

Estudios de Construcción y Transportes

N.º III - julio a diciembre 2009

- Monitorización de contaminación urbana mediante sensorización móvil oportunista en transporte público
- Propuesta de metodología para el control de la calidad de vía mediante tratamientos estadísticos
- El transporte internacional de mercancías en la Península Ibérica: alternativas al transporte por carretera y escenarios futuros
- Estudio de Impacto y de situación de los operadores de transporte terrestre de mercancías en relación a la normativa actual en materia de gestión de la seguridad en la cadena de suministro, como paso para obtener el estatus de operador seguro
- Reducción de las emisiones contaminantes del transporte por carretera a través de un diseño y explotación eficiente
- Estudio del futuro de las tecnologías inalámbricas de comunicaciones en la seguridad del tráfico ferroviario
- ASIENTO. Análisis estructural de secciones de vía ferroviaria con métodos numéricos
- Los aeródromos y aeropuertos desde una visión jurisprudencial
- Un futuro sostenible para los transportes: hacia un sistema integrado, tecnológico y de fácil uso



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Estudios de Construcción y Transportes

N.º 111, julio a diciembre 2009

Monitorización de contaminación urbana mediante sensorización móvil oportunista en transporte público

Propuesta de metodología para el control de la calidad de vía mediante tratamientos estadísticos

El transporte internacional de mercancías en la Península Ibérica: alternativas al transporte por carretera y escenarios futuros

Estudio de Impacto y de situación de los operadores de transporte terrestre de mercancías en relación a la normativa actual en materia de gestión de la seguridad en la cadena de suministro, como paso para obtener el estatus de operador seguro

Reducción de las emisiones contaminantes del transporte por carretera a través de un diseño y explotación eficiente

Estudio del futuro de las tecnologías inalámbricas de comunicaciones en la seguridad del tráfico ferroviario

ASIENTO. Análisis estructural de secciones de vía ferroviaria con métodos numéricos

Los aeródromos y aeropuertos desde una visión jurisprudencial

Un futuro sostenible para los transportes: hacia un sistema integrado, tecnológico y de fácil uso



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Comité de Redacción

Presidencia

Fabiola Gallego Caballero
Secretaría General Técnica

Vocales

Pablo Vázquez Ruiz de Castroviejo
Director de la División de Prospectiva y Tecnología del Transporte
Secretaría de Estado de Transportes

Ramón Lorenzo Martínez
Director del Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica

M^a de las Mercedes Gil García
Jefa de Área de Informes Sectoriales
Secretaría General Técnica

Director de la Revista

Andrés Doñate Megías
Subdirector General de Normativa y Estudios Técnicos
Secretaría General Técnica

Coordinación de Redacción

Subdirección General de Normativa y Estudios Técnicos
Secretaría General Técnica

Coordinación Editorial

Centro de Publicaciones

La Revista de ESTUDIOS DE CONSTRUCCIÓN Y TRANSPORTES no se hace partícipe de las opiniones expresadas por los autores en los artículos que se insertan.

La correspondencia para todo lo referente a colaboración y autorías se dirigirá a:

Revista ESTUDIOS DE CONSTRUCCIÓN Y TRANSPORTES
Ministerio de Fomento
Secretaría General Técnica
Paseo de la Castellana, 67
28071 Madrid

NIPO: EN TRAMITACIÓN



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Índice

EDITORIAL	5
Monitorización de contaminación urbana mediante sensorización móvil oportunista en transporte público D. CHAVES DIÉGUEZ, F. GIL CASTIÑEIRA, G. VARELA, A. PAZ LÓPEZ, F. LÓPEZ PEÑA, R. J. DURO FERNÁNDEZ, F. J. GONZÁLEZ CASTAÑO	7
Propuesta de metodología para el control de la calidad de vía mediante tratamientos estadísticos Ricardo INSA FRANCO, Jorge MARTÍN MARÍN, Julia REAL HERRÁIZ, María COMES GRACIA, Jorge SOBRINO FERNÁNDEZ y RUBÉN MUÑOZ GARCÍA	23
El transporte internacional de mercancías en la Península Ibérica: alternativas al transporte por carretera y escenarios futuros José Antonio GUTIÉRREZ GALLEGO, José CASTRO SERRANO y Betina CAVACO DE SAO PEDRO	39
Estudio de Impacto y de situación de los operadores de transporte terrestre de mercancías en relación a la normativa actual en materia de gestión de la seguridad en la cadena de suministro, como paso para obtener el estatus de operador seguro Óscar VALDEVIRA ACEVES, Eugenio DÍAZ MAROTO y Rafael SANZ HERRERO	65
Reducción de las emisiones contaminantes del transporte por carretera a través de un diseño y explotación eficiente Ángel SAMPEDRO RODRÍGUEZ, Enrique MIRALLES OLIVAR, Elena DE LA PEÑA GONZÁLEZ, Elena DEL REAL SUÁREZ y Nerea AIZPURÚA GIRADLES.....	75
Estudio del futuro de las tecnologías inalámbricas de comunicaciones en la seguridad del tráfico ferroviario Antonio BERLANGA DE JESÚS, José Manuel MOLINA LÓPEZ y Gonzalo BLÁZQUEZ GIL	91
ASIENTO. Análisis estructural de secciones de vía ferroviaria con métodos numéricos Tomás RUIZ SÁNCHEZ, Antonio VILLANUEVA SEGARRA, Julia I. REAL HERRÁIZ, Javier INAREJOS MESA e Ignacio VILLALBA SANCHIS.....	115
Los aeródromos y aeropuertos desde una visión jurisprudencial José María ABAD LICERAS y María BUZARCO SAMPER.....	129
DOCUMENTOS	
Un futuro sostenible para los transportes: hacia un sistema integrado, tecnológico y de fácil uso COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS	139
Estado de situación de la política marítima integrada de la Unión Europea COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS	157
Segundo informe sobre el seguimiento de la evolución del mercado ferroviario COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS	167
PANORAMA INTERNACIONAL	181
BIBLIOGRAFÍA	211
CURSOS Y SEMINARIOS	223

Editorial

A partir de este número de la Revista Estudios de Construcción y Transportes, y debido al proceso de contención de gasto y en consonancia con los nuevos tiempos, en los que se da una mayor relevancia a los medios digitales, pasará a instalarse en la página Web del Ministerio de Fomento, donde se podrá tener un fácil acceso a todos sus contenidos.

La periodicidad seguirá siendo semestral, manteniendo su formato y diseño, así como el contenido habitual que abarcará como hasta ahora artículos, informes, documentos de actualidad y sus secciones fijas. La Secretaría General Técnica y el Comité de Redacción esperan que esta innovación sea de utilidad para los lectores y les agradece su participación ya que con sus sugerencias ayudan a mejorar la presentación y contenido de los sectores que configuran la Revista.

El Ministerio de Fomento por Orden de 22 de julio de 2008 aprobó la convocatoria de las subvenciones para la realización de estudios y acciones de difusión relacionados con el transporte, sus infraestructuras, y las demás competencias del Departamento. De modo que, un año más, y como resultado de los trabajos seleccionados, se han elaborado los artículos científicos que se presentan en este número de la Revista. Se debe subrayar la marcada actualidad y el notable interés de los asuntos tratados y el rigor con que se aborda su estudio.

Por la cantidad y extensión de los trabajos de la convocatoria, en esta edición se incluyen algunos de ellos y el resto serán publicados en el siguiente número de la Revista.

“Monitorización de contaminación urbana mediante sensorización móvil oportunista en transporte público” de D. Chaves, F. Gil, G. Varela, A. Paz, F. López, R.J. Duro y F.J. González, es el primer artículo que se presenta como consecuencia de las citadas subvenciones. El trabajo describe un sistema de sensorización móvil oportunista basado en transporte público, que permite habilitar la monitorización flexible y escalable de contaminantes urbanos en áreas extensas, a bajo coste.

R. Insa, J. Martín, J. Real, M. Comes, J. Sobrino y R. Muñoz presentan el trabajo “Propuesta de metodología para el control de la calidad de vía mediante tratamientos estadísticos”. Los autores plantean una metodología de mantenimiento ferroviario basada en una filosofía predictiva y adoptando un análisis estadístico de los parámetros de vía.

El artículo “El transporte internacional de mercancías en la Península Ibérica: alternativas al transporte por carretera y escenarios futuros” de J.A. Gutiérrez, J. Castro y B. Cavaco de Sao Pedro, busca mediante la identificación previa de los principales modos e itinerarios de transporte de mercancías, plantear, en caso de ser posible, alternativas viables al transporte de mercancías por carretera.

El objetivo general del “Estudio de impacto y de situación de los operadores de transporte terrestre de mercancías en relación a la normativa actual en materia de gestión de la seguridad en la cadena de suministro, como paso para obtener el estatus de operador

seguro” de O. Valdevira, E. Díaz y R. Sanz, es evaluar el nivel de conocimiento, el nivel de aceptación y el nivel de implantación de las recientes normas de gestión de la seguridad en la cadena de suministro y concretar cómo estas normas pueden afectar a la competitividad del sector transporte de mercancías por carretera y operadores logísticos.

En el marco de las subvenciones para la realización de estudios, A. Sampedro, E. Miralles, E. de la Peña, E. del Real y N. Aizpurúa han desarrollado el proyecto “Reducción de las emisiones contaminantes del transporte por carretera a través de un diseño y explotación eficiente”, cuyo objetivo principal es estudiar los principales factores que, desde el punto de vista de las infraestructuras de carreteras, determinan las emisiones contaminantes de los vehículos que circulan por ellas, considerando las fases de diseño y explotación.

En el “Estudio del futuro de las tecnologías inalámbricas de comunicaciones en la seguridad del tráfico ferroviario” presentado por A. Berlanga, J.M. Molina y G. Blázquez se han estudiado diferentes tecnologías de comunicación y localización inalámbrica, diferentes tipos de sensores y sistemas de alimentación autónoma. A partir de este estudio se ha diseñado un sistema software para la comunicación y localización de los elementos y la carga de un tren de mercancías.

T. Ruiz, A. Villanueva, J. I. Real, J. Inarejos y I. Villalba, son los autores del proyecto “ASIENTO”, “Análisis estructural de secciones de vía ferroviaria con métodos numéricos”. En el trabajo se ha realizado la modelización y análisis estructural de tres tipos de superestructura ferroviaria, correspondientes a un sistema convencional sobre balasto y de dos sistemas no convencionales sobre vía en placa de hormigón y de asfalto, mediante el método numérico de elementos finitos.

“Los aeródromos y aeropuertos desde una visión jurisprudencial” de J. M. Abad y M. Buzarco. Este artículo lleva a cabo una recopilación, ordenación y sistematización de principios, criterios y directrices establecidos por la jurisprudencia, ordenados alrededor de una serie de nociones, organizaciones, instituciones y figuras jurídicas en el ámbito de los aeródromos y los aeropuertos.

En la sección Documentos se reproduce el contenido de algunos informes publicados por la Comisión de las Comunidades Europeas. El primer documento presenta la comunicación sobre “un futuro sostenible para los transportes: hacia un sistema integrado, tecnológico y de fácil uso”, el trabajo resume los resultados de una amplia reflexión sobre el futuro del sistema de transporte que abarque las décadas siguientes. El segundo trabajo presenta un informe sobre el “estado de situación de la Política Marítima integrada de la Unión Europea”; en tercer lugar se incluye el segundo informe sobre el “seguimiento de la evolución del mercado ferroviario”, donde describe las principales tendencias observadas durante los últimos años en el mercado ferroviario de la UE, en especial en 2008.

En Panorama Internacional se informa sobre los Consejos de Ministros de Transporte, Telecomunicaciones y Energía de la Unión Europea celebrados en Luxemburgo, los días 11 y 12 de junio y 9 de octubre y en Bruselas los días 17 y 18 de diciembre de 2009. Cierra esta edición las Secciones de Bibliografía y Cursos y Seminarios.

El Comité de Redacción desea que la inclusión en la web del Departamento tenga una favorable acogida entre los lectores, invitándoles a participar como es habitual, optimizando así el contenido que abarca la Revista.

⁽¹⁾ La Revista de Estudios de Construcción y Transportes no se hace partícipe de las opiniones expresadas por los autores en los artículos que se insertan.

Monitorización de contaminación urbana mediante sensorización móvil oportunista en transporte público

D. CHAVES DIÉGUEZ^(a)

F. GIL CASTIÑEIRA^(b)

G. VARELA^(c)

A. PAZ LÓPEZ^(c)

F. LÓPEZ PEÑA^(c)

R. J. DURO FERNÁNDEZ^(c)

F. J. GONZÁLEZ CASTAÑO^(a,b)

RESUMEN: En este artículo describimos un sistema de sensorización móvil oportunista, basado en transporte público, que permite habilitar la monitorización flexible y escalable de contaminantes urbanos en áreas extensas, a bajo coste. Cada unidad autónoma, instalada en un autobús, consiste en un equipamiento modular que captura la salida de sensores de diversos contaminantes. Cada registro de medición se georeferencia y sella temporalmente con ayuda de un GPS auxiliar. Se ha probado con éxito la instalación del sistema en un autobús urbano real y se han realizado campañas de medidas desde automóviles, a fin de evaluar la relevancia de la información adquirida. Asimismo, se han desarrollado los protocolos de comunicaciones necesarios para transferir la información en contactos esporádicos con puntos de acceso situados en infraestructura urbana, de forma robusta frente a interrupciones. Una vez recolectados los datos, se procesan y analizan, y se ofrecen al público a través de una interfaz basada en Google Earth.

I. INTRODUCCIÓN

En este artículo presentamos el desarrollo de un sistema de sensorización móvil oportunista, basado en transporte público, que permite habilitar la monitorización flexible y escalable de contaminantes urbanos en áreas extensas, a bajo coste. Básicamente, nuestra propuesta consiste en monitorizar

y caracterizar niveles de polución urbana mediante sensores oportunistas, es decir, integrados en equipamiento autónomo basado en transporte público (fundamentalmente autobuses). Mediante contactos inalámbricos esporádicos, la información se transfiere a un repositorio central y estación de procesado. Esta aproximación tiene unos costes de despliegue, mantenimiento y operación mucho menores que los de un sistema clásico con estaciones fijas y escala mejor; y es mucho más flexible (por ejemplo, se puede adaptar a distintas zonas en distintas épocas del año, sin más que

^(a) Gradiant. ETSI Telecomunicación.

^(b) Universidad de Vigo.

^(c) Universidad de La Coruña.

cambiar los módulos embarcados de unas líneas de transporte a otras). Por un lado, se reduce considerablemente el coste, ya que es posible cubrir un área extensa con un número reducido de sensores. Por otro, las reparaciones y el mantenimiento se pueden realizar en las cocheras del transporte público, lo que evita desplazamientos de operarios. Finalmente, y no menos importante, no se requieren costosos elementos de protección antivandálica.

1.1. Sensorización oportunista en redes de transporte

La idea de emplear vehículos para recoger información ambiental ya se ha planteado con anterioridad, con diferentes fines, como la predicción meteorológica: la densidad y la distribución de la humedad en los niveles bajos de la troposfera son parámetros de interés en este ámbito, pero normalmente sólo se dispone de unas pocas muestras al día. Para incrementar la frecuencia de muestreo, la NASA estadounidense desarrolló un sensor de tamaño reducido y bajo coste para realizar observaciones meteorológicas de utilidad por debajo de la cota de los 25.000 pies, que dispusiese de un enlace de bajada en tiempo real. El proyecto recibió el nombre de TAMDAR (Tropospheric Airborne Meteorological Data Reporting) [1]. Se concibió para su despliegue en aviones de líneas aéreas regionales. De hecho, los dispositivos se instalaron en sesenta y tres aviones comerciales para la realización de pruebas, que concluyeron en 2006 [2].

El trabajo referenciado en [3] propone una red de sensores basada en transporte público para monitorizar las condiciones del firme de las carreteras, para optimizar su mantenimiento. Un sistema de este tipo es interesante en países extensos, en los que el los sistemas de respuesta rápida de monitorización de estado de las carreteras tienen un coste inaceptable. Apoyándose en vehículos de transporte público, los autores demostraron que es posible concentrar la recolección de datos de áreas extensas en pocas ubicaciones, dada la tendencia de las redes de transporte a ramificarse desde

ubicaciones centrales. En [4], los autores proponen aplicar el mismo sistema a la monitorización de polución ambiental. En su prototipo, emplean sensores MICAz de Crossbow, equipados con GPS y transductores de temperatura y nivel de concentración de monóxido de carbono.

También se ha propuesto la adopción de este modelo para controlar la calidad del aire en las ciudades. En [5], se describe el desarrollo de instrumentación móvil para este fin. El trabajo se centró en el procesado preliminar de datos brutos tomados de una matriz de sensores integrados, pero se menciona la posible utilización de las comunicaciones radio habitualmente disponibles en el transporte público para la transmisión de dichos datos hacia servidores de proceso.

En [6] se presenta un sistema empotrado de sensorización móvil, diseñado para recolectar, procesar, entregar y visualizar los datos de sensores ubicados en vehículos tales como automóviles [6]. En relación con nuestro sistema, la principal contribución de ese trabajo es el modo en que los autores tratan la conectividad intermitente entre los sensores y la red, que constituye uno de los principales problemas de viabilidad en nuestros escenarios de trabajo. Al respecto, se considera la utilización de los vehículos como mulas de datos, para el transporte de los mismos desde redes remotas de sensores.

1.2. Redes tolerantes a retardo

Los protocolos TCP/IP, que constituyen la base de Internet, proporcionan conectividad extremo-a-extremo, pero es necesario que los enlaces sobre los que se asientan cumplan ciertas condiciones. Fundamentalmente, son tres: que exista un camino entre el nodo fuente y el destino o destinos, que el tiempo máximo de ida y vuelta (RTT, *Round-Trip Time*) de la información no sea excesivo, y que la probabilidad de descarte de los paquetes sea baja.

Estas condiciones no se cumplen en su totalidad en muchos tipos de redes, como las redes con desafíos o *challenged networks*. Una de las familias más destacables —especialmente porque durante su

desarrollo se crearon las especificaciones de los protocolos para DTN [7]— es la IPN o *Interplanetary Internet* [8] de la NASA, que soportar servicios de tipo Internet a distancias de espacio profundo. En este caso TCP no es válido, porque sus nodos deben realizar un proceso de negociación de tres pasos (*three way handshake*), cuyo RTT dura aproximadamente 1.5 segundos. Además, la mayoría de las implementaciones utilizan temporizadores de dos minutos [9]. Es decir, que si un vehículo espacial se encuentra a una distancia superior a un minuto luz, las conexiones sobre TCP fallan. En el caso de Marte, el RTT es de ocho minutos.

Todo el trabajo realizado para las redes IPN, aunque parece completamente ajeno a las redes terrestres de sensores, resulta directamente aprovechable para solucionar problemas de conectividad intermitente. En consecuencia, el trabajo relacionado se fue desviando progresivamente hacia las segundas. El IRTF (*Internet Research Task Force*) ha creado un grupo de investigación para trabajar con redes tolerantes a retardo o DTN (*Delay Tolerant Networks*): el DTNRG (*DTN Research Group*).

Los dispositivos móviles, pueden sufrir distintos tipos de cortes o retardos de las comunicaciones, debidos a la falta de energía (o a la necesidad de apagar el dispositivo de transmisión para aumentar la duración de la batería) o a que se encuentran lejos del alcance de los restantes nodos. Por esta razón, los datos se transportan en las redes DTN como *haces*, que se almacenan—y— retransmiten en una red superpuesta a su vez sobre las capas de transporte de las redes que componen el sistema global de comunicaciones (*overlay*). La técnica es similar a la que se utiliza en el correo electrónico, pero orientada a la comunicación entre procesos.

Este esquema se está utilizando actualmente en aplicaciones muy diversas:

- Proporcionar acceso a Internet (para servicios no interactivos) en zonas de difícil acceso [10].
- Monitorizar animales salvajes [11].
- Medir la calidad del agua [12].
- Crear redes sociales [13].

1.3. Bundle Protocol

El *Bundle Protocol*, que podríamos traducir como *protocolo de haces*, es un ejemplo de red superpuesta. Se puede ejecutar sobre IP o sobre cualquier otro protocolo adaptado a ámbitos especiales (redes de sensores, comunicaciones a través de grandes distancias, etc.).

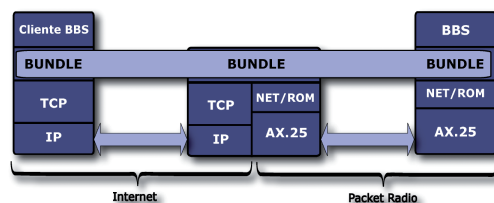
Este protocolo agrupa en un *bundle* toda la información que desean transmitir las diversas aplicaciones. Los nodos retransmiten ese *bundle* a lo largo de una ruta que posiblemente abarca un número elevado de nodos, que pueden almacenar los *bundles* durante un período de tiempo significativo. La Figura 1 ilustra cómo el *Bundle Protocol* se puede utilizar sobre distintos tipos de protocolos de transporte.

Podemos imaginar un escenario en el que un sensor móvil ubicado en un vehículo debe enviar las medidas que acaba de tomar. Debe crear un *bundle* con todas esas medidas y esperar a que el vehículo pase cerca de un punto de acceso ubicado en mobiliario urbano. En el momento en el que el punto de acceso recibe el *bundle* lo transmite a través de Internet hasta el servidor de proceso. Es posible que intervenga un segundo vehículo como elemento intermedio de transmisión. En este mismo ejemplo, es posible tres pilas diferentes de protocolos de bajo nivel intervengan para transmitir el *bundle*.

2. APROXIMACIÓN GENERAL

Desde un punto de vista funcional, se puede dividir el sistema propuesto en tres bloques principales. El primero de ellos corresponde al sistema autónomo de sensorización que se instala en los

Figura 1. Pila DTN y capa superpuesta



vehículos. En él, el subsistema de medida se ha concebido según un diseño modular, de forma que se puedan monitorizar distintos tipos de contaminantes sin más que añadir los sensores correspondientes. El sistema autónomo combina los subsistemas de medida y posicionamiento espacial/temporal y comunicaciones en torno a un sistema empotrado de computación, según especificaciones de electrónica de automoción. El instrumento resultante etiqueta las medidas de los sensores con una posición y una marca temporal y las transmite a través del sistema de comunicaciones.

El segundo bloque corresponde al sistema de comunicaciones. Este sistema garantiza la transmisión de las medidas etiquetadas al sistema central de proceso. En principio se consideraron diferentes alternativas. La comunicación directa a través de telefonía celular u otras bandas disponibles en el transporte público se descartó por razones de coste o limitación de ancho de banda. Se consideró asimismo la utilización de conexiones punto a punto con mobiliario urbano a través de Bluetooth, pero se descartó por la lentitud del establecimiento de conexión y los problemas que pudiesen ocasionar los dispositivos de electrónica de consumo de los usuarios. Otra posibilidad desechada fue emplear redes *car-to-car*, en las que colaborasen distintos autobuses, por el grado innecesario de complejidad. Se llegó así a la decisión final de emplear comunicaciones DTN sobre IEEE 802.11 (WiFi) e instalar puntos de acceso en las cocheras. En cualquier caso, se deja abierta para futuros trabajos la posible implementación de alguno de los otros sistemas de comunicación antes mencionados y analizados preliminarmente durante este proyecto.

El tercer bloque corresponde al servidor de proceso. En él se agrega la información proveniente de diferentes sensores y diferentes vehículos y líneas, y se realizan los análisis de dispersión de contaminantes considerando factores ambientales, a fin de crear un mapa de contaminación y estudiar su evolución en un entorno urbano. El diseño del servidor de proceso abarca a su vez el diseño de modelos de dispersión de los contaminantes en este

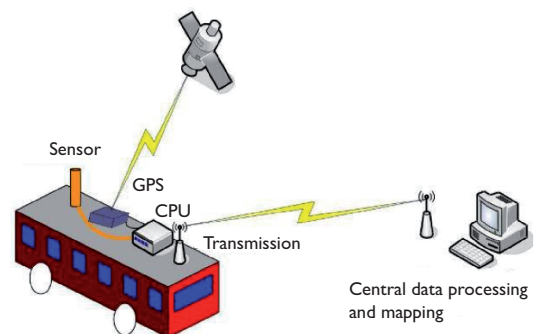
tipo de entornos, a fin de crear un mapa de polución global y realizar predicciones de evolución de la contaminación que puedan ser de utilidad para servicios públicos. Como se verá más adelante en esta memoria, este tercer bloque de procesamiento se divide a su vez en distintos módulos funcionales.

3. IMPLEMENTACIÓN

La Figura 2 muestra la arquitectura y los componentes principales de la implementación.

El sistema embarcado consiste en el subsistema de medida («sensor» en la figura), una unidad de proceso (CPU) con un módulo GPS que obtiene posiciones e información horaria y un módulo de comunicaciones («transmission»), básicamente una tarjeta WiFi. La unidad de proceso sigue a su vez una arquitectura PC104, según estándares del sector de automoción, y por tanto se puede compactar en un espacio muy reducido. La placa principal es un dispositivo Kontron MOPSLcd6 de nivel industrial con un procesador Pentium a 166 MHz, salida VGA, interfaces Fast Ethernet y USB, y una UART dual. La pila PC/104 incluye una fuente de alimentación HE104+DX de automoción con rango de entrada entre 6V y 40V, que se puede conectar directamente a cualquier batería estándar de automóvil o autobús. Es un sistema robusto, preparado para soportar altas temperaturas y vibraciones. El módulo de comunicaciones es una tarjeta IEEE 802.11a/b/g insertada en una ranura

Figura 2. Arquitectura del sistema



PCMCIA PC/104, y el módulo GPS se conecta a través de la UART.

El sistema operativo de la unidad de proceso es una distribución GNU/Linux Debian Sarge (kernel 2.6.18). Incluye la implementación de referencia de la pila DTN [14].

Para la estación base de las cocheras consideramos dos opciones: un PC convencional con la pila DTN y una tarjeta inalámbrica en modo infraestructura, o un punto de acceso Linksys WRT54GL con un firmware de diseño propio.

Específicamente, hemos modificado un firmware OpenWRT y portado la pila DTN al punto de acceso Linksys WRT54GL [15]. La estación base ejecuta dtnd y dtncpd, es decir, los demonios de DTN y DTN copy.

La Figura 3 muestra la cabina de instrumentos abatida de un autobús de VITRASA (transporte urbano de Vigo). En ella se aprecia la instalación real de la instrumentación. Los elementos que componen nuestro sistema se han situado junto a otros ya existentes en el autobús, que la empresa utiliza para sus comunicaciones, para poder localizar el autobús y para mostrar contenidos multimedia digitales. Antes de la instalación, fue preciso realizar un análisis eléctrico y mecánico para compaginar nuestro equipo con los ya existentes. La Figura 4 muestra la ubicación de la sonda del primer prototipo sobre el techo del autobús.

Como complemento a este prototipo montado sobre un autobús de línea urbana, se ha construido otro basado en un ordenador portátil con un sistema de adquisición de datos, un GPS y sensores para la detección de varios gases contaminantes, todos estos componentes se pueden encontrar en el mercado. Se tomó la decisión de construir el segundo prototipo multisensor tras constatar que las modificaciones del prototipo instalado en el autobús de la línea regular resultarían muy complejas tanto desde el punto de vista de la instalación de los sensores como de los condicionantes logísticos y de operación del autobús puesto a nuestra disposición. En adelante, nos referiremos a ellos como prototipo de prueba de concepto y prototipo multisensor, respectivamente.

Figura 3. Cabina de instrumentación de comunicaciones de autobús urbano, abatida

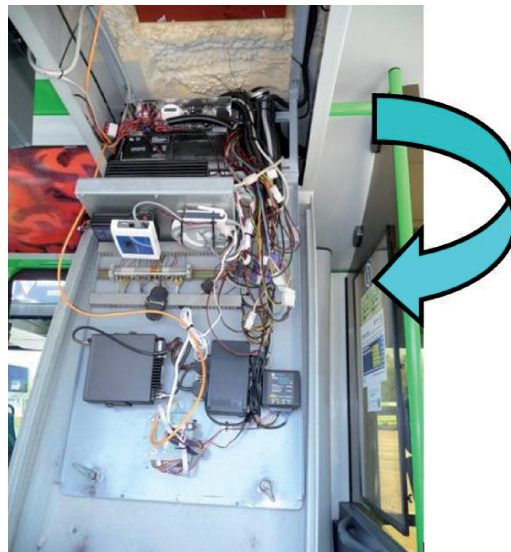
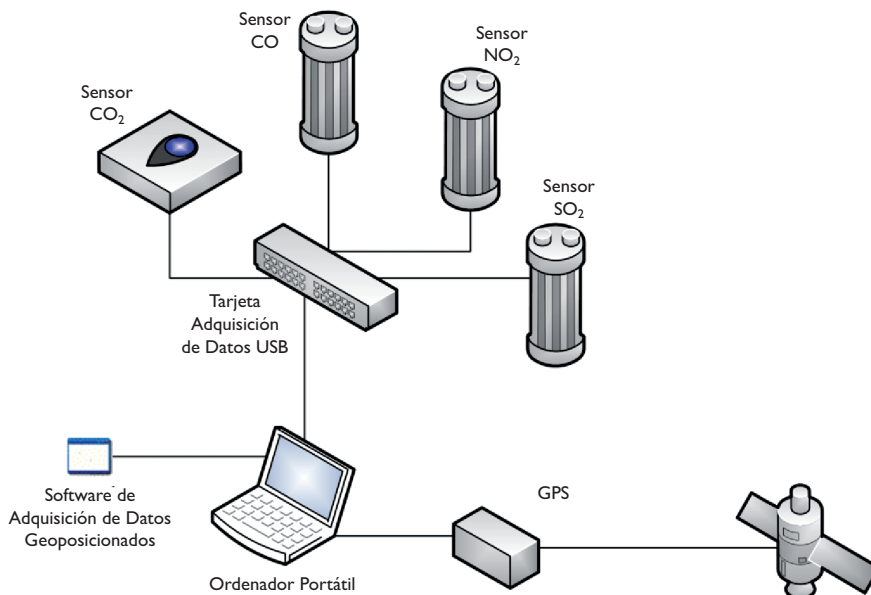


Figura 4. Ubicación de la sonda de CO₂ del primer prototipo en el techo del autobús urbano.



La arquitectura del prototipo multisensor se muestra en la Figura 5. En esta figura se pueden observar los sensores de gases empleados, CO, CO₂, NO₂ y SO₂ que se conectan a una tarjeta de adquisición de datos, conectada a su vez a un ordenador portátil con un software de adquisición de datos. El ordenador posee también un módem GPS. El sensor de CO₂ integra físicamente un sensor de humedad relativa y un sensor de temperatura, que no aparecen en la figura.

Figura 5. Esquema hardware y software del segundo prototipo de nodo móvil, o prototipo multisensor



Concretamente, los cuatro sensores utilizados para medir los diferentes indicadores de calidad del aire son los siguientes.

- Sontay GS-S-ND: Se trata de un sensor de NO₂ que opera en el rango de 0 a 10 ppm y proporciona su salida a través del propio bucle de alimentación, en el rango de 4 a 20 mA. El hecho de proporcionar la salida analógica del sensor en el bucle de alimentación permite conectarlo utilizando únicamente los dos cables de alimentación, lo que simplifica la instalación. Dado que la tarjeta de adquisición permite leer valores de voltaje y no de intensidad, el bucle de alimentación del sensor se conecta a la tarjeta de adquisición de modo diferencial. Es decir, la tarjeta mide la diferencia de voltaje entre dos entradas utilizando una resistencia como carga para medir la tensión.
- Sontay GS-S-SD: Es un sensor de SO₂ que opera en el rango de 0 a 20 ppm. Se conecta a la tarjeta de adquisición al igual que el anterior, y por tanto

proporciona su valor de salida como el consumo en el bucle de alimentación.

- Sontay GS-S-CM: Es un sensor de CO que opera en el rango de 0 a 100 ppm. Se conecta a la tarjeta de adquisición al igual que los dos anteriores.
- Sontay GS-CDRHT-W. Es un sensor de CO₂, humedad relativa y temperatura. A diferencia de los anteriores, este sensor, que ofrece varios valores de salida, no los entrega como consumos en el bucle de alimentación, sino como voltajes en salidas independientes, por lo que se conecta directamente a la tarjeta de adquisición.

Estos sensores se montaron sobre un chasis que se instaló en un contenedor de plástico, que los protege de agentes atmosféricos al mismo tiempo que permite una correcta aireación de su interior. Por consiguiente, pueden medir adecuadamente la calidad del aire. El contenedor tiene fijadas unas patas con ventosas que permiten su fácil instalación sobre vehículos. En las Figuras 6, 7 y 8 se pueden ver diversas fotografías del prototipo multisensor.

Figura 6. Sensores instalados en la caja del prototipo multisensor

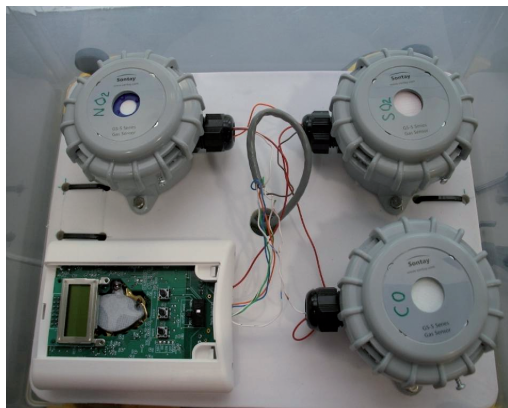


Figura 7. Prototipo multisensor completo. De izquierda a derecha, baterías y tarjeta de adquisición, ordenador portátil, unidad de sensorización



Figura 8. Prototipo multisensor instalado en un vehículo privado para pruebas



4. PRUEBAS PRELIMINARES

En las primeras pruebas, el prototipo de prueba de concepto utilizó un transductor Vaisala GMM220 de CO_2 . La unidad de proceso consultaba continuamente dicho sensor a través del primer interfaz serie, y el receptor GPS a través del segundo. Cada dos segundos, se almacenaban en un fichero la concentración de CO_2 , la posición y la hora. El fichero se enviaba al servidor a través de la conexión DTN (obviamente, la comunicación de datos se completaba cuando el autobús regresaba a las cocheras).

La Figura 9 muestra algunas medidas de campo de concentración de CO_2 en ppm, tomadas por el prototipo de prueba de concepto en las calles de Vigo, Pontevedra. La ruta seguida se muestra en la Figura 10. Los valores son mayores que las medias típicas porque se tomaron en una ciudad industrial, con tráfico intenso.

Durante el análisis de los datos que capturó en las pruebas preliminares el prototipo instalado en el autobús, se detectaron diversas anomalías. Parecen deberse al comportamiento del sensor, derivadas de su interacción con el propio autobús, el tráfico y la meteorología. Por ejemplo, se producían importantes variaciones de las medidas cuando el autobús estaba parado, así como justo al arrancar.

Durante el análisis de las posibles soluciones para estos problemas sobrevenidos quedó claro que realizar pruebas con un prototipo instalado en un autobús de una línea regular requiere una calibración compleja que iba más allá del alcance de proyecto. Por este motivo, como se ha comentado anteriormente, se decidió desarrollar un segundo prototipo portátil –el prototipo multisensor– que se pudiese instalar fácilmente en cualquier vehículo, tanto para estudiar los fenómenos de medida como para capturar más datos, a fin de desarrollar algoritmos para su procesamiento y visualización.

De este modo se puso más énfasis en la capacidad de análisis simultáneo de distintos contaminantes, en lugar de acometer, como inicialmente se había pretendido, la realización de pruebas con varias unidades de medición

Figura 9. Concentraciones en ppm en la ruta de pruebas de la Figura 10

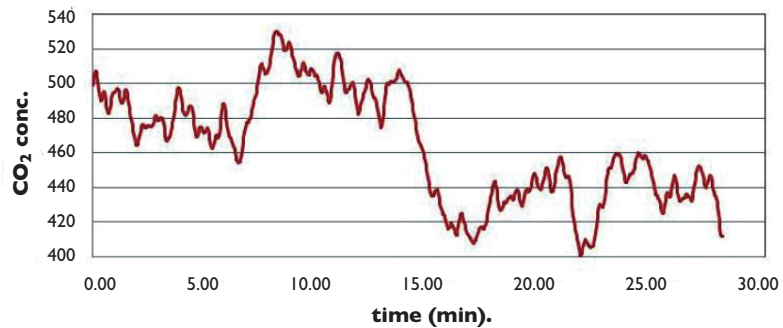


Figura 10. Pruebas preliminares. Ruta de VITRASA en Vigo, Pontevedra



montadas en distintos autobuses urbanos, para un único contaminante. Ello no compromete el objetivo final de toma de datos desde varios sensores móviles, que permitirá en su momento un mejor desarrollo de los programas de software encargados de analizar los fenómenos de dispersión de contaminantes en medio urbano.

5. PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN DE DATOS

Para el desarrollo del software de procesamiento, almacenamiento y visualización de datos de contaminación, se comenzó por seleccionar la librería de cartografiado para geolocalización. Se optó por las API que tanto Google Maps como

sus competidores han hecho públicas de forma gratuita con ciertas restricciones. Estas API tienen una serie de ventajas, entre las que destaca su carácter gratuito siempre que la utilización se amolde a los requisitos de la licencia. Además, no es necesario preocuparse de las actualizaciones de la información geográfica, ya que los mapas se extraen de las bases de datos del proveedor en tiempo de visualización, y éstas se renuevan continuamente.

Siguiendo con esta filosofía, finalmente se ha optó por utilizar Google Maps. Google ha sido pionera en ofrecer un servicio gratuito de mapas georeferenciados en Internet. Sus mapas se combinan además con fotos por satélite y poseen numerosas capas de información con puntos de interés. Los mapas se actualizan continuamente y tienen una excelente cobertura de las ciudades españolas. La API permite únicamente el desarrollo de aplicaciones Web, ya que el acceso a los servicios de Google Maps se realiza mediante librerías escritas en lenguaje Javascript.

El sistema de procesamiento, almacenamiento y visualización de datos se ha desarrollado como un servidor centralizado que consta de cuatro módulos principales. En primer lugar, un módulo de almacenamiento de datos, que se ha implementado sobre una base de datos PostgreSQL, utilizando la API GoogleMaps para la corrección de la información de posicionamiento. En segundo lugar, un módulo de procesamiento de datos, que se ha implementado siguiendo un esquema modular extensible que facilita la integración de nuevos algoritmos o modelos de procesamiento y perfilado de datos de contaminación. En tercer lugar, un módulo de visualización y estudio de la información, que se ha implementado con tecnologías Web AJAX y J2EE, apoyándose en la API GoogleMaps para posibilitar la visualización de información geolocalizada. Y, finalmente, un módulo de introducción de datos, implementado en forma de servicios Web, para la entrada de datos desde las estaciones móviles. A continuación se expondrán resumidamente las características de cada uno de los módulos desarrollados.

El módulo de almacenamiento se encarga de proporcionar mecanismos para el almacenamiento de la información de sensorización geoposicionada y posterior acceso a ella. Cuenta con una capa de acceso a los datos que lo abstrae de la tecnología de almacenamiento concreta utilizada (actualmente una base de datos SQL) y con un módulo de preprocesamiento de datos crudos con diferentes estrategias, previo al almacenamiento de dichos datos (por ejemplo, para optimizar la posición GPS en función de las calles y carreteras cercanas).

El módulo de introducción de datos se encarga de la comunicación entre las estaciones de sensorización y el módulo de almacenamiento. Esta interfaz permite desacoplar a los nodos de sensorización del sistema de almacenamiento, de forma que es posible definir diferentes implementaciones en función de las capacidades o necesidades de diferentes tipos de nodos. Actualmente se cuenta con una implementación en forma de servicio Web.

En el módulo de procesamiento se implementan las diferentes funcionalidades de procesamiento, gestión y tratamiento de información de contaminación. Para ello cuenta con diseño y construcción modulares, de forma que los distintos tipos de módulos aportan diferentes funcionalidades, como acceso a la información de las estaciones de sensorización disponibles, las ciudades monitorizadas o los diferentes tipos de sensores manejados. Finalmente, para el procesamiento de datos dispone de un sistema extensible de modelos de dispersión de contaminantes y de comportamiento de los sensores, cuyos resultados pueden utilizarse para obtener perfiles de la distribución de contaminantes en diferentes áreas o calles de una ciudad. A partir de ellos se puede generar todo tipo de informes y gráficas. Actualmente se cuenta con una implementación de un sencillo modelo de dispersión por interpolación, que se ha utilizado para comprobar el correcto funcionamiento del sistema durante la fase de pruebas de campo.

El módulo de visualización georreferenciada utiliza la información que

genera el módulo de procesamiento, y cuenta con elementos para su visualización gráfica geoposicionada sobre mapas. El módulo se ha concebido para facilitar la inclusión de nuevas formas de visualización, proporcionando además algunas utilidades para su desarrollo, como por ejemplo facilidades para la agrupación (*clustering*) de datos geoposicionados. Para la implementación de la interfaz Web se han empleado tecnologías J2EE, como páginas JSF y plantillas Facelets, así como la librería Google Maps API. En base a Google Maps, se ha desarrollado una sencilla librería AJAX propia para facilitar la visualización geoposicionada de información de contaminación. Por ejemplo, dicha librería permite mostrar rutas de estaciones móviles junto con la información de contaminación obtenida, mostrar los datos crudos de sensorización de una calle o visualizar isosuperficies de índices de contaminación.

Con respecto al módulo de visualización, actualmente el sistema cuenta con tres funcionalidades principales para la consulta y visualización de los datos que capturan las estaciones móviles:

- Consulta y visualización de los datos crudos (preprocesados) obtenidos por las diferentes estaciones móviles. El usuario puede seleccionar la ciudad y las estaciones de sensorización concretas en las que está interesado, así como un rango horario y de fecha de las mediciones que desea consultar. El sistema visualiza las mediciones obtenidas por dichas estaciones geoposicionadas sobre un mapa de la ciudad. Las mediciones se muestran agrupadas según el nivel de acercamiento (*zoom*) del usuario sobre el mapa. Esta funcionalidad permite que los usuarios conozcan las rutas que siguen las estaciones móviles en diferentes épocas o rangos horarios. La visualización de datos crudos acerca de los índices de contaminación ayuda a detectar anomalías puntuales. En la Figura 11 se puede ver una captura de pantalla de esta funcionalidad.
- Visualización de la información de dispersión de contaminantes,

generada por los algoritmos de modelado de dispersión, mediante isosuperficies. De forma análoga al caso de uso anterior, el usuario puede seleccionar la ciudad, así como el contaminante y la franja horaria a estudiar. El sistema utiliza la información de los modelos de dispersión de contaminantes para generar isosuperficies que se muestran geoposicionadas sobre un mapa de la ciudad, con los diferentes niveles de contaminación. Se puede ver una captura de pantalla en la Figura 12.

- Visualización de niveles de contaminación a lo largo de una ruta seleccionada. En este caso, el usuario puede marcar en el mapa de una ciudad una serie de puntos que establecen una ruta a estudiar, así como la franja horaria deseada. El sistema utiliza los datos generados por los algoritmos de modelado de dispersión de contaminantes para generar gráficas que muestran los niveles de contaminación a lo largo de la ruta seleccionada. En la Figura 13 se puede ver una captura de pantalla de este caso de uso.

6. MODELADO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Tal como ha quedado reflejado en el apartado anterior, en el módulo de visualización se utilizan datos generados a partir de algoritmos que realizan el modelado de la dispersión de contaminantes gaseosos en el aire. Se trata de modelos simples que no tratan de emular los complejos modelos de dispersión de contaminantes en medio urbano, ya que esto excedería con creces el alcance de la presente investigación. Lo que se pretende con ellos es soportar una visualización razonable de los datos medidos de forma inmediata y eficaz. En caso de realizar un despliegue suficiente de sensores móviles, los datos obtenidos podrían servir de entrada a un programa de modelado de dispersión de contaminantes en la ciudad bajo estudio.

Figura 11. Visualización de los datos brutos capturados a lo largo de una ruta en A Coruña.

