte
Dirección General de Carreteras

Colección de *Estudios Previos de Terreno* de la Dirección General de Carreteras

Serie histórica completa 1965 - 1998

Series (96-01 a 98-04) en formato pdf obtenido mediante escaneo manual de los ejemplares originales de cada uno de los volúmenes, tal y como se conservan en el Área de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.







GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
CENTRO DE PUBLICACIONES