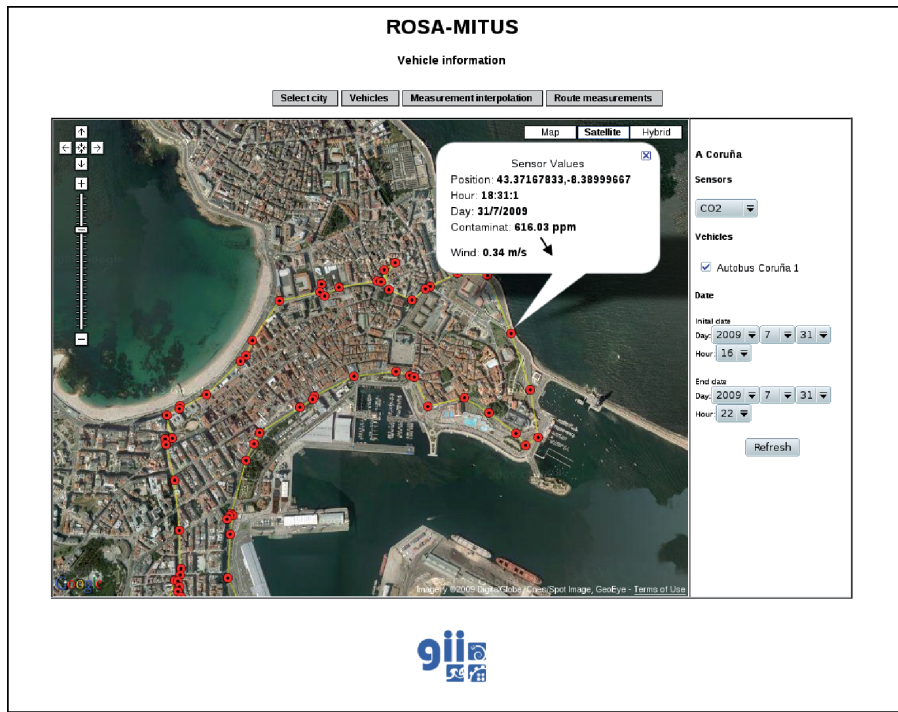


Figura 12. Visualización de isosuperficies de índices de contaminación

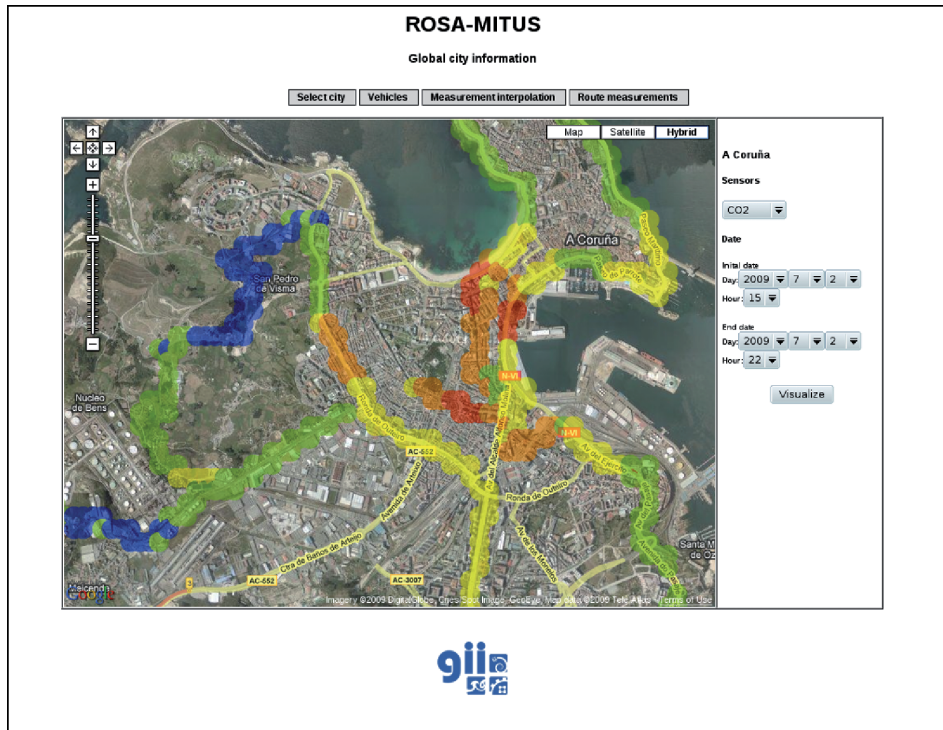
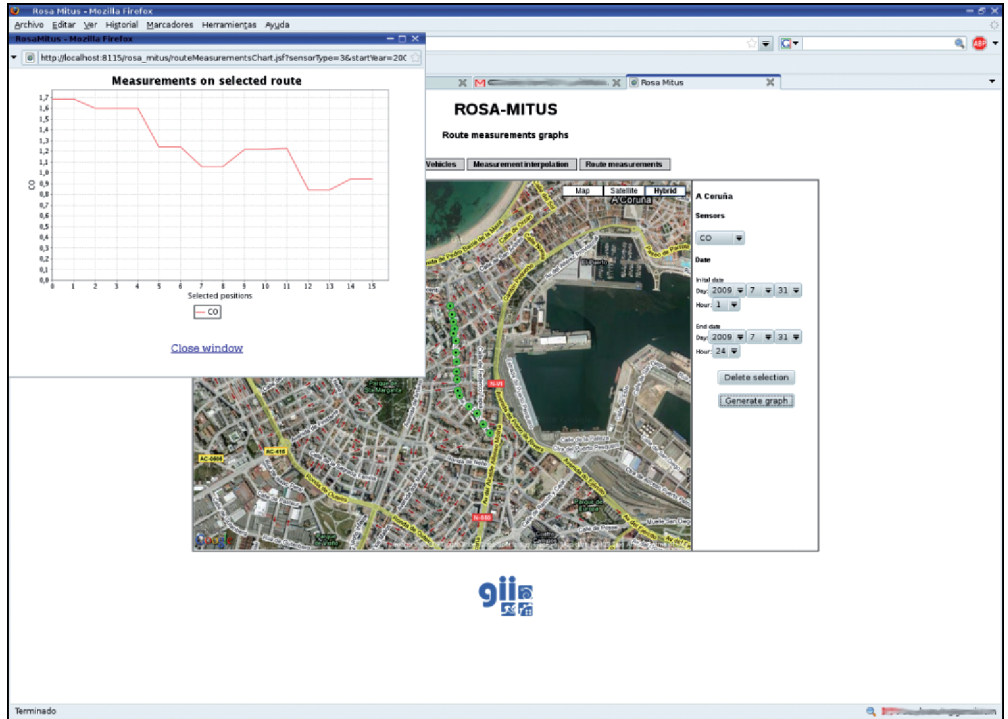


Figura 13. Visualización de niveles de contaminación a lo largo de ruta seleccionada punto a punto



Los modelos de dispersión de contaminantes en medio urbano requieren como entrada información detallada de las emisiones de los contaminantes y las condiciones meteorológicas. Entre las emisiones contaminantes, las producidas por el tráfico rodado revisten gran importancia. La mayoría de los modelos de dispersión, en lugar de considerar las emisiones puntuales de cada vehículo, consideran las calles como fuentes lineales de emisión. Esto se debe a que los modelos urbanos de mesoescala, por motivos computacionales y aún en caso de alta resolución, no pueden resolver celdas por debajo de los centenares de metros. Para el estudio de la dispersión de contaminantes debidos al tráfico dentro de las calles se utilizan modelos de microescala que pueden ser paramétricos o basados en CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

Los estudios de la dispersión de contaminantes en calles toman como punto de partida la clasificación de flujos realizada por Oke [16], en la que,

estudiando geometrías 2D, distingue tres clases en función de la relación W/H entre el ancho de la calle y la altura de los edificios circundantes, según se muestra en la Figura 14. El modo más frecuente y que tiene más interés corresponde al caso en el que la altura de los edificios es bastante superior a la anchura de la calle ($W/H \ll 1$). En este caso, la calle actúa como un cañón, y el vórtice producido por el viento transversal que sopla sobre los edificios hace que los contaminantes se concentren en un lado de la calle. Este fenómeno fue parametrizado por Berkowicz [17] y se representa en la Figura 15.

En una calle real, aún cuando fuese suficientemente larga, habría que incluir además la componente del viento en la dirección de la calle, los efectos de las diferencias de altura de los edificios circundantes y los del inicio y final de la calle. El flujo complejo resultante, junto con las estelas producidas por los vehículos que circulan por la calle, configura la dispersión de los contaminantes que

Figura 14. Tipos de flujos en calles 2D según Oke

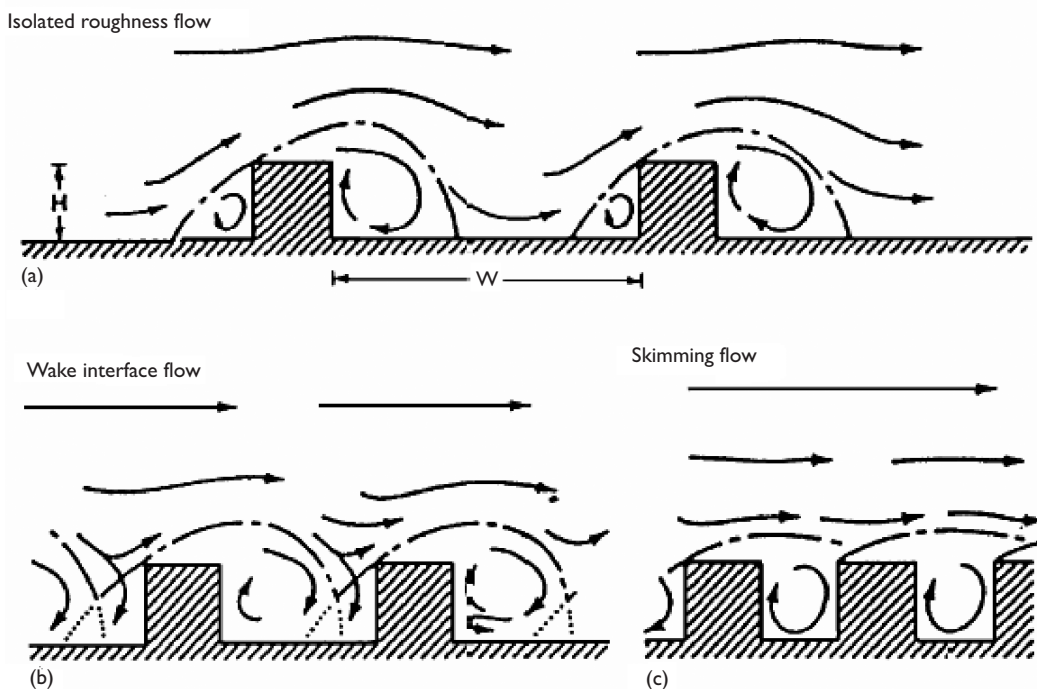


Figura 15. Ejemplo de calle como cañón según Berkowicz



emiten dichos vehículos. En la literatura existen numerosos estudios de este fenómeno en condiciones reales, en túnel aerodinámico o mediante simulación numérica.

En general, los modelos a microescala necesitan las medidas de campo que realizan las estaciones de medición de

niveles de contaminantes, tanto para su validación como para que sea posible introducir como entrada los datos de polución de los vehículos. En este sentido, el despliegue de sistemas de sensorización móvil oportunista como los aquí propuestos serviría para mejorar los resultados de dichos modelos.

7. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un sistema de monitorización de polución urbana basado en sensores móviles oportunistas instalados en autobuses de transporte público. Se trata de un sistema flexible, escalable y de bajo coste. Cada unidad del sistema dispone de capacidad de proceso, un módulo de comunicaciones, un módulo GPS y un conjunto de sensores de gases contaminantes. Los datos obtenidos se entregan a un servidor de proceso, que trata la información proveniente de diferentes sensores, montados sobre diferentes vehículos y líneas. El servidor se encarga de los análisis pertinentes de dispersión de contaminantes, estudia su evolución temporal y espacial en el entorno urbano y muestra la información gráficamente sobre mapas.

Se han desarrollado dos prototipos de estas unidades. El primero, con la arquitectura y morfología concebidas inicialmente en esta investigación, se probó en un autobús de una línea regular de la empresa VITRASA de transporte urbano de Vigo, y realizó tomas de datos en condiciones reales de funcionamiento. El segundo prototipo tiene las mismas funcionalidades, pero se construyó a partir de un sistema

comercial portátil de adquisición de datos basado en PC. Con este sistema se evaluaron distintos sensores de contaminantes y se tomaron datos a lo largo de rutas urbanas en la ciudad de A Coruña.

Se ha desarrollado un sistema de representación y visualización de datos que permite geoposicionar sobre un mapa de la ciudad las mediciones de los sensores móviles. Se utilizaron para ello las API de Google Maps, lo que permite realizar a través de una página Web tanto la consulta y visualización de los datos crudos como la visualización de información sobre dispersión de contaminantes, o la visualización de niveles de contaminación a lo largo de una ruta seleccionada.

8. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido subvencionada por los proyectos del Ministerio de Fomento T-38/2006 (ROSA-MITUS) y Rosa Mitus IIE: «Estudio de un sistema de monitorización remota móvil de contaminación desde transporte urbano».

Los investigadores quieren agradecer su valiosa colaboración a la empresa VITRASA de transporte urbano de Vigo.

9. REFERENCIAS

- [1] T.S.D.N.L.R. Center (2002). «Tropospheric airborne meteorological data reporting (TAMDAR) sensor development », en Proceedings General Aviation Technology Conference & Exhibition, Wichita, EEUU, abril de 2002.
- [2] SZOKEI E.J., BENJAMIN S., COLLANDER R.S., JAMISON B.D., MONINGER W.R., SCHLATTER T.W., SCHWARTZ B., SMITH, T.L. (2008). «Effect of TAMDAR data on short-term forecasts of aviation-impact fields for ceiling, visibility, reflectivity and precipitation », en Proceedings 3th Conference on Aviation, Range and Aerospace Meteorology, New Orleans, EEUU, enero de 2008
- [3] ZOYSA K.D., KEPPIYAGAMA C., SENEVIRATNE G.P., SHIHAN W. (2007). «A public transport system based sensor network for road surface condition monitoring », en Proceedings 2007 ACM workshop on networked systems for developing regions, NSDR '07, Nueva York, EEUU, pp. 1-6.
- [4] ZOYSA K.D., KEPPIYAGAMA C. (2007). «Busnet – a sensor network built over a public transport system », en Proceedings 4th European conference on Wireless Sensor Networks, 2007.
- [5] BOSCOLO A., MANGIACACCHI C. (1998). «Pollution dynamic monitoring system for city air quality control », en Proceedings IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, IMTC/98, vol. 1, mayo de 1998, pp. 202-205.
- [6] HULL B., BYCHKOVSKY V., ZHANG Y., CHEN K., GORACZKO M., MIU A.K., SHIH E., BALAKRISHNAN H., MADDEN S. (2006). «CarTel: A Distributed Mobile Sensor Computing System », en Proceedings 4th ACM SenSys, Boulder, EEUU, noviembre de 2006.
- [7] CERF V. G., BURLEIGH S. C., DURST R. C. et al (2007). «Delay-Tolerant Networking Architecture (RFC 838)». RFC, Google Corporation, EEUU.

- [8] CERF V. G., BURLEIGH S. C., TOGERSON L., DURST R. C., SCOTT, K. et al (2001). Interplanetary Internet (IPN): Architectural Definition, borrador de Internet.
- [9] FARRELL S., CAHILL V., GERAGHTY D., HUMPHREYS I., McDONALD, P. (2006). «When TCP Breaks: Delay- and Disruption- Tolerant Networking». IEEE Internet Computing, vol. 10, núm. 4, pp. 72-78.
- [10] BREWER E. A. (2005). «The case for technology for developing regions», en Proceedings 14th international conference on World Wide Web, Nueva York, EEUU, ACM Press, pp. 96-96.
- [11] JUANG P., OKI H., WANG Y., MARTONOSI M., PEH, L. S. et al (2002). «Energy-efficient computing for wildlife tracking: design tradeoffs and early experiences with ZebraNet». SIGPLAN Not., vol. 37, núm. 10, pp. 96-107.
- [12] FARREL S., CAHILL V. (2005). «LTP-T: A Generic Delay Tolerant Transport Protocol». TCD Computer Science Technical Report. Trinity College.
- [13] DORIA A., UDEN M., PANDEY D. P. (2002). «Providing Connectivity to the Saami Nomadic Community», en Proceedings 2nd Intl. Conf. Open Collaborative Design for Sustainable Innovation (dyd 02), Bangalore, India.
- [14] DTNR Group. «DTN reference implementation v2.3.0», <http://www.dtnrg.org/docs/code/DTN2>, diciembre de 2006.
- [15] GIL CASTIÑEIRA F., GONZALEZ CASTAÑO F.J., ASOREY CACHEDA R., FRANCK L., PAILLARD S. (2006). «Practical development of an embedded hybrid wireless DTN node», en Proceedings 2006 International Workshop on Satellite and Space Communications, septiembre de 2006, pp. 227-229.
- [16] OKE, T.R. «Street design and urban canopy layer climate». Energy and Buildings. Vol. 11, nos. 1-3, marzo de 1988, pp. 103-113.
- [17] BERKOWICZ, R., 1998. «Street Scale Models», en Urban Air Pollution - European Aspect (FENGER, J., HERTEL, O., PALMGREN, F., EDS.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 223-252.

Propuesta de metodología para el control de la calidad de vía mediante tratamientos estadísticos^(*)

Ricardo INSA FRANCO^(a)
 Jorge MARTÍN MARÍN^(b)
 Julia REAL HERRÁIZ^(a)

María COMES GRACIA^(c)
 Jorge SOBRINO FERNÁNDEZ^(d)
 Rubén MUÑOZ GARCÍA^(d)

RESUMEN: Las exigencias de seguridad y confort que se están imponiendo en el transporte ferroviario de viajeros, junto a las cada vez más ajustadas condiciones de explotación (menores intervalos de paso y extensión del horario de prestación de servicios) obligan a plantear a este modo de transporte una metodología de mantenimiento, acorde con el nivel de calidad exigible en la situación actual y al menor coste posible.

En este contexto, el estudio de referencia, realizado con la subvención del Ministerio de Fomento, se propuso elaborar una metodología que pudiera abordar de una forma sistemática el mantenimiento de la calidad de la vía. Finalmente ha propuesto un modelo que, con una serie de complementos y puesta a punto, resulta capaz de alcanzar los objetivos previstos.

En resumen, se ha planteado una metodología de mantenimiento ferroviario basada en una filosofía predictiva y adoptando un análisis estadístico de los parámetros de vía. Previamente se han definido cuales son los parámetros que mejor representan la calidad geométrica de la vía. El modelo permite introducir fácilmente los parámetros límite que desee implantar cualquier administración ferroviaria, de acuerdo al contexto y a las características propias de la explotación, así como a la tipología de los vehículos de que disponga. A la inversa, el procedimiento estudiado puede dar indicaciones de las características que se deberían mejorar y tener en cuenta en el material móvil, de cara a los pliegos de condiciones de nuevas adquisiciones.

En este artículo se resume el trabajo realizado y los principales objetivos logrados, pudiéndose ampliar con más detalle en la bibliografía que se incluye.

I. CONTENIDO

I.1. Introducción

Cada vez son mayores las exigencias en cuanto a mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los sistemas de

transporte. El modo ferroviario no es una excepción, pero aún hoy en día muchas administraciones ferroviarias mantienen sus vías con técnicas de mediados del siglo pasado. Esto choca con la exigencia de unir, a la calidad del servicio, una necesaria

^(a) Departamento de Transportes. Universidad Politécnica de Valencia.

^(b) Departamento de Estadística. Universidad Politécnica de Valencia.

^(c) Ingeniero de Caminos. Universidad Politécnica de Valencia.

^(d) Metro de Madrid.

^(*) La elaboración de este artículo y el proyecto del cual es resumen, ha sido posible gracias al Ministerio de Fomento, mediante la concesión de una subvención para la realización de estudios relacionados con el transporte. La subvención corresponde al conjunto de ayudas contempladas en la ORDEN FOM/2219/2008, de 22 de julio.

reducción de costes del sistema, por lo que uno de los aspectos fundamentales para dicha calidad, que es el mantenimiento de la calidad de la vía, hace absolutamente imprescindible que éste se tecnifique al máximo, actuando sólo cuando resulte necesario y de la forma más eficiente. Este planteamiento exige técnicas avanzadas de diagnóstico que identifiquen el problema y su grado de evolución, de forma que se intervenga preventivamente antes del fallo, de manera programada y con el mínimo impacto en el servicio que se presta. Es muy poca la bibliografía concreta existente al respecto y menos los artículos científicos y experiencias contrastadas documentalmente, porque cada administración ferroviaria es celosa de su conocimiento, pero existe, y resulta interesante realizar un esfuerzo de recopilación, análisis y selección de información, como paso previo a la exposición de los resultados obtenidos.

1.2. Planteamiento de la problemática del mantenimiento de vía. Técnicas

Dentro de la variedad de elementos que constituyen el sistema ferroviario, el presente artículo se ha centrado en los aspectos relacionados directamente con la vía. Es decir, se ha hecho referencia a la superestructura ferroviaria, sin considerar la infraestructura, las instalaciones eléctricas, de señalización, de comunicaciones, etc., aspectos del sistema que requieren un tratamiento específico.

Para empezar, es necesario definir los aspectos a tener en cuenta a la hora de hablar de labores de mantenimiento de vía. Es decir, se necesita saber cómo se define el estado de la vía.

En general, la geometría de la vía requiere labores de mantenimiento, mientras que la actuación sobre los materiales lleva aparejada lo que se conoce como renovación, definiéndose ésta como una sustitución masiva de materiales.

No obstante, ambos conceptos están relacionados debido a que la degradación de los materiales deteriora la geometría hasta el punto de llegar a una situación

insostenible si no se procede a renovarlos. En este caso, cualquier intervención sobre la geometría mediante maquinaria pesada resulta inoperante pues la causa del problema radica en que los materiales han agotado su vida útil.

Por tanto, para poder fijar el momento de realizar una renovación de vía o de alguno de sus elementos se debe tener en cuenta la distinción realizada. Para los materiales, el primer aspecto a tener en cuenta es el conjunto de características definitorias del mismo, sus funciones y las exigencias que se han de imponer a los mismos para el correcto cumplimiento de sus funciones. Cuando se pierden esas condiciones en una extensión suficientemente amplia (no localizada, como sería por ejemplo un grupo de 3 ó 4 traviesas fisuradas) ha llegado el momento de lo que se conoce como renovación de vía, la cual puede suponer la sustitución del balasto y de todo el emparrillado (traviesas, carril y sujeciones), o solamente de alguno de los elementos citados.

Por lo que se refiere a la geometría, existen diversos métodos para su control. A partir de la toma de los datos podemos tratar la información para definir el estado de la vía. Una vez conocidos estos datos, se puede analizar en qué momento se deberá realizar esta renovación o mantenimiento para que el transporte ferroviario tenga lugar con los índices de calidad fijados, actuando sobre la vía con la menor interferencia posible y, a su vez, gestionando convenientemente los recursos económicos y humanos asignados a este conjunto de labores.

El concepto de mantenimiento de vía y las operaciones que comporta ha ido variando a lo largo del tiempo, dependiendo del modo ferroviario concreto y del estado tecnológico de los distintos elementos que integran la superestructura ferroviaria. Los nuevos diseños de vía, junto con los que van apareciendo, necesitan de un ajuste constante respecto a los métodos tradicionales. Dentro de estos requerimientos es necesario señalar tanto los relacionados con la maquinaria como con las personas y su preparación.

Los principales criterios de actuación empleados a lo largo del tiempo se han

resumido en el cuadro siguiente, señalando sus principales ventajas e inconvenientes.

«FILOSOFÍAS» DE ACTUACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD DE LA VÍA

	Ventajas	Inconvenientes
EXPLOTACIÓN HASTA EL FALLO	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna inspección • Ninguna puesta a punto innecesaria 	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo no previsible • Alto gasto de puesta a punto • Largos tiempos de inutilización • La Seguridad puede peligrar
PUESTA A PUNTO PERIÓDICA PREVENTIVA	<ul style="list-style-type: none"> • Breves tiempos de inutilización • Seguridad elevada • Baja probabilidad de fallos inesperados • Buena posibilidad de planificación 	<ul style="list-style-type: none"> • No se detecta el desgaste inesperado • Es necesaria experiencia • Paralizaciones posiblemente innecesarias
PUESTA A PUNTO DEPENDIENTE DEL ESTADO	<ul style="list-style-type: none"> • Paralizaciones sólo las necesarias • Seguridad muy elevada • Posibilidad muy pequeña de fallo • Buena planificación • Posibilidad de evitar fallos graves 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado coste de inspección

1.3. Toma de datos en vía

Una vez fijados los parámetros geométricos de vía que nos van a servir de indicadores de la calidad de ésta, existen muchas y muy variadas formas para realizar la toma de dichos datos. Una vez más, para no hacer demasiado extenso este artículo, nos remitimos a la bibliografía incluida, donde se puede encontrar las posibilidades existentes sobre esa cuestión con más detalle. Aquí solo se incluirá, a modo de resumen, una clasificación de los procedimientos existentes (ver tabla siguiente).

Lo bien cierto es que la preocupación por el mantenimiento de vía surgió hace más de un siglo en algunas Administraciones Ferroviarias, iniciándose entonces la construcción de los primeros equipos capaces de medir de una forma continua las características geométricas de la vía. Estos equipos se basaban en los métodos manuales de medición y corrección: reglas de peralte, niveles de agua, cuerdas de flechado, etc. y presentaban, entre otros, el inconveniente de que la medición con la vía en carga no era posible. Estas herramientas se han ido desarrollando hasta la fabricación actual de máquinas y equipos de medida verdaderamente sofisticados. Aquí se inserta la siguiente tabla a modo de

resumen de la diversidad de procedimientos:

RESUMEN DE TIPOS DE SISTEMAS DE MEDIDA

Medición con contacto (palpadores)	Medición sin contacto
Método de la Cuerda o Flecha	Sistemas inerciales
Método de Amsler (alineación)	Sistemas ópticos: Método de la Cuerda o Flecha
	Combinación de sistemas inerciales y ópticos

1.4. Tratamiento de los datos

Una vez captados los datos con cualquiera de los sistemas descritos anteriormente, llega el momento de su tratamiento. Habitualmente se trabaja con algún procedimiento incluido en alguno de los tres grandes grupos de métodos citados aquí:

- Análisis paramétrico
- Análisis espectral
- Análisis estadístico

De forma resumida podemos decir que el procedimiento paramétrico de conteo de defectos está muy extendido y gracias a la experiencia adquirida a lo largo de los años

ha ido incorporando una serie de criterios que lo han optimizado, aunque esta optimización del sistema no ha sido paralela con la del conjunto de las operaciones de conservación porque el sistema tiene ciertos déficits debido fundamentalmente a la carga de subjetividad que supone la utilización de coeficientes de ponderación arbitrarios. En esencia, los métodos paramétricos de conteo de defectos se basan en la clasificación de los defectos existentes en un tramo, según unos intervalos que se deciden en cada administración. En función de las proporciones en que aparecen unas clases u otras se califica la calidad de la vía.

En general, se reprocha tanto a los métodos paramétricos como a los métodos estadísticos, que se verán más adelante, que no dan indicaciones sobre la frecuencia de los defectos. Precisamente lo que destaca del método espectral es la importancia que da a las frecuencias espaciales (ciclos/m), que tienen un carácter perjudicial por sus efectos dinámicos en régimen crítico sobre los vehículos que circulan a la velocidad normal de una línea.

En esencia, el análisis espectral representa las irregularidades de la vía mediante espectros de densidad de potencia, considerando las irregularidades de la vía como señales aleatorias. El análisis espectral concentra la información en muy pocos valores y en ese proceso de concentración se pierde información por lo que resulta más bien un método complementario de otros y muy útil en el diseño de vehículos.

Los métodos estadísticos se basan en el hecho de que si resulta posible ajustar la distribución de los defectos de vía a una distribución o ley de probabilidad estadística conocida, entonces se puede definir el estado de la vía con los parámetros de dicha función estadística ya conocida.

Esto implica la posibilidad del manejo de una gran cantidad de información a partir de muy pocos parámetros, pues solamente conociendo dichos parámetros definitorios de la distribución se puede fácilmente controlar la tendencia, dispersión y valores extremos de las señales, favoreciendo el conocimiento sobre la evolución de la señal, así como de la distribución de probabilidades de fallo y la confianza del sistema en el que evoluciona.

Como se ha dicho, el objetivo principal de los métodos estadísticos es el de ajustar una ley estadística a un conjunto de valores registrados en vía, en tramos homogéneos. Para ello, se debe cuidar qué valor del defecto se mide exactamente. En concreto, los métodos estadísticos son muy útiles a la hora de analizar señales discretas de carácter aleatorio, como es el caso de las señales de parámetros geométricos tomadas cada cierto paso de medida, en tramos homogéneos de longitud limitada. Esto es así porque que cualquier análisis estadístico requiere una muestra de carácter aleatorio. En este sentido la toma de la muestra de forma aleatoria consiste en medir, a intervalos iguales (paso de medida), la amplitud de la señal a partir de una línea de referencia; no es válida en este caso la medición de los picos, puesto que de esa manera se está segregando la muestra tomando los valores más altos.

Además de procurar que la muestra tomada sea aleatoria, para que el análisis estadístico suministre resultados útiles y satisfactorios, es imprescindible que se cumplan ciertos condicionantes relacionados con la ley de probabilidad ajustada, esto es: los valores relativos a un mismo parámetro geométrico deben obedecer a una ley de probabilidad para todos los tramos homogéneos y hace falta, además, que esta ley pueda ser definida matemáticamente de manera simple, es decir, por una fórmula donde intervenga un número limitado de parámetros para que resulte fácil su manejo.

Si estas exigencias son satisfechas, los valores de los parámetros de esta ley, calculados para cada serie de valores, es decir, calculados a partir de cada distribución de defectos observada, definen totalmente esta distribución y, como consecuencia, el parámetro geométrico de vía medido. Además, si esta ley de probabilidad es única para un mismo parámetro geométrico, las dimensiones utilizadas para caracterizarlo y relativas a los tramos homogéneos diferentes pueden ser objeto de comparaciones.

Dichas exigencias son propias de la estadística elemental; si no se satisfacen, toda tentativa de caracterizar con precisión cada distribución observada por un número pequeño de parámetros, así como los intentos de comparaciones entre tramos, están condenadas al fracaso. Ello significaría que

los elementos obtenidos y destinados a orientar o a facilitar las decisiones deberían tomarse con mucha cautela.

Varias administraciones han tratado de realizar un análisis basado en propiedades o variables estadísticas, pero no todas han llegado a una conclusión válida, convincente y, por supuesto, unívoca. Los resultados de las distintas administraciones que han utilizado un método estadístico presentan conclusiones dispares, con lo cual no se ha establecido una metodología común.

1.5. Toma de datos y ajustes en vías de Metro de Madrid. El paso de medida

El sistema utilizado para la captación de datos en el caso del Metro de Madrid es el método de la cuerda o flecha asimétrica. Este método está integrado en uno de los sistemas de auscultación de instalaciones ferroviarias metropolitanas más modernos y eficaces del mundo: el vehículo de auscultación de instalaciones (VAI), puesto en servicio por Metro Madrid a principios del año 2008.

Cabe señalar el esfuerzo que ha realizado dicha administración para la puesta en marcha del VAI, pues ha sido completamente elaborado por ingenieros de Metro Madrid a partir de la adaptación de un sistema de auscultación a un tren comercial. El sistema de auscultación y la adaptación al tren, sin tener en cuenta la amortización del mismo, ha supuesto una inversión cercana a los tres millones de euros.

Vehículo auscultación de instalaciones (VAI)



Fuente: Metro Madrid.

Las características de la cuerda asimétrica utilizadas son:

VALORES DE LA LONGITUD DE LAS CUERDAS Y CONSTANTE

Vehículo	Longitud cuerdas	Longitud total cuerda	Constante $C=(a \cdot b/2) \cdot 1.000$
VAI	a: 3,75 m b: 5,54 m	9,29 m	10,3875

Fuente: Metro Madrid

La elección de una longitud de la cuerda de 9,29 m en este caso particular viene fijada por el imperativo de instalar las cajas ópticas en los huecos disponibles bajo bastidor y no obedece a ninguna otra razón. Por otra parte, el hecho de elegir una cuerda asimétrica reduce los errores por el proceso intrínseco de medida.

Otras características de los aparatos de toma de datos se muestran en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS DE LOS APARATOS DE TOMA DE DATOS EN EL VAI

CARACTERÍSTICAS DE LA TOMA DE DATOS	
Frecuencia de muestreo	250 mm
Resolución mínima	0,5 mm
Precisión	+/- 1 mm
Rango de medición	+/- 100 mm

En los datos anteriores se indica que el sistema presenta una frecuencia de muestreo de 250 mm. Cabe destacar que el tren auscultador toma los datos con una frecuencia de muestreo de 125 mm, pero compara las dos medidas contiguas y proporciona únicamente la información de la más desfavorable.

Una cuestión especialmente interesante en la toma de datos es el análisis del paso de medida. La selección del paso de medida es una de las decisiones críticas en los análisis estadísticos realizados hasta el momento. La revisión del estado del arte pone de manifiesto que no existe consenso alguno sobre qué paso de medida es el adecuado. Es más, en este sentido, el estado del arte indica también que los resultados son variables según el paso de medida que se tome; incluso se llega a resultados de ajuste mejores con uno u otro paso sin

saber cuál es la razón de ello, y este hecho, dado que se trata de un enfoque estadístico del problema no es un hecho baladí.

En el proyecto desarrollado se ha analizado dicha cuestión. El objetivo final de este punto ha sido determinar qué paso de medida era el óptimo en nuestro caso, en el sentido de que fuera el que permitiera un mejor ajuste de los datos a una distribución estadística conocida. Para ello, ha sido necesario disponer de varias muestras, cada una con un paso de medida distinto que representaran al mismo tramo de vía, y ver cuál de esos pasos generaba un mejor ajuste. A este análisis se le ha denominado «estudio de sensibilidad del paso de medida».

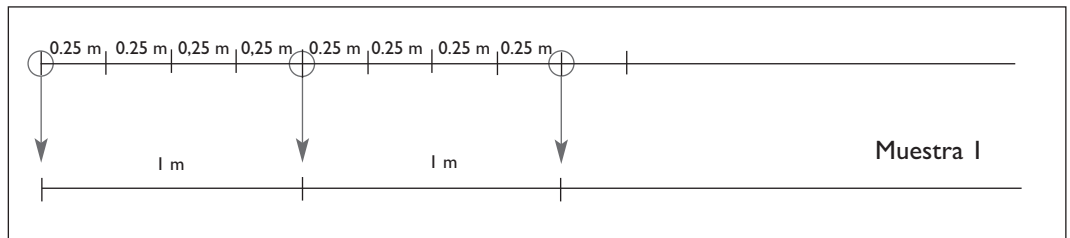
Otra dificultad del estudio realizado residía en que la máquina proporciona datos geométricos «únicamente» cada 250 mm, lo que quiere decir que se dispone únicamente de una muestra con un paso de medida. Por tanto, ha de utilizarse alguna técnica que permita modificar los

datos de manera que se obtengan submuestras con distintos pasos de medida a partir de la muestra original.

Se ha optado por la utilización de una técnica reconocida por la estadística como sistema de muestro perfectamente válido. Dicha técnica recibe el nombre de «muestreo sistemático». La justificación de haber utilizado el muestreo sistemático como técnica para hallar muestras con distinto paso de medida es que, además de permitir tomar distintos tipos de medida, lo hace sin perder información.

Sea una vía de la cual se tienen datos cada 0,25 m, donde se desea obtener datos de la misma muestra pero con un paso de medida de 1 m. Nótese que en este caso, por cada metro de vía (objetivo final) se han registrado 4 datos, uno cada 0,25 metros (situación original). Bastará entonces con tomar, en cada metro de vía, la primera de esas cuatro medidas. Dicho proceso se muestra en la siguiente figura:

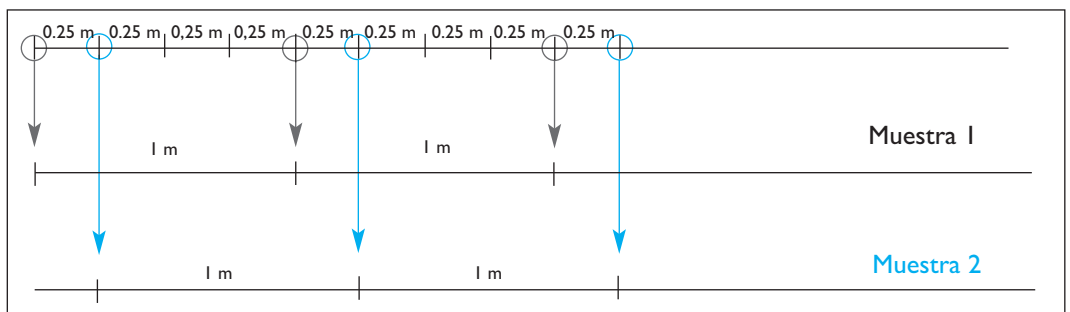
OBTENCIÓN DE UNA SUBMUESTRA MEDIANTE MUESTREO SISTEMÁTICO



Obsérvese en la figura anterior que de esta manera se está perdiendo muchísima información, pues por cada cuatro valores registrados se desaprovechan tres de ellos. Pero la técnica del muestreo sistemático soluciona este problema de la siguiente

manera: igual que se ha obtenido la «muestra 1» con el primer dato de cada metro, se obtendrán las muestras 2, 3 y 4 con el segundo, tercer y cuarto dato, respectivamente. La siguiente figura muestra a modo de ejemplo la obtención conjunta de las muestras 1 y 2:

OBTENCIÓN DE DOS SUBMUESTRAS MEDIANTE MUESTREO SISTEMÁTICO



De esta manera se han obtenido cuatro muestras con paso de medida de un metro. Nótese que todas ellas representan a la misma recta. De esta manera el método es perfectamente comparable con una máquina que ha tomado medidas cuatro veces sobre la misma vía con una diferencia de 0,25 m en el origen de la toma de datos.

Respecto al tratamiento de datos cabe decir que la estadística se ha convertido en una herramienta indispensable para la investigación, tanto en las ciencias experimentales como en las sociales. Su importancia ha sido reconocida hasta el punto que la revista Science, ya en el año 1984, calificaba el desarrollo y difusión de los métodos estadísticos como desarrollos científicos más significativos entre los ocurridos en este siglo por su impacto sobre nuestra forma de vida y sobre nuestra forma de conocernos a nosotros mismos y al mundo que nos rodea.

En nuestro caso, el manejo de la estadística en el análisis tiene como objetivo determinar cuál es la distribución estadística que mejor representa la variable aleatoria elegida: «defectos de nivelación longitudinal de vía». Esta determinación permitirá definir el estado de la calidad de la vía (respecto de la nivelación longitudinal) a partir de los parámetros que definan dicha distribución estadística.

En este sentido, la distribución estadística que representará el estado de la vía será aquella para la cual haya mayor cantidad de submuestras que se ajusten a ella. Para ello se han analizado varias distribuciones estadísticas, habiendo sido imprescindible un software informático para hacer posible el análisis:

DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS OFRECIDAS POR STATGRAPHICS

Distribuciones discretas	Distribuciones continuas	
Bernouilli	Beta	Logística
Binomial	Cauchy	Lognormal
Uniforme Discreta	Chi-Cuadrado	Normal
Geométrica	Erlang	Pareto
Hipergeométrica	Exponencial	t de Student
Binomial negativa	Valores Extremos	Triangular
Poison	F (Variable aleatoria)	Uniforme
	Gamma	Weibull
	Laplace	

En el proyecto desarrollado se ha seleccionado el paquete STATGRAPHICS (versión 5.1), fundamentalmente por la sencillez de manejo (al estar basado sobre menús en pantalla), así como por la facilidad de uso interactivo y por la potencia y versatilidad de sus tratamientos gráficos. Amén de ser el software utilizado en las prácticas de las correspondientes asignaturas de Estadística en diversas Escuelas de Caminos.

Se ha optado por trabajar con funciones continuas puesto que la población es el conjunto de valores (en milímetros) de defectos de vía. Estos defectos pueden tomar cualquier valor (2, 2,33, 5,69 mm, etc.), no están limitados a valores discretos. Por ello, para ver a qué función se ajustan con más exactitud la distribución de defectos de vía tomados, el proceso a seguido ha sido el siguiente:

- Se ha realizado un primer tanteo con todas las funciones continuas de la tabla anterior y de este primer tanteo se han descartado todas aquellas funciones que daban porcentajes de ajuste prácticamente nulo o bajo, entendiendo por «bajo» porcentajes menores de 60%. En este sentido, cabe destacar que algunas funciones que rondaban estos valores no se descartaron ya que habían sido utilizadas por otras administraciones ferroviarias. Solo por esa razón se han tenido en cuenta también en el siguiente paso del estudio.
- Se ha realizado un análisis específico de todas las funciones que no se han descartado en el paso anterior, bien porque daban buenos resultados o bien porque habían sido utilizadas en otras ocasiones. Estas funciones han sido: Normal, Laplace, Weibull, Gamma, Chi-cuadrado.

Para garantizar los resultados de estos dos últimos pasos se ha utilizado un test de bondad de ajuste o test de contraste que se explica brevemente a continuación.

1.6. Determinación de la distribución estadística óptima

Para analizar la bondad de los ajustes existen varios procedimientos con los cuales determinar si un conjunto de datos

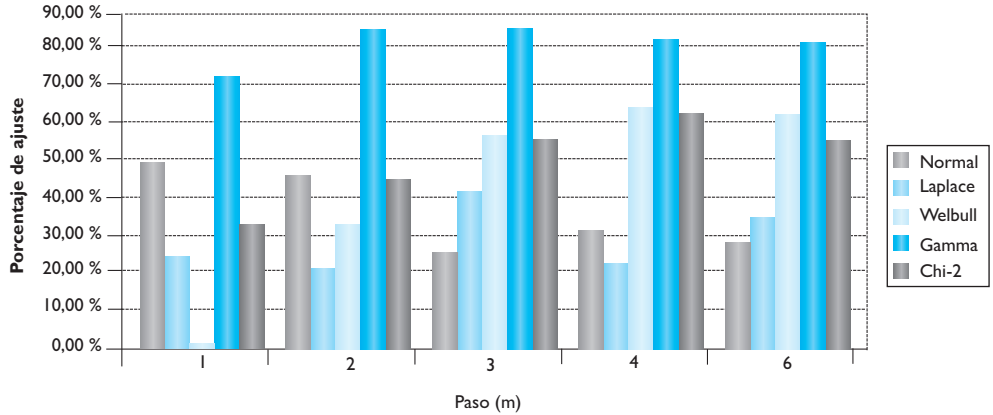
datos se comportan como una determinada distribución estadística.

Los test más conocidos y utilizados en el presente estudio han sido:

- El contraste X^2 de Pearson
- El contraste de Kolmogorov-Smirnov

La figura siguiente es el resumen del análisis de bondad para distintas funciones:

DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA ÓPTIMA DENTRO DE LAS FUNCIONES ELEGIDAS



Finalmente, una vez obtenidos los parámetros que definen la distribución seleccionada, resulta posible determinar la probabilidad de cola para un valor determinado. En este caso los datos a introducir no son los defectos de nivelación longitudinal propiamente dichos. Debe introducirse en este caso, para cada una de las submuestras, los parámetros que definen la distribución estadística calculados en el paso previo. Con ello podemos conocer «la probabilidad de que se supere cierto valor y es igual al área bajo la curva de la función de distribución de probabilidad. Si definimos previamente ese valor (depende de cada administración ferroviaria), intervendremos en función de esa probabilidad previamente establecida también.

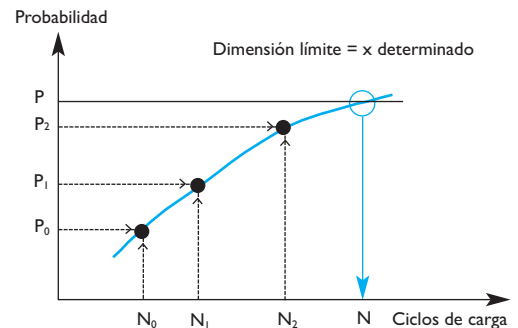
1.7. Aplicabilidad del modelo en el establecimiento del momento idóneo de intervención

Como se ha comentado anteriormente, el objetivo final es el establecimiento de una metodología de organización sistemática de las labores de mantenimiento de una vía ferroviaria. El

primer resultado que cabría esperar, tras fijar los estándares de calidad pertinentes, es la obtención de una relación, matemática o gráfica, que ligue los ciclos de carga (o tiempo) con el estado de conservación de la vía.

La siguiente figura muestra, a modo de ejemplo, la citada relación, de manera que fijada la probabilidad admisible por parte de la administración, con la metodología desarrollada podemos ser capaces de indicar «cada cuántos ciclos de carga la vía necesita labores de mantenimiento».

GRÁFICO PROBABILIDAD-CICLOS DE CARGA



Fuente: Elaboración propia

Como se ha anotado anteriormente, el método explicado proporciona una probabilidad de cola para cada tramo seleccionado. Cabe decidir entonces cuál será la probabilidad que represente a toda una línea, pues excepto casos puntuales, las labores de mantenimiento se realizan para toda ella.

2. METODOLOGÍA O INSTRUMENTOS UTILIZADOS

2.1. Metodología

El estudio se ha realizado con la participación de personal representando tres perfiles técnicos claramente establecidos:

- Personal conocedor del comportamiento estructural de la vía y de la explotación de la misma.
- Personal especialista en la medición e interpretación de los parámetros de vía susceptibles de ser recogidos: en este sentido se ha contado con la inestimable colaboración del personal de Metro Madrid y de Ferrocarriles de la Generalitat Valenciana.
- Técnicos especialistas en tratamiento estadístico de datos: este aspecto ha quedado perfectamente cubierto por el Departamento de Estadística de la UPV.

2.2. Medios materiales utilizados

El personal de mantenimiento de Metro Madrid ha proporcionado los datos relativos a los distintos parámetros geométricos de vía. Los únicos recursos destinados a esta fase han sido la participación en numerosas reuniones para definir los diversos aspectos a considerar en los archivos a tratar, la colaboración externa para la definición, toma de datos y tratamiento, en base a modelos existentes y la dotación de hardware con la suficiente capacidad y rapidez para un tratamiento masivo de información.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Objetivos

Tal y como ya se ha comentado anteriormente, el objetivo final del presente trabajo era el establecimiento de una metodología de organización sistemática de las labores de mantenimiento de una vía ferroviaria.

La elaboración de una metodología capaz de sistematizar adecuadamente las labores de mantenimiento de vía implica disponer de una gran cantidad y calidad de información y de su tratamiento posterior. Si medimos de alguna manera los defectos de vía en una línea, disponemos inmediatamente de la «fotografía» del estado de la misma, pero si medimos periódicamente dichos defectos, es decir, si tomamos las «fotografías» sucesivas en periodos de tiempo iguales, se puede intentar establecer cual va a ser la evolución a lo largo del tiempo. Si, además, la empresa explotadora establece una serie de criterios, definiendo los umbrales de intervención (poniendo unos límites a la amplitud de defectos, que no se deben rebasar para asegurar la suficiente calidad de viaje con los vehículos de que dispone), se puede intentar predecir la evolución de la pérdida de calidad de una vía y planificar la intervención sobre la misma en el espacio y en el tiempo.

Esta idea, que resulta relativamente sencilla de exponer, implica una serie de complejas actuaciones, algunas de las cuales se han abordado en el presente trabajo. Por una parte, resulta necesario adoptar criterios sobre la forma de medir los defectos. Las señales que se reciben cuando se ausculta se toman cada cierta distancia, por lo que una primera cuestión que se ha planteado y definido es ese valor ideal de paso de medida.

Una vez adquiridos los datos hay que tratarlos. Los defectos que sobrepasan un determinado umbral deben ser reparados inmediatamente y en ningún caso deben incorporarse a un tratamiento estadístico que pueda enmascararlos. Piénsese que un grave defecto, potencialmente causante de un descarrilo, dentro de un tramo de vía en excelentes condiciones, da lugar a un valor medio de calidad de vía aceptable para ese tramo y, simultáneamente, la probabilidad de descarrilo es alta.

Con ese criterio incorporado al modelo y cuyos valores, recordamos una vez más, debe decidir la administración ferroviaria correspondiente, se ha pasado a investigar la función de distribución de los defectos de la vía, lo cual permite trabajar sobre los parámetros que la definen, concentrando la información en muy pocos valores y analizando su evolución.

Los parámetros citados pueden ser analizados para observar cómo es la tendencia de su evolución, lo que nos permite predecir el momento en que las amplitudes de los defectos probablemente van a resultar sobrepasados y, por tanto, debemos planificar la tipología de intervenciones y el momento de las mismas.

Este planteamiento obliga a disponer de un equipo técnico de alto nivel y con una experiencia ferroviaria muy amplia, pues las inversiones en equipos de auscultación y preparación de los equipos responsables son altas, pero el ahorro en los trabajos a realizar, al evitar intervenciones innecesarias y sustituciones de materiales todavía útiles, compensa claramente optar por este planteamiento.

Los autores del presente trabajo son conscientes de que hace falta una continuidad en los trabajos emprendidos. Estaría fuera de lugar pensar que con el trabajo esforzado de unos meses, bien cierto que profundo y rico, el equipo responsable de la presente investigación hubiera posibilitado el prescindir de cualquier equipo de mantenimiento de cualquier empresa

ferroviaria actual. Ciertamente el ahorro hubiera resultado ser de un orden de magnitud de millones de euros. Pero la investigación es más modesta. De momento. Porque consideramos que los avances son concretos y positivos y pueden ayudar de forma decisiva a evitar intervenciones innecesarias o trabajos cuando ya se ha producido el fallo, a poco que se siga en la línea descrita anteriormente. Y esto vale para muchísimas líneas ferroviarias, donde aún se sigue haciendo un mantenimiento hasta el fallo, y donde la incorporación de un procedimiento como el aquí diseñado, podría optimizar claramente las labores de mantenimiento.

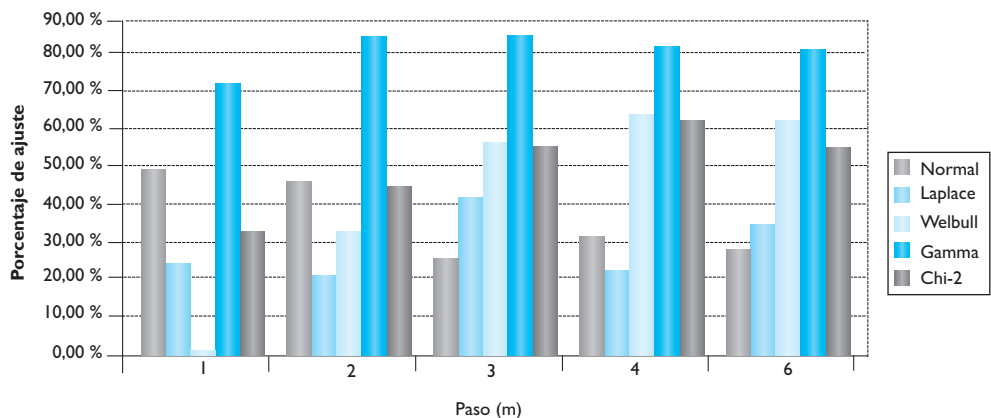
3.2. Resultados concretos obtenidos

El resultado final esperado de este estudio es establecer el modelo de actuación para poder predecir el momento en el que se ha de proceder a las labores de mantenimiento de la superestructura ferroviaria, en función de los ciclos de carga a los que está sometida la vía, y previa definición de unos estándares por parte de la Administración Ferroviaria.

En este proceso son varios los resultados concretos obtenidos.

En primer lugar se ha obtenido un valor del paso de medida para un mejor ajuste de la función de distribución buscada. El resultado de este análisis se comenta a partir de la siguiente figura:

PASO DE MEDIDA ÓPTIMO ANALIZADO EN FUNCIÓN DE DISTINTOS TIPOS DE DISTRIBUCIÓN



Obsérvese que el paso de medida óptimo no es el mismo para todas las distribuciones estadísticas estudiadas. Como luego se indica, la función más adecuada en el ajuste ha resultado ser la función Gamma. Por ello, se ha tomado como paso óptimo en este análisis aquél que da mejores resultados con dicha función. Tal y como se observa en la gráfica anterior, el paso de medida óptimo es de 3 m, pues se genera un pico máximo en la gráfica precisamente en dicho valor.

Conviene también señalar que no son del todo conocidas las razones por las cuales es más favorable uno u otro paso de medida. Entre otras cosas se podría pensar que tiene alguna relación con la colocación de las cajas ópticas bajo el tren auscultador, pero el hecho de que este paso sea diferente en distintas funciones estadísticas no permite obtener más consecuencias que las ya citadas, sin antes seguir con un análisis más amplio de muestras.

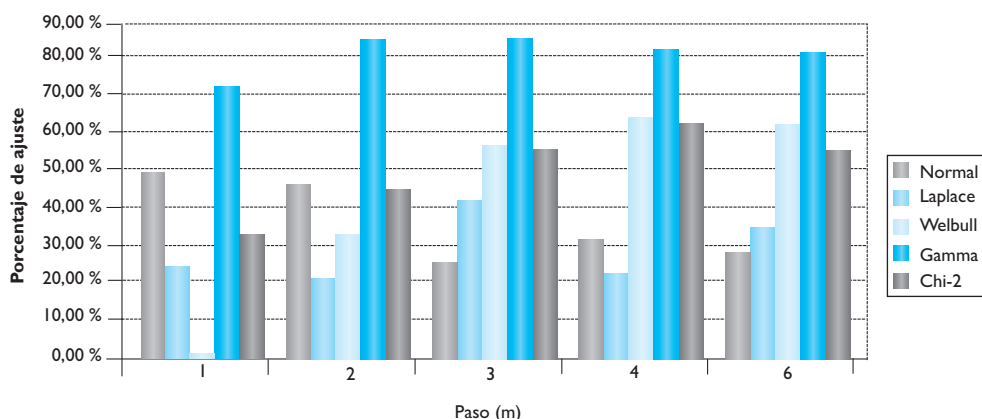
Por tanto, se puede concluir en este caso, en función de los datos tratados, que el paso de medida óptimo para los datos de nivelación longitudinal registrados con el

VAI en la línea 2 de Metro Madrid, es de 3 m.

Por otra parte, a partir de este paso de medida y teniendo en cuenta que el vehículo auscultador (VAI) proporciona datos geométricos cada 250 mm, se ha utilizado con éxito una técnica que ha permitido modificar los datos, pudiéndose obtener submuestras con distintos pasos de medida a partir de la muestra original. Esta técnica, reconocida en el campo de la estadística como un sistema de muestreo, ha resultado perfectamente válida en nuestro análisis y recibe el nombre de «muestreo sistemático». La justificación de haber utilizado el muestreo sistemático como técnica para hallar muestras con distinto paso de medida es que, además de permitirnos tomar distintos tipos de medida, lo hace sin perder información.

Respecto a la determinación de la distribución estadística óptima, después de un primer tanteo para eliminar las distribuciones que no tenían apenas repercusión, se pasó a un segundo análisis más exhaustivo, llegándose, resumidamente, a las conclusiones que se contemplan en la siguiente gráfica:

DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA ÓPTIMA DENTRO DE LAS FUNCIONES ELEGIDAS



En concreto, nótese cómo para cualquier paso de medida la distribución Gamma es la que mejor representa la distribución de los defectos de nivelación longitudinal en la línea 2 de Metro Madrid, llegando a alcanzar casi un 90% del ajuste.

Cabría preguntarse entonces si dicho porcentaje es o no suficientemente fiable. El estado de la cuestión recoge que en este tipo de análisis se trabaja «en negativo»; es decir, un análisis no es válido si en su mayoría no cumple la función de

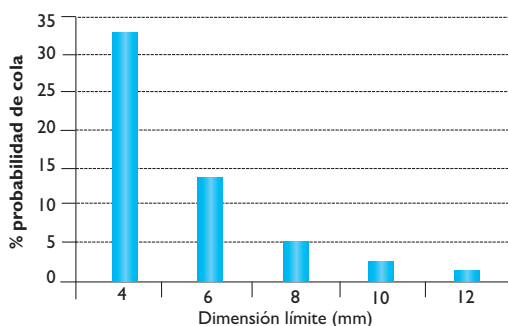
distribución esperada. Obedeciendo a esta afirmación, el resultado obtenido es perfectamente válido.

Por tanto, se puede concluir en este punto que la función de distribución que mejor representa los defectos de nivelación longitudinal registrados con el VAI en la línea 2 de Metro Madrid, es la distribución Gamma. No obstante, de la misma manera en que se ha reflexionado sobre el paso de medida óptimo, para poder generalizar este resultado sería necesario tener un tamaño de muestra mayor y más representativa de sucesivas auscultaciones, lo cual sobrepasaba el alcance del proyecto realizado, quedando establecida la continuidad de una línea investigadora.

Cabe recordar que la elección de la dimensión límite es tarea del ente responsable del mantenimiento de la vía, pues es éste quien ha de decidir qué valor no deben superar los defectos presentes en su vía. Se ha explicado que la elección de los valores depende de la calidad de la vía que se quiera disponer, la cual, a su vez, deberá tener en consideración las características de los vehículos. Con todo, se ha realizado dicho análisis como complemento del presente estudio, sin el objetivo, en este caso, de extraer conclusión alguna que haya de calificarse como determinante.

En la siguiente figura se reflejan las probabilidades medias calculadas para cada dimensión límite estudiada. En concreto se trata de los datos referentes a una de las rectas seleccionadas de la línea 2 (recta 4).

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD. DIMENSIÓN LÍMITE



Obsérvese cómo la probabilidad de encontrar defectos mayores de 4 mm ronda, en este caso concreto, el 34%. En el caso extremo, dicha probabilidad se reduce a un 0,8%, aproximadamente.

Este resultado indica la disparidad de valores que se pueden obtener, según la dimensión límite elegida, lo cual requiere un exhaustivo análisis de sensibilidad. No obstante, dicha elección, como ya se ha apuntado, queda en manos del ente responsable de mantenimiento.

Una vez seleccionados estos tres aspectos (paso de medida, función estadística y dimensión límite), para las siguientes auscultaciones de esta misma línea ya no es necesario ejecutar algunos de los pasos descritos en el análisis. Por tanto, el esquema de la metodología aplicable de manera sistemática es el que se sigue de la tabla siguiente:

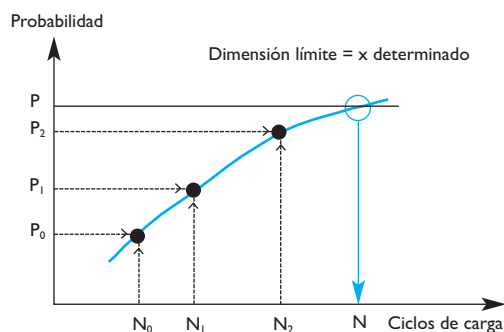
ÍNDICE DE LA METODOLOGÍA SISTEMÁTICA

1. Toma de datos	
2. Pretratamiento de los datos	Selección del rango de valores
3. Tratamiento y análisis de los datos	Cálculo de parámetros
	Cálculo de probabilidades

Como se ha indicado al comienzo del presente epígrafe, el objetivo final del presente trabajo es el establecimiento de una metodología de organización sistemática de las labores de mantenimiento de una vía ferroviaria. El primer resultado que cabría esperar, tras fijar los estándares de calidad pertinentes, es la obtención de una relación, matemática o gráfica, que ligue los ciclos de carga (o tiempo) con el estado de conservación de la vía.

La siguiente figura representa, a modo de ejemplo, la citada relación, de manera que, fijada la probabilidad admisible por parte de la administración, la metodología debe ser capaz de indicar «cada cuántos ciclos de carga la vía necesita labores de mantenimiento».

GRÁFICO PROBABILIDAD-CICLOS DE CARGA



Fuente: Elaboración propia

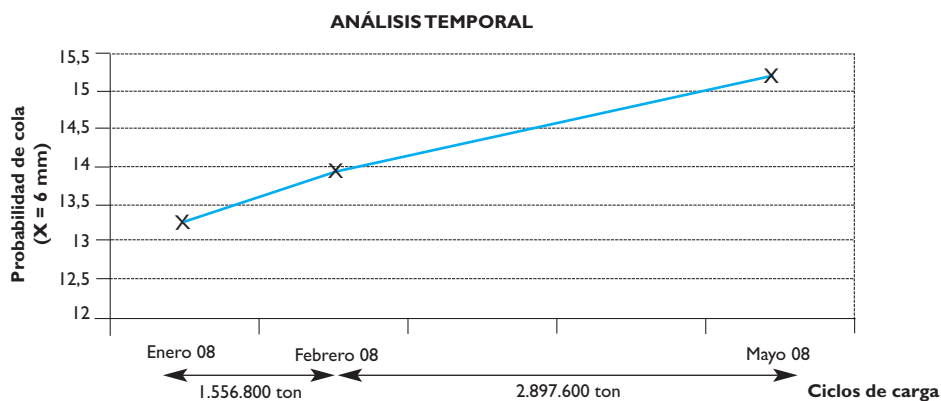
Como se ha anotado anteriormente, el método explicado proporciona una probabilidad de cola para cada tramo seleccionado de la línea 2 de Metro Madrid. Cabe decidir entonces cuál será

la probabilidad que represente a toda la línea, pues excepto casos puntuales, las labores de mantenimiento se realizan para toda ella. Se han tanteado varias opciones para la determinación de dicho indicador, tales como: media de las probabilidades de todos los tramos, probabilidad del tramo más desfavorable, etc.

En este proyecto se analizaron los primeros datos de nivelación longitudinal recogidos por este novedoso sistema. A efectos del presente estudio se dispuso de tres auscultaciones, que corresponden a los días 21 de enero, 27 de febrero y 7 de mayo, de 2009.

Evidentemente, el espacio temporal entre auscultaciones (o ciclos de carga, en su caso) ya se sabía que era excesivamente corto, tal y como se ha demostrado a posteriori en el análisis de los resultados.

GRÁFICA CICLOS DE CARGA-PROBABILIDAD DE COLA. ANÁLISIS TEMPORAL



Tras estas premisas se expone a continuación, gráficamente, los resultados obtenidos (fijando la dimensión límite, ya definida, en 6 mm).

Obsérvese cómo, efectivamente, la probabilidad de que un defecto de nivelación longitudinal supere los 6 mm lógicamente aumenta conforme pasa el tiempo, lo cual significa que la vía está cada vez más deteriorada.

No obstante, se esperaba una evolución más acelerada; de ahí que las auscultaciones se realizaran en tan corto

espacio de tiempo. Nótese que desde enero a febrero, la probabilidad de cola en la recta analizada ha aumentado únicamente en 0,6 puntos. Esta diferencia puede pasar prácticamente desapercibida, pues para una misma auscultación, las diferencias entre rectas son mucho mayores que ese valor de 0,6.

De este hecho se deduce que las auscultaciones muy próximas en el tiempo resultan innecesarias, pues tras un mes la vía prácticamente se encuentra en el mismo estado de deterioro. La

realización de auscultaciones tan próximas en el tiempo adquiere su sentido aquí porque se estaba en fase de ajuste del sistema. En el presente trabajo se aprovecharon estos primeros datos para plantear el modelo a seguir, pero se debe tener en cuenta que para que los datos resulten relevantes hay que adquirirlos de una forma periódica con espaciamentos de varios meses. Esta magnitud también habría que analizarla, pero lo habitual es realizar las mediciones con intervalos de entre 6 y 12 meses.

Aún a riesgo de ser redundante, se considera que esta propuesta metodológica supone un avance considerable en el campo de programación de las labores de mantenimiento de vía pues, además de suponer una reducción importante de costes (que no se ha entrado a valorar en el presente proyecto, pero que sin duda se hará en posteriores trabajos), consigue aquilatar el riesgo y la probabilidad de ser superado un valor inadmisiblemente definido por la Administración Ferroviaria correspondiente.

4. BIBLIOGRAFÍA

4.1. Relacionada con el ferrocarril

ALIAS, J., VALDÉS, A., *La Vía del Ferrocarril*, Ed. Bellisco, Madrid, 1990.

COMES, M^a, «Propuesta de una metodología para la organización sistemática de las labores de mantenimiento de la línea ferroviaria. Aplicación a la línea 2 de metro de Madrid». Proyecto fin de carrera codirigido por Jorge Martín Marín y Julia Real Herráiz, UPV, Valencia, julio de 2008.

ESVELD, C., *Modern Railway Track*, Second Edition, C. Esveld, The Netherlands, 2001.

INSA, R., «Aportación a los criterios de intervención en el mantenimiento de vías ferroviarias en base a la automatización de los controles de calidad». Tesis Doctoral. UPV, Valencia, 1992.

LICHTBERGER, B., *Manual de vía. Infraestructura, superestructura, conservación, rentabilidad*, Eurailpress, Germany, 2007.

LÓPEZ PITA, A., *Curso de ferrocarriles*, Tomos I y VIII, Universidad Politécnica de Cataluña, Cátedra de ferrocarriles, 1985.

LÓPEZ PITA, A., *Infraestructuras ferroviarias*, Universidad Politécnica de Catalunya, Departamento de Infraestructura del Transporte y del Territorio, 2006.

MELIS, M., GONZÁLEZ, F.J., *Ferrocarriles metropolitanos*, Colección Seinor, n° 29, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, tercera edición, abril, 2008.

OLIVEROS, F., y otros, *Tratado de Ferrocarriles I. Vía*, Ed. Rueda, Madrid, 1977.

PROFILLIDIS, V., *Railway Engineering*, Avebury Technical, Great Britain, 1995.

Otra documentación manejada, relacionada con el ferrocarril:

METRO DE MADRID. El centro de la ciudad viaja al aeropuerto. Comunidad de Madrid. Consejería de obras públicas, urbanismo y transportes.

Documentación aportada por Metro Madrid.

Documentación de la asignatura «Ferrocarriles», 3º ICCP, UPV.

Documentación del Máster Universitario de Ferrocarriles. UPV.

Ficha 518 UIC.

Documentación facilitada por RENFE: mantenimiento de vía. El análisis de la geometría de la vía mediante el coche de control geométrico LLV-1001. RENFE. D.M.I.F.

Documentación facilitada por RENFE: mantenimiento de vía. El análisis de la geometría de la vía mediante el coche de control geométrico SIV-1002. Dirección técnica jefatura de vía. Mantenimiento de Infraestructura. RENFE.

2002/731/CE: Decisión de la Comisión, de 30 de mayo de 2002, sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa al subsistema «Control y mando y señalización» del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad mencionado en el apartado 1 del artículo 6 de la Directiva 96/48/CE (Texto pertinente a efectos del EEE) [notificada con el número C(2002) 1947].

4.2. Bibliografía relacionada con la estadística

APUNTES DE CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD.

Segunda parte: introducción a Gráficos de Control Avanzados, Inspección de calidad, Control off-line y diseño robusto, Introducción a la Fiabilidad. RAFAEL ROMERO VILLAFRANCA, LUISA ZÚNICA RAMAJO.

Diseño de experimentos. Modelos de regresión. RAFAEL ROMERO VILLAFRANCA, LUISA ZÚNICA RAMAJO.

Estadística y modelos y métodos. Tomo 1. Fundamentos.

DANIEL PEÑA, SÁNCHEZ DE RIVIERA.

Técnicas de muestreo estadístico. Teoría, práctica y aplicaciones informáticas.

CÉSAR PÉREZ.

Documentación de las asignaturas Estadística I y Estadística II de primero y tercero de ICCP, UPV.

El transporte internacional de mercancías en la Península Ibérica: alternativas al transporte por carretera y escenarios futuros

José Antonio GUTIÉRREZ GALLEGO^(a)
José CASTRO SERRANO^(b)
Betina CAVACO DE SAO PEDRO^(c)

RESUMEN: Con cargo a la subvención de referencia 75/08 concedida por el Ministerio de Fomento al amparo de la convocatoria de la Orden FOM/2219/2008 publicada en el «Boletín Oficial del Estado» de 29 de julio de 2008, y como objeto del proyecto de investigación «Estudio sobre el transporte internacional de mercancías en la Península Ibérica: alternativas al transporte por carretera y escenarios futuros», ha sido posible elaborar el presente artículo que busca, mediante la identificación previa de los principales modos e itinerarios de transporte de mercancías, plantear, en caso de ser posible, alternativas viables al trasporte de mercancías por carretera.

Siendo el vasto territorio de la Península Ibérica nuestro espacio de estudio en lo que concierne a la determinación de itinerarios de transporte de mercancías, hemos pretendido presentar una perspectiva actual y muy sintética sobre la situación de las infraestructuras de los transportes en sus diferentes modos (carretera, ferroviaria, aeroportuaria, portuaria y tubería), basándonos fundamentalmente en el análisis de fuentes de información secundarias y en algunos casos, primarias. Nuestro objetivo central ha sido ofrecer una visión general de nodulos territoriales estratégicos tales como plataformas logísticas, aeropuertos, puertos marítimos que, inevitablemente, están interconectados con el sistema de carreteras de la Península Ibérica.

El artículo se encuentra estructurado en distintos apartados, en los que, primeramente, identificamos las regiones de interés que, de acuerdo con su dimensión poblacional, demuestran un mayor dinamismo territorial en todos los ámbitos de su espacio geográfico y son, por naturaleza, centros de mayor consumo y producción y, naturalmente, presuponen conexiones y redes de comunicaciones de mayor intensidad. Seguidamente se indican las ubicaciones en la Península Ibérica, no sólo de las plataformas logísticas, sino también los puertos, aeropuertos, vías ferroviarias, sistemas de tuberías (oleoducto y gasoducto) y sistemas de carreteras existentes en España y Portugal. A continuación se analiza el peso relativo de los principales modos de transporte de mercancías (carretera, marítimo y ferroviario) con una comparativa entre los dos países de la Península Ibérica y entre estos y la Unión Europea, aportando algunos apuntes sobre el flujo de mercancías de los pasos fronterizos entre España y Portugal. Finalmente se presentan las conclusiones esenciales del análisis descriptivo y diversas propuestas sobre el transporte de mercancías que hacen referencia fundamentalmente a los nuevos retos planteados por el encarecimiento y la dependencia de los combustibles fósiles, así como a la necesidad de repensar nuevas fórmulas y estrategias de transporte que apuesten por la intermodalidad, pero desde una perspectiva realista y funcionalmente más eficiente.

^(a) Dr. Ingeniero, Profesor Titular de la Universidad de Extremadura.

^(b) Investigador y Gestor de Proyectos de I+D+i de la Universidad de Extremadura.

^(c) Técnico de apoyo a la investigación de la Universidad de Extremadura.

I. REGIONES DE INTERÉS PARA EL ESTUDIO

La Península Ibérica tiene una población total de 56,7 millones de personas —España 46,1 y Portugal con 10,6—. España es territorialmente 5,7 veces mayor que Portugal, y Portugal ocupa casi un 15% de la Península Ibérica, teniendo una superficie de 594.957,10 km². Administrativamente, los territorios de los dos países se encuentran organizados de modo distinto: España está compuesta por 17 Comunidades Autónomas que se dividen, a su vez, en 49 provincias continentales y estas últimas se dividen en 8.111 municipios; Portugal tiene también tres tipos de divisiones administrativas: 5 regiones principales (correspondientes a las NUTS II comunitarias) que son equiparables por su dimensión a las Comunidades Autónomas españolas; a su vez, las NUTS II se dividen en 28 subregiones continentales, las NUTS III, de dimensión poblacional relativamente comparable con las provincias españolas. En el total de NUTS III hay un conjunto de 308 municipios, denominados «concelhos» que, por último, se subdividen en 4.257 «freguesias».

Nuestro estudio tomó como referencia poblacional las provincias españolas y las NUTS III portuguesas a la hora de realizar análisis comparados. De todas éstas, se han seleccionado las provincias españolas y subregiones portuguesas con una dimensión igual o superior a 500 mil habitantes. Éstas constituyen las *regiones de interés* de nuestro estudio. Sin embargo, en el caso portugués, debido a las pocas subregiones que presentan la dimensión poblacional mencionada, algunas han sido elegidas de acuerdo con su importancia poblacional relativa dentro de cada región, con el fin de abarcar todo el territorio continental de Portugal. En la Tabla 1 y en el Mapa 1 que se muestran a continuación se presentan los valores de cada uno de los polos urbanos y su localización.

2. ANÁLISIS COMPARADO DE LOS PRINCIPALES MODOS DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS DE ESPAÑA Y PORTUGAL

Sobre los principales modos de transporte de mercancías de España y Portugal, según

Mapa I. Regiones de interés en la Península Ibérica, por número de habitantes

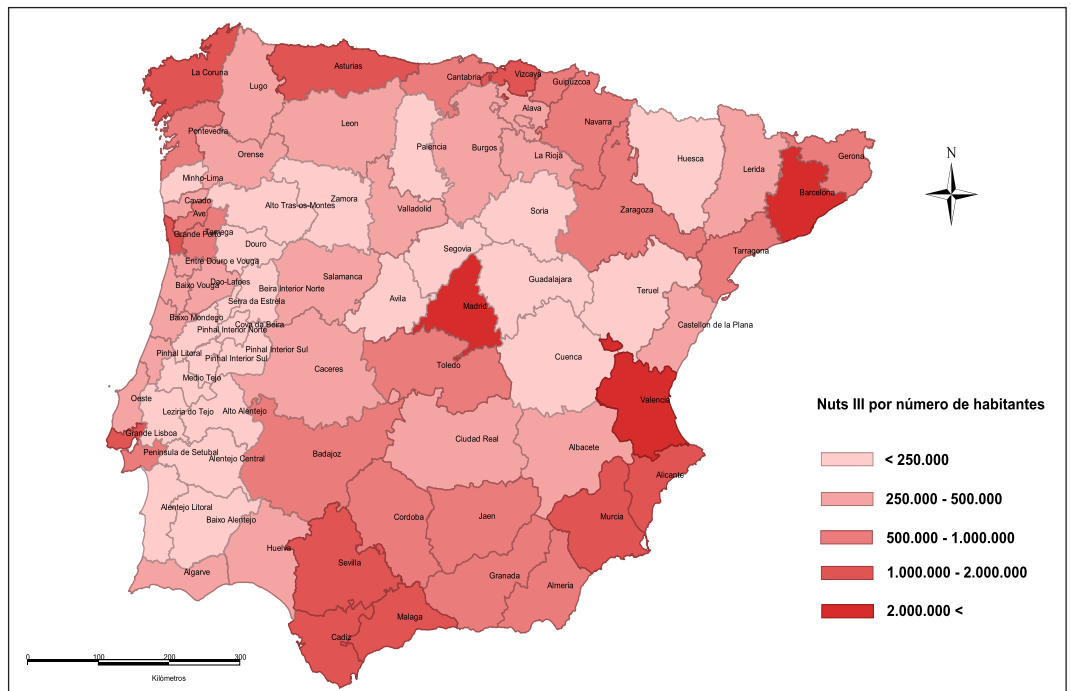


Tabla I

POBLACIÓN, SUPERFICIE TERRITORIAL Y DENSIDAD DE POBLACIÓN DE POLOS URBANOS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Polo urbano	Población (n°)	Superficie km ²	Densidad de Población (hab/km ²)*	Polo urbano	Población (n°)	Superficie km ²	Densidad de Población (hab/km ²)*
A Coruña	1.139.121	7.950	143,3	Huelva	507.915	10.128	50,1
Algarve	426.386	4.996	85,3	Jaén	667.438	13.496	49,5
Alicante	1.891.477	5.817	325,2	León	500.200	15.581	32,1
Almería	667.635	8.775	76,1	Lezíria do Tejo	249.254	4.275	58,3
Asturias	1.080.138	10.604	101,9	Madrid	6.271.638	8.028	781,2
Ave	524.057	1.234,9	424,4	Málaga	1.563.261	7.308	213,9
Badajoz	685.246	21.766	31,5	Murcia	1.426.109	11.313	126,1
Baixo Vouga	399.607	1.804,1	221,5	Navarra	620.377	10.390	59,7
Barcelona	5.416.447	7.728	700,9	Península de Setúbal	782.786	1.558,9	502,1
Cadix	1.220.467	7.436	164,1	Pontevedra	953.400	4.495	212,1
Cantabria	582.138	5.321	109,4	Sevilla	1.875.462	14.036	133,6
Castellón/Castelló	594.915	6.632	89,7	Tâmega	560.672	2.619,7	214,0
Ciudad Real	522.343	19.813	26,4	Tarragona	788.895	6.303	125,2
Córdoba	798.822	13.771	58,0	Toledo	670.203	15.370	43,6
Girona	731.864	5.910	123,8	Valencia	2.543.209	10.806	235,4
Granada	901.220	12.647	71,3	Valladolid	529.019	8.110	65,2
Gran Lisboa	2.025.628	1.375,9	1.472,2	Vizcaya	1.146.421	2.217	517,1
Gran Porto	1.281.424	814,5	1.573,3	Zaragoza	955.323	17.275	55,3
Guipúzcoa	701.056	1.980	354,1				

* Relación entre la población residente y la superficie

Fuentes: Cifras de población referidas al 01/01/2008, de 26 de diciembre. INE España, 2009.

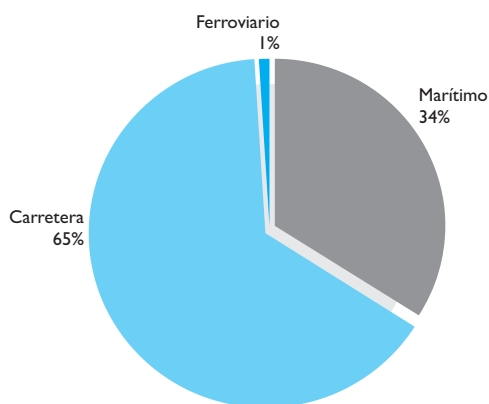
Estimativas Anuales. Última actualización de los datos a 29 de Mayo de 2008, INE Portugal, 2009.

Dirección General del Instituto Geográfico Nacional. Anuario Estadístico de España. INE, 2009.

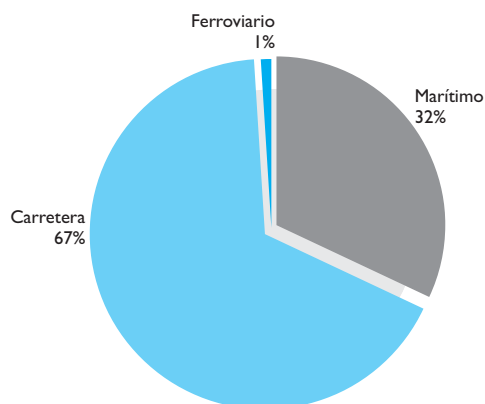
Instituto Geográfico Portugués. Última actualización de los datos: 20 de Noviembre de 2008, INE Portugal, 2009.

Gráfico I. Estructura modal de los intercambios comerciales de mercancías de España y Portugal con la Unión Europea, 2006

ESPAÑA



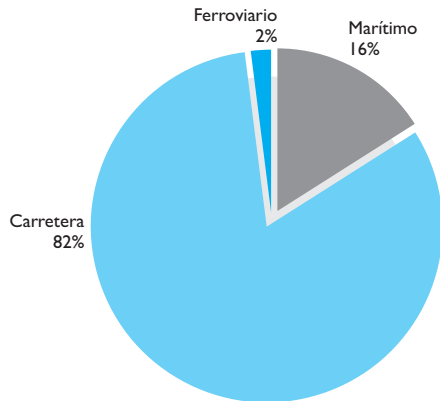
PORTUGAL



Fuente: Reelaboración a partir de 5º Informe del OTEP.

Gráfico 2. Distribución del transporte de mercancías entre España y Portugal, según modo de transporte, 2006

ESPAÑA Y PORTUGAL



Fuente: Reelaboración a partir de 5º Informe del OTEP.

el 5º informe del *Observatorio Transfronterizo de España / Portugal* (OTEP), con datos de 2006, el tráfico de mercancías por carretera predomina sobre los demás modos de transporte, no sólo entre los dos países, sino también entre los dos países y el exterior (véase el gráfico 1) Como se puede observar, el movimiento de mercancías entre España y la Unión Europea por carretera es de un 65% y entre Portugal y la Unión Europea corresponde a un 67%. El modo marítimo tiene un peso porcentual de un 34% en el movimiento de mercancías entre España y la Unión Europea y de un 32% entre Portugal y la Unión Europea.

El transporte por carretera también es predominante en las relaciones comerciales entre los dos países, suponiendo el 82% del total de los movimientos de mercancías, mientras el modo marítimo tiene un peso de un 16%.

3. ANÁLISIS DE LAS INFRAESTRUCTURAS NO RODOVIARIAS DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Con el objeto de poder plantear alternativas al transporte de mercancías por carretera, es necesario analizar previamente los distintos modos e infraestructuras de transportes de mercancías (puertos

marítimos, aeropuertos y vías ferroviarias), si bien de modo muy sintético, así como otras infraestructuras de especial interés en este ámbito, como es el caso de la localización de las principales plataformas logísticas de la Península Ibérica. La ubicación de estas infraestructuras de transportes nos permitirá conocer las principales conexiones de entrada y salida de mercancías por carretera, lo que será fundamental para nuestro análisis posterior.

3.1. Principales Plataformas Logísticas en la Península Ibérica

Es evidente la importancia de las plataformas logísticas en el territorio europeo. Desde el inicio de los años 90 en toda Europa se han implementado amplias redes de Plataformas Logísticas. Una plataforma logística se ha descrito como «un área delimitada donde todas las actividades relacionadas con el transporte, logística y distribución de mercancías, a nivel nacional e internacional, se realizan por diferentes operadores (que pueden ser propietarios o inquilinos de las instalaciones que se encuentren en el interior de la plataforma)»¹ La creación de plataformas logísticas cerca de puertos y mercados de destino ha sido provocada por la creciente globalización de los flujos de mercancías y del comercio, por la deslocalización de la producción y por el estímulo de la especialización en los mercados de producción, que han conllevado el aumento de las distancias del transporte de mercancías o de productos semiacabados por vía marítima hasta centros logísticos. Por su parte, las orientaciones de la Unión Europea en materia de sostenibilidad ambiental de los transportes persiguen el desarrollo de los diferentes modos de transporte en detrimento del recurso (casi exclusivo) del transporte por carretera (Portugal Logístico, 2007).

Las plataformas logísticas tienen como principal objetivo el fomento de la

⁽¹⁾ Cf. portal de *Europlataforms*, asociación europea de *Freight Village* que desde 1991, y de acuerdo con las orientaciones de la Unión Europea, fomenta la creación de una red europea de plataformas logísticas.

Mapa 2. Principales plataformas logísticas de la Península Ibérica



intermodalidad, distinguiéndose dos tipologías de plataformas logísticas²: Una de las tipologías hace referencia a las plataformas unimodales, es decir, con un solo modo de transporte (centro de carretera o centros de servicios al transporte, centros de distribución o distriparks y centros de transporte) y la otra tipología se refiere a las plataformas logísticas multimodales, es decir, con más de un modo de transporte (zonas de actividades logísticas portuarias, centros de carga aérea y puertos secos).

Las plataformas logísticas son puntos territoriales estratégicos que actúan como elementos nodales articulados en el espacio geográfico (local y regional), condicionando los flujos de transportes de mercancías. Indudablemente, la localización estratégica de las plataformas logísticas o centros de distribución —además de permitir la concentración de actividades que pueden estar dispersas y mal localizadas— establece

un factor decisivo de proximidad a las zonas de consumo/producción, a las estructuras de movimiento de cargas existentes, concentrando y valorando las infraestructuras existentes (portuarias, ferroviarias, aéreas, carreteras) y a las principales áreas fronterizas de flujos de mercancías (Prieto, 2006).

En el caso de los dos países ibéricos se puede decir que los escenarios son distintos respecto a la existencia de plataformas logísticas, aunque podrían converger a medio/largo plazo en una red Ibérica única y competitiva. Hasta el día de hoy, en España se ha producido una evolución progresiva de la construcción de plataformas logísticas o de la mejora de las mismas; a su vez, en Portugal se desarrolla el proyecto «Portugal Logístico» del gobierno portugués, a través de la creación de la Red Nacional de Plataformas Logísticas. En la Península Ibérica existen, aproximadamente, 57 centros o ciudades logísticas. En España se han contabilizado 45 plataformas logísticas, estando ya previsto un proyecto de diseño de una red de plataformas logísticas para el país a través de la Universitat Jaume I

⁽²⁾ Tal como se caracterizan en el informe *Análisis, Información y Divulgación sobre la Aportación del transporte por Carretera a la Intermodalidad*.

(INVESTA, 2008); en Portugal se espera para el año 2013 el funcionamiento de 12 plataformas logísticas (dos urbanas nacionales, cinco portuarias, cuatro fronterizas y una regional) y dos centros de carga aérea (en Lisboa y Oporto). Para el gobierno portugués, la implementación de este proyecto convierte a Portugal en una «Plataforma Logística Atlántica» de movimientos internacionales, alcanzando el mercado ibérico y europeo (Portugal Logístico, 2006). Se presentan a continuación las plataformas:

3.2. Puertos, aeropuertos y vías ferroviarias de la Península Ibérica

Para los movimientos de mercancías se hace siempre necesaria una vía terrestre para llevar los productos puerta a puerta³, resultando imprescindible una red de infraestructuras viarias que, a través del transporte por carretera, establece una conexión con otros modos de transporte. Así, al igual que las plataformas logísticas constituyen nódulos territoriales estratégicos, las infraestructuras ferroviarias, portuarias y aeroportuarias funcionan como espacios de movimientos de mercancías necesariamente conectados a la red de carreteras.

3.2.1. Puertos de la Península Ibérica

En el territorio español continental el Organismo Público Puertos del Estado, órgano dependiente del Ministerio del Fomento, tiene como funciones la coordinación y el control de la eficiencia del Sistema Portuario, que integra una red de puertos de interés general gestionados por 25 Autoridades Portuarias (Organismo Público Puertos del Estado, 2008).

El territorio de Portugal Continental dispone de nueve puertos comerciales, de los cuales cinco constituyen el sistema principal (Leixões y Porto, Aveiro, Lisboa, Setúbal y Sesimbra, y Sines), gobernados

por Administraciones Portuarias con el estatuto de sociedades anónimas de capitales exclusivamente públicos y cuatro puertos secundarios (Viana do Castelo, Figueira da Foz, Faro y Portimão), administrados por el Instituto Portuario de los Transportes Marítimos (IPTM). (Orientações Estratégicas para o Sector Marítimo, 2006).

El sistema portuario español constituye uno de los principales accesos de movimientos de entrada y salida de mercancías en España. El movimiento portuario en 2007 fue de más de 480 millones de toneladas de mercancías, representando un aumento de un 4,7% con respecto a 2006. El tráfico exterior y el cabotaje⁴ representaron un 80,1% y un 19,9%, respectivamente, con respecto al total de mercancías (un aumento del 5,6% y del 0,9% respectivamente con respecto al año anterior). En 2007 los puertos que registraron una mayor concentración de transporte de mercancías correspondieron, especialmente, a la Bahía de Algeciras (con más de 69 millones tn), a Valencia y Barcelona (por encima de los 50 millones tn) y a Bilbao y Tarragona (superando los 35 millones tn). Se estima⁵ que en los primeros once meses de 2008 los puertos públicos han gestionado un total de 443,55 millones de toneladas de mercancías, es decir, un 1,22% menos que el año anterior en la misma fecha.

Sobre los puertos de Portugal Continental, en el año 2007 hubo un movimiento de más de 64,4 millones de toneladas de mercancías (un incremento de un 2,8% con respecto al año anterior). En el año 2008, que totalizó casi 63 millones de toneladas, hubo una disminución del 2,2% frente a 2007.

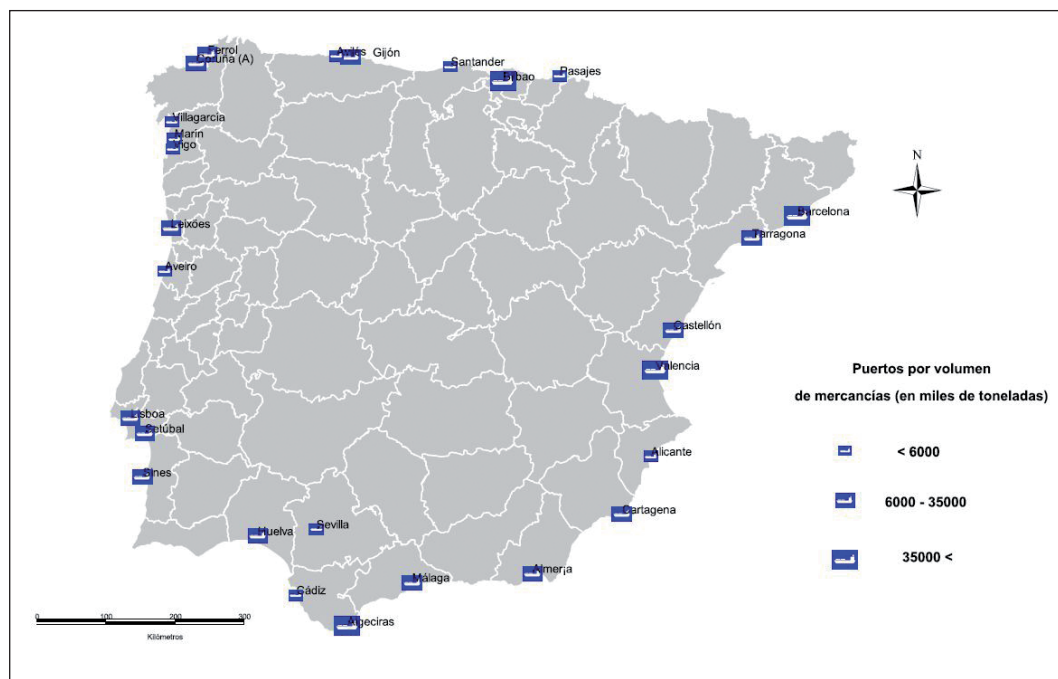
Con respecto a las cargas y descargas de mercancías, éstas representaron un 33,9% y un 66,1%, respectivamente, sobre el total de movimientos en 2008. Los principales puertos gestionan casi la totalidad del tráfico de mercancías (un 97,2%). Estos son Sines (superando los 25 millones de toneladas), Douro y Leixões (con más de 14 millones) y

⁽³⁾ Puerta a puerta (Door to Door Freight): proceso de transporte en el que el transportador recoge la mercancía en el origen (proveedor) y la entrega en el destino final (destinatario).

⁽⁴⁾ Exterior se refiere a la navegación que hacen los buques de los puertos limítrofes de su propia nación; Cabotaje se refiere a la navegación que hacen los buques entre los puertos de su nación sin perder de vista la costa.

⁽⁵⁾ Cf. www.elboletin.es.

Mapa 3. Principales puertos marítimos de la Península Ibérica según el volumen de mercancías



Lisboa (con casi 11,8 millones). En 2008, en el puerto de Sines se produjo una disminución de más de 1 millón de toneladas mercancías.

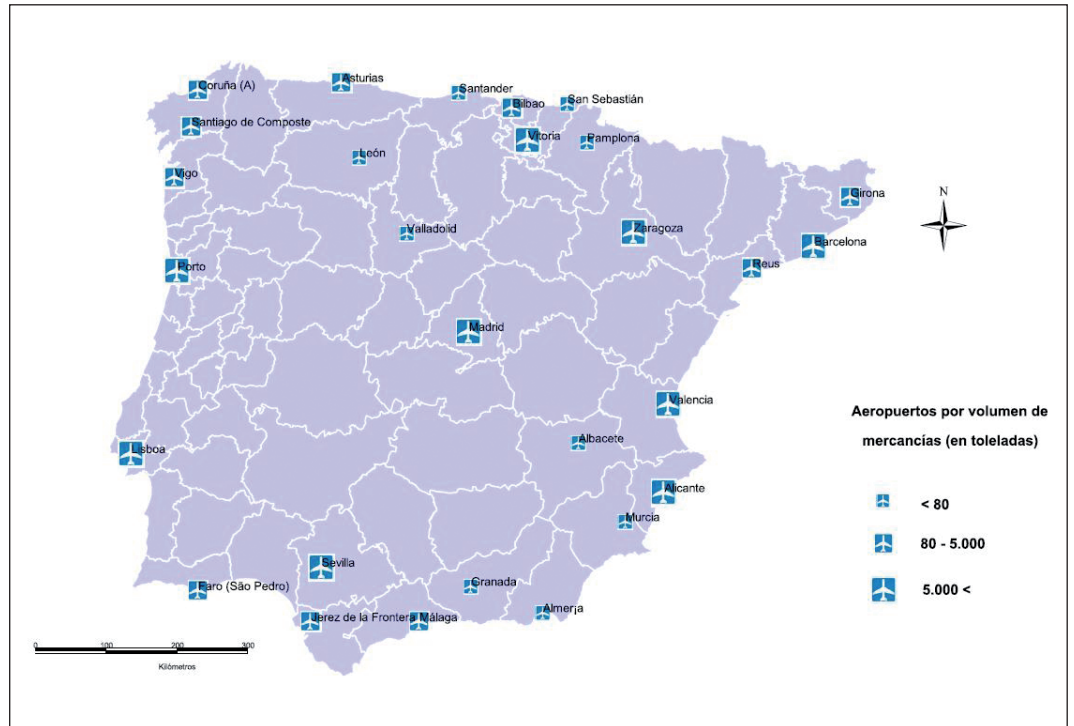
3.2.2. Aeropuertos

Los aeropuertos de interés general gestionados por AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea) son 48, incluidas las bases aéreas abiertas al tráfico civil y el helipuerto de Ceuta, que se estructuran en cinco grupos (aeropuertos troncales, aeropuertos turísticos insulares, aeropuertos metropolitanos con conexiones internacionales, aeropuertos turísticos peninsulares, aeropuertos locales y regionales) (Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte, 2004). En el año 2007 los aeropuertos de España presentaron un aumento del movimiento de carga de un 2,2% con respecto al año anterior, registrándose más de 627 mil toneladas de mercancías. Los aeropuertos troncales (Madrid-Barajas y Barcelona) gestionan gran parte de los movimientos de carga, concretamente el 51,8% y el 15,4%,

respectivamente. Haciendo referencia a 2008 ha habido un crecimiento del tráfico de carga de un 0,4% frente a 2007, con una ligera subida en los dos últimos aeropuertos mencionados. En 2008 los restantes aeropuertos presentaron un peso relativo poco significativo frente al total de carga, es decir, aproximadamente 6 aeropuertos registraron un tráfico de carga entre un 2,1% y un 5,6%, aunque la representatividad de movimiento de carga en el resto de aeropuertos no sobrepasó el 2,1%. No obstante, podemos destacar los aeropuertos continentales de Vitoria y Zaragoza con un tráfico cercano a 3,5 y más de 2,14 mil toneladas de mercancías, respectivamente, en 2008 (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, 2009).

El sistema aeroportuario portugués engloba un total de 99 infraestructuras, siendo los principales aeropuertos continentales Lisboa, Porto y Faro; y otros dos insulares (Madeira y Açores). Las restantes infraestructuras son complementarias - 10 insulares y 84 continentales (como aeródromos y helipuertos). También el aeropuerto de Beja (una base militar) que, según el gobierno

Mapa 4. Principales aeropuertos de la Península Ibérica, según el volumen de mercancías, en el año 2007 para los aeropuertos portugueses y en el año 2008 para los aeropuertos españoles



portugués, reúne las condiciones necesarias para la explotación comercial. Otro proyecto del ejecutivo portugués está en fase de estudio y se refiere a la construcción de un nuevo aeropuerto para el continente portugués, que estará concluido en 2010 y se ubicará en Alcochete, con la intención de sustituir al aeropuerto de Lisboa debido al aumento de movimiento de pasajeros y de carga en los próximos años (Orientações Estratégicas para o Sistema Aeroportuário Nacional, 2006). Sobre el tráfico de mercancías se puede decir que en 2007 el movimiento de carga fue superior a las 130 mil toneladas, una disminución de un 2,3%, con respecto a 2006.

De los principales aeropuertos continentales, el aeropuerto de Lisboa es el que presentó, en 2007, el mayor peso absoluto de carga, seguido del aeropuerto de Porto (llamado también aeropuerto Francisco Sá Carneiro). Estos dos aeropuertos representan, en términos de movimientos de carga, el 90,4% del movimiento total de carga en los aeropuertos portugueses. No obstante, y como punto de curiosidad, el aeropuerto de

la isla de Açores (el aeropuerto de Santa Maria) registró un incremento del 387,3% frente a 2006. El aeropuerto de Faro ha sido el que ha registrado el valor porcentual más bajo (-25,7%). (Aeropuertos de Portugal, 2009. Estadísticas de Tráfico, 2007).

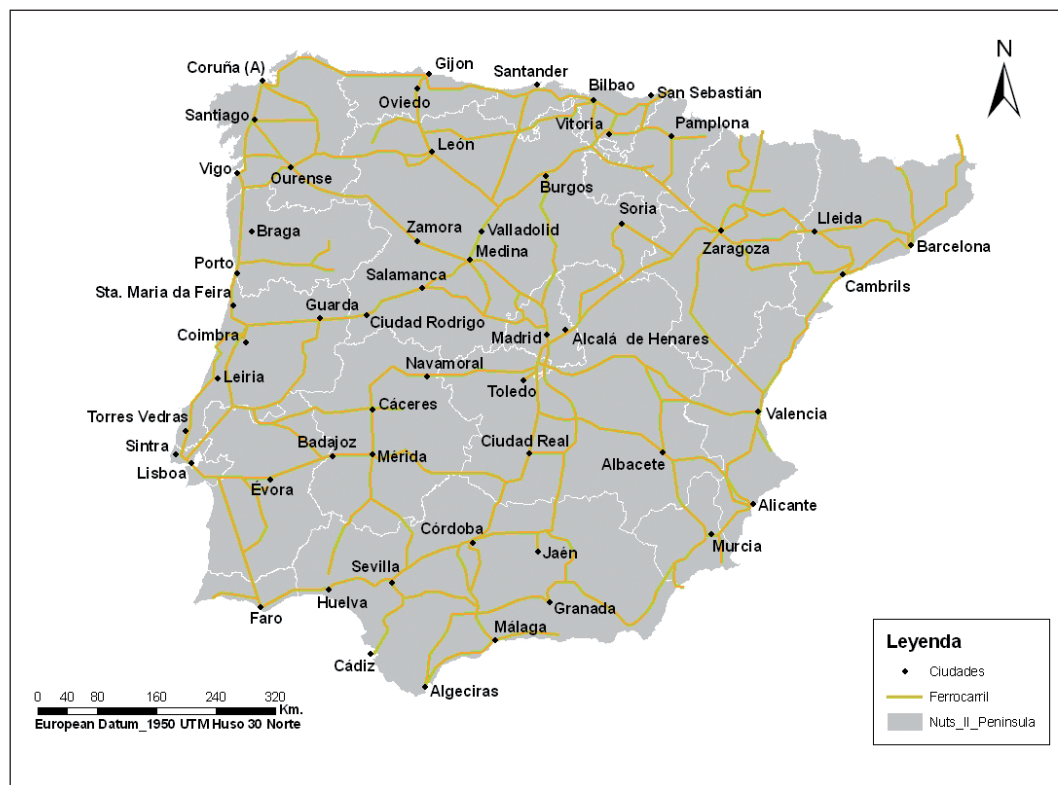
Para el año 2008 hubo un incremento de un 3,4% en el movimiento de cargas en los aeropuertos de Portugal con respecto a 2007.

3.2.3. Red ferroviaria

De acuerdo con el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes (PEIT) 2004, la red ferroviaria española tiene casi 15.000 km de longitud y algo más de 1.000 km corresponden a las líneas de alta velocidad.

La red electrificada tiene una extensión cercana a los 3.000 km, aunque haya un total de casi 5.500 km de red única y sin electrificación. Sin embargo, cabe señalar que ADIF —entidad pública empresarial que tiene como objeto principal la administración y construcción de infraestructuras ferroviarias— gestiona

Mapa 5. Principales líneas ferroviarias de la Península Ibérica, en la actualidad



casi la totalidad de la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG). En la actualidad ADIF tiene a su cargo la administración de las nuevas líneas de alta velocidad y el ancho UIC⁶ que figuran en su balance (Madrid-Sevilla, con el ramal de acceso a Toledo, y Madrid-Zaragoza-Lleida; un total de 1.010 km) y la red convencional de ancho ibérico⁷ (11.780 km). (Ministerio del Fomento, 2009). Además, esta entidad es igualmente responsable de la construcción de nuevas líneas encomendadas por el Gobierno, acortando distancias en el territorio español. España se ha planteado como compromiso para 2012 ser la primera nación del mundo en

número de kilómetros de alta velocidad en explotación (con más de 2.200 km de línea de alta velocidad en servicio) y, para 2020 (al concluir la vigencia del PEIT), dispondrá de 10.000 km de líneas de alta velocidad, donde todas las capitales de provincia estarán conectadas a esta red y el 90% de los ciudadanos se encontrarán a menos de 50 km de una estación de Alta Velocidad (ADIF, 2009). Se puede, incluso, decir que la principal prioridad del PEIT (2004) en el sistema ferroviario se basa en que el sistema se convierta en un elemento central de articulación de los servicios intermodales de transporte, tanto de viajeros como de mercancías (PEIT, 2004). En lo que se refiere al tráfico de mercancías, en 2007 hubo casi 39,9 millones de toneladas de mercancías transportadas por vía ferroviaria (un 1,3% menos que el año anterior).

En el caso de Portugal, de acuerdo con el informe anual del Instituto Nacional de Estadística *Estatísticas dos Transportes 2007*, la extensión ferroviaria en 2007

⁽⁶⁾ Ancho UIC, en referencia a la organización internacional *Union Internationale des Chemins de FER*, es el ancho estándar utilizado en la mayoría de las redes europeas y del resto del mundo, que tiene 1435 mm.

⁽⁷⁾ Ancho ibérico o RENFE, tiene 1.668 mm y se encuentra vigente en la mayor parte de la red española y portuguesa (siendo en esta última 2 mm menor).

ascendía a 3.614,2 km, de los que se encuentran en explotación comercial efectiva 2.838,4 km (es decir, un 78,5% del total de líneas ferroviarias). Considerando la clasificación de la red ferroviaria portuguesa⁸, la Red Principal comprende un 50,3% del total de red explotada (1.429,1 km) en toda su extensión en vía larga; la Red Complementaria representa el 38,5% del total (1.094,9 km); y la Red Secundaria supone el 11,1% (314,5 km). (Estadísticas dos Transportes 2007). Existe un Plan de Inversiones, recogido en las *Orientações Estratégicas, Sector Ferroviário, 2006*, en el que se identifican, dentro de la red ferroviaria principal, los ejes de mayor demanda y las principales accesibilidades. En el año 2007 el transporte de mercancías por vía ferroviaria en vagón completo ascendió a 10,6 millones de toneladas, reflejando un incremento de un 8% con respecto a 2006. De este valor 405 mil toneladas (el 3,8% del total) eran de mercancías peligrosas. La cantidad de tráfico nacional de mercancía en vagón completo fue, en 2007, de un 89,4% (un 1,8% menos con respecto a 2006) del total del tráfico (Estadísticas dos Transportes, INE, 2007).

3.2.4. Transporte por Tubería⁹

3.2.4.1. Gasoducto

A finales de diciembre de 2008 la red Enagás (empresa líder en transporte,

⁽⁸⁾ La Red ferroviaria portuguesa está constituida por la Red Principal, que se identifica con los ejes de mayor demanda y con las principales accesibilidades a las plataformas logísticas, puertos, aeropuertos y fronteras (y deberá corresponder a instalaciones dirigidas a padrones superiores de oferta del transporte ferroviario); la Red Complementaria, ligada a la red principal, cubre territorios de niveles secundarios de demanda articulados con los territorios adyacentes a los corredores de la red principal. Con la explotación de la Alta Velocidad esta red desempeñará funciones de distribución en el territorio, de modo que asegure la unión de las localidades no servidas directamente por la red principal; la Red Secundaria tiene correspondencia a servicios de transporte de baja demanda, adaptados a las características de la respectiva área: densidad poblacional, movilidad y actividades instaladas, esencialmente, dedicada al servicio de pasajeros (Orientações Estratégicas, Sector Ferroviário, 2006).

⁽⁹⁾ Mencionamos que los datos relativos al transporte por gasoducto y oleoducto de Portugal

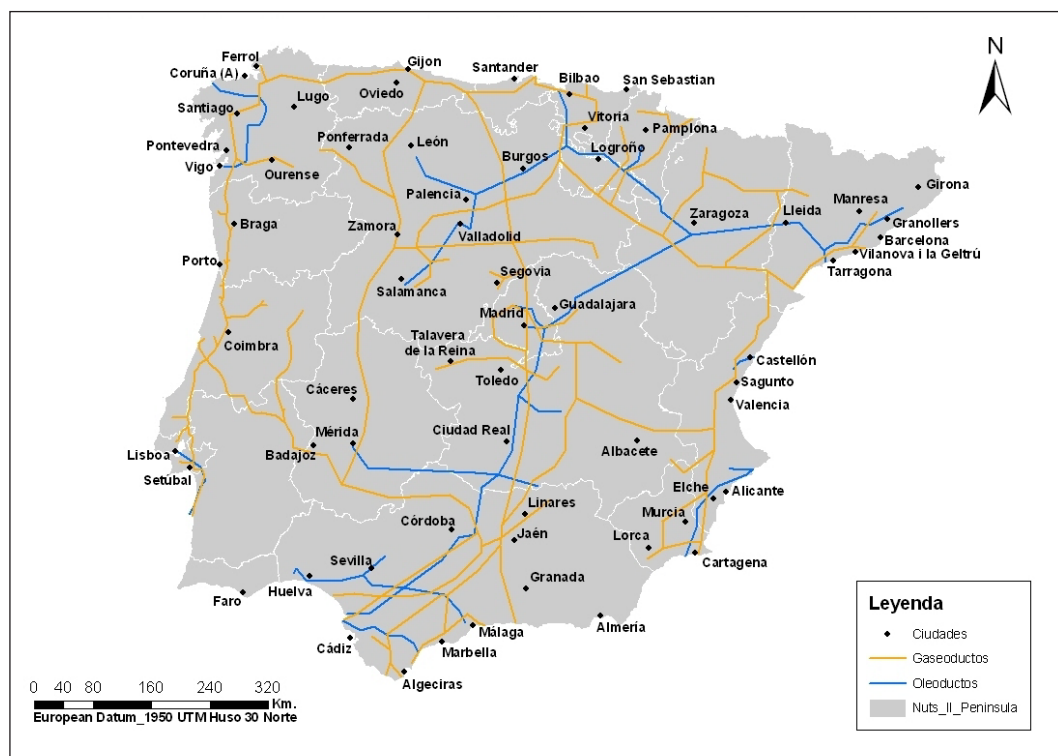
regasificación y almacenamiento de gas natural en España) estaba integrada por 8.437,6 km de tuberías, siendo la longitud más significativa el gasoducto de Barcelona-Valencia-Vascongadas (con 1.020 km) y el gasoducto de Huelva-Alcázar San Juan-Madrid (con 636 km). (ENAGAS, 2006). En lo que respecta al tráfico de mercancías (gas natural) en 2007 hubo un registro de más de 28 millones de toneladas (+4,34% frente a 2006). Por los gasoductos circula el gas natural que llega de Argelia y cruza el estrecho de Gibraltar. Desde aquí llega a Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao y Gijón, cubriendo la mayor parte de España. En el territorio portugués, la red nacional de transporte de gas natural en 2007 presentó una extensión de 1.219,5 km, correspondiendo la mayor longitud al gasoducto Campo Maior-Leiria (con 220,5 km) y al gasoducto Leiria-Braga (con 213,9 km).

3.2.4.2. Oleoducto

La red de oleoductos española de CLH (Compañía Logística de Hidrocarburos) consta de 3.835 km de longitud (lo que constituye la red civil más extensa de Europa Occidental). En términos de mercancías, y de acuerdo con el *Anuario Estadístico de 2008*, en el año 2007 se registraron más de 31,5 millones de toneladas (un 13,4%, menos que el año anterior). El principal oleoducto es el que transporta hasta Puerto Llano el crudo desembarcado en Huelva, Cádiz, Algeciras y Málaga. Los productos refinados se transportan por oleoductos hasta Madrid, Zaragoza, Barcelona y Salamanca, siendo estos los más importantes. En el territorio portugués, la Compañía Logística de Combustibles es la responsable de la explotación del oleoducto multiproducto entre Sines y Aveiras, teniendo en 2007 un tráfico de 3,24 millones de toneladas (un 5,3% más que en 2006).

fueron divulgados por primera vez en el Anuario Estadístico 2007 del INE Portugués, que han sido recogidos junto a dos entidades portuguesas – REN Gasodutos S.A., para el transporte por gasoducto, y la Companhia Logística de Combustíveis, S.A., para el transporte por oleoducto.

Mapa 6. Redes de Transporte por tubería de la Península Ibérica



4. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CARRETERAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

En 2007 la actual red de carreteras españolas presentaba una extensión de más de 166 mil kms, correspondiendo un 8,8% a vías de gran capacidad (autopistas, autovías y carreteras de doble calzada).

La extensión de la red viaria nacional de Portugal Continental, a finales de 2007, era de 12.902 kms, estando prevista la construcción de más de 5.800 km de extensión. (INE, Transportes, 2007.) La red viaria portuguesa está constituida por dos tipos de red –la red nacional fundamental y la red nacional complementaria. La red nacional fundamental está compuesta por nueve **itinerarios principales** (IP), donde se incluyen las autopistas, sirviendo de base a toda la red nacional y establecen la unión con los principales centros urbanos del país, y entre estos y los principales puertos marítimos, aeropuertos y fronteras: Valença-Castro Marim (IP1); Portelo-Faro (IP2); Vila Verde de Raia-Figueira da Foz (IP3); Porto-

Quintanilha (IP4); Aveiro-Vilar Formoso (IP5); Peniche-Castelo Branco (IP6); Lisboa (CRIL)-Caia (IP7); Sines-Vila Verde de Ficalho (IP8); y Viana do Castelo-Vila Real (IP9). La red nacional complementaria integra los **itinerarios complementarios** (IC) y las **carreteras nacionales** (EN), presentando dos categorías: las carreteras municipales y las carreteras regionales.

La estructura básica de la red de carreteras de España se asienta en seis **carreteras principales** radiales desde donde parten todas las demás (todas se encuentran numeradas, siendo el primer dígito el indicador de la carretera desde donde parte): Madrid-Irún (A1); Madrid-La Junquera (A2); Madrid-Valencia (A3); Madrid-Sevilla (A4); Madrid-Badajoz (A5); Madrid-La Coruña (A6). Hay otros dos ejes radiales muy transitados: Madrid-Gijón y Madrid-Alicante. Existen también cuatro Grandes ejes donde existe una gran intensidad de tráfico: La Autopista del Mediterráneo; La Autopista del Cantábrico; La Autovía Ruta de la Plata y La Autopista del Ebro. Las vías más rápidas existentes son las **autopistas** y **autovías**,

Mapa 7. Principales carreteras de la Península Ibérica



que permiten las mayores velocidades y no entran en ninguna población, siendo algunas de peaje. Las **carreteras nacionales** son las que conectan todas las ciudades. Tienen uno o dos carriles en cada sentido y no son independientes. Las **carreteras secundarias** permiten una velocidad mucho menor. Son más estrechas y no suelen tener arcén. Frecuentemente son de doble sentido, pero el cruce de dos vehículos grandes es comprometido. Estas son las carreteras que llegan a todos los núcleos de población y los atraviesan. También están las **carreteras urbanas**, que son vías que permiten unas velocidades más lentas. En torno a las ciudades hay rondas de circunvalación para rodear las poblaciones y evitar los frecuentes atascos en las ciudades.

5. PASOS FRONTERIZOS PENINSULARES

5.1. Pasos fronterizos entre España y Francia

En el informe «Encuesta Transit 2004. Transporte de Mercancías por Carretera:

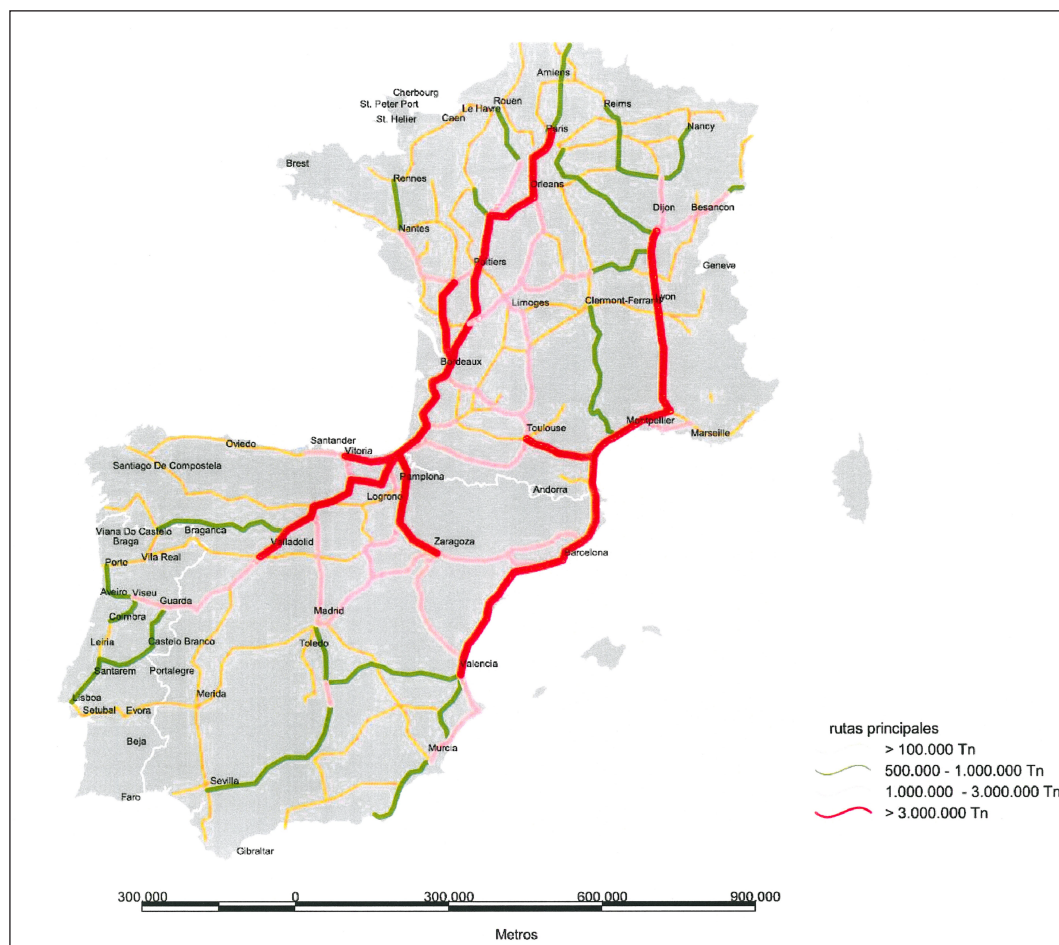
Resultados y análisis para los Pirineos» se identifican seis pasos fronterizos entre España y Francia (en los Pirineos), cuyo estudio tiene por objeto conocer los flujos internacionales de mercancías por carretera entre la Península Ibérica y Francia. El estudio se realizó en 2004-2005, en los Pirineos, en una estrecha cooperación hispano-francesa, sin que exista aún ninguna información actualizada con datos de fecha posterior. Dado que este informe está ya publicado y es sobradamente conocido, sólo haremos referencia de manera general a algunos pormenores que nos parecen más significativos para nuestro estudio. Las encuestas del TRANSIT 2004 permitieron conocer prácticamente la totalidad del tráfico de «tránsito» entre la Península Ibérica y Europa (atravesando Francia sin pararse) y aproximadamente el 90% del tráfico de «intercambio» entre la Península Ibérica y Francia.

De hecho, del total de todos los pasos fronterizos mencionados en esta encuesta, el 55% de los vehículos pesados se encontraban en intercambio entre la Península Ibérica y Francia y un 45% en tránsito, entendiendo

como tal a los vehículos pesados que atraviesan totalmente Francia. Sobre los dos principales pasos fronterizos hispano-franceses cabe destacar que el tráfico de tránsito fue mayoritario en La Jonquera/Le Perthus (con el 53%) y el tráfico de intercambio fue ampliamente mayoritario en Irún/Biriatou (con un 60%). La media diaria de vehículos pesados de mercancías era de 17.348 en el año 2004. Según el Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos de diciembre de 2008 y la estimación calculada para el año de 2006, en las carreteras fronterizas pasaron 19.905 camiones por día. Este informe recoge también que el 87% del total de camiones optaban por circular a través de las autopistas y los camiones que transportan mayor tonelaje suelen hacerlo por las autopistas litorales, en particular por

la fachada atlántica. Entre 2005 y 2006 el crecimiento del tonelaje total de mercancías transportado por carretera a través de los Pirineos fue de 4,3%. No debemos olvidar que los pasos fronterizos más significativos fueron Irún/Biriatou (A8/A63) y La Jonquera/Le Perthus (AP-7/A9). Estas autopistas soportaron en 2006, en el caso de los datos españoles, el 81% del volumen total de vehículos, y en el caso de los datos franceses, el 95%. Según los datos disponibles, podemos estimar que la intensidad media diaria de vehículos pesados en A8/A63 en Irún/Biriatou fue, en 2006, de 9.527 vehículos pesados y en AP-7/A9 en La Jonquera/A9 Le Perthus de 8.938. Dado que toda esta información está publicada, no insistiremos más en ella. Sólo señalaremos que los itinerarios principales del transporte

Mapa 8. Principales rutas de transporte de mercancías por carretera



de mercancías en esta frontera quedarían recogidos tal y como se describe en el siguiente mapa:

5.2. Pasos fronterizos entre España y Portugal

Según el Documento Metodológico del *Inquérito ao Transporte Rodoviário*

Transfronteiriço de Veículos Pesados de Mercadorias, 2007, del INE-Portugal, son siete las principales fronteras luso-españolas por intensidad de tráfico de vehículos pesados de mercancías. El principal objetivo de este informe ha sido dar a conocer los intercambios de mercancías en cada uno de los pasos fronterizos más relevantes de España y Portugal. Las siete fronteras se clasificaron en tres niveles, según el tráfico

Mapa 9. Identificación de las fronteras de España con Portugal y con Francia

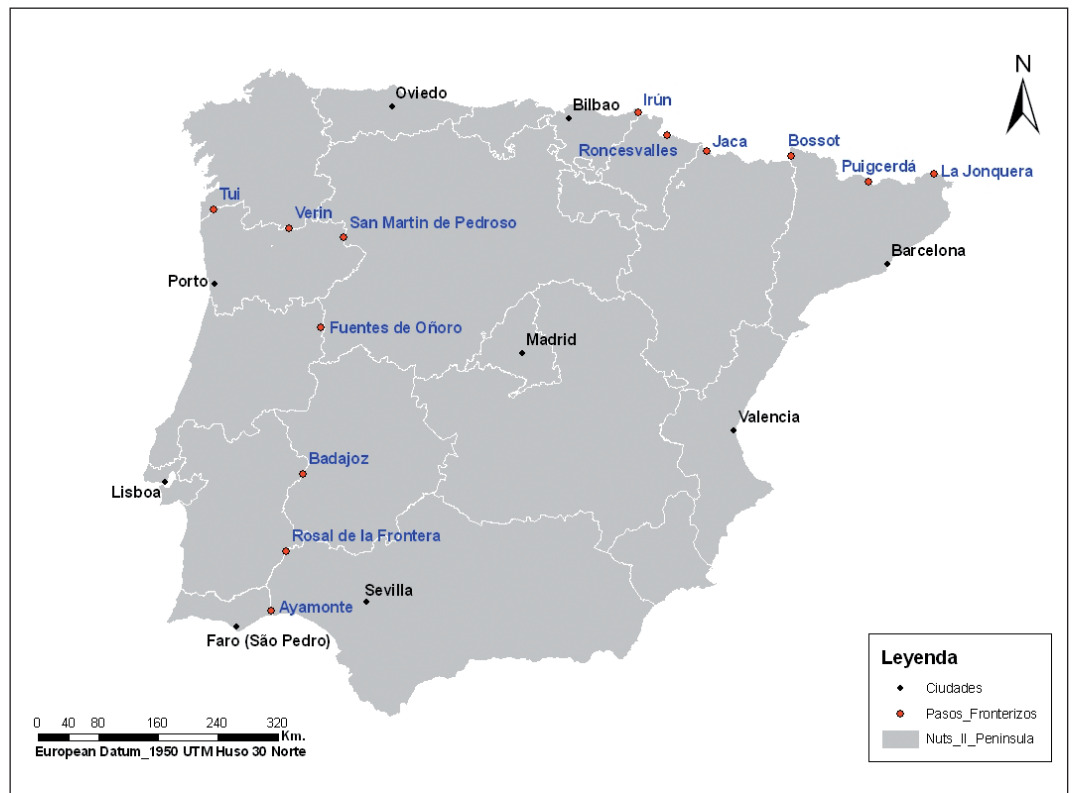


Tabla 2

TRÁFICO MEDIO DIARIO DE LAS PRINCIPALES FRONTERAS HISPANO-LUSAS

TRÁFICO MEDIO DIARIO (TMD)	FRONTERAS (con identificación de carreteras)
1 ^{er} Nivel (TMD > 1.000)	Fuentes de Oñoro (N-620) – Vilar Formoso (IP-5)
	Badajoz (A5) – Caia (IP-7)
	Tui (N-55) – Valença do Minho (IP-1)
2 ^o Nivel (500 < TMD < 1.000)	Verín (N-532) – Vila Verde de Raia (EN 103 (IP-3))
	Ayamonte (A-49) – Monte Francisco (IP-1)
3 ^{er} Nivel (TMD < 500)	San Martín del Pedroso (N-122) – Vila Verde de Raia (EN 218 – 1 (IP4))
	Rosal de la Frontera (N-433) – Vila Verde de Ficalho 260 (IP-8)

medio diario (TMD ó IMD) entre 2004 y 2006, y a partir de indicadores obtenidos por contadores automáticos españoles. Esta información fue proporcionada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio del Fomento de España, en el marco de esta encuesta, que se realizó mediante un proyecto en colaboración entre España y Portugal, en el que participó el equipo de investigación del que forman parte los autores del presente artículo.

Según el 5º informe del Observatorio Transfronterizo España/Portugal, con datos de 2006, entre España y Portugal había 61 pasos por carreteras asfaltadas, los cuales registraron un tráfico de más de 89.000 vehículos diarios, siendo un 11% de ellos pesados.

6. FLUJOS FRONTERIZOS ENTRE ESPAÑA Y PORTUGAL: PRINCIPALES RUTAS INTRAPENINSULARES DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR CARRETERA

La información relativa a estos flujos se ha obtenido de la encuesta de transportes de mercancía entre España y Portugal realizada durante el último trimestre del año de 2007 y a los tres primeros trimestres de 2008, publicada por el INE portugués en 2009 y realizada en colaboración entre esta institución y el equipo de investigación que suscribe este artículo¹⁰. Los aspectos metodológicos de la encuesta se pueden consultar a través del INE portugués. Brevemente los resumiremos señalando que las encuestas se llevaron a cabo en las principales fronteras hispano-lusas, ya citadas, asignando el número de encuestas a realizar en cada paso en función del respectivo tráfico medio diario (TMD) de vehículos pesados de mercancías. Para la realización de la operación estadística se diseñó una muestra para el

tránsito diurno correspondiente a un 1% del total de la población de vehículos pesados que habían pasado, como media, diariamente en las siete fronteras, tomando como referencia la IMD obtenida por los contadores españoles¹¹. En la encuesta se interrogó a los conductores y se recogió información relativa a aspectos tales como: características del vehículo: tipo, número de ejes, tipo de caja, edad del vehículo, nacionalidad; mercancías: cantidad de toneladas, clasificación de las mercancías; y trayectos: lugares de carga y descarga de las mercancías. Dada la temática de nuestro artículo y las limitaciones de espacio, nos centraremos en este último aspecto: los trayectos, prescindiendo de la caracterización de los vehículos pesados y de las tipologías de las mercancías. Las principales rutas identificadas en la encuesta son:

Barcelona-Grande Porto: tiene aproximadamente una distancia de 1.210 km. El principal itinerario es por AP-2 en dirección a Zaragoza, seguido la AP-8 en dirección a Logroño, después la AP-1 con destino a Burgos, seguido la A-62 que pasa por Valladolid y Salamanca hasta la frontera de Fuentes de Oñoro con Viar Formoso. Se sigue, a partir de Vilar Formoso la A-25 (IP5) que pasa por Viseu en dirección a Albergaria-a-Velha. A partir de esta última localidad, se sigue la A-29 (IP1) que pasa por Santa Maria da Feira hasta la región del Grande Porto.

Grande Porto-Madrid: con una distancia de aproximadamente de 563 km y pasando por la frontera de Fuentes de Oñoro Vilar Formoso, tiene el mismo recorrido que el itinerario anterior desde Vilar Formoso hasta Grande Porto. Con todo, antes de llegar a Fuentes de Oñoro y partiendo de Madrid, se sigue por la AP-6 en dirección a la AP-51 que pasa por la provincia de Ávila. A partir de aquí, se toma la A-50 en dirección a Salamanca, y se sigue por la A-62 en dirección a Fuentes de Oñoro.

Grande Lisboa-Madrid: con una distancia de aproximadamente de 622 km,

⁽¹⁰⁾ Los resultados obtenidos en el informe tienen como objetivo conocer las principales rutas de las mercancías por la Península Ibérica. A diferencia de los datos definitivos publicados por el INE, en nuestro caso, a partir de la información estadística recogida (microdatos), nos hemos limitado a utilizar la Estadística Descriptiva para analizar los datos de la encuestas, sin llegar a hacer en ningún momento extrapolación alguna, pues esta ya queda recogida en la publicación definitiva del INE portugués.

⁽¹¹⁾ Observación: el análisis que sigue a continuación se basa en el conjunto de las muestras, de modo que se obtiene una muestra completa (diurna y nocturna).

esta ruta al pasar lo la frontera de Badajoz-Caia sale de Madrid a través de la A-5 hasta Badajoz, siguiendo después la A-6 (IP-7) que pasa cerca de Évora, Vendas Novas, en dirección a la A-2 hasta a Grande Lisboa.

Barcelona-Grande Lisboa: con una distancia de cerca de 1.261 km, el itinerario de esta ruta es igual al itinerario de la ruta anterior (Grande Lisboa-Madrid) que pasa por la frontera de Badajoz-Caia, con la diferencia de que esta ruta tiene el recorrido desde Barcelona hasta Madrid. Así, se toma la AP-7 en dirección a la AP-2 en dirección a Zaragoza, se toma la A-2 con destino a Madrid.

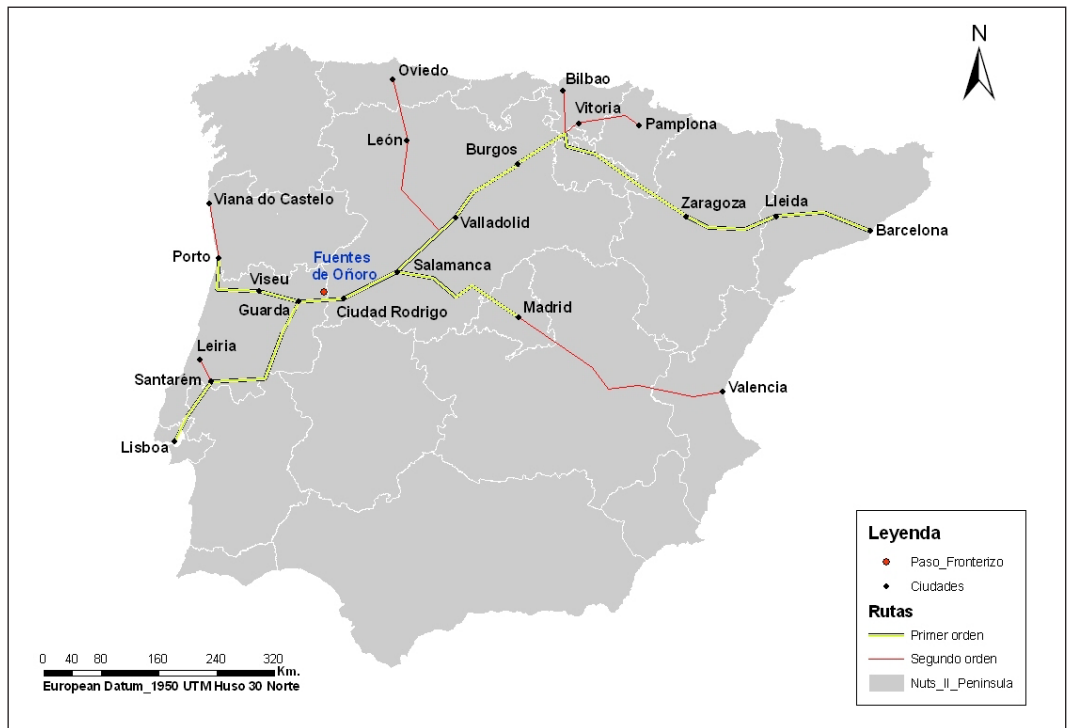
Badajoz-Alto Alentejo: con cerca de 71,3 km, el itinerario desde Badajoz hasta por ejemplo la capital del Alto Alentejo que es Portalegre, se hace por medio de la A-6 pasando por Elvas y tomando la N-246 hasta Portalegre.

Minho-Lima-Pontevedra: desde la provincia de Pontevedra hacia la capital de

la sub-región de Minho-Lima, que es Viana do Castelo, se tiene aproximadamente de 119 km, pasando por la frontera de Tui-Valença do Minho. El itinerario de esta ruta, siegue desde Viana do Castelo por A-27 en dirección a Ponte Lima, siguiendo por A3 (IP-1) hasta la frontera. Después de la frontera, se toma la A-55 y AP-9, hasta Pontevedra. Si acaso, la sub-región fuera Grande Porto en vez de Minho-Lima, el itinerario de Porto hasta la frontera, sería tomado directamente por A-3 (IP-1), pasando hasta Ponte Lima y siguiendo el itinerario ya mencionado.

A Coruña-Grande Porto: entre estas dos regiones hay aproximadamente una distancia de 300 km. Así, que del mismo modo que el anterior, el itinerario será la A3 (IP-1) desde el Porto hacia la frontera de Tui-Valença do Minho. Llegando a la frontera, se toma la A-55 (AP-9) que pasa cerca de Vigo y atraviesa Pontevedra. La AP-9 pasa por Santiago de Compostela siguiendo la «Autopista del Atlántico» en dirección a A Coruña.

Mapa 10. Principales rutas de acceso al paso fronterizo de Fuentes de Oñoro-Vilar Formoso



Ourense-Grande Porto: atravesando la frontera de Verín-Vila Verde de Raia, la provincia de Ourense dista, aproximadamente 244 km del Porto. El itinerario principal es realizado, desde Porto, por la A3 (IP-1) en dirección a IC-5 pasando cerca de Guimarães y tomando la A7, que pasa por la localidad de Vila Pouca de Aguiar, en dirección a A24 (IP-3) que pasa cerca de la ciudad de Chaves hasta la frontera. Después de la frontera, se toma la A-52 en destino a Ourense.

Algarve-Huelva: a través de la frontera de Ayamonte-Monte Francisco, y considerando la capital de la sub-región de Algarve, dijimos que desde Faro hasta la provincia de Huelva existe una distancia de aproximadamente 114 km. El principal itinerario entre las dos regiones es efectuado por la A-49, saliendo de Huelva, hasta la frontera, donde se toma la A22 (IP-1) hasta Faro.

7. CONCLUSIONES

El sector de los transportes y todo el conjunto de infraestructuras inherentes a su funcionamiento constituye, en la actualidad, un motor fundamental e imprescindible para el desarrollo de la sociedad. Por otra parte, las exigencias cada vez mayores en el sector de los transportes con respecto a su sostenibilidad obligan a abrir nuevas perspectivas, orientaciones y planteamientos futuros. Por su volumen y sus especiales características, por su proximidad a los ciudadanos y a los espacios habitados, por su dependencia directa de los combustibles fósiles, uno de los principales retos lo constituye el transporte de mercancías por carretera. En las últimas décadas el volumen de las mercancías transportadas por carretera en la Península Ibérica, tanto en desplazamientos intrapeninsulares como en desplazamientos desde y hacia el resto del continente no sólo ha aumentado, sino que se ha multiplicado en algunos casos. Concretamente, el transporte internacional de mercancías por carretera no ha dejado de aumentar. Así, en 2005, el volumen de mercancías que atravesaba los dos principales pasos pirenaicos se había multiplicado por 6 respecto a mediados de los

años ochenta. Como consecuencia de todo ello la saturación de estos pasos está llegando a cotas elevadas, con la consiguiente repercusión negativa en la calidad de la movilidad del resto de ciudadanos y vehículos de uso particular.

Sin embargo, como ha quedado patente en nuestro estudio, es evidente que el transporte de mercancías por carretera es el medio más utilizado, seguido del transporte marítimo, cuyo uso progresivamente se va optimizando cada vez más, principalmente, en el tráfico de mercancías con el exterior, siendo el transporte ferroviario el que menos volumen de mercancías transporta de entre los distintos modos analizados. Es evidente que el transporte aéreo entra dentro de otra tipología y, por supuesto, es en volumen el menos significativo, mientras que los modos por carretera, marítimos y ferroviarios son los tres principales en lo que se refiere al transporte de mercancías.

En el último lustro se ha planteado un fuerte debate sobre los escenarios futuros de los transportes de mercancías. El principal problema a afrontar es el crecimiento incesante experimentado en los últimos años del volumen de tráfico de mercancías en las carreteras europeas. Países como Francia, que constituyen territorios de paso obligado para comunicar por vía terrestre los distintos espacios de la Unión, están encontrando graves dificultades para dar una respuesta a la creciente saturación de sus carreteras como consecuencia del tráfico de camiones pesados que atraviesan su territorio. En este contexto es acuciante la búsqueda de alternativas que descongestionen las vías por las que también han de circular los vehículos particulares.

A todo ello debemos añadir los impactos ambientales y sociales que acarrea la creciente dependencia de nuestra sociedad respecto del transporte de mercancías mediante sistemas que, como el transporte por carretera, dependen directamente del consumo de combustibles fósiles. Esta dependencia plantea dos graves y principales problemas:

- En primer lugar, la dependencia directa de los combustibles fósiles supone un grave problema económico, en un escenario de creciente incremento del

precio del crudo y de reducción de su oferta por el progresivo agotamiento de las reservas mundiales de petróleo. La relación directa de costes de transporte-precio del crudo provoca efectos indeseados de encarecimiento de los productos y bienes de consumo, y una progresiva elevación del coste de la vida para los ciudadanos. Las previsiones futuras en un escenario de recuperación económica hablan de precios del barril de petróleo poco asumibles por el sistema actual de distribución de mercancías totalmente dependiente de los combustibles fósiles.

- En segundo lugar, los impactos ambientales que supone esta fuente de energía y el medio de transporte por carretera. Pese a las mejoras en los motores y en el tratamiento de las emisiones de los automóviles, el incremento constante de vehículos pesados y ligeros en nuestras carreteras y ciudades hace incompatible este sistema con las actuales demandas sociales de un ambiente más saludable (menor contaminación atmosférica) y de una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂), como factor clave para la lucha contra el cambio climático acelerado que parece estar sufriendo el Planeta como consecuencia de la actividad humana.

Ambos factores, el económico y el ambiental, están llevando a la búsqueda de una reconfiguración del sistema global de transporte de mercancías. En el caso concreto de la Unión Europea existen diversos proyectos tendentes a frenar el uso del transporte por carretera a favor de otros modos más eficientes energéticamente y ambientalmente, tales como el transporte marítimo y el ferroviario. Pese a todo, aunque se mejoren las infraestructuras marítimas y las vías ferroviarias se reestructuren o se construyan nuevas líneas disminuyendo el peso del transporte de mercancías por carretera en pro de estas otras alternativas, en realidad, el servicio de transporte por carretera es, en tanto que modo último para llegar a los distribuidores, imprescindible. Al final, se hace necesaria una red de infraestructuras viarias, de modo que el transporte por

carretera sea el principio y final de todos los otros modos de transporte. Así, en el estudio que hemos realizado en colaboración con el Instituto Nacional de Estadística de Portugal y que se ha traducido en la primera encuesta de transportes de mercancías en la frontera hispano-lusa realizada hasta el momento, se ha evidenciado que en más del 90% de los casos los camiones pesados prestan lo que hemos denominado como un servicio de transporte *puerta a puerta*, pues en ese porcentaje de casos absolutamente mayoritario tanto el lugar de carga como el punto de descarga del trayecto habían sido e iban a ser las instalaciones de una empresa, ya fueran del proveedor o del cliente. Este comportamiento se ha evidenciado en todas las fronteras hispano-portuguesas de la Península Ibérica. En el caso de la frontera hispano francesa esto ya se había constatado en el estudio elaborado en 2004 (encuesta Transit) por el gobierno francés. Frente a este predominio absoluto del transporte *puerta a puerta*, tan solo entre un 2 y un 4%, según los casos, de los transportes tenían su origen o destino en una plataforma logística.

Por otra parte, del total de vehículos encuestados (80% vehículos articulados y 11,7% camiones, constituyen las dos categorías principales), más del 93,0% iban cargados con una sola categoría de mercancía. Sólo en los pasos fronterizos que tenían un paso de acción corto, como el de Tui-Valença do Minho, se registraba un mayor peso de camiones con diferentes tipos de carga. Esto implica que la redistribución de mercancías sólo se produce en radios cortos. En los trayectos internacionales de largo recorrido la mayor parte de los vehículos iban con carga, maximizando en lo posible la rentabilidad de los trayectos. Mayoritariamente con un solo tipo de mercancías.

Si nos centramos en el análisis de los desplazamientos intrapeninsulares, podemos constatar que la Península funciona más como un único estado con multitud de regiones, que como un espacio de tránsitos internacionales. La mayor parte de los ejes y pasos que comunican España y Portugal son de radio corto, predominando los intercambios entre regiones peninsulares próximas.

En toda la península sólo existen dos grandes ejes de transporte internacional de mercancías, que son el que une la fachada atlántica peninsular con Europa, a través del Pirineo occidental (paso de Biriattou), y el que une la fachada mediterránea peninsular con Europa a través del Pirineo oriental (paso de la Junquera). El resto de rutas de transporte peninsulares identificadas, constituyen, por su longitud, ejes poco propicios para plantear alternativas de transporte más eficientes que el camión. Esto se debe a que el transporte por carretera es, hoy por hoy, uno de los más competitivos en velocidad, versatilidad, flexibilidad y costes externos (externalidades) en lo que al transporte de mercancías se refiere. Esto está motivado por diversos factores:

1. A la adecuada relación tiempo de entrega-precio de los portes: como ya hemos indicado, el camión ofrece un servicio *puerta a puerta*, con el que no pueden competir ni el tren ni el barco.
2. El transporte por carretera, con este servicio *puerta a puerta*, no requiere de infraestructuras intermedias de almacenamiento.
3. Flexibilidad y máxima disponibilidad: no depende de la disponibilidad de las vías (como sí sucede en el caso de los trenes de alta velocidad o trenes de radio corto en áreas metropolitanas), dado que de hecho comparte vías con los medios de transporte de personas. Todo ello minimiza los tiempos de reacción entre la orden de pedido de la mercancía y la entrega de la misma.
4. La inversión requerida es mucho menor que en el caso del transporte marítimo o el ferroviario. En este último caso, además, hasta que no se produzca una mayor liberalización del sector, se depende de la inversión pública.
5. Cualquier otro medio de transporte, requiere al final del uso del transporte por carretera para la entrega de los productos al cliente.

Estos son los principales puntos fuertes que caracterizan al transporte por carretera y motivan que sea en la actualidad el principal medio de distribución de

mercancías en Europa y, por ende, en la Península Ibérica.

El estudio realizado evidencia que en este último caso, la mayor parte de los vehículos pesados de mercancías circulaban en regiones contiguas. La encuesta hispanolusa de transportes ha demostrado que los transportes comerciales entre España y Portugal son mayoritariamente bilaterales, principalmente por la entrada y salida de productos en territorio portugués, siendo el tránsito hacia Europa minoritario. Así, en las fronteras hispano-lusas la circulación de mercancías se realiza mayoritariamente por mercancías que tienen origen y destino en los dos países, dependiendo, naturalmente, del sentido. Es decir, en términos globales, el 72,7% de los vehículos que han atravesado las fronteras de la Península Ibérica en sentido España-Portugal, han traído mercancías cuyo origen de carga ha sido en España y el destino de esas mercancías ha sido Portugal. En sentido contrario, esto es, de Portugal a España, el 96,6% de los vehículos pesados ha cargado la mercancía en Portugal y el 70,0% la ha descargado en España. Sin embargo, destacamos que las transacciones comerciales del transporte de mercancías que circula en la Península Ibérica, en ambos sentidos (España-Portugal y Portugal-España) también tienen origen y destino en otros países europeos, como es el caso de Francia, Alemania, Italia, Bélgica y Países Bajos, aunque en menor escala y de modo más diseminado. Evidentemente, un análisis más microscópico y desagregado a nivel regional o subregional, hace más relevante las principales rutas e itinerarios existentes en la Península Ibérica, que son a los que más atención les hemos dedicado en la segunda parte de nuestro estudio, lo que no significa que las principales rutas peninsulares sean únicamente las que unen ambos países, sino más bien al contrario, son las que unen ambos países con Europa a través de Francia.

Como ya hemos señalado, y volviendo a los tránsitos exclusivamente intrapeninsulares, en cada una de las fronteras de España y Portugal la circulación de vehículos pesados de mercancías, con el objetivo de cargar y descargar mercancías, se ha producido en subregiones contiguas, en algunos casos, limítrofes a una pequeña área espacial.

Incluso, podemos decir que, en las fronteras del norte de la Península Ibérica —Tui-Valença do Minho, Verín-Vila Verde de Raia y San Martín del Pedroso-Quintanilha— en sentido España-Portugal, las provincias españolas de A Coruña, Pontevedra, Ourense, Lugo y Zamora son las subregiones comunes y más significativas de donde provienen las mercancías y cuyo destino ha sido Portugal, destacando las subregiones de Minho-Lima, Gran Porto, Tâmega y Alto de Trás-os-Montes. En sentido de Portugal-España, y sobre las mismas tres fronteras mencionadas, el origen y destino de las mercancías han sido esencialmente las mismas subregiones y provincias mencionadas. Es decir, en las fronteras del norte, y cualquiera que sea el sentido, las provincias o subregiones donde los vehículos han cargado o descargado las mercancías son, al mismo tiempo, origen y destino de carga y destino de mercancías. Por ejemplo, un camión en sentido España-Portugal podría cargar en la provincia española de Ourense y descargar en Minho-Lima; y en sentido Portugal-España cargaría en Minho-Lima y descargaría en Ourense.

Si a esto le unimos la apreciación ya hecha, de que en todas las fronteras los lugares de carga y descarga de mercancías eran las instalaciones de la empresa, siendo en algunos casos el valor porcentual superior al 90% de las observaciones, resulta evidente que en el flujo intrapeninsular existen pocas alternativas viables al transporte de mercancías por carretera utilizando otros modos, especialmente el tren.

Como se ha indicado, el estudio del tráfico intrapeninsular entre España y Portugal se ha analizado mediante encuestas en los principales pasos fronterizos. Las conclusiones más relevantes serían las siguientes:

Sin duda, entre las principales rutas de la Península Ibérica debemos destacar la frontera de Fuentes de Oñoro-Vilar Formoso. Este paso fronterizo constituye la principal conexión por carretera de Portugal con Europa, y el paso obligado para las principales rutas intrapeninsulares de intercambio de mercancías entre España y Portugal: dichas rutas serían la de Barcelona-Gran Porto y la de Madrid-Porto.

Las provincias y subregiones españolas más representativas en el paso fronterizo de Caia (Badajoz), que el segundo más relevante por volumen de mercancías internacionales, independientemente del sentido, son las de Madrid, León, Sevilla y Barcelona; y las subregiones portuguesas son Gran Lisboa y Península de Setúbal. Respecto a las dos fronteras localizadas más al sur de la Península Ibérica —Rosal de la Frontera-Vila Verde de Ficalho y Ayamonte-Monte Francisco— indicamos que las localidades que más han destacado sobre la carga y descarga de mercancías fueron las provincias españolas de Córdoba, Huelva y Sevilla. Las subregiones portuguesas más significativas fueron Algarve, Gran Lisboa y Península de Setúbal.

Sobre la frontera de Badajoz-Caia, constatamos que las rutas principales son Grande Lisboa-Barcelona, Grande Lisboa-Madrid y Badajoz-Alto Alentejo. De la frontera de Tui, indicamos las rutas de Pontevedra-Minho-Lima, Pontevedra-Gran Porto, A Coruña-Minho Lima y A Coruña-Gran Porto.

Consideramos que las regiones de interés españolas más dinámicas a nivel del tráfico de transporte de mercancías, son las provincias de Barcelona, Madrid, Pontevedra, A Coruña, Badajoz y Huelva, mientras que las regiones de interés portuguesas que más se han destacado han sido Minho-Lima, Grande Porto, Baixo Vouga, Baixo Mondego, Pinhal Litoral, Dão-Lafões, Grande Lisboa y Península de Setúbal.

Por todo ello, y considerando además la ubicación actual de los aeropuertos, plataformas logísticas, redes ferroviarias y puertos marítimos, estimamos que el desarrollo de alternativas al transporte de mercancías por carretera a través de una red de transporte intermodal o combinado, que permitiera la reducción del transporte por carretera y una mayor sostenibilidad ambiental y económica del transporte, resulta hoy por hoy harto difícil en un escenario exclusivamente Peninsular. Es muy difícil que el tren pueda competir en recorridos intrapeninsulares con el camión, como no sea en el caso de productos de muy alto valor y de muy corta vida útil (productos perecederos). En el resto de los casos, la necesidad de un intercambio modal, que

resulta imprescindible, pues finalmente el desplazamiento de las mercancías desde el tren a la empresa ha de realizarse en camión, hace tremendamente improbable que las empresas demandantes de servicios de transportes opten por medios que no sean el camión.

Otra situación distinta es la que se plantea en las largas distancias continentales entre áreas alejadas de Europa y la Península Ibérica. En la actualidad existen dos grandes rutas ya descritas, la de la fachada atlántica y la mediterránea. ¿Qué alternativas serían viables en estas rutas frente al transporte por carretera?

8. PROPUESTAS

Ya se ha evidenciado en distintos estudios y con proyectos que se están poniendo en marcha, que una de las principales alternativas al transporte por carretera la constituye el transporte marítimo en las largas distancias. Se está apostando claramente por lo que se ha dado en llamar «las autopistas del mar» para conectar la fachada atlántica, desde Holanda hasta Portugal y Algeciras, y la fachada mediterránea, también teniendo en Algeciras su extremo más occidental. La Unión Europea ya ha abierto concursos públicos para licitación de estas nuevas infraestructuras de transportes de larga distancia¹². El funcionamiento de estas autopistas del mar se basa en el modelo de transporte de camiones por ferry que se produce en pasos marítimos claves como el Estrecho de Gibraltar (bahía de Algeciras) o en el Canal de la Mancha, pero ampliando la capacidad de los barcos y la distancia de los recorridos, para descongestionar las carreteras que unen la fachada atlántica, principalmente el paso de Biriattou y la mediterránea a través del paso de la Junquera. Profundizar en este tipo de iniciativas constituye sin duda una propuesta clave a tomar en consideración, aunque evidentemente hay que calibrar los

pros y los contras de estas nuevas infraestructuras. Sin duda, desarrollar proyectos de investigación internacionales en cooperación con autoridades de los distintos países implicados, autoridades portuarias, Ministerios de Fomento o Transportes implicados, etc., debería constituir una prioridad dentro de los programas de I+D de nuestro país y, en general, de la Unión.

En lo que respecta al medio ferroviario, sin duda los retos son mucho mayores. Si en materia de puertos se ha evidenciado una acuciante carencia de información estadística que nos hubiera permitido un análisis más integral, en lo que respecta al modo ferroviario la falta de información es prácticamente total, dado que la poca que hay es de pésima calidad. Pese a ello, es evidente que podría constituir, al menos parcialmente, la tercera pata de un sistema de distribución de mercancías equilibrado. Pero tal y como hemos podido constatar en este estudio, la situación en lo que se refiere a la importancia de cada uno de los modos (carretera, mar o vía férrea) dista mucho de hallarse en una situación de equilibrio. El peso del modo ferroviario en el panorama global de la distribución de mercancías en la Península Ibérica es ínfimo en comparación con el transporte por carretera y por mar. El tren plantea algunos problemas similares al transporte marítimo en lo que respecta a la posibilidad de competir con el camión: es más lento (salvo en el caso de la alta velocidad) dado que requiere de, como mínimo, dos cambios de modo, al cargar y al descargar, y en ambos casos posiblemente el modo de origen y destino de las mercancías será de nuevo el transporte por carretera¹³. Esto hace que sólo resulte competitivo en largas distancias y para grandes volúmenes de mercancías, lo que nos lleva nuevamente a una alternativa que, en parte, ya vendría resuelta por el transporte marítimo, que en capacidad de carga podría competir sin duda con el tren. Por otra parte, el tren sigue siendo un modo de transporte también basado en parte en los combustibles fósiles, con lo que en este

¹² Las autopistas del mar tienen como recorrido mínimo eficiente distancias de unos 1000 kilómetros. A partir de estas distancias pueden comenzar a competir con el transporte por carretera.

¹³ Sólo en el caso de que el origen o destino del tren sea un puerto no se produciría esta dependencia del camión.

sentido no representaría demasiada ventaja competitiva respecto del transporte por carretera, salvo que se estableciesen sistemas de gestión del transporte ferroviario que garanticen la ocupación óptima de los trenes, así como se implementaran líneas de mercancías basadas en el consumo de energía eléctrica. En este sentido no parece fácil plantear, como algunos defienden, la recuperación de antiguos trazados ferroviarios para transporte lento de mercancías, basándose solamente en la ventaja que supone el tren sobre el camión respecto a la capacidad de carga. Si este fuera el único factor a tener en cuenta, sin duda el barco sería el modo más idóneo y, de hecho, constituye el segundo modo más importante por su volumen de carga. Sin embargo, el factor fundamental, a nuestro entender, lo va a seguir constituyendo la distribución *puerta a puerta*. Como posible impulso al transporte ferroviario frente al camión, cabe decir que quizás pueda contribuir la próxima liberalización de este sistema de transporte en los próximos años. La dependencia de la administración pública en la decisión de las líneas y de los trayectos sin duda no ha contribuido a dar el servicio más adecuado posible al transporte de mercancías, debido a la necesidad de priorizar la prestación de servicios al ciudadano en su función de transporte de personas. Con la liberalización del sector se podrá adecuar la demanda a la oferta y posiblemente veamos el surgimiento de algunas líneas o trayectos de mercancías que por su volumen de carga puedan resultar económicamente viables.

Todo ello nos lleva también a la problemática de las plataformas logísticas. Sin duda existe un auge cada vez mayor de este tipo de plataformas como iniciativas de las distintas administraciones, ya sean nacionales, regionales o incluso locales, en el caso de grandes ciudades. Todas ellas ven en las plataformas logísticas infraestructuras con capacidad de arrastre y atracción de actividad, desarrollo y empleo. Sin embargo, en la encuesta realizada en la frontera hispano-lusa se ha evidenciado que sólo entre un 2 y un 4% de los camiones cargaban o descargaban sus mercancías en plataformas logísticas. ¿Hasta qué punto puede producirse un vuelco en esta situación

lo suficientemente favorable al concepto de plataforma logística como para que tengan razón de ser las casi 50 que está previsto existan en la Península Ibérica en los próximos años, al sumar las ya existentes a la multitud de nuevos proyectos que se están planteando por toda la geografía peninsular?

Sin duda el papel de las plataformas logísticas se centra en dos funciones: en primer lugar, la redistribución de mercancías, y, en segundo lugar, el cambio de modo. ¿Pero cuál de estos dos aspectos es el más importante o el que más influye en el éxito o fracaso de una infraestructura de este tipo?

A nuestro entender, una plataforma logística que se limite a un papel de redistribución y gestión de mercancías no pasaría de ser un centro de transportes. Sólo en el caso de plataformas ubicadas en grandes áreas metropolitanas podrían tener éxito plataformas basadas exclusivamente en la función de redistribución de mercancías, sin cambio de modo de transporte. Es decir, una plataforma logística abastecida fundamentalmente por camiones sólo tendría sentido si su función es servir inmediatamente a la redistribución en vehículos de menor porte (camiones ligeros) de las mercancías que llegan a las inmediaciones de una vasta área metropolitana. Plataformas de este tipo podrían tener éxito en las inmediaciones de las áreas metropolitanas de las grandes ciudades peninsulares: Madrid, Barcelona, Lisboa.

De otra parte, está la función de cambio modal. Una plataforma logística como tal no debería basarse solamente en una gestión más eficiente de la distribución de mercancías, sino en el aprovechamiento del cambio de modo o la intermodalidad de los transportes. Así, buena parte de las plataformas logísticas litorales tienen en la función del cambio modal (de transporte marítimo a transporte por carretera) su principal virtud y su razón de ser principal. Por otra parte, el cambio de modo conlleva una necesidad de redistribución de los volúmenes de mercancías, dado que los volúmenes de mercancías transportadas por barco o tren son mucho mayores que los que puede transportar un camión. Es aquí donde entra en juego la gestión de la distribución, estando por tanto íntimamente ligadas en

este tipo de plataformas ambas funciones: el cambio modal y la consiguiente gestión de la distribución de mercancías.

En nuestra opinión la viabilidad de una plataforma logística debe basarse y dar servicio a ambas funciones. De ahí que nuestra propuesta respecto a estas infraestructuras sea la de contemplar siempre, de cara a su puesta en funcionamiento, la posibilidad del abastecimiento de las mismas por distintos modos: tren y mar, principalmente. Evidentemente las plataformas logísticas litorales tienen más facilidad para cumplir ambas funciones, por su propia ubicación. La cuestión se nos plantea en lo tocante a las plataformas logísticas interiores y, en muchos casos, fronterizas. En la Península están previstas numerosas plataformas logísticas de nueva creación en áreas del interior peninsular, varias de ellas en la propia frontera hispano portuguesa: Caia (Badajoz); Guarda (Portugal); Plasencia (Cáceres), etc. ¿Hasta qué punto estas plataformas logísticas pueden cumplir las dos funciones? No todas contemplan como un factor esencial su función de intercambiador de modo de transportes. De hecho, por su ubicación y por la inexistencia de líneas ferroviarias de mercancías importantes que las abastezcan, la funcionalidad de algunas de ellas posiblemente se reduzca de manera exclusiva a la redistribución de mercancías en un área de influencia inmediata. La pregunta que se nos plantea es la siguiente: ¿hasta qué punto hay una demanda real de este tipo de servicio? Teniendo en cuenta que más del 90% de los desplazamientos de mercancías por carretera en la Península se hacen *puerta a puerta*, ¿realmente pueden suponer una ventaja comparativa para la velocidad y mejora de la distribución la existencia de estos puntos de redistribución? Entendemos que se está produciendo una proliferación de este tipo de proyectos y que no siempre están siendo acompañados de estudios rigurosos de viabilidad. Es difícil que estas plataformas presten un servicio eficiente si no representan una ventaja comparativa para los clientes de los servicios actuales de distribución. Esta ventaja comparativa sólo podría producirse si con estas infraestructuras se redujeran o bien los costes de transporte (para ello sería preciso que las mercancías se transportaran en otros

modos más económicos, lo que implicaría el aprovisionamiento ferroviario y esto sería viable en muy pocas de ellas), o bien, si supusieran una reducción significativa en los tiempos de transporte, aun manteniéndose los costes, lo que parece aún más difícil, puesto que por definición las plataformas supondrían una demora en el cambio de vehículo (aunque fuera dentro del mismo modo de transporte). Por ello proponemos la necesidad de definir mejor una estrategia peninsular en lo que a estas infraestructuras se refiere. En la medida en que la implantación de las mismas siga dependiendo de proyectos o emprendimientos locales, regionales o incluso exclusivamente nacionales es posible que sólo tiendan a competir ineficientemente entre sí, contribuyendo entre todas al fracaso de muchas de estas infraestructuras y proyectos.

En conclusión, cabe señalar que no parece sencillo el desbancar al camión como principal medio de transporte de mercancías. Que este modo va a seguir suponiendo durante las próximas décadas el principal medio de distribución de mercancías, hasta tanto el precio del petróleo y la existencia de alternativas energéticas y de transporte económicamente más rentables no sean una realidad.

Pese a todo, entendemos que el panorama necesariamente, por el carácter finito de las reservas de combustibles fósiles y por las actuales tendencias y exigencias comunitarias de mayor eficiencia energética y respeto ambiental, así como por el colapso que se está produciendo en las infraestructuras viarias, ha de ir cambiando progresivamente. En este nuevo escenario tendrán cada vez más sentido las infraestructuras intermodales de transporte (plataformas logísticas). Sin embargo, aquéllas que se limiten a las funciones de redistribución y se basen como principal medio de transporte en el camión, no serán competitivas por no contemplar el abastecimiento de las mismas mediante otros modos de transportes como el ferroviario, especialmente en las zonas interiores no litorales.

Por todo ello, concluimos que se debe seguir profundizando en esta línea de investigación y desarrollando proyectos cada vez más complejos, de carácter

internacional, que permitan una vigilancia y observación permanente de la evolución de un sector esencial para el funcionamiento de la sociedad, como lo es el del transporte de mercancías y el consiguiente abastecimiento de los

mercados en una sociedad de consumo como la que actualmente constituimos. En este sentido, es la intención de este equipo de investigación el presentar nuevos proyectos, más ambiciosos y de carácter internacional para profundizar en esta línea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FUENTES EN INTERNET

- THE EUROPEAN ASSOCIATION OF FREIGHT VILLAGES. *Europlatforms*. Recuperado en 2009, en 23 de enero de Portugal. Lisboa 2008. *Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres – Portugal logístico: rede Nacional de Plataformas Logísticas*. Recuperado en 2009, en 24 de enero de. Disponible en <<http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/PlataformasLogisticas/Paginas/PlataformasLogisticas.aspx>>.
- PRIETO, EUGÉNIO (2006). *Experiências internacionais de sucesso e principais benefícios da Rede de Plataformas Logísticas para Portugal*. Recuperado en 2009, en 28 de Enero de. Disponible en <http://www.portugal.gov.pt/NR/rdonlyres/10A634B3-679A-4E2F-AF87-516266ECC622/0/Portugal_Logistico_Experiencias_Internacionais.pdf>.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2009). Análisis, Información y Divulgación sobre la Aportación del Transporte por Carretera a la Intermodalidad: *El Lenguaje del Transporte Intermodal*. Vocabulario ilustrado. Recuperado en 2009, en 29 Enero de. Disponible en <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/17FBCF00-91E0-4761-A11C-88A16277D8A4/1550/01_lenguaje_transporte_intermodal.pdf>.
- AEROPUERTOS ESPAÑOLES y NAVEGACIÓN AÉREA (2009). *Tráfico de pasajeros, operaciones y carga en los aeropuertos españoles*. Recuperado en 2009, en febrero 2 de. Disponible en <http://www.aena.es/csee/ccurl/Total_2008.pdf>.
- PORTAL DO GOVERNO PORTUGUÊS (2009). Governo da República Portuguesa. *A Plataforma logística da Figuera da Foz no contexto nacional*. Recuperado en 2009, en 11 febrero de. Disponible en <http://www.portugal.gov.pt/Portal/PT/Governos/Governos_Constitucionais/GC17/Ministerios/MOPTC/Comunicacao/Intervencoes/20080605_MOPTC_int_SET_Figuera_Foz.htm>.
- UNIVERSITAT JAUME I (UINVERSIA, 2008). *La UJI liderará un proyecto nacional para diseñar una red española de plataformas logísticas*. Recuperado en 2009, en 15 febrero de. Disponible en <http://www.universia.es/html_estatico/portada/actualidad/noticia_actualidad/param/noticia/jibhd.html>.
- INE (2009). Instituto Nacional de Estadística de España. *Rede de carreteras, vehículos, conductores y accidentes*. Red de carreteras. Serie 1990-2007. Recuperado en 2009, en febrero 17 de. Disponible en <<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft10%2Fa109%2Fa01%2F&file=pcaxis&L=&divi=&his=>>>.
- ORGANISMO PÚBLICO PUERTOS DEL ESTADO (2008). *Estructura del Sistema Portuario*. Recuperado en 2009, en febrero 17 de. Disponible en <<http://www.puertos.es/es/estructura/index.html>>.
- ORGANISMO PÚBLICO PUERTOS DEL ESTADO (2008). *Los puertos de interés general del Estado, motores del desarrollo*. Recuperado en 2009, en febrero 17 de. Disponible en <http://www.puertos.es/es/sistema_portuario/presentacion.html>.
- ORIENTAÇÕES ESTRATÉGIAS PARA O SETOR MARÍTIMO PORTUÁRIO, 2006. *Sistema Portuario Comercial do Continente*. Recuperado en 2009, en febrero 17 de. Disponible en <<http://www.moptc.pt/tempfiles/20061215174317moptc.pdf>>.
- IPTM. INSTITUTO PORTUÁRIO E DOS TRANSPORTES MARÍTIMOS, IP. (2008). *Movimento de mercadorias segundo o tipo de carga nos principais portos de Portugal Continental*. Recuperado en 2009, en febrero 18 de. Disponible en <http://www.imarpor.pt/pdf/informacao_tecnica/estatisticas/mercadorias_2007.pdf> <http://www.imarpor.pt/pdf/informacao_tecnica/estatisticas/mercadorias_2005_2007.pdf>.
- AEROPUERTOS DE PORTUGAL (2009). *Estatísticas de Tráfego, 2007*. Recuperado en 2009, febrero 19

- de. Disponible en
<http://www.ana.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=19729663&att_display=y&att_download=y> Ministerio de Fomento (2003). Análisis, Información y Divulgación sobre la Aportación del transporte por Carretera a la Intermodalidad. *El leguaje del transporte intermodal*. Recuperado en 2009, en febrero 20 de. Disponible en
<http://metaweb.ine.pt/SIM/OPERACOES/DOC MET_PDF/DOCMET_PDF_572_1_0.pdf>.
- EL. BOLETIN.ES. 2009. *El tráfico de mercancías en los puertos registra una caída del 2% en 2008, la primera desde 1996*. Recuperado en 2009, en 23 febrero de 2009. Disponible en
<http://www.elboletin.es/secciones/noticia.jsp?pRef=2009011600_10_51868__Economiatrafico-mercancias-puertos-registra-caida-2008-primeradesde-1996>.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2004). PEIT. *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte*. Recuperado en 2009, en febrero 23 de. Disponible en <<http://peit.cedex.es/documentos/propuesta/peit2004.pdf>>.
- ADIF. Administrador de Infraestructuras Ferroviarias. 2009. *Infraestructuras y Estaciones*. Recuperado en 2009, en febrero 25 de. Disponible en <http://www.adif.es/es_ES/infraestructuras/lineas_de_alta_velocidad/lineas_de_alta_velocidad.htm>.
- ENAGAS. 2006. *Infraestructuras. Gasoductos*. Recuperado en 2009, en febrero 25 de. Disponible en
<http://www.enagas.es/cs/Satellite?cid=1142417697966&language=es&pagename=ENAGAS%2FPage%2FENAG_pintarContenidoFinal>.
- E.P. ESTRADAS DE PORTUGAL (2009). *PRN 2000 – Plano Rodoviario*. Recuperado en 2009, en febrero 25 de. Disponible en
<http://www.estradasdeportugal.pt/site/v3/?id_pagina=A53556C3-6163-47E1-B4FA-062E75073767&id_pasta=B9D1BE27-0079-4FCF-A0AA-86248E5B482E&grupo=5>.
- CLH. LA COMPAÑÍA LOGÍSTICA DE HIDROCARBUROS. 2006. *Infraestructuras*. Recuperado en 2009, en febrero 27 de. Disponible en
<<http://www.clh.es/>>.
- GEOGRAFÍA ESENCIAL. *El transporte en España*. Recuperado en 2009, en marzo de 4 de. Disponible en
<<http://club.telepolis.com/geografo/regional/esp a/transporte.htm>>.
- WIKIA. De Ferropedia, la enciclopedia colaborativa del ferrocarril. *Ancho de vía*. Recuperado en 2009, en marzo 7 de. Disponible en
<http://ferrocarriles.wikia.com/wiki/Ancho_de_v%C3%ADa>.
- RTP. Rádio Televisão Portuguesa 2009. *Novo Aeroporto*. Recuperado en 2009, en marzo 9 de. Disponible en <<http://ww1.rtp.pt/noticias/?article=381684&visual=26&tema=1>>.
- INE (2008). *Estatísticas do Transportes, 2007*. Lisboa-Portugal. Recuperado en 2009, en marzo 12 de. Disponible en:
<http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=372192&PUBLICACOES modo=2>.
- INE (2008). Documento metodológico. *Inquérito ao Transporte Transfronteiriço de veículos pesados de Mercadorias*. Recuperado en 2009, en marzo 13 de. Disponible en <http://metaweb.ine.pt/SIM/OPERACOES/DOCMET_PDF/DOCMET_PDF_572_1_0.pdf>.
- VIANA DA ROCHA (2007). *O Comboio em Portugal. Plataformas Logísticas e seus impactes territoriais: o caso da Plataforma Logística de Valença e da Plataforma de Salvaterra / As Neves*. Seminário com relatório de investigação. Recuperado en 2009, en marzo 20 de. Disponible en
<http://www.ocomboio.net/PDF/050_2008.pdf>.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2007). *Encuesta Transit 2004. Transporte de Mercancías por Carretera: Resultados y análisis para los Pirineos*. Recuperado en 2009, en marzo 25 de. Disponible en
<<http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/3B0835C6-0EDB-4A29-A8A9-3E9BF0E82737/29422/Portada.pdf>>.
- MINISTERIO DE FOMENTO & FUNDICOTEX. (2008). *Encuesta de Transporte Nocturno Transfronterizo de Vehículos Pesados de Mercancías*. Publicación de la Universidad de Extremadura. Recuperado en 2009, en marzo 25 de. Disponible en. <<http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/3B0835C6-0EDB-4A29-A8A9-3E9BF0E82737/29422/Portada.pdf>>.
- MINISTERIO DE FOMENTO & MINISTERIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES. (2008) OTEP. *Observatório Transfronteiriço Espanha-Portugal. 5º Relatório. Dados de 2006*. Recuperado en 2009, en marzo 30 de. Disponible en.
<<http://www.gperi.moptc.pt/tempfiles/20090119125032moptc.pdf>>.

Estudio de Impacto y de situación de los operadores de transporte terrestre de mercancías en relación a la normativa actual en materia de gestión de la seguridad en la cadena de suministro, como paso para obtener el estatus de operador seguro

Óscar VALDEVIRA ACEVES^(a)
Eugenio DÍAZ MAROTO^(b)
Rafael SANZ HERRERO^(c)

RESUMEN: La Asociación Empresarial Española de Carga Fraccionada (AECAF), con la colaboración de la empresa consultora Hei, Empleo e innovación, ha realizado el estudio titulado: «Impacto y situación de los operadores de transporte terrestre de mercancías en relación a la normativa actual en materia de gestión de la seguridad en la cadena de suministro, como paso para obtener el estatus de operador seguro» (Orden FOM/2219/2008, de 22 de julio de 2008), para el Ministerio de Fomento del Gobierno de España.

El objetivo general del estudio es evaluar el nivel de conocimiento, el nivel de aceptación y el nivel de implantación de las recientes normas de gestión de la seguridad en la cadena de suministro (Estatus de Operador seguro; normas UNE-ISO 28000, normas TAPA...) y concretar cómo estas normas pueden afectar a la competitividad del sector de transporte de mercancías por carretera y operadores logísticos.

I. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Para abordar con éxito el estudio era inicialmente necesario conocer la situación actual de la seguridad en el sector del transporte por carretera, especialmente en lo que se refiere a todos aquellos aspectos susceptibles de perfeccionamiento y que pudieran contribuir a la *mejora de su competitividad*.

Para ello se realizó un estudio dividido en tres fases, una primera de carácter documental, a partir de la búsqueda, selección y análisis de publicaciones y documentación existente en torno al tema objeto de estudio; una segunda fase de carácter cualitativo (que se concretó en la realización de entrevistas en profundidad con informantes clave), y finalmente una tercera fase de carácter cuantitativo (que se concretó en la realización de una encuesta estadística con Directores y Responsables del

^(a) Gerente de Estudios de HEI Empleo e Innovación. Coordinador del Proyecto «Operador Seguro».

^(b) Director de Seguridad y Prevención de Pérdidas de Transportes Azkar y Responsable de la Comisión de seguridad de AECAF. Director Técnico del proyecto «Operador Seguro».

^(c) Director General de AECAF. Director del Proyecto «Operador Seguro».

departamento de seguridad en empresas del sector).

En el caso del estudio cualitativo se planteó la realización de 12 entrevistas en profundidad, a los siguientes perfiles de informantes:

- Directores Generales de empresas de transporte de mercancías por carretera.
- Directores del Departamento de Seguridad.
- Responsables de entidades certificadoras.
- Responsables de Asociaciones relacionadas con el transporte, manipulación y carga de mercancías.

En el estudio cuantitativo se llevaron a cabo 96 encuestas a responsables de seguridad en el ámbito de empresas de transporte de mercancías por carretera y operadores logísticos. Ese número de encuestas supone un error estadístico máximo para datos globales de +/-10,0%, para un nivel de significación de 95,5% (dos sigmas), y bajo el supuesto de varianza más desfavorable: $P=Q=0,5$. El ámbito de la encuesta fue nacional. Se utilizó como soporte un cuestionario estructurado con preguntas cerradas y abiertas.

2. CONTEXTO DEL ESTUDIO

La actividad del transporte es esencial para la vida social y económica de cualquier país. Diariamente se producen movimientos de mercancías entre países del mundo, dentro de la UE y de nuestras fronteras. Esta actividad, como cualquier otra, está sometida a determinados riesgos delincuenciales que llegan a producir importantes pérdidas económicas a las compañías de transportes, y que además, pone en peligro la vida de los transportistas y empleados de estas empresas.

Cualquier producto debe ser trasladado desde el punto de fabricación hasta el consumidor final, siendo imprescindible para este proceso la utilización de distintos medios de transporte, además de su permanencia en almacenes de origen, tránsito y distribución.

Pero en los últimos tiempos, las compañías de transporte están siendo

objetivo de la delincuencia común y de la organizada.

En este contexto, la Comisión Europea ha propuesto nuevas normas para proteger mejor el sector del transporte terrestre de mercancías contra los atentados terroristas, la delincuencia común y la organizada. Estas normas permitirán a los operadores más rigurosos en materia de seguridad aprovecharse de las ventajas en el ámbito de los controles y mejorar sus relaciones con sus socios comerciales. La seguridad de los transportes se ha convertido en una cuestión crucial.

La Comisión propone un reglamento que tiene como finalidad mejorar la seguridad de la cadena de suministro sin obstaculizar el libre curso de los intercambios comerciales; desea, pues, aumentar el nivel de seguridad a lo largo de la cadena de suministro mediante un marco común. Esto permitiría, además, evitar los procedimientos administrativos innecesarios a escala europea y nacional.

Para obtener el estatus de operador seguro, un operador deberá cumplir algunas exigencias en su gestión de la seguridad. Estas exigencias se refieren a las fases de preparación, transporte, tránsito y expedición de mercancías.

La obtención de este estatus presenta desde el punto de vista de la Comisión ventajas para los operadores: los Estados miembros les autorizan a beneficiarse de facilidades y procedimientos simplificados en los controles de seguridad, que son para ellos menos estrictos, por lo que presumiblemente podrán transportar sus cargas más rápidamente.

Además de este estatus de operador seguro, a lo largo de los últimos años, se han ido desarrollando diversas certificaciones y normas en el ámbito de la seguridad que los diferentes Operadores han ido incorporando a su práctica.

Destaca en este sentido la reciente aparición de la norma internacional UNE-ISO 28000 para los sistemas de gestión de la seguridad para la cadena de suministro aprobada el pasado 16 de abril de 2008, que se suma a la ya existente y en buena medida implantada norma TAPA-FSR.

Estas normas implican un mejor conocimiento de los riesgos y amenazas a los que están expuestas estas organizaciones y

una ayuda a la implantación de medidas concretas para la correcta gestión y aceptación de los riesgos.

3. PRINCIPALES RESULTADOS DEL ESTUDIO

3.1. Situación de los Departamentos de Seguridad y de su responsable

La situación mayoritaria de las empresas del sector (34,4%) es que no existe un Departamento ni un responsable como tal, sino que dichas tareas son asumidas por el responsable de otro departamento.

Tan sólo un 15,6% de las empresas consultadas disponen de Departamento específico de seguridad. A las que hay que añadir en segundo lugar un 16,7% de empresas en las que existe un responsable de seguridad habilitado por el Ministerio del Interior.

No obstante, las diferencias a este respecto son notables si se segmentan los resultados según el tamaño de las empresas.

Así, dos tercios (66,7%) de las empresas medianas y grandes (aquellas con más de 49 trabajadores) disponen de Departamento de seguridad específico. Porcentaje que se reduce en el caso de las empresas de menor tamaño a un 6%.

Situación inversa a la de que no exista departamento específico y sea el responsable de otro departamento el que se haga cargo de las tareas de seguridad. Este es el caso predominante en las micropyme y las empresas pequeñas (en torno a cuatro de cada diez), mientras que obtiene un porcentaje mucho más reducido (13,3%) en las empresas medianas y grandes.

Destacar por otra parte que a nivel global, casi una quinta parte de las empresas (18,8%), no tienen una política de seguridad al margen de las tareas cotidianas de trabajador, si bien, la situación descrita se reduce en el caso de las empresas más grandes a un 6,7% del total de las mismas.

Durante el proceso de entrevista del estudio cualitativo, también se pudo constatar la creciente atribución de importancia al factor seguridad dentro de las empresas del sector.

Igualmente, se puso de manifiesto la percepción por parte de los responsables de

los Departamentos de Seguridad consultados de una fuerte necesidad de estrecha interrelación con otros departamentos de la propia empresa. Aspecto que se pudo constatar reiteradas veces en diferentes entrevistas a partir del uso tópico de la metáfora: «hablar el mismo idioma que la organización».

Otro aspecto destacado en los discursos ha sido precisamente el valor y la significación que se atribuye a la figura del Director de seguridad.

En primer lugar, referencia a la evolución histórica, en cuyo proceso se parte de la inicial inexistencia de la figura (y la asunción de sus funciones por cualquier otro profesional no especializado) a la necesidad de un perfil muy concreto, con la formación adecuada, altamente especializado para desempeñar esa función, y con la correspondiente habilitación del Ministerio del Interior.

También se hacen referencias a una serie de competencias clave que un Director de seguridad debe haber obtenido siendo capaz de manejarlas con soltura: que la persona que está al frente tenga capacidad de gestión, que esté habilitado, que esté formada en seguridad, con suficiente capacidad de relación a cualquier tipo de nivel...

Ya en este punto se ponen de manifiesto en los discursos varias trabas y obstáculos externos a su adecuado desempeño. Se señalan especialmente los derivados de la normativa (en concreto la Ley de seguridad Privada, considerada de forma generalizada como completamente obsoleta y fuera de lugar) y de la interacción con el ámbito de la Administración Pública, en este caso el Ministerio del Interior.

3.2. Importancia atribuida al factor seguridad en el sector y en la propia empresa

Como era de esperar, a medida que las tareas relativas a la seguridad se encuentran más integradas en la empresa, y los organigramas disponen de mayores estructuras dedicadas a la seguridad, en mayor medida se atribuye importancia a dicho factor. Así, el 73,3% de las empresas que disponen de un departamento específico

en seguridad le atribuyen «mucha importancia», mientras que en el resto de segmentos, desde el responsable de seguridad en solitario hasta la ausencia total de estructura en seguridad, los porcentajes bajan sensiblemente oscilando en torno al 55% de las respuestas.

3.3. Principales riesgos en materia de seguridad

Un aspecto que ha sido reiteradamente puesto de manifiesto a lo largo del proceso de entrevistas del estudio cualitativo hace referencia a una circunstancia coyuntural: la incidencia de la crisis económica sobre el aumento de los delitos contra el patrimonio. Aspecto coyuntural, pero que no podía dejar de citarse, pues supone el sustrato sobre el que han crecido los discursos generados durante el proceso de entrevistas.

En cuanto a los principales riesgos, el primer aspecto que se pone de manifiesto es su heterogeneidad, que varía en función de múltiples factores.

En cualquier caso, los riesgos señalados y sobre los que se puso mayor énfasis fueron principalmente los siguientes: delincuencia organizada y delincuencia común; la posibilidad de fraude externo; el fraude interno; los errores administrativos; las sustracciones, robos o deterioros realizados por los RRHH de la propia empresa transportista; las roturas y deterioros de la mercancía transportada.

De los factores citados, conviene señalar la atribución de una mayor importancia y sobre todo de mucha mayor frecuencia a los relativos a factores de índole endógena (las propias plantillas de trabajadores, los procedimientos, los protocolos de actuación ante determinadas situaciones, etc.), que exógena (delincuencia, fraude, etc.).

Pero además de los citados factores que inciden sobre el patrimonio de la empresa, se indican otros factores de carácter externo, en tanto los delincuentes pueden utilizar a la empresa de transporte como «soporte a otros tipos de delitos» (mercado de las falsificaciones, transporte de drogas o armamento, etc.).

Si bien, el discurso dominante en las entrevistas pone el énfasis en los aspectos que inciden sobre el patrimonio de la empresa.

Antes de pasar a comentar las valoraciones obtenidas en los diferentes factores testados en el estudio cuantitativo, puede ser interesante señalar dos aspectos muy significativos: en primer lugar la relativamente baja percepción general de riesgo (ningún factor analizado para el conjunto de las empresas entrevistadas supera la puntuación de 5,50, y solo dos de ellos superan la puntuación media de la escala, el 5,00); en segundo lugar, el hecho de que la percepción del riesgo es notablemente más alta entre las empresas medianas y grandes que entre las de menor tamaño. Así mientras que entre las empresas más pequeñas predominan las valoraciones del riesgo por debajo de la puntuación media de la escala (puntuaciones por debajo de 5), por el contrario, en las empresas más grandes, las valoraciones superan por lo general ese dígito.

De los factores testados, aquellos percibidos de forma conjunta como motivadores de mayor riesgo son la delincuencia común (5,35) y las bandas de delincuencia organizada (5,24). A continuación, y con puntuaciones ya inferiores al punto medio de la escala, se encuentran: los errores en la carga o descarga que provoquen el deterioro de la mercancía (4,30); los errores operativos (4,23); la sustracción interna de mercancías (4,16); y los errores en la gestión y administración de los procesos operativos (4,09). El resto de los factores testados: fraude; fuga de información y actos de sabotaje o terrorismo, han obtenido valoraciones globales por debajo de 4.

Sin embargo, como ya se advertía al comienzo de este epígrafe, la percepción de los riesgos es notablemente más alta entre las empresas de tamaño mediano y grande.

Estas señalan como principales riesgos los siguientes: bandas de delincuencia organizada (7,50), delincuencia común (7,21), errores en la carga con deterioro de la mercancía (6,33), errores operativos (6,14),

sustracción interna de mercancías, y errores en los procesos operativos (en ambos casos con una puntuación de 6,07).

3.4. Aspectos más delicados en cuanto a la gestión de la seguridad

Muy relacionado con la percepción de los principales factores de riesgo por parte de los informantes clave de las empresas en el proceso de entrevistas en profundidad, se encuentra todo aquello relacionado con la percepción de determinados momentos y operaciones más delicados, desde el punto de vista del riesgo, en la cadena de suministro, en tanto riesgo externo o exógeno.

La heterogeneidad a este respecto también es amplia, y depende de diversos factores entre los que cobra especial relevancia el tipo de servicio predominante que proporciona la empresa de transporte. Sin embargo, se han señalado con mayor reiteración tres de ellos: la ruta; las Áreas de descanso o áreas de servicio; y el reparto capilar.

En cuanto al estudio cuantitativo, señalar que se observa una percepción del riesgo significativamente mayor a medida que crece el tamaño de la empresa.

Para el conjunto de empresas encuestadas, los factores percibidos como más delicados frente al riesgo son los siguientes:

Seguridad en los propios vehículos (5,41); Seguridad de las cargas en los itinerarios plaza a plaza (5,35); seguridad de operarios y transportistas (5,32); seguridad en las cargas en el reparto capilar (5,12); y seguridad para evitar errores en los procesos operativos (5,08).

El factor que se entiende como menos delicado es la seguridad de las cargas en las propias instalaciones (4,78).

Por su parte, las empresas de mayor tamaño mantienen una secuencia similar (aunque con puntuaciones más altas), con la salvedad del factor «seguridad de las cargas en el reparto capilar» (siendo el que obtiene una mayor puntuación: 7,57), y el factor «seguridad para evitar errores en los procesos operativos» (factor que con una puntuación de 6,46 ocupa el tercer lugar en cuanto a valoración media).

3.5. Importancia atribuida a diversos factores para la mejora de la seguridad en el sector

Durante el estudio cualitativo, y en relación a los factores con incidencia positiva en los problemas de seguridad, se distingue inicialmente entre factores endógenos y exógenos, siendo los últimos de ellos, los referidos específicamente a los cuerpos y fuerzas de seguridad del Estado, y los primeros a aquellos sobre los que el Departamento de Seguridad de las empresas, puede actuar.

Entre estos se señalan los siguientes: seguridad de las instalaciones; incorporación de aspectos tecnológicos y de innovación al factor seguridad, concienciación y sensibilización de los RRHH, formación de los trabajadores, Mejora y cumplimiento de procedimientos de actuación...

El factor seguridad de las instalaciones y la incorporación de tecnología generaron cierta amplitud de discurso, especialmente en torno al tema del retorno de la inversión y el necesario equilibrio para hacer de estas inversiones, algo eficiente. Se observan en este sentido dos tipos «ideales» de discursos diferenciados: aquellos que ponen el énfasis en el factor «tecnológico», frente a aquellos otros que atribuyen la mayor importancia al factor «concienciación del personal y formación del personal», así como la «creación y mejora de procedimientos a lo largo de toda la operativa».

Lógicamente, y al margen de esos dos tipos ideales, el discurso dominante observado es el que contempla esos factores, combinados, como mejor manera de abordaje de los problemas de seguridad en las empresas. Lo que se señala a este respecto es que la manera de actuar sobre un fenómeno tan complejo, y con tantas dimensiones, como el factor «seguridad», no puede ser de otra manera, esto es multidimensional y complejo. Así, se pone énfasis no sólo en la mejora de instalaciones y vehículos a través de la incorporación de tecnología (que por supuesto, también), sino además en actuar sobre factores como la concienciación y sensibilización de los propios trabajadores, sobre el mejor diseño de las operaciones, sobre la interacción positiva con otros

agentes generando sinergias, y sobre la mejora en el cumplimiento de procedimientos operativos.

En cualquier caso, y respecto al factor tecnológico se suele señalar por parte de los entrevistados, la necesidad de un ajuste entre la inversión realizada y el retorno de esa inversión. Este matiz sobre la rentabilidad no se pone en cuestión cuando se trata de otro tipo de medidas más centradas en los procedimientos y en los RRHH, como pueda ser la formación o la concienciación de las plantillas.

En el estudio cuantitativo, y siguiendo en la línea anterior, se solicitó a los encuestados que valoraran la importancia atribuida a diferentes factores para la mejora de la seguridad en las empresas del sector. Los factores citados se presentan a continuación ordenados según su mayor importancia atribuida en una escala de valoración de 1 a 10: la concienciación de los trabajadores de la empresa (8,00), la impartición de formación sobre seguridad (7,26), la mejora de los procedimientos y protocolos (6,94), y la incorporación por parte de las empresas de tecnologías para la mejora de la seguridad (6,80).

No obstante, es importante señalar que la opinión de las empresas más grandes difiere en cuanto al orden y puntuación de los factores señalados. Así, para estas empresas los factores principales son: la mejora de procedimientos y protocolos (8,82); la concienciación de los trabajadores de la empresa (8,64); la mejora de la coordinación entre el departamento de seguridad y otros departamentos, como operaciones o comercial (8,18); y la incorporación por parte de las empresas de tecnología para mejorar la seguridad (7,82).

Como se puede observar las valoraciones medias de los diferentes factores son en general más altas entre las empresas de mayor tamaño que entre las pequeñas.

3.6. Conocimiento del Reglamento relativo a la seguridad en la cadena de suministro

Tan sólo un 8,3% de las empresas entrevistadas afirma conocer el Reglamento relativo a la seguridad en la cadena de suministro. Un 12,5% afirma haber oído

hablar de ello, mientras que el restante 79,2% lo desconoce.

No obstante, las diferencias según el tamaño de empresa son muy significativas. Así, más de la mitad (54,5%) de las empresas de mayor tamaño conocen el Reglamento. Por el contrario, el desconocimiento es absolutamente dominante entre las micropyme (85,4%), entre las empresas pequeñas (90,9%), y en menor medida entre las empresas medianas (75,9%).

3.7. Opinión sobre el Reglamento relativo a la seguridad en la cadena de suministro

A lo largo del proceso de entrevistas en profundidad del estudio cualitativo, el Reglamento suscita muy diversas reacciones entre los informantes clave, existiendo disparidad en cuanto a la percepción de su verdadero interés, desde aquellos que lo consideran muy interesante hasta aquellos otros que ponen de manifiesto dudas respecto a su modo de aplicación, las motivaciones que se encuentran en su origen y otra serie de factores que se repasaran a continuación.

El primer aspecto que destaca en los discursos, y al que se le concede la máxima importancia es *la necesidad de que la Administración tenga en cuenta a la industria del transporte de mercancías*. Según las empresas, en caso contrario, el reglamento no podrá funcionar adecuadamente.

Las empresas parten de la idea de que asegurar la seguridad al 100% es imposible, y que debe existir una situación de equilibrio entre la seguridad alcanzada y los gastos realizados para sostener esa seguridad, siempre con criterios de eficiencia.

Por ejemplo, el factor «riesgo Terrorista», que parece tener cierto peso en el origen del Reglamento Operador Seguro, *no es percibido* por el sector del transporte de mercancías por carretera *como el principal riesgo*. Por el contrario, las compañías ponen el énfasis en el cliente, y en la seguridad del patrimonio. Lo mismo se pone de manifiesto respecto a la atribución por parte del reglamento de un gran peso relativo de los aspectos relacionados con la seguridad pública.

Por este distinto énfasis, desde la industria se insta a la administración a tener en cuenta su punto de vista, y aprovechar esa situación, haciendo un esfuerzo inicial y continuado de coordinación, para dar cobertura simultánea a ambas inquietudes: la seguridad pública y la seguridad entendida desde el punto de vista de las compañías de transporte, y de los clientes de esas compañías. *Se trata por tanto de ser proactivo planificando la mejor manera de generar y aprovechar las sinergias que se pueden generar en este ámbito.*

En cualquier caso, y a partir de los resultados del estudio cuantitativo mediante encuesta se puede constatar que la valoración general sobre el Reglamento es absolutamente positiva (un índice global de +0,59, teniendo en cuenta que el índice de valoración puede oscilar entre +1 y -1).

En cuanto a la opinión sobre el Reglamento, se observa, a través de los porcentajes de respuesta que a medida que crece el tamaño de la empresa, los porcentajes de valoración son ligeramente menos favorables. Así, la valoración «muy positiva» del Reglamento es la opción de respuesta más citada entre las micropyme (47,9%) y la pequeñas (51,5%), y decrece sensiblemente en las empresas más grandes (40,0%)

Por su parte, el otro indicador a este respecto es el índice, el cual va decreciendo progresivamente desde + 0,61 (en micropymes) a + 0,59 (en empresas pequeñas), hasta alcanzar su cota mínima de + 0,53 (en empresas medianas y grandes).

3.8. Opinión sobre las repercusiones que la acreditación en esta marca de calidad en seguridad «Operador Seguro» podría tener en las empresas del sector del transporte de mercancías

Para testar las repercusiones de la acreditación como operador seguro, se planteó a las empresas una serie de cuestiones para que procedieran a su valoración, según su grado de acuerdo, en una escala de 1 a 10.

El factor que mayor grado de acuerdo obtiene es que «La marca de seguridad «operador seguro» contribuirá a mejorar

ampliamente la seguridad del sector», con una puntuación media de 6,38 (que se incrementa en el caso de las empresas medianas y grandes hasta alcanzar unas puntuaciones de 7,67 y 7,45 respectivamente)

La idea de que las empresas aseguradoras tendrán en cuenta este aspecto a la hora de valorar el precio de las pólizas, es el segundo factor en cuanto a su grado de acuerdo, con una puntuación media de 6,20 (que se incrementa ligeramente en el caso de las empresas medianas y grandes).

Otros factores positivamente valorados (con puntuaciones globales por encima de 6) fueron los siguientes: «En este momento es muy necesaria una marca de seguridad específica para el sector del transporte», «La acreditación como «operador seguro» requerirá unas fuertes inversiones que las empresas del sector no están en disposición de afrontar» y «Las empresas del sector de transporte de mercancías por carretera se mostrarán muy interesadas en la marca de seguridad operador seguro»

Destacar por otra parte que las valoraciones medias de las empresas más grandes son por lo general algo mayores que para el conjunto de empresas. En el caso de estas empresas de mayor tamaño, y además de las ya señaladas, también destaca el amplio grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones: Los grandes clientes apreciarán muy positivamente la acreditación «operador seguro» por parte de las empresas y operadores de transporte (7,36); y La marca «operador seguro» mejorará la competitividad del sector (6,73).

Otro factor digno de mención es la atribución de importancia que según las empresas entrevistadas, tendría la acreditación como operador seguro, en función del tipo de cliente. Desde este punto de vista es unánime un mayor grado de acuerdo (a través de una puntuación media más alta en el factor) con la opinión de que la apreciación de la acreditación como operador seguro será muy positiva entre los grandes clientes (puntuación media de 5,84 para el global y de 7,36 para las empresas de más de 250 trabajadores), frente a la apreciación positiva entre los medianos y pequeños clientes (puntuación media de 5,41 para el global y de 6,27 para las empresas de más de 250 trabajadores).

Finalmente señalar el alto grado de acuerdo con la afirmación: «La acreditación como «operador seguro» requerirá unas fuertes inversiones que las empresas del sector no están en disposición de afrontar», con una puntuación media para el conjunto de empresas entrevistadas de 6,18, la cual se incrementa hasta 7,10 en el caso de aquellas empresas con más de 250 trabajadores.

3.9. Conocimiento y acreditación en las normas UNE-ISO 28.000 y TAPA-FSR

El conocimiento de las *normas UNE-ISO 28.000* alcanza a algo más de un tercio (36,5%) de las empresas. No obstante, el grado de conocimiento claramente inferior en las micropyme (29,2%) que en las medianas (42,4%) y las grandes empresas (46,7%). En cuanto a la acreditación señalar que ninguna de las empresas entrevistadas (aquellas que afirmaron conocer la norma) declara estar acreditada. No obstante, un 8,6% afirma estar en proceso de acreditación.

Algo más de una de cada diez empresas entrevistadas (11,5%), conoce las *normas TAPA-FSR*, mientras que el desconocimiento alcanza a un 84,4%. No obstante, entre las empresas medianas y grandes, el conocimiento de TAPA-FSR es mayoritario (un 53,3%), frente a un tercio (33,3%) que afirma no conocerlo y un 13,3% que no sabe o no responde a la cuestión. Por el contrario, entre las empresas más pequeñas y las micropyme, el desconocimiento supera en ambos casos el 90%.

Si se compara el conocimiento de los dos citados referentes en materia de seguridad, norma UNE-ISO 28.000 y norma TAPA-FSR, se observa un curioso efecto: las normas TAPA-FSR son menos conocidas a nivel global que la ISO 28000, pero son más conocidas entre las empresas de mayor tamaño. Este aspecto pone de manifiesto dos consideraciones: en primer lugar, una gran diferencia en el conocimiento de TAPA-FSR según el tamaño de la empresa (alto entre las empresas de mayor tamaño, escaso en las pequeñas y medianas empresas); y en segundo lugar, un conocimiento, de carácter más generalizado, de las normas UNE-ISO.

En cuanto a la acreditación en TAPA-FSR, señalar que declaran estar acreditadas el

54,5% (de aquel 11,5% que declaraban conocerla), esto es, en torno a un 5% del conjunto de empresas.

3.10. Valoración de las normas UNE-ISO 28.000 y TAPA-FSR

Una vez determinado el conocimiento de ambos referentes en materia de seguridad y estimado el grado de acreditación en las compañías del sector, se procedió a solicitar a las empresas encuestadas una valoración de ambas normas. Para ello se utilizó una batería de cuatro frases y se pidió a las empresas que valoraran su grado de acuerdo con las mismas en una escala de 1 a 10.

De los resultados obtenidos se desprende una sensible mejor valoración de las normas TAPA-FSR que de la ISO-28.000.

Así, ante la frase: «puede ser muy útil desde el punto de vista de la seguridad», se observa un muy ligero mayor grado de acuerdo respecto a TAPA-FSR (5,33) que respecto a ISO (5,28), siendo no obstante muy pequeña la diferencia.

Por el contrario, en algunos aspectos negativos la puntuación de ISO fue significativamente mayor que la de TAPA. Así, la afirmación de que se trata de una norma de carácter demasiado general, no adaptada a las particularidades del sector (ISO 5,61 frente a TAPA 4,70); su falta de adaptación a las especificidades de nuestro país (ISO 5,18 frente a TAPA 4,81); y la afirmación de que implantar este sistema en las empresas no es rentable (ISO 5,23 frente a TAPA 4,90).

Obsérvese que las puntuaciones atribuidas a ISO están por encima de la puntuación media, mientras que en el caso de TAPA, todas las puntuaciones se encuentran por debajo del punto medio.

A lo largo del estudio cualitativo a partir de entrevistas en profundidad se pusieron de manifiesto algunos aspectos dignos de mención en cuanto a las dos normas (TAPA-FSR e ISO 28000) y respecto de las cuales se recabó la opinión de expertos en la materia.

Destacan aquí varios aspectos comunes y que por tanto serán expuestos de forma conjunta.

En primer lugar, existen numerosas referencias al hecho de que ambas normas

dejan de lado aspectos esenciales del marco en el que trabajan. Se dice en reiteradas ocasiones que ambas normas no se encuentran adaptadas a la realidad española, a su idiosincrasia, a las particularidades españolas de las empresas de transporte, e incluso, como aspecto más extremo, no se encuentran en consonancia (en aspectos significativos) con la legislación española (especialmente en el caso de TAPA).

En cualquier caso, y teniendo en cuenta la salvedad citada, *la percepción en cuanto al concepto y a los diferentes aspectos derivados de las normas especificadas es muy positivo.*

En tanto una de ellas se enfoca en «sistemas» (TAPA-FSR) y la otra en «procesos o procedimientos» (ISO-28.000), son, en numerosas ocasiones, consideradas por los entrevistados como complementarias. A la vez que un buen indicador de los pasos positivos llevados a cabo en el ámbito de la seguridad por las compañías, y un buen referente de cara a la percepción que se pueda transmitir a sus clientes en relación a esta materia.

No obstante, desde los discursos de los expertos y Directores de Seguridad consultados, también se han puesto de manifiesto algunos aspectos negativos, frenos y obstáculos que dificultan la decisión de las empresas de certificarse. Se pueden destacar los siguientes: la estandarización, que desde ciertas instancias se puede llegar a interpretar como indiferenciación; el coste que conlleva en relación, precisamente, a la capacidad de diferenciarte de la competencia; la propia superposición de estándares y certificaciones; un excesivo extatismo de la norma.

En cuanto a la valoración particular que se realiza de las normas ISO 28.000, conviene señalar como punto de partida la enorme importancia que desde el sector se concede al hecho de que los diferentes procedimientos y tareas, con incidencia en seguridad, se encuentren debidamente

procedimentados. En este sentido *se percibe a la norma ISO 28.000 con una herramienta muy útil*, si bien con las salvedades, de carácter general, que ya se han ido apuntando.

En cuanto a la valoración de las normas TAPA, se ha generado mayor discurso por el hecho de haberse gestado mucho antes, de ser más conocidas (al menos en las empresas más grandes), y con una notable mayor implantación.

El principal aspecto que se señala es la *exigencia de muchos clientes tecnológicos y otros grandes clientes, de estar certificado en TAPA. Esta certificación goza de amplio reconocimiento y muy positiva valoración en algunos mercados concretos (especialmente los tecnológicos).*

Aspecto considerado como una inversión que permite realizar un acercamiento adecuado a la estructuración de los aspectos relativos a la seguridad de la compañía.

3.1.1. Evolución del mercado en cuanto a sus demandas de seguridad

La opinión global sobre la evolución del mercado en cuanto a sus demandas de seguridad se reparte casi a partes entre los que opinan que se mantendrán estables (34,4%), los que afirman que crecerá mucho (32,3%) y los que consideran que crecerá algo (26,0%).

Pero de nuevo se pone de manifiesto las diferencias más que notables entre la opinión de las empresas medianas y grandes frente a las empresas de menor tamaño.

Así la opinión mayoritaria de las empresas pequeñas y micropymes es que las demandas en seguridad se mantendrán estables (48,5% y 31,3% respectivamente) en contraposición a las empresas de mayor tamaño, que apuestan por un fuerte crecimiento de las demandas en materia de seguridad por sus mercados (60,0%).

Reducción de las emisiones contaminantes del transporte por carretera a través de un diseño y explotación eficiente

Ángel SAMPEDRO RODRÍGUEZ^(a)
Enrique MIRALLES OLIVAR^(b)
Elena DE LA PEÑA GONZÁLEZ^(b)

Elena DEL REAL SUÁREZ^(b)
Nerea AIZPURÚA GIRADLES^(b)

RESUMEN: La Asociación Española de la Carretera, en el marco de las «Subvenciones para la realización de estudios y acciones de difusión relacionados con el transporte, sus infraestructuras, y las demás competencias del Ministerio de Fomento» (ORDEN FOM/2219/2008), ha desarrollado el proyecto «Reducción de las emisiones contaminantes del transporte por carretera a través de un diseño y explotación eficiente», con el objetivo principal de estudiar los principales factores que, desde el punto de vista de las infraestructuras de carreteras, determinan las emisiones contaminantes de los vehículos que circulan por ellas, considerando las fases de diseño y explotación.

Existen distintos calculadores capaces de predecir la cantidad de emisiones que un volumen de tráfico específico producirá en una longitud determinada de carretera durante un periodo de tiempo. El calculador desarrollado en este proyecto además permitirá llevar a cabo análisis de sensibilidad mediante la modificación de ciertos parámetros de diseño, como la inclinación de la rasante, el número y anchura de carriles, la velocidad de diseño, la densidad de accesos, etc. Además, se podrá comparar el impacto de ciertas medidas de gestión del tráfico, como la construcción de un carril BUS-VAO, la instalación de un sistema de señalización variable, restricciones de tráfico, etc. En definitiva, el calculador desarrollado constituirá una herramienta muy útil para que los planificadores y diseñadores de infraestructuras puedan comparar la cantidad de emisiones producidas por cada una de las alternativas estudiadas.(*)

I. INTRODUCCIÓN

El transporte por carretera impone una serie de externalidades que conviene evaluar de forma correcta para lograr su reducción. Dentro de estas externalidades, cobra especial importancia la emisión de gases contaminantes, perjudiciales desde el

punto de vista de la sostenibilidad y de la salud humana.

La Asociación Española de la Carretera, en el marco de las «Subvenciones para la realización de estudios y acciones de difusión relacionados con el transporte, sus infraestructuras, y las demás competencias del Ministerio de Fomento»

^(a) Prof. Dtor. Ingeniería de Carreteras UAX.

^(b) Asociación Española de la Carretera.

(*) El proyecto ha sido coordinado por Justo Borrajo Sebastián. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento.

(ORDEN FOM/2219/2008), ha desarrollado el proyecto «Reducción de la emisiones contaminantes del transporte por carretera a través de un diseño y explotación eficiente», con el objetivo principal de estudiar los principales factores que, desde el punto de vista de las infraestructuras de carreteras, determinan las emisiones contaminantes de los vehículos que circulan por ellas, considerando las fases de diseño y explotación.

A partir de este estudio, se ha desarrollado una metodología específica, disponible en un computador, que permite su evaluación y análisis previos, lo cual supone una herramienta muy útil para los planificadores y proyectistas de carreteras, poniendo a su disposición, de forma sencilla, una primera estimación de las emisiones generadas por las distintas soluciones planteadas, colaborando en la toma de decisiones en cuanto a su reducción, tanto en la fase de diseño, como en la explotación, cubriendo el planteamiento de políticas, etc.

La aplicación del *Protocolo de Kioto* y la *Ciencia del Cambio Climático* han introducido nuevas variables a considerar en el análisis medioambiental de cualquier actividad humana, y han incrementado la preocupación por las emisiones de gases. El sector de la carretera no es una excepción, de manera que las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) han pasado a ser un factor de evaluación medioambiental más, tanto en la fase de construcción, como en la posterior de explotación.

Una vez que se empieza a considerar, este factor puede llegar a convertirse en uno de los más importantes para el caso de una infraestructura de transporte como es una carretera, sobre todo si se tiene en cuenta que el transporte tiene una significativa responsabilidad en el total de emisiones de CO₂ y es uno de los sectores que mayores incrementos ha experimentado en los últimos años. Por lo tanto, cualquier actuación sobre estas emisiones tendrá grandes implicaciones para el entrono a corto, medio y largo plazo.

La consideración de las emisiones de GEI, según los compromisos adquiridos

por un gran número de países, entre ellos todos los miembros de la Unión Europea, para el cumplimiento del citado Protocolo, va a afectar de gran manera a las evaluaciones medioambientales que se puedan realizar sobre cualquier actividad humana a partir de ahora.

Desde el año 2005 y hasta el 2012 son numerosas las legislaciones y políticas puestas en marcha a nivel internacional, europeo, nacional, autonómico y local que afectan directa o indirectamente a la ingeniería de carreteras en España.

Además, ya se está hablando de «*Kioto 2*» (*Post-Kioto*), que será la continuación de estas políticas y que, aunque debería haberse empezado a establecer en la pasada *Cumbre de Copenhague*, en diciembre del año pasado todavía no se ha empezado a esbozar.

Aunque el presente proyecto ha tenido por objeto el análisis de todas las emisiones contaminantes, se ha basado, fundamentalmente, en las emisiones de GEI, pues sobre estas es sobre las que hay mayor disponibilidad de datos debido a la preocupación de la sociedad por el citado problema del Cambio Climático. Además, la mayor parte de las medidas que reducen las emisiones de GEI contribuyen a reducir cualquier otro tipo de emisión contaminante, como se ha podido comprobar.

Una ingeniería de carreteras sostenible y responsable implica considerar bien las afecciones al entorno derivadas de la construcción y posterior explotación de la carretera desde los puntos de vista de los procesos constructivos en sí, de los materiales empleados y de todos los factores que intervengan en su posterior explotación.

La implantación del **Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes 2005-2020 (PEIT)**, del Ministerio de Fomento, estima una reducción de 30 millones de toneladas de CO₂ en el año 2020.

Para ello, el PEIT articula la mejora del comportamiento ambiental del transporte en dos ámbitos: la disminución de los impactos globales del transporte

Foto 1. El Protocolo de Kioto regula las emisiones de GEI



(principalmente en lo referente al cambio climático) y la calidad ambiental en el entorno natural y urbano.

Considera como efectos de carácter global la evolución de las emisiones de GEI de acuerdo con las directrices del Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión y plantea la estabilización de las emisiones del transporte en el período 2005-2007 y su disminución en 2012 hasta los niveles de 1998.

El logro de estos objetivos tan ambiciosos se basa en una visión unitaria de las infraestructuras y servicios a través de la intermodalidad del transporte, la gestión integrada de los sistemas de transporte desde criterios de seguridad, calidad y eficiencia energética, en lograr equilibrar el territorio y mejorar su accesibilidad, en la mejora de la movilidad urbana, en la mejora del sistema de transporte de mercancías y de su inserción internacional, y en el fomento de la I+D+i en el sector del transporte.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo principal del estudio ha sido desarrollar una metodología que permite evaluar las emisiones de gases contaminantes de una carretera, en función de todos los parámetros que las determinan, para así poder analizar la eficacia de las posibles medidas de

mejora y reducción para implantar en cada caso. La metodología desarrollada ha dado lugar a un calculador de emisiones de especial utilidad en las fases de diseño y explotación de carreteras.

En el contexto del desarrollo global del proyecto, se han marcado los siguientes objetivos parciales:

- Determinar los factores sobre los que se puede incidir para reducir las emisiones en la fase de diseño de carreteras.

La metodología desarrollada permite analizar los factores más determinantes en las emisiones de los distintos gases considerados, con el objeto de poder evaluar las posibles actuaciones que, durante la fase de diseño (planeamiento, estudio y proyecto) permiten reducir dichas emisiones: entorno, tipo de carretera, sección transversal (carriles y arcenes), accesos, velocidad de proyecto, rasantes, tipo de terreno, distancias de adelantamiento, etc.

- Determinar los factores sobre los que se puede incidir para reducir las emisiones durante la explotación de una carretera.

Esta metodología permite también analizar los factores que determinan estas emisiones durante la fase más importante, la de explotación: parámetros de diseño, intensidades de tráfico, distribución de los tipos de vehículos, etc.

- Estudiar la mayor o menor eficacia de las posibles medidas de reducción de emisiones contaminantes, por medio de la realización de simulaciones utilizando la metodología propuesta.

Mediante su aplicación se ha evaluado la eficacia que, desde el punto de vista de la reducción de emisiones de gases contaminantes, se obtiene al aplicar distintas medidas de reducción, de las que ya existen experiencias en carreteras de la red del Ministerio de Fomento. Así, se ha evaluado la efectividad prevista que implican las medidas de

Foto 2. La metodología desarrollada permite evaluar medidas de reducción (Ej.: Carril BUS-VAO)



construcción de carril BUS-VAO, restricciones al tráfico, calmado del tráfico y sistemas de regulación del tráfico basados en velocidad variable. Aunque estas medidas no se han desarrollado con este objetivo, se puede concluir que, bien planteadas y aplicadas, permiten, además, reducir las emisiones de algunos gases contaminantes. El calculador desarrollado permite evaluar, para un tramo de carretera analizado, los ahorros de emisiones que se obtendrían con la aplicación de todas estas medidas, para ver cuál es la más eficaz en la reducción de emisiones de cada tipo de gas analizado.

- Desarrollo de una metodología específica para distintos tipos de carretera (autopistas o autovías y carreteras convencionales) y para distintos tipos de entorno (urbano o periurbano e interurbano). De las metodologías existentes, se ha realizado una selección de aquellas que podrían adaptarse al diseño y la gestión de las carreteras. Este aspecto es muy importante, tanto para esta metodología como para futuros desarrollos, pues existen numerosos estudios y bases que, si bien, pueden aplicarse a otros sectores, no es fácil ni creíble su extrapolación a la ingeniería de carreteras y a los factores y parámetros disponibles.

3. LAS EMISIONES DE GASES Y EL TRANSPORTE POR CARRETERA

El transporte por carretera representa importantes afecciones sobre el entorno; algunas de ellas son marcadamente positivas, como la mejora de la accesibilidad, la generación de riqueza, la provisión de mayores oportunidades a la población, etc; sin embargo, otras son negativas, como las derivadas de la congestión y la contaminación. Hasta hace pocos años, la calidad del aire ha sido el principal tema de preocupación desde el punto de vista de las emisiones del transporte por carretera, pero las significativas mejoras de la tecnología han mitigado muchos de estos riesgos.

La adopción, a partir de 1970, de varias directivas sobre las emisiones de los vehículos de motor, ya sean vehículos ligeros (automóviles, vehículos industriales ligeros) o pesados (camiones, autobuses), ha provocado una reducción progresiva de las emisiones de gases y de partículas, así como, en cierta medida, del ruido de esos vehículos. Las reducciones de las emisiones atmosféricas, fijadas por las normas «Euro» I a V, se refieren a cuatro contaminantes principales: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), partículas e hidrocarburos.

Actualmente, los gases de efecto invernadero (GEI) y el consumo de energía de los vehículos se plantean como la principal preocupación para la ordenación sostenible del transporte por carretera.

El transporte es uno de los sectores económicos más importantes ya que, además de sus características propias como sector productivo, contribuye en gran medida al desarrollo y competitividad de todos los demás sectores, y, por tanto, al de todo el sistema económico. Este carácter horizontal hace, si cabe, mucho más complejo integrar consideraciones ambientales en su desarrollo.

Hay que partir de la base de que un sistema de transporte eficaz es fundamental y necesario para garantizar el desarrollo económico y la cohesión

social. Sin él, no es posible alcanzar dicho desarrollo.

Las directrices de la UE plantean sistemas de transportes eficientes y eficaces, que garanticen, entre otros aspectos, una alta movilidad para las personas y las mercancías de forma competitiva, el equilibrio territorial y, además, deben proteger el medio ambiente.

Las emisiones de gases GEI en el sector del transporte crecen de forma continua. Aunque se han hecho mejoras en la eficiencia energética de los diferentes modos de transporte y se han introducido combustibles no fósiles, el incremento de la demanda de transporte es mayor que estos beneficios.

En Europa el transporte contribuye aproximadamente a la cuarta parte de las emisiones de gases GEI. Según las fuentes analizadas en el estudio, algunas predicciones para los Estados Europeos indican que las emisiones de gases GEI para el sector del transporte en 2010 serán las mismas que en 2005, un 27% superior sobre los niveles de 1990.

El Consejo de la Unión Europea ha propuesto que los países desarrollados reduzcan sus emisiones un 30% en 2020 comparadas con 1990. Si no se llega a un acuerdo, la UE está preparando el compromiso para reducirlas al menos un 20%. Respecto a estos objetivos se presentó en Enero de 2008 la regulación por parte de la Comisión Europea.

El transporte por carretera es con diferencia la mayor fuente de emisiones (93%) del total de las emisiones del transporte. Los sectores del transporte de mercancías y de pasajeros eligen la carretera con mayor frecuencia que otros modos de transporte; en la Unión Europea, la carretera asumió el 44% de del total de transporte de mercancías y el 85% de pasajeros en 2006.

En España, las emisiones originadas por las actividades de transporte superaron en 2006 las 108 Mt CO₂ eq., lo que supone el 25,4% de las emisiones totales en España y un aumento del 88% desde 1990. Este incremento está directamente relacionado con el notable

crecimiento de la demanda de transporte. En este sentido el peso del sector del transporte ha crecido del 21,4% en 1990 al 25,4% en 2006 considerando el conjunto de los gases de efecto invernadero.

En cuanto al reparto modal, la carretera causó el 89,2% de las emisiones, la aviación nacional el 6,6%, el cabotaje marítimo el 3,9% y el ferrocarril el restante 0,3%. Por tipo de vehículo, el 53,2% de las emisiones del transporte por carretera corresponden a los turismos y motocicletas, mientras que el 33,5% proviene de los vehículos pesados (autobuses y camiones) y el restante 13,3% de los vehículos de transporte ligeros. Por pauta de conducción, el 49,6% de las emisiones del transporte por carretera se produjeron en vías de alta velocidad, preferentemente en trayectos interurbanos, mientras que el 36,6% corresponde al ámbito urbano y el restante 13,8% a las pautas de conducción intermedias.

Un indicador para valorar la eficacia de las medidas para reducir las emisiones del transporte, y en particular del vehículo privado, son las emisiones específicas de dióxido de carbono de los turismos nuevos, en línea con los Acuerdos Voluntarios establecidos por la Comisión Europea con los fabricantes europeos, japoneses y coreanos. Así, según el informe de la Comisión Europea de 2009, y basado en datos de 2007, la media comunitaria de las emisiones de coches nuevos era en 1995 de 158 g CO₂/km, frente a 185 g CO₂/km, es decir, una reducción del 17%; mientras que en el caso de España estos valores eran de 152 g CO₂/km en 2007 y 175 g CO₂/km (1995). (*Fuente: Estrategia Española de Movilidad Sostenible*).

4. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES

La identificación y cuantificación de los gases contaminantes asociados a la construcción y explotación de carreteras

es uno de los resultados más interesantes del proyecto desde el punto de vista de aplicación.

Las metodologías y bases de datos existentes, a partir de las cuales se realizan los cálculos de emisiones de gases, son muy heterogéneas, complejas, y difíciles de comprobar. Además, desde un principio, se consideró de gran importancia tener en cuenta la evolución tecnológica de los combustibles, motores y vehículos que hace que las emisiones de gases hayan variado en los últimos años.

Finalmente, los gases contaminantes considerados han sido el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas (PM) y dióxido de carbono (CO₂).

El cálculo de los factores de emisión (gr/km) de los gases contaminantes (NO_x, CO, CO₂, HC, PM) se ha basado en la última versión del documento *EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme)* de la EEA (European Environment Agency).

Dicha Guía de Inventario de Emisiones Contaminantes, anteriormente conocida como la *Guía de Core Inventory Air Emissions (CORINAIR)*, proporciona orientación sobre la estimación de las emisiones procedentes de fuentes antropogénicas y naturales. Está diseñada para facilitar la presentación de los inventarios de emisiones de los países de la Convención Long-Range Transboundary Air Pollution (LRTAP) de la Comisión Económica para Europa (CEPE) y la Directiva sobre emisiones de la UE.

La actual versión es de 2009 y se ha actualizado sustancialmente en comparación con ediciones anteriores (La primera versión del inventario fue la CORINAIR 1985 y ha sido actualizada en 5 ocasiones).

El estándar europeo de emisiones unitarias para los tipos de vehículos usado en el calculador es el correspondiente al vigente **Euro 4**, introducido por la *Directiva 98/69/CE relativa a las medidas que deben adoptarse contra la contaminación atmosférica causada por las emisiones de los vehículos de motor*. Se requiere una

reducción adicional del 57% para el CO y el 47% de HC y NO_x en comparación con la norma *Euro 3*, por medio de una mejor vigilancia del abastecimiento de combustible y de postratamiento de gases y el control.

El método seguido por los autores para determinar los gramos de contaminantes es implementada en *COPERT4* (Computer programme to calculate emissions from road transport) y combina datos técnicos (factor de emisión) y datos de actividad (vehículos km).

De la misma manera, la metodología desarrollada se apoya en instrumentos tales como **ARTEMIS (Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems)**, el Manual de factores de emisión de la plataforma internacional DACH-NLS (fruto de la cooperación entre Alemania (D), Austria (A), Suiza (CH), Países Bajos(NL) y Suecia (S), y otros modelos (por ejemplo EMV-Exhaust Emissions from Road Traffic) en Suecia, LIPASTO Emisión Calculation Model en Finlandia, y Versit + emisión model en los Países Bajos).

Así, se han considerado los siguientes tipos de vehículos, que son los considerados por el Ministerio de Fomento en sus estudios de tráfico:

- Turismos (vehículos ligeros) gasolina y diesel.

Foto 3. Las condiciones del tráfico y el reparto modal determinan las emisiones contaminantes



- Vehículos pesados de gasolina.
- Vehículos pesados de diesel (incluidos autobuses).
- Motocicletas.

5. METODOLOGÍA PARA EL CALCULADOR DE EMISIONES

La herramienta desarrollada parte del conocimiento acumulado hasta el momento en distintos campos, como son la ingeniería de tráfico y la sostenibilidad. El principal valor añadido del proyecto ha consistido en conjugarlos de tal manera que sea posible determinar la cantidad de emisiones de cada tipo de gas a partir de aspectos relacionados con el diseño y la modificación de las condiciones existentes en una vía.

El calculador desarrollado tiene dos modos de trabajo: «DISEÑO» y «EXPLOTACIÓN», con diferentes entradas de datos, según sea la fase en la que se aplique. Además, en realidad, se han desarrollado cuatro calculadores, pues cada uno de ellos se ha desarrollado también para dos tipos de carreteras: uno para vías de gran capacidad (autopistas y autovías), y otro para carreteras convencionales.

Actualmente, existen distintos calculadores capaces de ofrecer como resultado la cantidad de emisiones en una determinada vía para un tráfico real o estimado. Sin embargo, mediante este Calculador es posible realizar comparaciones en función de los parámetros de diseño, con lo que el proyectista puede comprobar en tiempo real cómo afectará un determinado parámetro (o la combinación de varios) a las emisiones generadas por esa solución.

Como se ha mencionado anteriormente, la metodología escogida para calcular las emisiones es la utilizada por la Agencia Europea de Medio Ambiente y está basada en la metodología de los proyectos *COPERT 4* y *ARTEMIS*. En ella, cada tipo de vehículo tiene asignada una fórmula para calcular la emisión de cada contaminante, en la cual la variable a considerar es la **velocidad media de recorrido**.

Por lo tanto, la clave se encuentra en la determinación de la velocidad de recorrido de la manera más fiable posible, para lo cual se aplica la metodología recogida en el *Manual de Capacidad Americano (HCM2000)*.

Tanto para el caso de carreteras de gran capacidad (autopistas y autovías) como para el de carreteras convencionales, el HCM2000 presenta una metodología capaz de determinar la velocidad media de recorrido de los vehículos, la cual es utilizada como dato de entrada en la fase de «DISEÑO» en el Calculador de Emisiones.

En el caso de que el Calculador se utilice en el modo «EXPLOTACIÓN», las velocidades y tráfico utilizados como dato de entrada serán las reales, ya que se dispondrá de las mediciones de velocidades y aforos pertinentes.

Cuando el usuario del Calculador desee comprobar cómo afectará la implementación de una nueva medida (por ejemplo, la construcción de un carril BUS-VAO), dichos valores reales serán corregidos automáticamente por el modelo mediante unos factores introducidos en su base de datos, fruto de la investigación llevada a cabo durante el análisis del estado del arte.

Finalmente, el calculador indica cuál es la medida que menos contamina por tipo de emisiones, por lo que el usuario de la herramienta será capaz de identificar la medida más adecuada para disminuir en la medida de lo posible la cantidad de emisiones de un determinado gas, lo cual constituye un gran apoyo a la hora de llevar a cabo un análisis multicriterio.

Como se ha comentado anteriormente, la determinación de la velocidad media de recorrido que es utilizada como dato de entrada en el Calculador de Emisiones se lleva a cabo mediante la aplicación de la metodología propuesta por el *Manual de Capacidad Americano (HCM2000)*, el cual, a partir de una serie de parámetros de diseño, es capaz de determinar, entre otras cosas, la velocidad de recorrido y el Nivel de Servicio de la vía.

Así pues, factores como la inclinación de la rasante, el número de carriles, la

longitud de la vía, la anchura de carriles y arcones o la velocidad de diseño influirán de manera significativa en la velocidad media de recorrido de los vehículos que circulen por una vía.

Una anchura de carriles generosa favorecerá velocidades elevadas, mientras que carriles más angostos contribuirán a una moderación de la velocidad. El Manual de capacidad identifica una serie de factores de ajuste que provocarán variaciones en la velocidad media de recorrido respecto de la velocidad de flujo libre (velocidad de recorrido en condiciones ideales, sin tráfico y con buenas condiciones de la vía).

Por lo tanto, el usuario de la herramienta únicamente tendrá que conocer los parámetros de diseño de la vía objeto de estudio para comprobar cómo modificarían ciertas variaciones de los mismos al volumen final de emisiones de cada gas contaminante por cada tipo de vehículo.

De igual manera, si se utiliza el Calculador en el modo de «EXPLOTACIÓN», los valores conocidos de tráfico y velocidad a través de su medición en el campo serán corregidos por una serie de factores de ajuste propuestos a partir de la bibliografía y experiencias previas estudiadas durante la fase de análisis del estado del arte.

A partir de aquí, se calculan los factores de emisión (gr/km) de los gases contaminantes (NO_x, CO, CO₂, CH, PM), basándose en la metodología descrita en el capítulo anterior.

6. PRUEBA PILOTO Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Con el objeto de poder comprobar y exponer el funcionamiento del calculador

desarrollado, se ha realizado una prueba piloto, que ha consistido en la aplicación a los tipos de carreteras genéricas que existen en la Red del Ministerio de Fomento, considerando tramos de 10 km de longitud, y usando los modos de DISEÑO y EXPLOTACIÓN.

Además, se ha realizado un análisis de sensibilidad para ver la influencia de los distintos parámetros de entrada en las emisiones de gases contaminantes resultantes. Este análisis se ha realizado para un tramo de autovía típico de la Red de Carreteras del Estado, tanto en la fase de diseño, como en la fase de explotación.

6.1. Autopista. Fase de diseño

La prueba piloto ha consistido en la aplicación de la metodología a un tramo de autovía de 10 km de longitud que discurre por entorno interurbano, con tres carriles por sentido de 3,5 m de anchura, 1 enlace cada 6 kilómetros y una velocidad de proyecto de 120 km/h.

El trazado en alzado presenta una rampa de 5 km del 0,5%, seguida de una pendiente de 3 km del 0,5% y finaliza con otra rampa de 2 km del 0,5%. Se ha considerado un tramo de autovía prácticamente horizontal, para más adelante ir viendo la sensibilidad frente a los cambios de rasante.

A partir de aquí, los parámetros de tráfico considerados en el periodo de proyecto son los que refleja la Tabla 1.

El volumen de tráfico estimado para la hora punta se corresponde con una Intensidad Media Diaria de 26.923 vehículos/día. Con estos datos, según los cálculos basados en el Manual de Capacidad, se obtiene una velocidad media de recorrido de 114 km/h, y unas

Tabla 1

COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO

% ligeros estimado	% pesados (sin autobuses) estimado	% vehículos recreo	% motocicletas estimado	% autobuses estimado	V = Volumen de tráfico total estimado para la hora punta (en un sentido) (veh/h)	% tráfico en sentido más cargado
77,00%	14,00%	4,00%	2,00%	3,00%	3.500	50,00%

Tabla 2
EMISIONES CONTAMINANTES

EMISIONES (Kg)				
CO	HC	NO _x	PM	CO ₂
417.182,00	17.544,66	68.215,73	2.311,22	19.779.927,96

emisiones de gases anuales totales reflejadas en la Tabla 2.

Una vez obtenidos los resultados de emisiones de gases contaminantes anuales, para unos parámetros determinados de diseño, se ha llevado a cabo un análisis de sensibilidad para comprobar cómo afectan determinadas variaciones en dichos parámetros a las emisiones contaminantes totales.

Para ello, se han ido variando el número de carriles, la anchura de carril y arcén, la velocidad de proyecto, las rasantes y el tipo de terreno. A partir de estas, se han comparado 5 soluciones:

- La Solución 0 corresponde a la situación de partida, es decir, al diseño original planteado.
- Las soluciones 1 y 2 mantienen todos los parámetros de diseño de la solución 0 excepto las rasantes, que dan lugar a un tipo de terreno ondulado para la Solución 1 y montañoso para la Solución 2.

- La Solución 3 implica reducciones de 80 cm de la anchura de calzada y de 60 cm en los despejes laterales respecto de la situación inicial de diseño.
- La Solución 4 implicaría una reducción del número de carriles por sentido (2 carriles en lugar de 3).
- La Solución 5 consiste en una modificación de la velocidad de diseño (de 120 a 110 km/h).

Una vez introducidos estos parámetros en el calculador de emisiones para Autopistas y Autovías en la fase de diseño, se han obtenido los siguientes valores totales de emisiones por cada tipo de gas (Tabla 3).

La Tabla 3 refleja las emisiones totales por tipo de gas durante un año (en kg) que cada una de las soluciones provocaría para un tráfico determinado. El código de colores identifica los valores máximo y mínimo, siendo el color rojo el indicador de la máxima emisión y el verde el de la mínima.

Como puede apreciarse, la reducción en el número de carriles (de 3 a 2) es la medida que más influye en la reducción de emisiones del tipo HC, NO_x, PM y CO₂. Esto es debido a que al reducir la capacidad de la vía, se empeora el nivel de servicio de la misma, disminuyendo considerablemente la velocidad de

Tabla 3
ANÁLISIS COMPARATIVO DE EMISIONES

		EMISIONES (Kg)				
		CO	HC	NO _x	PM	CO ₂
Solución 0	NO HACER NADA	417.182,00	17.544,66	68.215,73	2.311,22	19.779.927,96
Solución 1	VARIACIÓN RASANTE (ONDULADO-inclinación media=2,3%)	415.325,41	17.475,07	93.027,40	2.323,71	24.389.884,50
Solución 2	VARIACIÓN RASANTE (MONTAÑOSO-inclinación media=5%)	403.826,64	17.075,40	105.481,74	2.188,89	29.263.050,78
Solución 3	VARIACIÓN ANCHURA DE CALZADA (reducción de 80 cm en calzada y 60 cm en despejes laterales)	415.199,87	17.464,32	66.524,99	2.280,68	19.778.128,74
Solución 4	VARIACIÓN N° CARRILES POR SENTIDO (de 3 a 2)	404.956,81	17.050,24	55.644,22	2.101,39	19.761.331,23
Solución 5	VARIACIÓN VELOCIDAD DE DISEÑO (de 120 a 110)	410.267,36	17.250,09	61.655,39	2.195,59	19.772.073,23

Tabla 4

ANÁLISIS COMPARATIVO DE EMISIONES 2

		EMISIONES (Kg)				
		CO	HC	NO _x	PM	CO ₂
Solución 0	NO HACER NADA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Solución 1	VARIACIÓN RASANTE (ONDULADO)	-0,45%	-0,40%	36,37%	0,54%	23,31%
Solución 2	VARIACIÓN RASANTE (MONTAÑOSO)	-3,20%	-2,67%	54,63%	-5,29%	47,94%
Solución 3	VARIACIÓN ANCHURA DE CALZADA (reducción de 80 cm en calzada y 60 cm en despejes laterales)	-0,48%	-0,46%	-2,48%	-1,32%	-0,01%
Solución 4	VARIACIÓN N° CARRILES POR SENTIDO (de 3 a 2)	-2,93%	-2,82%	-18,43%	-9,08%	-0,09%
Solución 5	VARIACIÓN VELOCIDAD DE DISEÑO (de 120 a 110)	-1,66%	-1,68%	-9,62%	-5,00%	-0,04%

recorrido de los vehículos, siendo ésta la variable más determinante respecto a la emisión de gases contaminantes.

En la Tabla 4 se presentan las variaciones en% de las emisiones de cada Solución respecto del diseño inicial (Solución 0).

Llegados a este punto, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- Los diseños que más restringen las velocidades medias de circulación provocan las mayores reducciones de emisiones contaminantes entre los gases analizados. Tal es el caso de la variación del número de carriles (de 3 a 2) y de la variación de la velocidad de diseño (de 120 a 110 km/h).
- Las variaciones de rasante pueden provocar disminuciones en algunos gases contaminantes ya que al aumentar la rasante media, disminuye la velocidad de recorrido. Sin embargo también pueden traer consigo aumentos muy significativos de otras emisiones (NO_x, CO₂), ya que para los vehículos pesados y autobuses éstas dependen en gran medida de la inclinación de la rasante, no sólo de la velocidad.
- Sin embargo, las variaciones de la rasante no son determinantes en la cantidad de emisiones de CO y HC.

- Una reducción de 80 cm de la calzada en un sentido y de 60 cm en los despejes laterales consigue reducir la velocidad media de los vehículos en algo menos de 3 km/h, lo cual favorece la reducción de emisiones pero no tanto como otras medidas, como la variación de la velocidad de diseño.

Nótese que todas estas variaciones en la cantidad global de emisiones se corresponden con modificaciones de un único factor de diseño, pudiéndose alcanzar reducciones más significativas mediante la combinación de varias modificaciones.

En la Tabla 5 se compara la situación inicial de diseño con una combinación de dos modificaciones de los parámetros: la variación de la anchura de la calzada y la disminución de la velocidad de diseño.

Como puede apreciarse, el efecto de la combinación de las soluciones 3 y 6 (reducción anchura de calzada y variación de la velocidad de diseño) trae consigo una reducción adicional de emisiones, pero inferior a la producida mediante la variación del número de carriles.

En cualquier proceso de planificación y diseño es necesario llevar a cabo un análisis multicriterio, considerando diversos factores en el estudio. A pesar de

Tabla 5

ANÁLISIS COMPARATIVO DE EMISIONES 3

		EMISIONES (Kg)				
		CO	HC	NO _x	PM	CO ₂
Solución 0	NO HACER NADA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Solución 1	VARIACIÓN RASANTE (ONDULADO)	-0,45%	-0,40%	36,37%	0,54%	23,31%
Solución 2	VARIACIÓN RASANTE (MONTAÑOSO)	-3,20%	-2,67%	54,63%	-5,29%	47,94%
Solución 3	VARIACIÓN ANCHURA DE CALZADA (reducción de 80 cm en calzada y 60 cm en despejes laterales)	-0,48%	-0,46%	-2,48%	-1,32%	-0,01%
Solución 4	VARIACIÓN N° CARRILES POR SENTIDO (de 3 a 2)	-2,93%	-2,82%	-18,43%	-9,08%	-0,09%
Solución 5	VARIACIÓN VELOCIDAD DE DISEÑO (de 120 a 110 km/h)	-1,66%	-1,68%	-9,62%	-5,00%	-0,04%
Solución 6	COMBINACIÓN MEDIDAS 3 Y 5	-1,95%	-1,98%	11,60%	-5,98%	-0,05%

que la variación del número de carriles ha demostrado ser la medida más eficaz en el ejemplo propuesto, se trata de un ejercicio teórico, ya que esta medida difícilmente podrá ser llevada a la práctica debido a problemas de congestión, económicos, sociales, etc.

6.2. Autopista. Fase de explotación

En esta ocasión se ha analizado el efecto que causaría sobre la cantidad total de emisiones de cada gas la instalación de un *sistema de señalización dinámica o variable* para la reducción de la velocidad en función de las condiciones del tráfico. Asimismo, se ha evaluado el impacto de sistemas de gestión, como la restricción del tráfico de vehículos pesados.

El sistema de señalización dinámica es el que se ha implantado, por ejemplo, en los accesos a Barcelona, en la autopista de Castelldefels y en la autopista del Garraf. Consiste en variar los límites de velocidad en función de la densidad del tráfico. Los tres objetivos de esta medida son la reducción de las situaciones de congestión, la mejora de la seguridad vial y, por supuesto, la reducción de la contaminación atmosférica.

En cuanto a las restricciones de tráfico, se han tomado como ejemplo algunas experiencias llevadas a cabo en Estados Unidos sobre restricciones de circulación de vehículos pesados.

Para su análisis, se parte de la situación inicial contemplada en el caso anterior, para el mismo tramo. En la Tabla 6 (página siguiente) comparativa en la que se puede apreciar la disminución de emisiones conseguida gracias a la instalación de un sistema de este tipo.

Como puede observarse, la implementación de un sistema de gestión de señalización dinámica provocaría una reducción de emisiones del 30,4% de CO, del 30,38% de HC, del 39,8% de NO_x, del 34,2% de PM y del 28,6% de CO₂.

Las restricciones de tráfico de vehículos pesados también consiguen reducciones significativas de emisiones, especialmente de CO (-36,8%) y CO₂ (-23,2%).

Cada una de las medidas analizadas tiene a su vez un efecto sobre la seguridad vial. La gestión de señalización dinámica constituye un sistema flexible, capaz de ajustarse a las condiciones reales de circulación y meteorológicas, lo cual incide directamente sobre la seguridad de la vía. En cuanto a las

Tabla 6

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE SITUACIÓN INICIAL, SEÑALIZACIÓN DINÁMICA Y RESTRICCIÓN DEL TRÁFICO

Análisis comparativo de alternativas		EMISIONES (Kg)				
		CO	HC	NO _x	PM	CO ₂
Alternativa 0	NO HACER NADA	417.182,00	17.544,66	68.215,73	2.311,22	19.779.927,96
Alternativa 1	SEÑALIZACIÓN DINÁMICA	290.421,17	12.214,23	41.079,58	1.520,42	14.118.065,13
Alternativa 2	RESTRICCIONES DE TRÁFICO	263.704,20	15.153,61	54.563,99	1.844,64	15.192.722,10
Reducción	SEÑALIZACIÓN DINÁMICA	-30,39%	-30,38%	-39,78%	-34,22%	-28,62%
de emisiones (%)	RESTRICCIONES DE TRÁFICO	-36,79%	-13,63%	-20,01%	-20,19%	-23,19%

restricciones de vehículos pesados, distintos estudios llevados a cabo en Estados Unidos afirman que la restricción de tráfico de los vehículos pesados podría generar mejoras en la seguridad debido a la homogeneización del tráfico, así como una reducción de los tiempos de viaje.

Foto 4. La metodología desarrollada permite evaluar cualquier tipo de carretera



7. APLICACIÓN PRÁCTICA: «N-230» EN LLEIDA

Con el objeto de poder realizar una aplicación real con el calculador desarrollado, se ha considerado un Estudio Informativo que el Ministerio de Fomento ha estado realizando en la misma época en que se ha desarrollado el presente proyecto.

Para ello, se ha tomado el Estudio Informativo para el Acondicionamiento a

Carretera C-80 de la «N-230 Sopeira – Frontera con Francia, tramo: Boca Norte del túnel de Viella – Frontera con Francia (PP.KK. 156+640 al 187+100)», en la Provincia de Lleida.

El objeto de este Estudio Informativo es el de acondicionar la citada carretera convencional a una velocidad de proyecto de 80 km/h y a una plataforma de 7,00 metros de ancho de calzada y arcenes de 1,5 metros.

La finalidad fundamental es la de mejorar la carretera existente para evitar el tráfico pesado por las travesías urbanas y, dentro de éste, el de mercancías peligrosas en particular. El tráfico aforado presenta un valor de la IMD de 3.360 (año 2006) y su distribución modal es la siguiente: 1% motocicletas, 83% ligeros y 16% pesados.

Aunque el Estudio Informativo se encuentra en la Fase A y no llega a definir todos los parámetros que deben introducirse en el modelo, se ha realizado una simulación, adoptando valores estimados donde no se ha dispuesto de valores concretos.

En el Estudio se plantean 7 soluciones alternativas, que son las que se han analizado y comparado, desde el punto de vista de las emisiones de gases contaminantes que generarían cada una.

Los datos que han variado entre las distintas alternativas corresponden a las rasantes en función de los ejes de trazado que las componen. Su descripción pormenorizada se encuentra en el citado estudio.

No obstante, en la Tabla 7 se resumen las principales características del trazado

Ilustración I. Portada del Estudio Informativo de la carretera N-230.

 Ministerio de Fomento	SECRETARÍA DE ESTADO DE PLANIFICACIÓN E INFRAESTRUCTURAS Secretaría General de Infraestructuras DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS DEMARCACIÓN DE CARRETERAS DEL ESTADO EN CATALUÑA. UNIDAD DE LLEIDA	
	RED DE CARRETERAS DEL ESTADO	CLAVE: E12-L-17
TPO DE ESTUDIO: ESTUDIO INFORMATIVO		
CLASE DE OBRA: ACONDICIONAMIENTO CARRETERA C-80	TÍTULO: BOCA NORTE DEL TÚNEL DE VIELLA - FRONTERA CON FRANCIA, PP.KK. 156+640 AL 187+100	
CARRETERA: N-230 SOPEIRA - FRONTERA CON FRANCIA	PROVINCIA: LLEIDA	
FASE A		
INGENIERO DIRECTOR DEL ESTUDIO: JUAN ANTONIO ROMERO LACASA		
INGENIERO AUTOR: RAFAEL ARGÜELLES PINTOS		
CONSULTOR:  		

Tabla 7

CARACTERÍSTICAS DE TRAZADO

Alternativa	R mín	R máx	Long $i \geq 6\%$	Long túnel	Long viaducto
1	470	5.000	8.623	4.870	2.995
2	400	5.000	8.320	1.470	3.015
3	400	5.000	7.850	850	2.840
4	400	5.000	7.760	510	2.800
5	400	5.000	5.374	1.050	5.165
6	400	5.000	6.430	1.120	6.795
7	400	5.000	5.735	1.110	3.645

de las 7 soluciones analizadas. En ella se describen los radios mínimo y máximo de las curvas en planta, las longitudes de tramos con rasante mayor o igual del 6%, la longitud en túnel y la longitud en viaducto. Todas en metros.

El resultado de las emisiones totales anuales de las 7 alternativas obtenido con el calculador es el que se refleja en la Tabla 8.

Tabla 8

ANÁLISIS COMPARATIVO DE EMISIONES

Emisiones (kg/año)	CO	HC	NO _x	PM	CO ₂
Alternativa 1	10.990	1.501	4.931	313	2.753.345
Alternativa 2	12.055	1.646	5.409	344	3.020.251
Alternativa 3	11.943	1.631	5.359	340	2.992.156
Alternativa 4	12.111	1.654	5.435	345	3.034.299
Alternativa 5	11.887	1.623	5.334	339	2.978.108
Alternativa 6	12.391	1.692	5.560	353	3.104.537
Alternativa 7	13.176	1.800	5.913	376	3.301.205

Como puede apreciarse, no existe gran diferencia entre estas alternativas, pues el trazado, tanto en planta como en alzado, es muy similar. Sin embargo, la alternativa 1 destaca sensiblemente sobre las demás, al mostrarse como la que menores emisiones implicaría.

Lo que es importante, desde el punto de vista de los investigadores, es que en las conclusiones del citado Estudio

Informativo del Ministerio de Fomento se proponen cuatro alternativas como las mejores para desarrollar más en detalle en la siguiente fase.

Estas soluciones son las alternativas 1, 3, 4 y 5. Como puede apreciarse en la tabla anterior, estas alternativas también están entre las mejores en cuanto a la emisión de gases contaminantes, según los resultados obtenidos por el calculador desarrollado.

Una definición del trazado de estas alternativas en la siguiente fase permitiría su evaluación y comparación con el calculador citado, permitiendo seguir seleccionando las mejores desde el punto de vista de este factor.

8. CONCLUSIONES

Una vez desarrollada la metodología propuesta y su aplicación a casos concretos, puede concluirse el carácter práctico e innovador del calculador y de los resultados obtenidos.

A partir de los ejemplos de aplicación y del análisis de sensibilidad realizados, empleando el calculador desarrollado para estimar las emisiones y la reducción obtenida mediante la aplicación de medidas reductoras, puede concluirse que no todas las medidas son eficaces en todos los casos.

Así, para el caso de autopistas y autovías, en general, pueden extraerse las siguientes conclusiones del análisis de sensibilidad realizado:

- Las emisiones de NO_x son las que más varían al modificar los parámetros de diseño.
- Las emisiones de CO₂ crecen significativamente al aumentar la

inclinación de la rasante, sin embargo se mantienen casi inalteradas con otras modificaciones del diseño, como la variación de la anchura de la calzada, la variación del número de carriles por sentido o la variación de la velocidad de diseño de la vía.

- La velocidad de recorrido es uno de los factores que más influyen en la cantidad de contaminantes emitidos a la atmósfera, por lo que aquellas medidas que más restrinjan este parámetro conseguirán unas mayores reducciones en las emisiones.
- Con el fin de no empeorar otros aspectos como el nivel de servicio, es conveniente conjugar las acciones que producen cambios en varios parámetros, en vez de modificar en gran medida uno sólo.
- Mediante esta herramienta, el diseñador, que habitualmente tenía en cuenta los parámetros de diseño para compensar movimientos de tierra, garantizar la seguridad mediante la elección de radios adecuados, el cálculo de distancias de parada y visibilidad suficientes, etc., también podrá comprobar si dichos parámetros perjudican o benefician al medioambiente por las emisiones de gases contaminantes que sean capaces de generar o reducir.

Esta metodología supone una herramienta más para que el Ministerio de Fomento y el resto de Administraciones puedan tomar decisiones en las distintas fases de la ingeniería de carreteras (planificación, estudios, proyecto y explotación) a favor de soluciones sostenibles, que impliquen unas menores afecciones al entorno y a la salud humana.

9. REFERENCIAS

AINCHIL, J. *et al.* (2008). *Métodos de evaluación de la contribución a la sostenibilidad del empleo de residuos y materiales subóptimos en firmes de carreteras*. España: II Congreso Nacional de Firmes.

ANDRÉ, M. *et al.* (1999). *Methods of estimations of atmospheric emissions from transport*.

European scientific stat of the art. Action COST 319. Final report.

BLASCO, P. (2005). *Carreteras ecológicas*. El mundo, 5.600.

COPELAND, C. *et al.* (1983). *Simulation of vehicles emissions at intersections*. Texas:

- Texas State Department of Highways and public, Transportation Planning Division.
- DE LA PEÑA GONZÁLEZ, E. (2008). *El transporte por carretera y el cambio climático*. Carreteras, 160, (67-74).
- EEA, 2006. *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2008*. EEA Report. No 5/2008.
- EEA, 2008. *Beyond transport policy-exploring and managing the external drivers of transport demand*. Illustrative case studies from Europe. EEA. Technical Report. N° 12/2008. Copenhagen.
- EEA, 2008. *Climate for a transport change. TERM 2007: indicators tracking for a transport and environment in the European Union*. EEA Report. No 1/2008.
- EEA, 2008. *Manual for the European Environment Agency Air Pollutant emissions Data Viewer (NEC Directive)*. EEA, Copenhagen.
- EEA, 2008. *Success stories within the road transport sector on reducing greenhouse emission and producing ancillary benefits*. EEA Report. No 2/2008.
- EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT (2003). *Implementing sustainable urban travel policies*. Paris: OECD Publications Service.
- GKATZOFLIAS, D. et al. (2007). *COPERT 4 Computer programme to calculate emissions from road transport*. User manual (version 5.0). Greece: Laboratory of applied thermodynamics mechanical engineering department. Aristotle University Thessaloniki.
- GREENHOUSE GAS INVENTORY PROGRAMME: *CHANGES MADE FROM 2005 GHGI*. Reino Unido: National Atmospheric Emissions Inventory.
- HAWORTH, N. et al. (2004). *Driving to reduce fuel consumption and improve road safety*. Australia: Monash University Accident Research Centre.
- INTERNACIONAL CLIMATE CHANGE PROGRAMS (2008). *Lessons Learned from the European Union's emissions Trading Scheme and the Kyoto Protocol's Clean Development Mechanism*. United States: Accountability Office.
- IPCC, 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- JOUMARD, R. (1999) *Methods of estimation of atmospheric emissions from transport: European scientist network and scientific state-of-art*. Action COST 319. Final Report. France.
- KHANNA, P. *Canada's approach to reducing GHG emissions from motor vehicles*. Ontario: Natural Resources Canada.
- KOURIDIS, C. et al. (2000). *COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport*. Copenhagen: European Environment Agency.
- LARSEN, B. (2008). *Copenhagen Consensus 2008 Air Pollution Challenge Paper*. Copenhagen: Consensus Centre.
- LESUEUR, D. et al. (2008). *Una herramienta para evaluar el análisis de ciclo de vida en la construcción de carreteras: el software GAIA*. España: II Congreso Nacional de Medio Ambiente en Carreteras.
- MEIRA, P. A. (2008). *Comunicar el Cambio Climático. Escenario social y líneas de actuación*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino - Organismo Autónomo de Parques Nacionales.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2006). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. Madrid: Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, MEDIO RURAL Y MARINO (MARM) (2007). *Perfil Ambiental de España 2007*. Madrid: MARM.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, MEDIO RURAL Y MARINO (MARM) (2008). *Emisiones de gases de efecto invernadero*. Madrid: Banco público de indicadores ambientales del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, MEDIO RURAL Y MARINO (MARM). (2008). *Nota sobre los principales resultados de la 14ª Conferencia de las partes de la convención marco de Naciones Unidas sobre cambio climático y del vigésimo noveno periodo de sesiones de los órganos subsidiarios*. Poznan (Polonia). España: Oficina Española de Cambio Climático.

- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, SECRETARÍA GENERAL PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2008). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de España 1990-2006*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- NTZIACHRISTOS, L. *et al.* (2009). 1.A.3.b. Road Transport TFEIP endorsed draft. *Emisión Inventory Guidebook*. European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) / European Environment Agency (EEA).
- PULIDO SÁNCHEZ, C. (2004). *Tema 72: Conducción económica y contaminación del medio ambiente*. Precauciones a adoptar para evitar la contaminación. La descontaminación como actividad previa a la baja del vehículo: su finalidad (5-10), en Pulido, C. Temario Especifico Escala Superior Técnicos de Tráfico. Madrid.
- PULIDO SÁNCHEZ, C. (2004). *Tema 73: La contaminación atmosférica: el deterioro del medio ambiente. Los vehículos como fuente de contaminación. Medida directa de la contaminación producida por los vehículos. Monóxido de carbono. Humos. Medida de contaminación en el medio ambiente (4-12)*, en Pulido, C. Temario Especifico Escala Superior Técnicos de Tráfico. Madrid.
- RACERO, J. *et al.* *Metodología para el inventario de emisiones contaminantes y consumo energético en zonas urbanas*. Aplicación a Sevilla.
- SAMPEDRO, A. *El protocolo de Kioto en la ingeniería de carreteras*. Revista Carreteras. Madrid.
- SHAH, J. (2008). *Copenhagen Consensus 2008 Air Pollution Perspective Paper*. Copenhagen: Consensus Centre.
- SOTO SÁNCHEZ, JOSÉ A. *et al.* (2008). *Sistemas de baja emisión*. Carreteras, 155, (41-59).
- TERRÓN ALONSO, JUAN Á. *Biocombustibles: experiencia de utilización de la EMT de Madrid*. España: Municipal de Transportes de Madrid.
- THE NETHERLANDS MINISTRY OF HOUSING SPATIAL PLANNING AND THE ENVIRONMENT. *Traffic Emissions Policy Document*. The Hague: VROM.
- VERBEEK, R. *et al.* (2008). *Impact of biofuels on air pollutant emissions from road vehicles (Management Summary)*. Delft: TNO.
- RADHAKRISHNAN M. *et al.* Impact of left lane truck restriction strategies on multilane highways in Louisiana. Louisiana Transportation Research Center and Department of Civil and Environmental Engineering. Louisiana State University.

Estudio del futuro de las tecnologías inalámbricas de comunicaciones en la seguridad del tráfico ferroviario^(*)

Antonio BERLANGA DE JESÚS^(a)
José Manuel MOLINA LÓPEZ^(b)
Gonzalo BLÁZQUEZ GIL^(c)

RESUMEN: El proyecto tiene como objetivo principal estudiar los nuevos sistemas de comunicación inalámbrica para aumentar la seguridad en los sistemas de transporte ferroviario. A tal fin, se han estudiado diferentes tecnologías de comunicación y localización inalámbrica, diferentes tipos de sensores y sistemas de alimentación autónoma. A partir de este estudio se ha diseñado un sistema software para la comunicación y localización de los elementos y la carga de un tren de mercancías. El sistema software comprende tanto el protocolo de comunicación como la arquitectura software que permite su desarrollo.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha producido un cambio importante en los sistemas de señalización y control, desde los antiguos sistemas de relés a los sistemas basados en software, y desde la comunicación por cable a las comunicaciones inalámbricas. Actualmente se llevan a cabo desarrollos de sistemas de control, basados en comunicaciones abiertas vía IP y con comunicaciones radio tipo GPRS o GSM-R. Utilizan un enclavamiento electrónico con

equipos redundantes, con sistemas de comunicación abiertos IP en los niveles de comunicaciones con el sistema de operador, vía Wifi en entornos próximos y de tipo radio entre estaciones para bloqueos electrónicos. Este tipo de comunicación permite que el tren incorpore un sistema de comunicaciones vía radio tipo GPRS o GSM-R donde se puede acceder a la información tanto de elementos de campo próximos, como de cualquier otro dato de interés para el tren, como puede ser de ubicación de elementos de aviso que el

^(a) Doctor en Informática. Profesor Titular del Área de CC. de la Computación e I.A. Departamento de Informática. Universidad Carlos III de Madrid.

^(b) Doctor en Telecomunicaciones. Catedrático del Área de CC. de la Computación e I.A. Departamento de Informática. Universidad Carlos III de Madrid.

^(c) Ingeniero Informático. Departamento de Informática. Universidad Carlos III de Madrid.

^(*) El artículo corresponde al resumen del proyecto elaborado en el marco de las "Subvenciones para la realización de estudios y acciones de difusión relacionadas con el transporte, las infraestructuras y las demás competencias del Ministerio de Fomento. (Orden FOM/22/9/2008).

propio tren debe indicar su presencia y posibilite la actuación del sistema, como de reconocimiento que debe disponer en un determinado tiempo de dichas informaciones, en caso contrario, se producirá un aviso al maquinista que realizaría una reducción de velocidad del tren de acuerdo con una curva de frenado prefijada.

Estos sistemas se han centrado fundamentalmente en aumentar la seguridad de los sistemas ferroviarios desde el punto de vista de la infraestructura de vía, aunque parte del sistema se instala a bordo del propio tren, dotando de un sistema de información complejo al conductor donde puede visualizar toda la información externa [1]-[7]. Por supuesto el sistema de información a bordo, incluye información en tiempo real de la situación en la que se encuentra el propio tren (en el caso de los modernos trenes de viajeros).

En estos años se han desarrollado sistemas de gestión de información en cada vagón que se interconectan mediante cableado con la cabina donde se muestra toda la información tanto externa como interna al conductor. En el caso de los trenes de viajeros, la conexión por cable entre los vagones resulta rentable y parece que suficiente, en el caso de los trenes de mercancías, a día de hoy, no se utilizan conexiones entre los vagones por su excesivo costo, por lo que la utilización de redes inalámbricas estaría muy justificada.

En este estudio se pretende realizar un diseño de una herramienta que permita realizar fusión de datos procedente de los diferentes sensores dispuestos en el convoy, que monitorizan tanto sus elementos mecánicos como la carga que portan. Estos datos permitirán realizar la interpretación de la situación en la que se encuentra el tren y su carga. Se definirá la arquitectura y entorno del sistema de información y se generará una especificación detallada de los componentes del sistema, que sirva de base para su construcción.

Con la implementación del sistema se busca el aprovechamiento de las nuevas

tecnologías, para facilitar el control de la seguridad del tren y hacer más cómoda la interacción con los distintos sensores, permitiendo la monitorización de eventos y detección de problemas, aumentando así la eficiencia.

2. OBJETIVOS

El diseño de una herramienta que debe determinar la tecnología de comunicaciones inalámbrica más adecuada, requiere de la realización de los estudios de todos los elementos que la forman. De esta forma es necesario determinar cuál es la cobertura de señal de las tecnologías inalámbricas más prometedoras, el tipo de protocolos que se aplicarían a la red, las fuentes de alimentación que permiten la operatividad de los equipos, los sensores que monitorizan y transmiten la información y las arquitecturas software que permite gestionar la información.

3. SENSORES UWB, WIFI Y ZIGBEE PARA REDES AD-HOC

Las tecnologías susceptibles de ser utilizadas para realizar la comunicación en el ámbito ferroviario están sujetas a sus peculiaridades. Estas deben ser seguras, no deben ser atacadas por intrusiones ya que podrían permitir determinar la carga que portan, no deben interferir con otros sistemas del tren o de los puntos por los que este pase, sistemas de señalización, sistemas en estaciones, etc. Y deberían ser económicamente rentables, de manera que sería conveniente que no necesitasen de despliegues densos.

Dentro del gran número de tecnologías existentes nos centraremos en la tecnología de Ultra Wide Band (UWB), la más nueva y con una velocidad de transmisión más rápida, Wi-Fi, de uso más extendido, aunque con más problemas de cobertura y por último ZigBee, donde destaca por la alta configurabilidad de sus redes aunque adolece de una velocidad de transmisión más lenta.

3.1. UWB. Banda Ultra Ancha

UWB es una tecnología de comunicación por radiofrecuencia [8]-[10] implementada sin portadora de alcance WPAN (Wireless Personal Area Network) que permite velocidades altas de transmisión (0,1-1 GBps). Los sistemas de UWB presentan una principal ventaja respecto al resto de tecnologías de comunicación y es que existe un grupo de trabajo dentro del IEEE, el 802.15.4, el cual describe su arquitectura, funcionamiento y estudia las posibles mejoras del sistema. UWB no puede llevar solamente cantidades enormes de datos sobre una distancia corta con energía muy baja, sino también tiene la capacidad de llevar señales a través de obstáculos que tienden a reflejar señales en anchos de banda más limitados y con una energía más alta [11],[12].

Las principales aplicaciones a las que se está orientado UWB son:

1. La comunicación de datos en áreas de corto alcance. Debido a que su gran velocidad de transmisión permite conectar periféricos de última generación (discos duros externos, proyectores de alta definición, telefonía IP, etc.) de manera inalámbrica.
2. Sistemas de localización en interiores, ya que sus características permiten mejorar el resto de sistemas actuales aplicados a este problema.

En la actualidad, se ha creado una especificación para sistemas que no necesiten un alto volumen de transmisión de datos. Incluido en este estándar encontramos la 802.15.4a cuyo propósito es la localización de alta precisión. Tiene un coste energético bajo y un margen de error de un metro o menor.

Otra ventaja de las transmisiones que permite esta tecnología, es la resistencia a las interferencias procedentes de otras emisiones radioeléctricas y sus transmisiones de baja potencia, tienen un nivel de interferencia para otras señales radioeléctricas casi inapreciables, por lo que sus transmisiones no serán problemáticas en espacios en donde se dé

una alta densidad de ocupación del espectro radioeléctrico por emisiones de fuentes distintas. También tienen un alto nivel de penetrabilidad en los ambientes propensos a reflexiones ya que una reflexión provocará que el pulso reflejado sea percibido con cierto retardo respecto al recibido en el camino directo y al emitirlo en un corto espacio de tiempo se pueden desechar fácilmente aquellas que han sido recibidas de reflexiones. Se debe destacar el número de canales por los que puede transmitir (13 canales), superior al admitido por la tecnología RFID ya que ésta, únicamente puede transmitir por un único canal. Subrayar finalmente que UWB es una potencia de bajo consumo ya que realiza la transmisión a intervalos de tiempo, nunca de manera continuada como hacen otros sistemas, lo que supone un ahorro energético considerable.

Los sistemas UWB se pueden dividir en dos tipos según su funcionamiento, dependiendo de las características de la transmisión de las señales:

1. Los sistemas *PulsedUWB* con señales de tipo radar (*impulse radio*) en forma de pulsos de muy corta duración atacan directamente la antena, sin usar portadora (*carrierless*). Acceden al medio con esquemas tipo: TH-(*Time-Hopping*) o DS-(*DirectSequence*) CDMA.
2. Además existen los sistemas basados en portadoras, *Carrier-basedUWB*, que como en los sistemas radio convencionales cuentan con una señal en banda base que se convierte a paso banda para su transmisión mediante una modulación de canal. El esquema que usa portadoras con modulaciones de canal es similar al que se utiliza en otras tecnologías inalámbricas.

Nos centraremos en los sistemas basados en pulsos de muy corta duración en el tiempo y de baja potencia, *PulsedUWB*, los cuales son fáciles de situar de manera precisa en el tiempo (con desviaciones inferiores a un nanosegundo) y por tanto pueden ser utilizados para realizar la localización de los receptores.

A principios del año 2005 se desarrolló una capa física alternativa que se basa en la tecnología de pulso continuo de UWB (*Continuous UWB*), que se denominó 802.15.4a. Este grupo busca realizar comunicaciones y localización de alta precisión (menores a un metro) necesidades energéticas pequeñas y escalabilidad en la tasas de datos, distancia de transmisión, coste y consumo.

En este estudio se ha utilizado el sistema de UWB de la compañía Ubisense©, formado por dos tipos de sensores: las antenas encargadas de recibir las señales para realizar la localización y las etiquetas (*tags*) que emiten la señal a localizar. La arquitectura general de red que debe tener el sistema se muestra en la Figura 1. En dicha arquitectura existen tres sensores denominados esclavos que deben estar conectados al sensor maestro a través de un cable Ethernet y además cada uno de los sensores debe estar conectado al servidor donde se instalaran todas las aplicaciones por medio de un *hub*. Dicho *Hub* provee de la alimentación de potencia necesaria el funcionamiento de las antenas. Las antenas también pueden ser alimentadas mediante su propio transformador, opción que tendrá que aplicarse si se realiza el despliegue en un tren de mercancías.

Este sistema provee de dos bandas de frecuencia para las comunicaciones entre etiquetas y antenas. La primera de ellas, UWB, se utiliza para realizar la localización de manera precisa de las etiquetas. La segunda provee de comunicación bidireccional a 2.4 GHz para enviar comandos de control y telemetría a las etiquetas.

Existen dos tipos de *tags* que aunque las similitudes entre ambas son altas, estas ofrecen diferentes características.

El *tag Slim* de Ubisense está diseñado para adjuntarlo fácilmente a cualquier objeto o personas. El *tag Slim* permite ubicar al objeto en tiempo real con una precisión de 15 cm en tres dimensiones.

El *tag Compact* de Ubisense es el sensor de localización más pequeño ofrecido por Ubisense©, sus características y funcionamiento es similar a los Slim tags.

Figura 1. Arquitectura de red del sistema Ubisense

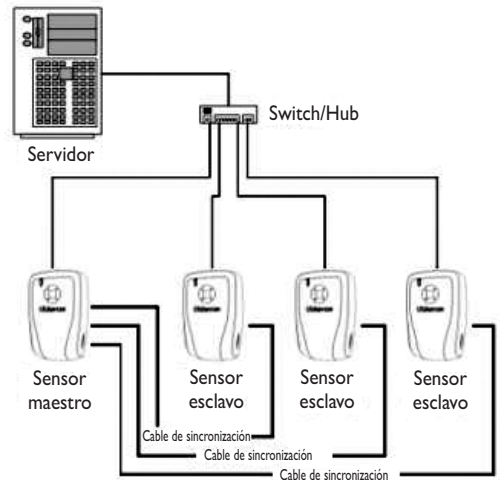


Figura 2. Antenas Ubisense de la serie 7000



Figura 3. Slim tag y Compact tag



También posee dos bandas de frecuencia para las comunicaciones entre etiquetas y antenas.

3.2. Wi-Fi. Wireless Fidelity

Wi-Fi es un sistema de envío de datos sin cables, inalámbrico, sobre redes computacionales mediante ondas de radio frecuencia. Se encuentra definido en el estándar IEEE 802.11-2007, documento que engloba a su vez diferentes versiones del protocolo en diferentes frecuencias de operaciones. Una de las características importantes de las redes WI-FI es que pueden implementarse como parte de una LAN, complementando a una red cableada y añadiendo flexibilidad en la topología y movilidad para los usuarios [13],[14].

Es importante añadir que las redes inalámbricas pueden componerse de diversos puntos de acceso, y que los dispositivos pueden intercambiar el AP utilizado para la conexión sin necesidad de desconectarse y de manera transparente para el usuario. De la misma manera que un teléfono móvil puede obtener cobertura de diferentes antenas a medida que cambiamos de posición. Además, existen dispositivos preparados para conectar partes especialmente alejadas de la red, como por ejemplo entre dos edificios diferentes. Dichos dispositivos, llamados puentes LAN inalámbricos permiten obtener redes WI-FI con una topología similar a la conseguida mediante la conexión de fibra óptica entre diferentes redes cableadas.

Una red Wi-Fi consta de tres componentes fundamentales:

1. Adaptador LAN: Un adaptador inalámbrico LAN contiene los componentes equivalentes a los encontrados en un adaptador para redes cableadas, ya que cumple la misma función. Además contiene todo lo necesario para establecer la conexión mediante ondas de radio, disponiendo habitualmente de una antena para ampliar y mejorar la recepción/emisión de la señal.
2. Punto de Acceso: Consiste en el equivalente a un Hub en una red

cableada. Permite conectar varios dispositivos de forma simultánea (proporcionándoles cobertura) y puede servir de enlace entre la red inalámbrica y la red cableada. Típicamente proporcionan una cobertura de entre 20 y 500 metros, y soportan entre 15 y 250 conexiones inalámbricas. Es importante destacar que la posibilidad de conectar varios puntos de acceso sin ninguna dificultad proporciona una gran escalabilidad a este tipo de redes.

3. Puente LAN inalámbrico: Permiten la conexión entre redes inalámbricas diferentes. Pueden ser desde un punto de acceso simple (para distancias reducidas) hasta aparatos especializados con antenas direccionales (para distancias más elevadas). Sería el componente que conectaría la red Wi-Fi del tren con otra red Wi-Fi, por ejemplo, en una estación.

La familia de estándares IEEE 802 establece todo lo referente a redes de ordenadores, tanto de LAN, como MAN o WAN. Dentro de los estándares establecidos en la familia 802, el 802.11 es el referido a las redes inalámbricas WLAN (*Wireless Local Area Network*, red inalámbrica de área local), definiendo todo lo necesario para establecer una red de área local que aproveche las virtudes de las conexiones inalámbricas. Las redes de área local pueden poseer una amplitud de unos pocos kilómetros de distancia, y son las escogidas en empresas y hogares para la comunicación de los diferentes dispositivos informáticos.

Dentro del grupo de trabajo 802.11 existen diferentes protocolos obtenidos a lo largo del tiempo para satisfacer diferentes necesidades, las redes estudiadas en este trabajo se encuentran estandarizadas en las versiones 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n del protocolo [15]. En este estudio, todas las medidas de Wi-Fi se han realizado con la versión 802.11g del protocolo, versión del estándar más extendida actualmente en las redes inalámbricas de Europa.

El estándar 802.11g es una evolución de la versión 802.11b, en el que se establecían las redes en la misma frecuencia. Data de Junio de 2003, y su posición dominante en el mercado se debe, principalmente, a su retro-compatibilidad con su predecesor (802.11b) y a que debido a que trabaja en la misma frecuencia que éste (2,4GHz), conserva una de sus virtudes, una menor atenuación de las ondas frente a los objetos sólidos que el estándar 802.11a (que trabaja a 5 GHz).

Cuenta con un total de catorce canales, separados por un ancho de banda de 5 MHz cada uno. Teniendo en cuenta que cada canal necesita un ancho de banda de aproximadamente 22 MHz, para conseguir velocidades de 54 Mbps, se observa que los canales se solapan unos con otros. Por tanto puede ser muy interesante no utilizar canales consecutivos en puntos de acceso muy cercanos que pueden interferirse entre sí. Su uso en espacios compartidos de canales solapados puede producir interferencias, reducción de la velocidad e incluso pérdidas de conexión.

Cuando se publicó el estándar en 1.999, en España se consideró válidos únicamente los canales 10 y 11. Posteriormente, en 2.000, el COIT publico el documento «WI-FI: El diferente uso del espectro en EEUU y Europa», en el que se equiparo la disponibilidad de los canales en España con el resto de Europa (canales del 1 al 13).

Uno de los mayores inconvenientes del estándar 802.11g reside en el mayor tráfico que sufre este ancho de banda de frecuencia, utilizada también por teléfonos móviles, dispositivos *Bluetooth* y dispositivos microondas, lo que puede traducirse en mayores interferencias.

La distancia máxima permitida entre dos puntos es de aproximadamente 400 metros. Si bien esta distancia depende en gran medida de la velocidad máxima utilizada y de las condiciones del terreno. La Tabla 1 muestra la evolución de la distancia máxima en función de estos dos parámetros.

Dado que el protocolo 802.11 g trabaja en la misma banda que la tecnología inalámbrica *Bluetooth* pueden producirse

Tabla 1

DISTANCIA MÁXIMA DE CONEXIÓN

Velocidad máxima Mbit/s	Distancia máxima, m (ambientes cerrados)	Distancia máxima, m (ambientes abiertos)
54	27	75
48	29	100
36	30	120
24	42	140
18	55	180
12	64	250
9	75	350
6	90	400

interferencias entre dispositivos de ambas tecnologías. Si bien la probabilidad de interferir es poco o muy poco probable debido a la dificultad de coincidir en tiempo y frecuencia, y a la diferencia entre las potencias utilizadas.

Se debe mencionar que la tecnología WI-FI no está pensada para crear dispositivos con especificaciones de gran autonomía, por ser una tecnología con un consumo energético elevado. Por ello, existen otros estándares del IEEE pensados para reducir (a costa de la velocidad de transmisión y/o el alcance de la misma) el consumo energético. No obstante, existen implementaciones que tratan de superar este problema creando sensores con consumos muy competitivos.

Para este estudio se ha utilizado el sistema *Wi-Fi* de Aruba Networks, Aruba 2400, compuesto por un *switch* y quince puntos de acceso capaces de crear hasta un máximo de 128 redes inalámbricas.

El punto de acceso retransmite la señal al *switch*. No realiza ninguna operación de descifrado o localización, delega en el *switch* toda la lógica del sistema. Para la instalación de los puntos de acceso se debe tener en cuenta la alimentación eléctrica y la conexión de datos. Para la alimentación eléctrica, al igual que para el sistema UWB, se dispone de dos opciones: utilizar el transformador suministrado con los puntos de acceso u obtenerla mediante la conexión de datos. Para la segunda opción es necesario que el punto de acceso se

Figura 4. Switch y punto de acceso Aruba



encuentre conectado directamente al *switch*, y no mediante una red de área local. De nuevo, deberá ser la primera opción la aplicada para un despliegue en trenes.

3.3. ZigBee

ZigBee es un sistema de telecomunicaciones inalámbrico desarrollado por la *ZigBee Alliance* a partir de estándar 802.15.4. ZigBee está pensado para redes con una tasa de transmisión moderada, y concebido como un sistema cuya duración sea mayor, con un coste de implantación bajo [16]-[19].

Se trata de una tecnología reciente cuyo ámbito de aplicación puede variar desde los sistemas domóticos hasta la automatización industrial, pasando por juguetes interactivos, telemetría, etc. Las redes creadas con la tecnología ZigBee pueden poseer hasta un total de 65.536 nodos, distribuidos en forma de malla, con unos tiempos de adhesión a la red, activación y acceso al canal menores a 30 ms, 15 ms, y 15 ms respectivamente. ZigBee puede operar en dos bandas de frecuencias diferentes, en la de 2,4 GHz y en la de 868 MHz/ 915 MHz. En la Unión Europea puede usarse la frecuencia de 868 MHz y la de 2,4GHz.

Una de las ventajas fundamentales que presenta la tecnología ZigBee frente a

otras competidoras radica en el bajo consumo de energía y la sencillez electrónica que presentan sus sensores. De esta manera, una instalación ZigBee puede llegar a durar años sin la necesidad siquiera de cambiar las baterías de los mismos. Además, los tiempos de latencia del sistema son muy reducidos, llegando una red a enumerar cada uno de los dispositivos en apenas 30 milisegundos e incorpora un sistema de seguridad AES de 128 bits en su capa de seguridad.

En un sistema ZigBee pueden existir tres tipos de dispositivos:

1. Coordinador ZigBee: Es el dispositivo encargado de iniciar la red, únicamente puede existir uno por red y puede llegar a actuar como *router* una vez iniciada la misma.
2. Router ZigBee: Componente opcional de la red que puede asociarse a un coordinador ZigBee o a otro *router* que forme parte de la red y participar en el encaminamiento de la información.
3. Dispositivo final ZigBee: Componente opcional de la red sin la capacidad de encaminar la información ni asociar nuevos dispositivos.

Con estos dispositivos, se puede disponer una red en malla.

El primer estándar relacionado con la tecnología ZigBee es el 802.15.4, englobado en el mismo grupo que UWB. En él se definen las capas física y de acceso al medio. Además, la ZigBee Alliance creó en 2.004 la especificación en la que se basan las capas de red, aplicación y seguridad. En 2.006 se publicó una nueva revisión del estándar, corrigiendo algunos errores y solucionando ciertas ambigüedades.

3.4. Otros Sensores. RFID

Los sistemas de identificación por radiofrecuencia conocidos como RFID (*Radio Frequency Identification*) [20] son una tecnología para la identificación de objetos a distancia sin necesidad de contacto ni línea de visión directa entre el

lector y el receptor. Los sistemas RFID forman parte de la tecnología AIDC (*Automatic Identification and Data Capture*) que también engloba otras tecnologías como el código de barras, OCRs, la identificación biométrica, etc.

Los sistemas RFID están compuestos por una etiqueta o *tag* RFID que consta de un microchip adjunto a una antena de radio y que sirve para identificar unívocamente al elemento portador de la etiqueta. Del mismo modo es necesario un lector que sea capaz de recibir y procesar los datos almacenados en la etiqueta. Además, es necesario disponer de un modelo de datos encargado de asociar a los portadores de las etiquetas a los códigos que las identifican, por tanto también se considera como parte de la arquitectura de los sistemas de radio frecuencia. El modelo de datos está unido a los lectores, disparándose cada vez que estos obtienen una nueva lectura de una etiqueta.

Los sistemas de RFID se pueden dividir en tres tipos [21],[22] según el tipo de la fuente de alimentación que poseen las etiquetas:

1. *Tags* pasivos: Los dispositivos pasivos no poseen fuente de energía propia, se activan cuando la señal emitida por el lector induce una corriente en el *tag* suficiente para generar y transmitir la respuesta. Las frecuencias de funcionamiento de los dispositivos pasivos son bajas. Únicamente son *tags* de lectura y además su tiempo de vida suele ser ilimitado. El rango de lectura de estos dispositivos está comprendido entre 10 cm y 6 m. Varía según la potencia, frecuencia y tamaño de la antena. Además, la capacidad de almacenamiento es pequeña (~126 b).
2. *Tags* semiactivos: Estos *tags* poseen una fuente de alimentación propia. Su uso es para alimentar al microchip y no para retransmitir la señal. Con estos *tags* eliminamos la necesidad de diseñar una antena para recoger la potencia de la señal entrante. El rango de lectura es mayor que los *tags* pasivos y su tiempo de vida es más dilatado que el de las etiquetas activas.

3. *Tags* activos: Este tipo de etiquetas sí poseen su propia fuente de alimentación por lo que pueden retransmitir a frecuencias mucho más altas (aproximadamente a 2,5 GHz). Al tener una fuente de alimentación, su tiempo de vida es limitado (cerca de unos 10 años). La capacidad de almacenamiento de estos dispositivos es mucho mayor que la de los anteriores (128 Kb). De igual manera, su rango de lectura puede llegar a ser de unos 200 metros.

Los sistemas de radio frecuencia no poseen un estándar común en el cual basar los procesos de fabricación, comunicaciones, etc. Sin embargo, en los últimos años han surgido varios grupos de especificaciones competidoras; estos grupos son la ISO y EPC. Ambas comparten el objetivo de conseguir etiquetas de bajo coste que operen en la banda UHF. Las clases EPC y los estándares ISO son incompatibles, aunque EPC Global está desarrollando un estándar (denominado Gen2) para lograr interoperatividad entre ambos.

Los principales aspectos en los que ambos grupos trabajan de cara a la estandarización RFID son: definir el protocolo de la interfaz aire que explica el modo en que las etiquetas y lectores se comunican mediante radiofrecuencia, definir el formato y la semántica de los datos que se intercambian entre etiquetas y lectores y por último definir la certificación, esto es, los productos RFID tienen que superar unas pruebas de calidad para garantizar el cumplimiento de los estándares y la interoperatividad con otros fabricantes.

4. COBERTURA UWB Y Wi-Fi

Se ha realizado un estudio de la cobertura en interiores con las tecnologías UWB y Wi-Fi. Se explicará cómo se han realizado las pruebas y se realizará una pequeña discusión sobre cuáles son las ventajas y desventajas de la tecnología en el entorno concreto escogido. Al final de la presente sección se presentará la

disposición óptima de los sensores para los escenarios seleccionados.

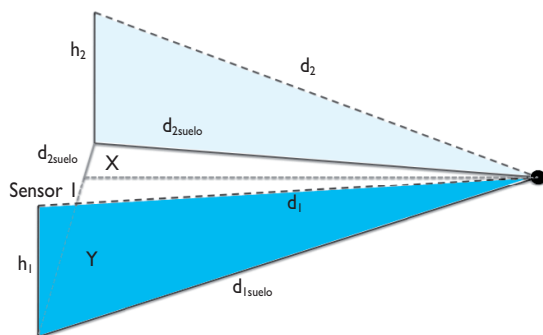
4.1. Cobertura con UWB

Para realizar la calibración del sistema y poder alcanzar la precisión teórica (30 cm) el sistema de localización mediante UWB necesita línea de visión directa (LoS) entre 3 de sus antenas. Los muros, columnas y todo tipo de obstáculos (es especial los metálicos) deben ser lo más pequeños posible y nunca de hormigón armado para que la atenuación producida en el entorno sea mínima.

El proceso de medición es común a todos los entornos donde el sensor maestro indica la posición 0-0 (origen de coordenadas) en el plano XY y uno de los sensores adyacentes corresponde la posición (0, y) donde «y» es la distancia en el plano XY entre ambos sensores. El resto de antenas se posicionan en el plano conociendo la distancia a las dos anteriores y mediante la resolución de ecuaciones trigonométricas (Figura 5).

Como la altura de cada uno de los sensores es conocida, se calcula las distancias que forma el cateto largo de los triángulos azul oscuro y azul claro (triángulo cuyo perímetro delimita la base de la antena, la antena y la etiqueta).

Figura 5. Cálculo de la posición real del tag



$$d_{y_suelo} = \sqrt{d_y^2 - h_y^2}$$

$$x^2 = d_{2_suelo}^2 - (d_{3_suelo} - y)^2 \quad (1)$$

$$y^2 = x^2 + d_{2_suelo}^2$$

Se realizaron varias peticiones a RENFE para que autorizara realizar medidas en vagones estacionados en el centro logístico de ADIF en Coslada, pero RENFE no autorizó las mismas.

Este ha sido el motivo por el cual todos los entornos en los que se han realizado las medidas han sido en diferentes localizaciones dentro del campus de la Universidad Carlos III de Madrid en Colmenarejo.

Se han realizado medidas en 4 entornos distintos.

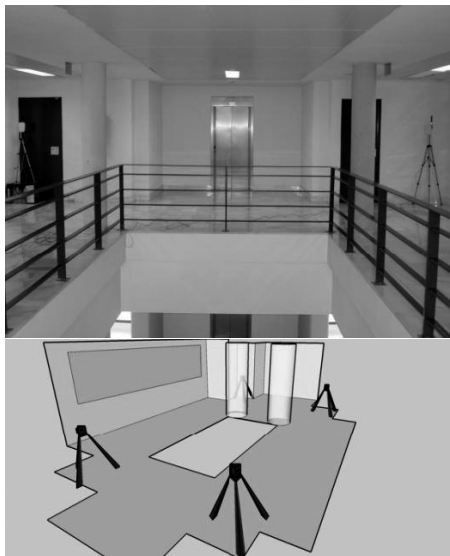
1. Un pasillo interior sin elementos estructurales dentro de la celda de localización.

Figura 6. Escenario I



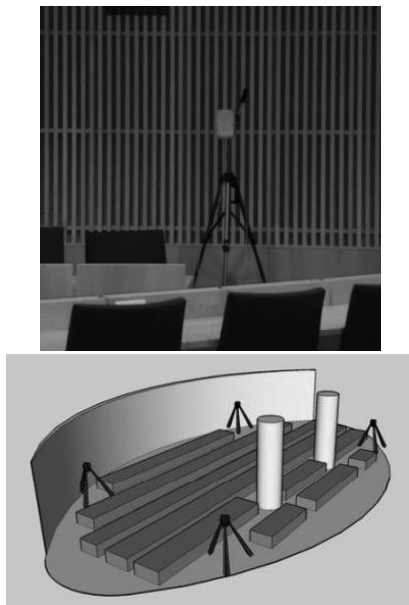
2. Atrio de escaleras centrales. Este entorno nos ofrece la posibilidad de comprobar el comportamiento del sistema en una estancia de dimensiones reducidas (aproximadamente 100 metros cuadrados), y con elementos estructurales de hormigón y metálicos en ellos.

Figura 7. Escenario 2



3. Sala de juntas. Este entorno ofrece la posibilidad de comprobar el comportamiento del sistema en una estancia de geometría circular y de mayor tamaño que las anteriores.

Figura 8. Escenario 3



4. Garaje subterráneo. Este entorno ofrece la posibilidad de comprobar el comportamiento del sistema en un

entorno con obstáculos de diferentes materiales tales como coches o columnas y el comportamiento del sistema en áreas más grandes, aproximadamente 400 metros cuadrados.

Figura 9. Escenario 4



Las medidas obtenidas sobre cada uno de los entornos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

MEDIDAS DE PRECISIÓN DEL SISTEMA UWB			
Entorno	Área, m^2	Error medio, m	Varianza media, m
1	69,5	0,51	0,05
2	73,7	0,34	0,07
3	112,1	0,75	0,22
4	234,0	0,37	0,10
Promedio		0,48	0,16

Se puede observar que en aquellos entornos donde el error medio es menor, la varianza media también lo es. Esto puede ser debido a dos causas: la primera es que en aquellos entornos donde no se han conseguido buenos resultados el sistema no estuviera correctamente instalado (calibración, cero roll, etc.) y por ese

motivo el error y la varianza aumenta. La segunda causa puede deberse a que el entorno sea muy desfavorable para las pruebas realizadas. Las principales dificultades que se han encontrado para la instalación del sistema en los diferentes entornos son: la falta de línea de visión directa entre más de dos sensores, etiquetas sin línea de visión directa con el sensor y entornos donde existan una gran cantidad de elementos metálicos donde se aumenta el efecto multicamino.

4.2. Cobertura con Wi-Fi

Los entornos seleccionados para realizar las medidas con el sistema Aruba 2400, son los mismos que los utilizados para las medidas del sistema UWB.

El método de trabajo utilizado en cada uno de los entornos, ha variado ligeramente en función de las particularidades de su geometría, y será explicado con mayor detalle. En general, consiste en crear un eje de coordenadas secundario, fácil de situar en el plano físico y cuyas coordenadas fueran paralelas a las del sistema de coordenadas inicial. De esta manera, situando un punto en el eje de coordenadas inicial, las coordenadas de ese punto en el sistema primario se obtienen mediante una sencilla transformación de ejes.

Para las medidas, se sitúan cada uno de los puntos de acceso (antenas *Wi-Fi*) aproximadamente en las posiciones que ocupaban las antenas UWB, de esta manera las medidas de precisión serán comparables entre ambos sistemas. Es importante destacar, que la cantidad y la disposición geométrica de las antenas influirán de manera decisiva a la hora de realizar una correcta localización. El sistema de localización Aruba se basa en la triangulación de la posición mediante la medición de la intensidad de la señal recibida en cada una de las antenas (RSSI). Por tanto, una buena disposición es esencial para realizar una buena localización.

Una vez instalado el sistema procederemos a colocar el dispositivo a localizar (*Tracker*), en este caso una PDA con conectividad inalámbrica.

Como ya se ha mencionado, el sistema Aruba utiliza la medida de potencia que recibe cada punto de acceso (RSSI) para realizar la triangulación de la posición del dispositivo. Pero es importante destacar que la medida del RSSI de cada antena no consiste en una medida instantánea, sino de una media calculada con todos los paquetes enviados en un determinado intervalo de tiempo. La granularidad máxima de medición es de un minuto, que es la permitida por el sistema.

Es importante considerar, que la calidad de la medición también dependerá en parte de la cantidad de tráfico generado por el dispositivo. Por tanto, debemos asegurarnos de que fluya tráfico que permita realizar una medición adecuada. Para ello, podríamos realizar desde el dispositivo un alto número de peticiones http, pero de manera más cómoda podemos ordenar al sistema Aruba 2400 que genere tráfico sintético (paquetes *null*) de forma constante.

En la Tabla 3 se presentan los resultados promediados obtenidos con el sistema Wi-Fi. Como se puede observar de los resultados, la distancia (área de cobertura) entre sensores no influye tanto en la precisión como una buena colocación de los mismos. Destaca el valor de varianza obtenido en el entorno 3, aunque la media del error cometido es alta (aproximadamente 3 metros y medio). La varianza pequeña puede ser indicativa de que es el tipo de entorno adecuado a esta tecnología, libre de elementos metálicos y con el menor número de elementos estructurales.

En resumen, se puede concluir que la tecnología *Wi-Fi* no es muy precisa para realizar localización de elementos (errores entre 3-7 metros), sin embargo el rango de

Tabla 3

MEDIDAS DE PRECISIÓN DEL SISTEMA WI-FI			
Entorno	Área, m ²	Error medio, m	Varianza media, m
1	74,5	7,37	9,58
2	80,0	3,59	1,11
3	112,1	3,42	0,09
4	193,0	5,16	1,06
Promedio		4,88	2,96

cobertura del sistema es muy alto (más de 400 metros cuadrados si el despliegue y el entorno lo permiten). Además este gran despliegue se puede conseguir con unas pocas antenas (cinco en nuestro caso).

Comparando ambos sistemas, se concluye que el sistema UWB es 10 veces más preciso en entornos interiores que el sistema *Wi-Fi*. Además los valores proporcionados por el sistema son más cercanos entre ellos (la varianza es pequeña) por tanto se puede filtrar más fácilmente el error cometido por esta tecnología.

Un resultado importante es que el valor de la varianza es pequeño respecto al error cometido (exceptuando en el primer entorno con la tecnología *Wi-Fi*). Aunque el comportamiento de ambas tecnologías es adecuado para el propósito estudiado, para realizar la elección de una de ellas deben considerarse otras características.

1. El sistema Aruba 2400 puede ofrecer servicios de comunicación entre dispositivos inalámbricos en contra del sistema Ubisense cuya comunicación es mucho más limitada.
2. La tecnología UWB es muy joven y por tanto existen pocos dispositivos comerciales que la implementen.
3. La velocidad de transmisión de la tecnología UWB es mayor que la tecnología *Wi-Fi*. En casos críticos puede ser recomendable sistemas veloces para comunicar alertas.
4. La posición óptima del sensor varía poco en ambas tecnologías aunque presenta más restricciones para el sistema UWB ya que necesita línea de visión directa entre al menos dos sensores y la etiqueta, por tanto el sistema debe estar colocado en altura para evitar en la medida de lo posible cualquier obstáculo. Además sus antenas deben estar orientadas hacia el suelo en el eje transversal.
5. El sistema *Wi-Fi* no posee tantas restricciones debido a que la emisión de la señal es omnidireccional y por tanto es mejor colocarlas en lugares centrados dentro del escenario de utilización.

En resumen, en caso de necesitar alta conectividad la mejor opción es el sistema

Wi-Fi ya que existen multitud de dispositivos y sensores que disponen de dicha tecnología. Sin embargo si se pretende realizar conexiones de alta velocidad y alta precisión en la localización la mejor opción sería utilizar UWB.

5. FUENTES DE ALIMENTACIÓN AUTÓNOMA

Debido a que los vagones de mercancías no poseen de conexión eléctrica, es necesario disponer de un generador de energía que de manera independiente suministre a cada dispositivo la corriente necesaria para su funcionamiento. Los principales generadores autónomos que permiten realizar esta función son los basados en energías renovables, como el propio movimiento del tren, el sol, etc. [23]-[26].

5.1. Piezoelectricidad

La piezoelectricidad es un fenómeno que presentan algunos materiales, como ciertos cristales (por ejemplo el cuarzo) o cerámicos que generan una carga eléctrica cuando se les aplica una tensión o presión mecánica, como puede ser un golpe o empujón. Si se golpea o deforma un material con cualidades piezoeléctricas, esa deformación provocará un voltaje que a su vez deformará el material, generando nuevamente una tensión eléctrica, y así sucesivamente. Este proceso oscilatorio no perdura infinitamente, se va amortiguando hasta desaparecer después de un cierto tiempo.

Los materiales piezoeléctricos de alto rendimiento han abierto nuevas posibilidades para obtener energía, utilizando el movimiento y las vibraciones ambientales para generar electricidad donde las baterías u otras fuentes de energía son poco prácticas o no se encuentran disponibles.

No obstante los sistemas piezoeléctricos ofrecen algunas desventajas para el uso en sensores inalámbricos ya que estos sensores suelen necesitar grandes cantidades de energía y además en corriente continua y la mayoría de las baterías piezoeléctricas comerciales ofrecen corriente alterna.

5.2. Energía solar fotovoltaica

La energía producida por el sol puede ser convertida a energía útil por el ser humano, de dos formas: ya sea para calentar algo (Energía solar térmica) o producir electricidad (Energía solar fotovoltaica). Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por semiconductores que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos. A mayor escala, la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica.

Existe gran diversidad de empresas que comercializan generadores autónomos basados en energía solar fotovoltaica, algunos de ellos, híbridos con otras fuentes como la piezoelectricidad.

5.3. Baterías inerciales

Una batería inercial es un acumulador eléctrico que almacena energía, en forma de energía cinética, utilizando para ello un volante o disco giratorio. Este sistema es muy útil montado en vehículos, ya que puede suministrar una gran cantidad de potencia en aceleraciones, y absorberla también de manera casi instantánea, en frenadas o retenciones. No tienen efecto memoria y almacenan mucha más energía en relación a su peso, comparado con las baterías químicas. En la actualidad se ha dado a conocer al público general a través del sistema KERS que pueden incorporarse en los coches.

6. REDES DE COMUNICACIONES

Antes de explicar que protocolos de comunicación utilizados para la creación redes ad-hoc de sensores, se comentaran los diferentes tipos de redes inalámbricas

según la infraestructura, esta clasificación se puede realizar en dos grandes grupos:

1. Redes con infraestructura: Las redes con infraestructura se denominan a aquellas que constan de elementos físicos para enlazar cada uno de los dispositivos que conforman la red entre sí. Cada host móvil debe comunicar con uno de estos enlaces dentro de su radio de acción. El nodo puede moverse libremente pero si sale fuera del rango de su enlace, debe conectar con otro para asegurar que la información llegue a su destino. La forma de enlazar cada uno de los dispositivos de la red se puede realizar a través de cableado o inalámbricamente.
2. Redes sin infraestructura (Ad-Hoc) [27]: Estas redes están formadas por hosts móviles, que pueden estar conectados entre sí arbitrariamente y de manera dinámica. Es decir, no hay ningún elemento fijo y la topología de la red puede adoptar múltiples formas siendo igual de funcional. En este tipo de redes, todos los nodos funcionan como *routers* y se ven involucrados tanto en el descubrimiento como en el mantenimiento de rutas. Los beneficios de éste tipo de redes, no centralización, la interconexión de nodos aislados, están impulsando el desarrollo en diversas aplicaciones en el campo multimedia, debido a los grandes requerimientos de ancho de banda y sobre todo de retardo que necesitan el diseño de protocolos capaces de asegurar una mínima calidad de servicio (QoS) en sus conexiones.

La descripción de los tipos de redes, topologías, los protocolos y algoritmos de encaminamiento se detallan en la memoria técnica del proyecto

7. ANÁLISIS DE LAS ARQUITECTURAS SOFTWARE PARA REDES CONFIGURABLES

La necesidad de construir aplicaciones complejas compuestas de multitud de subsistemas que interaccionan entre sí, es

el marco adecuado para la arquitectura basada en agentes. En este tipo de sistemas, la utilización de agentes y técnicas Multi-Agente permite la gestión inteligente de un sistema complejo, coordinando los distintos subsistemas que lo componen e integrando objetivos particulares de cada subsistema en un objetivo común. Este tipo de sistemas se emplean principalmente cuando los problemas son distribuidos o cuando la complejidad de la solución involucra distintos problemas.

Considerando cada subsistema con una capacidad de decisión local, el problema de la gestión se puede abordar desde una perspectiva de cooperación coordinada y negociada entre agentes. En este caso, el problema se puede plantear como un objetivo que no se puede alcanzar por un único subsistema y necesita de la colaboración del resto para obtener la solución. Este es un problema asimilable a los problemas de Sistemas Multi-Agentes (SMA) cooperantes que tienen como principales características [28]-[33]:

1. Existe una colección de agentes, definido cada uno de ellos por sus propias habilidades: adquisición de datos, comunicación, planificación y actuación.
2. El conjunto de todos los agentes tiene asignada una meta. Esta meta puede descomponerse en diferentes tareas independientes, de forma que se puedan ejecutar en paralelo. El conjunto de agentes debe ser capaz de asignar las tareas apropiadas a cada uno en función de la adecuación del agente a esa tarea y teniendo en cuenta la misión a realizar en común.
3. Cada agente tiene un conocimiento limitado. Esta limitación puede ser tanto del conocimiento del entorno, como de la misión del grupo, como de las intenciones de los demás agentes a la hora de realizar sus propias tareas.
4. Cada agente tiene cierta especialización para realizar determinadas tareas, en función de lo que conoce, la capacidad de proceso y la habilidad requerida.

La distribución de las decisiones entre los distintos nodos de la red fundamentalmente permite:

1. Mantener la autonomía de cada nodo de la red. Los nodos no dependen de la comunicación con otros nodos para realizar una priorización de sus tareas. Cada uno de los nodos decide en función de su propio entorno las tareas más relevantes a realizar.
2. Las decisiones internas se toman individualmente con los datos internos propios del nodo, estado del entorno del nodo. No es necesario que toda la información del sistema se encuentre en un único nodo.
3. Se descarga a un hipotético sistema central de la gestión de todo el sistema a nivel de cada tarea ejecutable por cada agente. Existen agentes que pueden tomar decisiones que involucran a todos los agentes e incluso planificar de manera coordinada un conjunto de tareas. El proceso de comunicación deberá atender a estas necesidades dotando de especial importancia a algunas de las decisiones de esos agentes centrales, pero la mayoría de las decisiones deberán ser consensuadas entre los agentes y no determinadas *a priori*.
4. La cooperación entre los distintos nodos se realiza de manera explícita mediante la comunicación de las necesidades de cada nodo.
5. La organización entre los nodos es dinámica, lo que permite una adecuación rápida de los nodos a la situación real de todo el sistema.
6. La información no estará centralizada en un único punto lo que hace que el sistema sea más robusto frente a situaciones de fallos.

En el problema de coordinación de agentes, tan importante es el proceso de razonamiento interno como el proceso de comunicación. El proceso de razonamiento interno consistirá en la toma de decisiones y en la determinación de la información que debe ser compartida. El proceso de comunicación debe fijar cómo y cuándo

debe producirse la comunicación entre los nodos. La comunicación, el qué y el cómo, entre los diversos agentes es muy importante a la hora de definir un SMA.

Las técnicas convencionales de ingeniería no tienen en cuenta las necesidades de especificación que necesitan los SMA. Algunos ejemplos de estas nuevas necesidades son: la especificación de planificación de tareas, intercambio de información con lenguajes de comunicación orientados a agentes, movilidad del código o motivación de los componentes del sistema. Por ello, es necesario plantearse la utilización de nuevas metodologías basadas en agentes.

Estas metodologías parten de un modelo, informal en la mayoría de casos, de cómo debe ser un SMA y plantean unas guías para su construcción. En las primeras metodologías, las guías consistían en una lista breve de pasos a seguir. Las más modernas sin embargo van progresando en la integración con la ingeniería del software clásica.

A continuación se indican algunas de las metodologías existentes hoy día para el diseño de los SMA.

7.1. Metodología MAS-CommonKads

MASCommonKADS [34] es una metodología para sistemas basados en conocimiento que define diferentes modelos en el ciclo de vida del sistema usando técnicas orientadas a objetos y técnicas de ingeniería de protocolos de modo que se rellenan una serie de plantillas de modelos interrelacionados.

Esta metodología contempla seis modelos para el análisis y un modelo de diseño. El modelo de análisis consta de: un modelo de agentes, un modelo de tareas, un modelo de experiencia o de conocimiento, un modelo de organización de la sociedad, un modelo de comunicación y un modelo de coordinación.

1. Modelo de la Organización (OM): Es una herramienta para analizar la organización en que el Sistema Basado en el Contexto va a ser introducido.
2. Modelo de Tarea (TM): Describe a un nivel general las tareas que son

realizadas o serán realizadas en el entorno organizativo en que se propone instalar el Sistema Basado en el Contexto y proporciona el marco para la distribución de tareas entre los agentes.

3. Modelo de Agente (AM): Un agente es un finalizador de una tarea. Puede ser humano, software o cualquier otra entidad capaz de realizar una tarea. Este modelo describe las capacidades y características de cada uno de los agentes.
4. Modelo de Comunicaciones (CM): detalla el intercambio de información entre los diferentes agentes involucrados en la ejecución de las tareas descritas en el modelo de tarea.
5. Modelo de la Experiencia (EM): El modelo de la experiencia es el modelo fundamental en la metodología CommonKADS y se encarga de modelar el conocimiento de resolución de problemas empleado por un agente para realizar una tarea. El Modelo de la Experiencia distingue entre el conocimiento de la aplicación y el conocimiento de resolución del problema. El conocimiento de la aplicación se divide en tres subniveles:
 - a. Nivel del dominio (conocimiento declarativo sobre el dominio)
 - b. Nivel de inferencia (una biblioteca de estructuras genéricas de inferencia)
 - c. Nivel de tarea (orden de las inferencias)
6. Modelo de Diseño (DM): Mientras que el resto de los modelos modelos tratan del análisis del Sistema Basado en el Contexto (SBC), este modelo se utiliza para describir la arquitectura y el diseño técnico del SBC como paso previo a su implementación.

Esta metodología cuenta a su favor con que es una de las más utilizadas gracias al nivel detalle que ofrece en el proceso de desarrollo del sistema, sin embargo, una desventaja que tiene es que, a pesar de contar con un conjunto de *frameworks* de agentes para su desarrollo, el nivel de

detalle que se podría alcanzar no es factible con dichas herramientas.

7.2. Metodología MaSe

MaSE (Multi-Agent Systems Software Engineering) [35] es una metodología orientada a objetos que considera los agentes como objetos con capacidades de coordinación y conversación. La especialización consiste en que los agentes se coordinan unos con otros vía conversaciones y actúan proactivamente para alcanzar metas individuales y del sistema. Cuenta con generación automática de código y notación UML (Casos de uso, diagramas de secuencia etc.). Además utiliza la herramienta AgentTool que soporta esta metodología y permite aplicarla para el desarrollo de SMA.

En MaSE los agentes son sólo una abstracción conveniente, que puede o no poseer inteligencia. En este sentido, los componentes inteligentes y no inteligentes se gestionan igualmente dentro del mismo armazón. El proceso de desarrollo en MaSE es un conjunto de pasos, la mayoría de los cuales se ejecutan dentro de la herramienta que soporta MaSE, AgentTool.

7.3. Metodología ZEUS

Zeus [36] proporciona una plataforma de agentes que facilita el desarrollo rápido de aplicaciones de agentes cooperantes, y que consiste en varios estados relacionados con los niveles de abstracción de los agentes en los que se define: la configuración de los agentes, la definición de las tareas en las que están involucrados los agentes, la organización de los agentes desde el punto de vista social y la coordinación de los agentes mediante protocolos de interacción. ZEUS es una herramienta para construir aplicaciones Multi-Agente colaborativas. Estas especificaciones son luego utilizadas para generar el código fuente en Java.

El objetivo del proyecto ZEUS es facilitar el desarrollo de aplicaciones Multi-Agente mediante la abstracción de los principios y componentes más comunes

a una herramienta. La idea es proveer una herramienta de propósito general y personalizable, que permita la creación de agentes colaborativos y que pueda ser usada por ingenieros de software con poca experiencia en tecnología de agentes para crear sistemas Multi-Agente.

La herramienta ZEUS consiste de un conjunto de componentes que se pueden dividir principalmente en tres grupos funcionales o librerías:

1. Una librería de componentes de agentes: Colección de clases que forman los bloques de construcción de los agentes individuales. El contenido de esta librería la comunicación, ontologías, coordinación, etc.
2. Una herramienta de construcción de agentes: Esta herramienta está diseñada para proveer un desarrollo rápido de agentes a alto nivel, ocultando la complejidad de la librería de componentes de agentes.
3. Un conjunto de agentes utilitarios: Consiste de un servidor de nombres, un facilitador para el descubrimiento de información, y un agente para visualizar o realizar la depuración de sociedades de agentes.

Si se compara con MaSE, que es la otra metodología que incluye una herramienta para desarrollar los agentes, la plataforma de Zeus es considerada más completa ya que incluso permite incluir ontologías, pero en cambio la metodología de MaSE es mucho más detallada, ya que en Zeus se limitan a las funcionalidades y roles de los agentes.

7.4. Metodología Tropos

Tropos [37] es una metodología basada en requisitos, los actores se relacionan con sus objetivos y la dependencia de actores definen obligaciones. Incluye protocolos de coordinación y comunicación. Las fases de las que consta esta metodología son:

1. Requerimientos tempranos (actores con sus objetivos representados por roles).

2. Requerimientos tardíos (obligaciones que el sistema puede esperar de los actores en el entorno).
3. Diseño de la arquitectura (se añaden más actores del sistema y se les asignan subobjetivos o subtareas).
4. Diseño detallado (los actores son definidos en detalle).
5. La fase de implementación (las especificaciones anteriores se transforman en un esquema de implementación).

7.5. Metodología AUML

Esta metodología se centra en reutilizar estándares ampliamente aceptados como es UML para orientarlo al campo de los agentes. Agent UML [38] es un lenguaje de modelado gráfico basado en UML. Provee distintos tipos de representación cubriendo la descripción del sistema, los componentes, la dinámica del sistema y el desarrollo.

No obstante, AUML es una metodología que trabaja a un nivel de detalle elevado, quizás demasiado elevado en sus etapas iniciales para problemas de gran magnitud, por tanto una buena solución será combinarlo con otras metodologías como GAIA para complementar la información del sistema.

AUML presenta un subconjunto de extensiones UML para la especificación de protocolos de interacción entre agentes (AIP o *Agent Interaction Protocols*). Sin embargo, UML, para capturar los diagramas de interacción entre los agentes, sería necesario tener tres modelos (diagramas de interacción, de estado, y de actividad), con AUML se pretende representar lo mismo pero con un único modelo, de modo que permite la secuencia de mensajes entre los agentes, y recoge la semántica necesaria para el acto comunicativo.

Las herramientas necesarias para representar los agentes en distintos diagramas: protocolos de interacción, modelo de agentes, entre otros. En AUML se expone en detalle la representación de cada agente del sistema, haciendo analogía entre los agentes reactivos y los deliberativos, incluyendo conceptos como

los servicios y protocolos que soportan, sus objetivos, conocimientos, normas, deseos, intenciones, planes y acciones, como así también el lenguaje de comunicación que utiliza y con qué ontologías trabaja cada servicio.

Los diseñadores de SMA utilizan actualmente Agent UML para representar los protocolos de interacción. Una gran ventaja de esta metodología, es que nos lleva directamente a la implementación, mientras que quizá la construcción de los diagramas sea costosa debido al grado de detalle que requiere.

7.6. Metodología GAIA

La metodología GAIA [39] considera el SMA como organización de entidades que interactúan. GAIA es una de las primeras y únicas metodologías puras de Agentes. En esta metodología se considera el SMA como una organización de entidades que interactúan entre sí. Los pasos a seguir se estructuran en dos fases:

1. Fase de análisis: Se realizan las especificaciones del sistema mediante los modelos de interacción y de roles en un alto nivel de abstracción. Los roles agrupan cuatro aspectos:
 - a. Responsabilidades del agente.
 - b. Recursos que se le permite utilizar.
 - c. Tareas asociadas.
 - d. Interacciones.
2. Fase de diseño: Se construyen los modelos de agente, servicios y conocimiento. Siempre es posible regresar a la fase de análisis para refinar los modelos obtenidos, de acuerdo a las necesidades en el diseño.

La versión extendida de GAIA considera también la estructura de la organización y las reglas. En esta fase se incluye: el modelo del entorno, un modelo preliminar de roles, un modelo preliminar de interacción y las reglas de la organización. La salida de la fase de análisis es aprovechada por la fase de diseño, cuyo objetivo es transformar los modelos de análisis en modelos con suficiente nivel de

abstracción de modo que se puedan aplicar las técnicas de diseño correspondientes para implementar los agentes.

La salida de este proceso es una especificación detallada pero independiente de la tecnología que puede ser fácilmente implementada usando un marco de programación de agentes apropiado. Dentro de la fase de diseño se encuentra la fase de arquitectura por un lado, que incluye la definición de la estructura de la organización del sistema y que completa los modelos de roles y de interacciones preliminares de la fase de análisis; y por otro lado, la fase de detalle, que incluye dos modelos más: modelo de agentes y modelo de servicios de modo que se identifican los tipos de agentes en el sistema y los principales servicios que llevan a cabo los diferentes roles de agentes del sistema.

La limitación principal de GAIA reside en que se queda en un nivel de abstracción alto en la definición del SMA. Sin embargo, esto puede ser considerado como un beneficio, desde el punto de vista de que se consigue una independencia de la implementación que se realice después. Otro aspecto que la diferencia de otras es que no presenta ninguna herramienta de soporte para desarrollo del sistema.

7.7. Metodología INGENIAS

INGENIAS [40] extiende la metodología MESSAGE, y propone un lenguaje para la especificación de SMA y su integración en el ciclo de vida, así como proporcionar una colección de herramientas para modelar, verificar y generar código de agentes (Ingenias Development Kit). INGENIAS profundiza en los elementos mostrados en el método de especificación, en el proceso de desarrollo, además de incorporar nuevas herramientas de soporte y ejemplos de desarrollo.

INGENIAS, se basa en que los agentes son el paradigma del modelado, ya que están a un nivel conceptual más alto que los objetos y más cercanos al dominio; se puede implementar sobre distintos tipos de plataforma, ya que esta metodología promueve el desarrollo de herramientas de generación de código que facilitan el paso

del modelo de análisis y diseño a la implementación; y por último, considera la evolución de la tecnología de agentes, ya que se adapta a nuevos lenguajes y estándares.

Esta metodología es muy completa ya que aporta una herramienta para generación de código bastante más flexible que Zeus o MaSE y además es configurable por los desarrolladores. Sin embargo supone demasiado despliegue para desarrollos pequeños y requiere la revisión de la documentación para aclararse entre la cantidad de entidades y relaciones existentes.

7.8. Metodología CoMoMAS

La metodología CoMoMas [41] (Contribución a la adquisición y modelado del conocimiento en un entorno multiagente; *Contribution to Knowledge Acquisition and Modelling in a Multi-Agent Framework*) es una extensión de la metodología CommonKADS, para el dominio de SMA. CommonKAS fue introducida como una metodología para el desarrollo de sistemas basados en conocimiento.

Para el modelado conceptual del MAS se siguen cinco pasos durante la etapa de análisis:

1. Especificación.
2. Construcción de modelos.
3. Validación.
4. Implementación.
5. Pruebas.

Los agentes al igual que en CommonKADS se diseñan a través de modelos, estos modelos utilizados son los siguientes:

1. Modelo de agente: Es el modelo central de la metodología donde se define la arquitectura del agente y el conocimiento del mismo, que se clasifica:
 - a. Social
 - b. Cooperativo
 - c. Cognitivo, reactivo
2. Modelo de la experiencia: Describe las competencias cognitivas y reactivas que posee el agente.

Distingue entre conocimiento de tareas, de resolución de problemas y reactivo. El conocimiento de las tareas contiene la descomposición de las tareas, descrita en el modelo de tareas. El conocimiento de resolución de problemas describe los métodos de resolución de problemas y las estrategias para seleccionarlos. El conocimiento reactivo describe los procedimientos para responder a un estímulo.

3. Modelo de tareas: El modelo de tareas describe la descomposición de las tareas indicando si son resolubles por el usuario o por un agente.
4. Modelo de cooperación: En este caso el modelo de cooperación describe la cooperación entre varios agentes. Se descompone en métodos de resolución de conflictos (métodos de negociación y cooperación) y conocimiento de cooperación (primitivas, protocolos y terminología de interacción).
5. Modelo del sistema: representa la organización de los agentes y describe la arquitectura del SMA y de sus agentes.
6. Modelo de diseño: define cómo pasar de los modelos previos a código ejecutable. Recoge los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación, así como las guías de diseño (plataforma y lenguaje de implementación) y la historia del diseño.

7.9. Plataformas de desarrollo de agentes

Aunque la utilización y desarrollo de SMA es relativamente reciente, ya existen diversos estándares y plataformas orientadas a su desarrollo. Esto facilita las tareas de integración e interoperabilidad, por lo que es necesario conocer de manera global los diferentes recursos disponibles para poder trabajar siguiendo unas directrices bien marcadas. Las plataformas más utilizadas son JADE y Mobile-C, este último presenta la ventaja de estar desarrollado en C/C++ lo que facilita su integración en sistemas empujados.

8. DISEÑO DE LA PLATAFORMA CON ARQUITECTURA MULTIAGENTE

Con el sistema de comunicaciones para los trenes de mercancías, se conseguirá la gestión automatizada y monitorización de los sensores de los trenes encargados del controlar la seguridad del mismo. Estos sensores se comunicarán entre ellos mediante un gestor de comunicaciones.

Con la implementación del sistema se busca el aprovechamiento de las nuevas tecnologías, para facilitar el control de la seguridad del tren y hacer más cómoda la interacción con los distintos sensores, permitiendo la monitorización de eventos y detección de problemas, aumentando así la eficiencia.

El *software* a diseñar debe encargarse de realizar la comunicación entre los vagones de un tren con su cabecera y así poder transmitir datos sobre los sensores que cada uno de los vagones posea. Cada vagón podrá poseer uno o varios tipos de sensores diferentes (presión, temperatura, posicionamiento, etc.). Por tanto, es necesario diseñar un formato de mensaje entendible por todos los sistemas *software* implicado y que además maximice el rendimiento de la red.

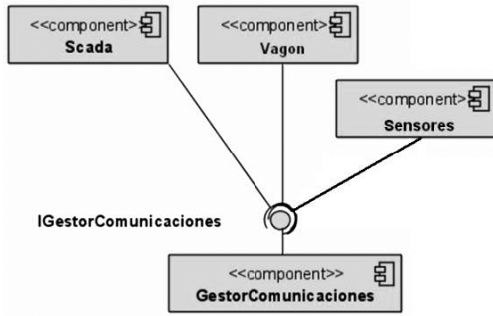
Todos estos valores se enviarán a la cabecera, donde cada uno de los sensores, será mostrado por pantalla en una interfaz SCADA. Esta interfaz tendrá que ser simple e intuitiva para facilitar al operador su control. Además existirá la posibilidad de configurar alarmas para alertar a los operarios de alguna anomalía en alguno de los sensores.

El diseño *software* completo se muestra en la memoria técnica del proyecto en forma de requisitos *software* (funcionales, no funcionales, operacionales, de interfaz, de recursos, de verificación, de documentación, de portabilidad y de calidad). En este artículo se mostrará solamente la arquitectura del *software*.

8.1. Diseño de Componentes

La arquitectura propuesta es una modificación de la arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC), el cual es un patrón de arquitectura de *software* que

Figura 10. Diseño de componentes



separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos.

El patrón MVC se ve frecuentemente en aplicaciones web, donde la vista es la página HTML y el código que provee de datos dinámicos a la página. El modelo es el Sistema de Gestión de Base de Datos y la Lógica de negocio, y el controlador es el responsable de recibir los eventos de entrada desde la vista. En la siguiente figura se muestra un diagrama de componente de primer nivel, con los subsistemas más importantes para su desarrollo.

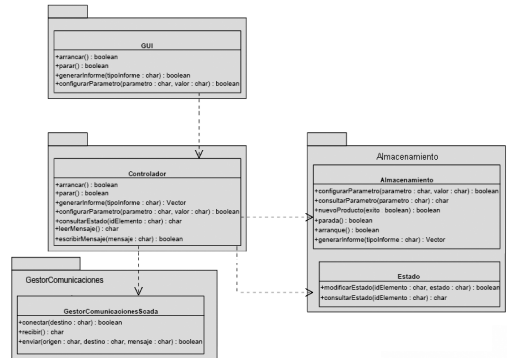
8.2. Arquitectura de primer nivel

La arquitectura elegida ha sido una adaptación de la arquitectura en tres capas en la que los subsistemas Scada, Vagón y Sensores que se comunicarán a través de la red local utilizando los servicios que proporciona el componente GestorComunicaciones, cada uno de los tres subsistemas mencionados incluirá su implementación del gestor de comunicaciones.

1. Capa de presentación, SCADA: Capa que presenta al usuario la información del sistema en un interfaz gráfico. Todas las acciones realizadas se comunican al subsistema Maestro con la interface IGestorComunicaciones. El componente Scada se divide en cuatro componentes, siguiendo una arquitectura por capas. El primer componente, GUI, se encarga de

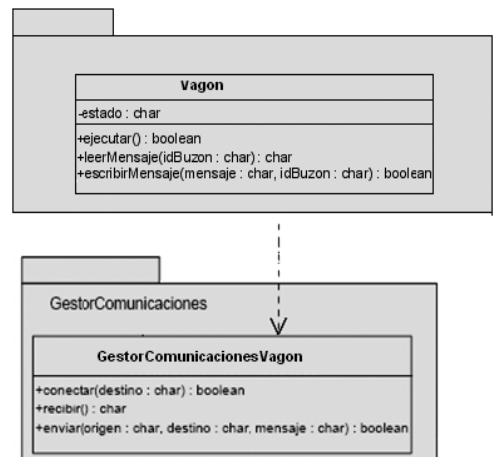
presentar todos los datos al usuario final de la aplicación en el Scada. El componente Controlador dirige las peticiones hacia el componente Almacenamiento, donde se guarda la configuración y el estado del sistema. El subsistema GestorComunicaciones une mediante paso de mensajes (FIPA-ACL) el subsistema Scada y el subsistema Vagón.

Figura 11. Subsistema Scada



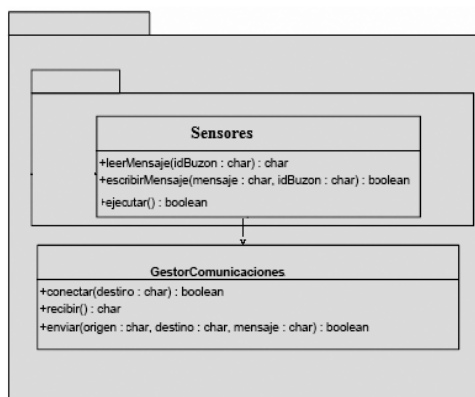
2. Capa de negocio, Vagón: En esta capa es la que controla el flujo de la ejecución de todo el sistema, recibe las peticiones del usuario a través del gestor de comunicaciones que vienen del SCADA. Todas las acciones realizadas se comunican al subsistema Scada y Sensores con la interface IGestor Comunicaciones.

Figura 12. Subsistema Vagón



3. Capa de datos, Sensores:
El subsistema de nivel más bajo, es donde se recogen los datos de los diferentes sensores y se envía la información al subsistema vagón. Todas las acciones realizadas se comunican al componente Vagón mediante la interface Igestor Comunicaciones.

Figura 13. Subsistema Sensores

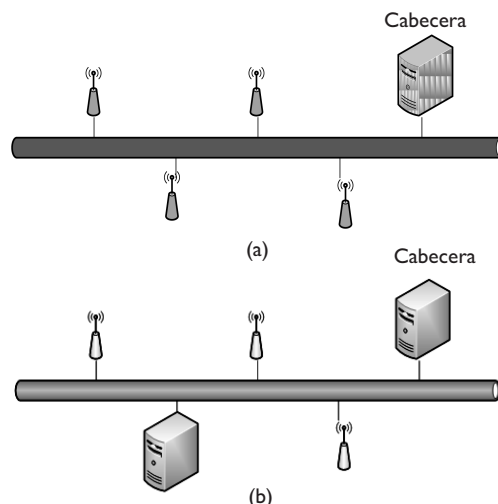


Los servicios ofrecidos por las interfaces del primer nivel que comunican las distintas capas se detallarán en los siguientes niveles de la aplicación descritos en la memoria técnica del proyecto.

8.3. Arquitectura hardware global del sistema

La red diseñada no dispone de arquitectura física ya que todas las comunicaciones se realizan inalámbricamente. Según la cantidad de sensores instalados y la longitud del tren se recomienda sustituir alguno de los puntos acceso por un ordenador que funcione como enrutador, reciba los datos de los sensores situados en los vagones anteriores, los propague hacia la cabina y por último guarde una copia de seguridad de estos. Es recomendable que cada 100 sensores instalados en el sistema, se instale un nuevo servidor para realizar una copia de seguridad interna de los valores obtenidos en el sistema.

Figura 2. Arquitectura global (a) y complementaria (b)



El único vagón cuya configuración hardware es diferente al resto es el de cabecera, ya que debe disponer de un servidor capaz de almacenar la información de todo el sistema y mostrársela al piloto o al personal encargado de configurar el sistema. El servidor necesario debe poseer las siguientes características:

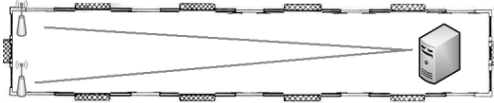
- Procesador Intel® Core 2 Duo 2.5 GHz
- Memoria RAM 4 GB DDR3
- Disco duro SCSI 150 Gb
- Tarjeta de red Wireless 802.11n
- Componentes: Se deberán instalar los siguientes sistemas para que la aplicación construida funcione correctamente. En el orden siguiente:
 - Sistema Operativo: Microsoft Windows XP
 - Lenguaje de programación: J2EE 1.6

Además deberá poseer una pantalla táctil para facilitar al usuario la interacción con el sistema. Existen múltiples pantallas disponibles en el mercado pero la seleccionada en este caso es la Elo TouchSystems Elo Entuitive 5000 Series 1928L Monitor.

Además, como la densidad de sensores en dicho vagón es menor que en el resto, es necesario instalar más puntos de acceso

para no crear un cuello de botella en la comunicación con el servidor central. Por tanto la configuración de la cabecera quedaría con dos sensores al inicio del vagón y el propio servidor.

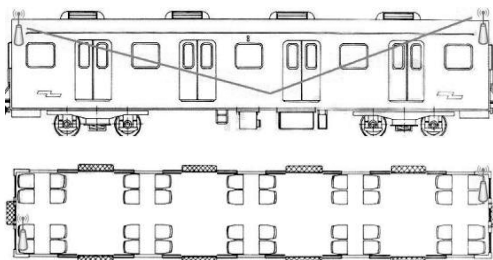
Figura 15. Puntos de acceso en la cabecera



En el caso de los vagones la arquitectura del sistema se simplifica, únicamente es necesaria la instalación de dos puntos de acceso ad-hoc capaces de retransmitir los valores de los sensores. La posición de estos puntos de acceso debe maximizar la visión directa con la mayoría de los sensores instalados. Estas posiciones son en el techo del vagón direccionado hacia el centro del mismo.

Para asegurar que siempre exista conexión entre todos los vagones con la cabecera se pondrán dos puntos de acceso en cada extremo del vagón, como se puede observar en la siguiente figura. Hay que recordar que los sensores están configurados como redes ad-hoc por tanto también hacen funciones de repetidor, los puntos de acceso no son estrictamente necesarios aunque mejoran la conectividad de la red.

Figura 16. Puntos de acceso en vagones



11. REFERENCIAS

- [1] KUMAR, K.R.; ANGOLKAR, P.; DAS, D.; RAMALINGAM, R., «SWiFT: A Novel Architecture for Seamless Wireless Internet for Fast Trains,» Vehicular Technology Conference, 2008. VTC Spring

2008. IEEE, vol., n.º., pp. 3011-3015, 11-14 may 2008.

- [2] NEIL, G., «On board train control and monitoring systems,» Electric Traction

9. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un sistema para la monitorización de los elementos y su carga en un tren de mercancías. Los vagones de mercancías no tienen cableado de datos con la cabecera y el coste de realizarlo hace necesario el desarrollo de un sistema inalámbrico. Las tecnologías actuales más prometedoras son las basadas en Ultra Wide Band y WiFi. Los sistemas UWB en la actualidad son caros, pero es previsible que según avance su implantación, tal y como ha ocurrido con otras tecnologías similares (cada dos años los receptores GPS dividían por dos su precio), estos se reduzcan considerablemente. Los sistemas WiFi tienen la ventaja de su sencillez para ser desplegados y la gran variedad de dispositivos que pueden utilizarlo pero el inconveniente de la vulnerabilidad a los ataques de acceso a los datos y la interferencia con otros sistemas de comunicaciones y control electromagnético.

El sistema se ha diseñado para que sea independiente del sistema físico empleado por lo que le dota de una gran versatilidad y escalabilidad. Obviamente los convoyes pueden tener un número diferente de vagones y no debería ser éste una limitación

10. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer el apoyo recibido por parte de José Alberto González Parrilla, de ADIF, como supervisor del proyecto. Nos brindó su colaboración desde el comienzo del mismo. Asimismo, agradecemos la disposición del personal de ADIF, en todo momento se han mostrado dispuestos a colaborar en este proyecto.

- Systems, 2006. The 9th Institution of Engineering and Technology Professional Development Course on, vol., n.º., pp. 211-241, 6-10 nov. 2006.
- [3] SHOJI, S.; IGARASHI, A., «New trends of train control and management systems with real-time and non real-time properties,» *Autonomous Decentralized Systems, 1997. Proceedings. ISADS 97., Third International Symposium on*, vol., n.º., pp. 319-326, 9-11 apr 1997.
- [4] KOBAYASHI, T.; IBA, O.; EBINE, H.; AOYAGI, S., «Advanced train administration and communication system based on ADS technologies,» *Autonomous Decentralized Systems, 1999. Integration of Heterogeneous Systems. Proceedings. The Fourth International Symposium on*, vol., n.º., pp. 388-391, 1999.
- [5] WATANABE, I.; TAKASHIGE, T., «Advanced automatic train protection system,» *Vehicular Technology Conference, 1994 IEEE 44th*, vol., n.º., pp. 1126-1129 vol. 2, 8-10 jun 1994.
- [6] SU-GIL LEE; SEONG-HO HAN; YOUNG-JAE HAN, «Development of Train Communication Network Simulator for Tilting Train,» *SICE-ICASE, 2006. International Joint Conference*, vol., n.º., pp. 714-717, 18-21 oct. 2006.
- [7] NEIL, G., «On board train control and monitoring systems,» *Electric Traction Systems, 2008 IET Professional Development course on*, vol., n.º., pp. 231-257, 3-7 nov. 2008.
- [8] G. R. AIELLO y G. D. ROGERSON, «Ultra-wideband wireless systems,» *Microwave Magazine, IEEE*, vol. 4, n.º. 2, pp. 36-47, 2003.
- [9] N. S. CORREAL, S. KYPEROUNTAS, Q. SHI y M. WELBORN, «An uwb relative location system,» in *Ultra Wideband Systems and Technologies, 2003 IEEE Conference on*, 2003, pp. 394-397.
- [10] G. DESTINO, D. MACAGNANO, G. ABREU, B. DENIS y L. OUVRY, «Localization and tracking for ldr-uwband systems,» in *Mobile and Wireless Communications Summit, 2007. 16th IST*, 2007, pp. 1-5.
- [11] LIUQING YANG; GIANNAKIS, G.B., «Ultra-wideband communications: an idea whose time has come,» *Signal Processing Magazine, IEEE*, vol.21, n.º. 6, pp. 26-54, nov. 2004.
- [12] FONTANA, R.; AMETI, A.; RICHLEY, E.; BEARD, L.; GUY, D., «Recent advances in ultra wideband communications systems,» *Ultra Wideband Systems and Technologies, 2002. Digest of Papers. 2002 IEEE Conference on*, vol., n.º., pp. 129-133, 2002.
- [13] P. PHAM, «Comprehensive analysis of the ieee 802.11,» *Mobile Networks and Applications*, vol. 10, n.º. 5, pp. 691-703, october 2005.
- [14] T. ZHOU, H. SHARIF, M. HEMPEL, P. MAHASUKHON y S. CI, «Performance of ieee 802.11b in mobile railroad environments,» in *Vehicular Technology Conference, 2005. VTC-2005-Fall. 2005 IEEE 62nd*, vol. 4, 2005, pp. 2527-2531.
- [15] «IEEE standard for information technology - telecommunications and information exchange between systems –local and metropolitan area networks– specific requirements part 11: Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications amendment 8: Medium access control (mac) quality of service enhancements,» *Tech. Rep.*, 2005.
- [16] E. FERRO y F. POTORTI, «Bluetooth and wi-fi wireless protocols: a survey and a comparison,» *Wireless Communications, IEEE [see also IEEE Personal Communications]*, vol. 12, n.º. 1, pp. 12-26, 2005.
- [17] T. GAO, L. SELAVO y M. WELSH, «Creating a hospital-wide patient safety net: Design and deployment of zigbee vital sign sensors,» *AMIA Annual Symposium proceedings / AMIA Symposium. AMIA Symposium*, 2007.
- [18] C. EVANS-PUGHE, «Bzzzz zzz [zigbee wireless standard],» *IEE Review*, vol. 49, n.º. 3, pp. 28-31, 2003.
- [19] A. WHEELER, «Commercial applications of wireless sensor networks using zigbee,» *Communications Magazine, IEEE*, vol. 45, n.º. 4, pp. 70-77, 2007.
- [20] R. WANT, «An introduction to rfid technology,» *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 5, n.º. 1, pp. 25-33, 2006.
- [21] B. NATH, F. REYNOLDS y R. WANT, «Rfid technology and applications,» *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 5, n.º. 1, pp. 22-24, 2006.
- [22] ZITO, DOMENICO, PEPE, DOMENICO, NERI y BRUNO, «Rfid systems: Passive versus active and a novel low-power rf transceiver for ieee 802.15.4 (zigbee) standard based applications,» *Journal of Low Power Electronics*, vol. 3, n.º. 1, pp. 96-105, april 2007.

- [23] R. AMIRTHARAJAH y A. P. CHANDRAKASAN, «Self-powered signal processing using vibration-based power generation,» *Solid-State Circuits, IEEE Journal of*, vol. 33, n.º 5, pp. 687-695, 1998.
- [24] K. AKINGBEHIN y A. AKINGBEHIN, «Alternatives for short range low power wireless communications,» *First ACIS International Workshop on Self-Assembling Wireless Networks. SNPD/SAWN 2005. Sixth International Conference on (2005)*, pp. 320-321. 2005, pp. 320-321.
- [25] A. D. JOSEPH, «Energy harvesting projects,» *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 4, n.º 1, pp. 69-71, 2005.
- [26] T. H. OWEN, S. KESTERMANN, R. TORAH y S. P. BEEBY, «Self powered wireless sensors for condition monitoring applications,» *Sensor Review*, vol. 29, n.º 1, pp. 38-43.
- [27] M. RUBINSTEIN, I. MORAES, M. CAMPISTA, L. COSTA y O. DUARTE, «A survey on wireless ad hoc networks,» 2006, pp. 1-33.
- [28] N. R. JENNINGS, K. SYCARA y M. WOOLDRIDGE, «A roadmap of agent research and development,» *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol. 1, n.º 1, pp. 7-38, march 1998.
- [29] J. FERBER, *Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*. Addison-Wesley Professional, february 1999.
- [30] M. WOOLDRIDGE y N. R. JENNINGS, «Intelligent agents: Theory and practice,» *Knowledge Engineering Review*, vol. 10, pp. 115-152, 1995.
- [31] M. WOOD y S. DELOACH, «An overview of the multiagent systems engineering methodology,» 2001, pp. 1-53.
- [32] H. S. NWANA, «Software agents: An overview,» *Knowledge Engineering Review*, vol. 11, n.º 2, pp. 205-244, 1995.
- [33] S. VERSTICHEL, S. VAN HOECKE, M. STROBBE, S. VAN DEN BERGHE, F. DE TURCK, B. DHOEDT, P. DEMEESTER y F. VERMEULEN, «Ontology-driven middleware for next-generation train backbones,» *Sci. Comput. Program.*, vol. 66, n.º 1, pp. 4-24, 2007.
- [34] TRAN, Q. N., HENDERSON-SELLERS, B., DEBENHAM, J. y GONZALEZ-PEREZ, C. 2005. *Conceptual Modelling within the MAS-CommonKADS Plus OPEN Method Engineering Approach*. In *Proceedings of the Third international Conference on information Technology and Applications (Icitaí05) volume 2 - volume 02 (july 04 - 07, 2005)*. ICITA. IEEE Computer Society, Washington, DC, 29-34.
- [35] DELOACH, S. A. 2005. *Multiagent systems engineering of organization-based multiagent systems*. In *Proceedings of the Fourth international Workshop on Software Engineering For Large-Scale Multi-Agent Systems (St. Louis, Missouri, may 15 - 16, 2005)*. SELMAS'05. ACM, New York, NY, 1-7.
- [36] COLLIS, J. C., NDUMU, D. T., NWANA, H. S. y LEE, L. C. 1998. *The ZEUS Agent Building Tool-kit*. *BT Technology Journal* 16, 3 (jul. 1998).
- [37] F. GIUNCHIGLIA, J. MYLOPOULOS y A. PERINI, «The tropos software development methodology: Processes,» 2001. [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.16.2198>.
- [38] KHALLOUL, L., BARKAOUI, K. y SAHNOUN, Z. 2005. *Using AUML to derive formal modeling agents interactions*. In *Proceedings of the ACS/IEEE 2005 international Conference on Computer Systems and Applications (january 03 - 06, 2005)*. AICCSA. IEEE Computer Society, Washington, DC, 109-vii.
- [39] M. WOOLDRIDGE, N. R. JENNINGS y D. KINNY, «The Gaia methodology for agent-oriented analysis and design,» *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol. 3, n.º 3, pp. 285-312, september 2000.
- [40] JUAN P. SOTO; AURORA VIZCAINO; JAVIER PORTILLO; MARIO PIATTINI, «Modelling a Knowledge Management System Architecture with INGENIAS Methodology,» *Computing*, 2006. CIC í06. 15th International Conference on, vol., n.º, pp. 167-173, nov. 2006.
- [41] GLASER, N. 1997. *The CoMoMAS Methodology and Environment for Multi-Agent System Development*. In *Revised Papers From the Second Australian Workshop on Distributed Artificial intelligence: Multi-Agent Systems: Methodologies and Applications* C. Zhang and D. Lukose, Eds. *Lecture Notes In Computer Science*, vol. 1286. Springer-Verlag, London, 1-16.

ASIENTO

Análisis estructural de secciones de vía ferroviaria con métodos numéricos^(*)

Tomás RUIZ SÁNCHEZ^(a)

Antonio VILLANUEVA SEGARRA^(b)

Julia I. REAL HERRÁIZ^(c)

Javier INAREJOS MESA^(d)

Ignacio VILLALBA SANCHIS^(e)

RESUMEN: Ante el creciente desarrollo del sector ferroviario en España, se plantean estudios y proyectos que caractericen y optimicen el comportamiento estructural del sistema de vía. Así pues, en el proyecto ASIENTO se ha realizado la modelización y análisis estructural de tres tipos de superestructura ferroviaria, correspondientes a un sistema convencional sobre balasto y de dos sistemas no convencionales sobre vía en placa de hormigón y de asfalto, mediante el método numérico de elementos finitos. A su vez, los resultados obtenidos de esta modelización han sido validados gracias a su comparación con datos reales que fueron auscultados en los tramos experimentales de vía situados en el término municipal de Benicàssim (Castellón). Gracias a esto, se ha podido realizar un estudio de la superestructura ferroviaria y de su sensibilidad ante determinadas modificaciones en diversos elementos constituyentes de la misma: separación entre traviesas, altura de terraplén, calidad del mismo y tipo de superestructura. Finalmente se ha establecido una metodología de trabajo para que, gracias a este tipo de modelos y análisis, se pueda realizar un catálogo de posibles secciones que cumplieran unos requisitos estructurales preestablecidos.

I. INTRODUCCIÓN

La ingente inversión en infraestructuras ferroviarias contemplada en el PEIT 2005-2020 hace necesaria unas ciertas reflexiones en cuanto a la optimización de la superestructura ferroviaria. La aplicación de las más actuales herramientas matemáticas mediante medios informáticos se vuelve vital en este

contexto. Esto es algo inusual puesto que, al contrario que en muchos otros campos de la ingeniería civil, en el ámbito ferroviario no se utiliza este tipo de técnicas a la hora de dimensionar elementos tanto de la infraestructura como de la superestructura. En concreto, el uso del método de los elementos finitos, contemplado como el método más potente actualmente para realizar este tipo de análisis, permite unos análisis que hace

^(a) Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Profesor Titular de Transportes de la UPV. Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Valencia.

^(b) Ingeniero Técnico de Obras Públicas. Ineco.

^(c) Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Licenciada en Medicina. Profesora de Transportes y Ferrocarriles. Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Valencia.

^(d) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Investigador del Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Valencia.

Coordinadores del Ministerio de Fomento: Julián Santos Mesa y Antonio Corral Pérez.

^(*) El artículo corresponde al resumen del proyecto elaborado en el marco de las "Subvenciones para la realización de estudios y acciones de difusión relacionadas con el transporte, las infraestructuras y las demás competencias del Ministerio de Fomento. (Orden FOM/22/9/2008).

pocos años eran impensables gracias a la potencia que ha ido adquiriendo el mundo de la informática.

En este sentido, el proyecto ASIEN TO («Análisis Estructural de secciones de vía ferroviaria con métodos numéricos») surgió con la intención de validar un método numérico para el análisis estructural de secciones de vía ferroviaria, así como realizar un análisis de puntos tales como: separación óptima de traviesas, influencia de la altura de terraplén, papel del tipo de suelo y, por último, comportamiento estructural de tres tipos de superestructura distinta (sistema de vía convencional sobre balasto, sistema de vía en placa de hormigón y sistema de vía en placa de asfalto).

2. ESTADO DEL ARTE EN LA MATERIA

La aplicación de modelos matemáticos y métodos numéricos avanzados y, en particular el Método de los Elementos Finitos (MEF), al análisis del

comportamiento mecánico de infraestructuras ferroviarias sometidas a cargas de tráfico se generaliza a partir de inicios de los años ochenta, gracias a una notable expansión de la aplicación del MEF y al aumento de la potencia de cálculo de los ordenadores. Sin embargo no hay que llevarse a engaño, el manejo correcto de este tipo de programas exige un profundo conocimiento no sólo del material con el que se trabaja, sino también de los principios del MEF. Sólo en este caso se estará en condiciones de garantizar que los resultados obtenidos en los análisis se ajustan a la realidad.

En el ámbito ferroviario, el MEF fue empleado en estudios paramétricos por autores como Robnett et al. (1976), López Pita (1976), Svec et al. (1976), Raymond et al. (1979), Sauvage y Larible (1982), Desai y Siriwardane (1982), Profillidis (1986) y Sahu et al. (1999), citando apenas algunos de los más relevantes. En concreto, los estudios llevados a cabo en la E.N.P.C (École Nationale des Ponts et Chaussées) en

Cuadro 1. Ejemplos de modelos de elementos finitos desarrollados por algunos autores

Autores	Modelo de elementos finitos	Principales conclusiones
López Pita (1976) López Pita y Alonso (1980)	Modelización de la sección transversal de balasto -elasticidad plana- (MEF).	La heterogeneidad transversal del balasto, debido a los procesos habituales de compactación, afecta la deformabilidad elástica de la vía.
Universidad de Illinois Robnett, Knuston, Tayabji y Thompson (1975-1977)	ILLITRACK- Programa que modelizar la vía según el plano longitudinal (viga continua soportada por muelles- traviesas- que asientan sobre una malla de elementos finitos rectangulares pseudo-planos que representan el sistema balasto-plataforma) y transversal.	Ventajas de una buena plataforma y de una capa de subbalasto compuesta por materiales estabilizados. Variación de rigidez vertical del sistema balasto-plataforma tiene menos preponderancia cuando la rigidez del emparrillado es elevada.
Svec, Raymond y Turcke (1976-1979)	Modelo tridimensional de la estructura de soporte de la vía.	Incidencia de varios ejes (con relación a una sola carga) aumenta con la disminución del módulo de deformación de la plataforma.
Sauvage y Larible (1982)	Modelización tridimensional del sistema mecánico superestructura -capas de asiento-plataforma.	El coeficiente de rigidez de la capa de balasto varía poco en función del espesor de la(s) sub-capa(s).
Profillidis (1983-1987) -O.R.E-	Modelo elasto-plástico tridimensional (MEF) del sistema mecánico superestructura -capas de asiento- plataforma.	Solo 40% de la carga es soportada por la traviesa subyacente. Flexibilidad de la traviesa depende de su naturaleza y calidad de la plataforma. Validación de la ley de comportamiento elastoplástica con criterio de rotura de Drucker-Prager.
Sahu et al. (1999)	Modelo elástico lineal tridimensional (MEF) de la estructura de vía.	Influencia del espesor de subbalasto en el módulo de vía puede ser relevante (hasta 25%). Efecto del E del balasto y subbalasto muy reducido.

la década de los ochenta con el programa ROSALIE (Profillidis, 1986) se integraron en los trabajos del comité D-117 de la ORE que validaron los resultados obtenidos con los alcanzados en extensas campañas de mediciones experimentales llevadas a cabo en Francia, Gran Bretaña y Austria. Estos resultados sirvieron de base a los ábacos de dimensionamiento de las estructuras de apoyo de la vía desarrollados por la UIC en el actual catálogo de secciones estructurales. A partir de los trabajos desarrollados por el comité ORE D-117, se desarrollaron las recomendaciones entre el Ministerio de Fomento, el CEDEX y RENFE mediante el diseño de un modelo numérico para el caso de líneas férreas de ancho español así como las características propias de éste.

En el siguiente cuadro se resumen algunos de los estudios llevados a cabo con modelos de elementos finitos para analizar las repercusiones de distintos parámetros de diseño en la resistencia vertical de la estructura de vía.

3. ESTUDIO DE LOS TRAMOS EXPERIMENTALES DE VÍA SITUADOS EN BENICÀSSIM (CASTELLÓN)

Con el fin de validar el modelo numérico que se pretende aplicar al cálculo de secciones de vía, se han analizado los tramos experimentales de vía que en 2003 se concluyó de construir en el corredor mediterráneo, concretamente en el término municipal de Benicàssim. Estos tramos están totalmente monitorizados, con lo que se dispone de una información muy valiosa de ciertas magnitudes estructurales. Luego, el procedimiento seguido en estos casos es aplicar la metodología propuesta a

secciones de vía de las que ya se dispone de datos reales y cotejar éstos con los resultados ofrecidos por el modelo de cálculo de elementos finitos que se propondrá.

Para realizar dicha acción, se ha tenido que investigar y conocer con detalle toda la información disponible de estos tramos experimentales de vía, aspectos tan importantes como:

- Los propios tramos de vía. En el corredor Mediterráneo se construyeron diferentes tramos de vía experimentales, tanto sistemas de vía convencional sobre balasto, como sistemas de vía en placa asfáltica y de hormigón. Para su posterior modelización y análisis fue necesario conocer la geometría de las secciones, ubicación de las mismas así como los elementos que las forman.
- Caracterización de la tipología de tráfico ferroviario que circula por el corredor Mediterráneo, ya que por éste circulan trenes de viajeros a distintas velocidades y trenes de mercancías. Es un claro ejemplo de lo que se denomina, en explotación ferroviaria, una vía de tráfico mixto. La heterogeneidad del material móvil induce tensiones, deformaciones y asientos muy diferentes en la superestructura ferroviaria, y este hecho se ha tenido que caracterizar perfectamente a la hora de identificar las medidas registradas por los sensores.
- Caracterización estructural de cada uno de los elementos constituyentes de cada uno de los tramos de vía identificados. Ha sido necesario

Figura 1. Esquema sistema de vía convencional sobre balasto

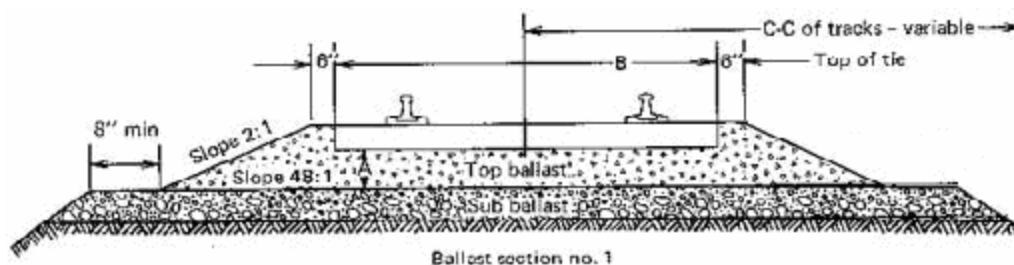


Figura 2. Esquema sistema de vía sobre losa de hormigón: sistema Rheda-Dywidag

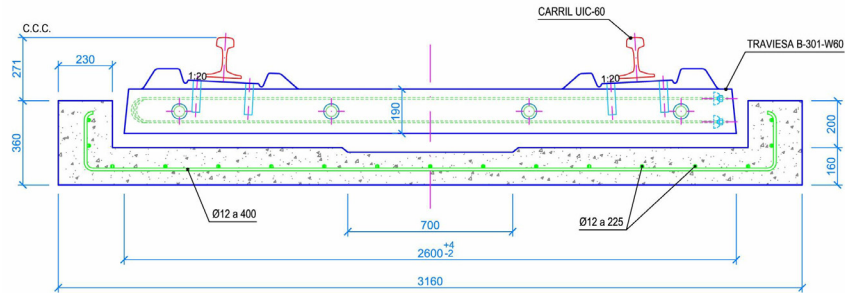
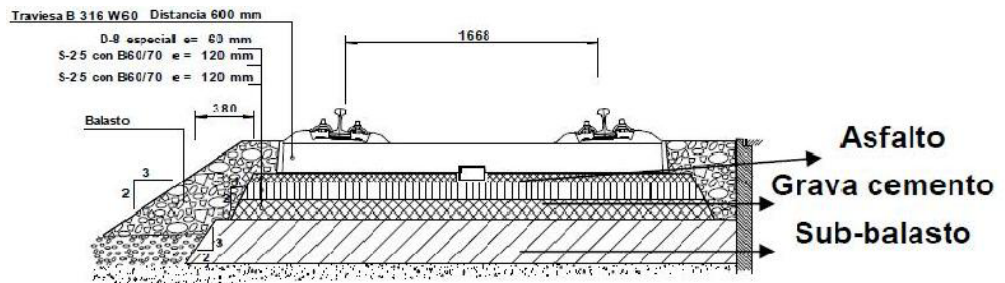


Figura 3. Esquema sistema de vía sobre losa de asfalto: sistema Getrac



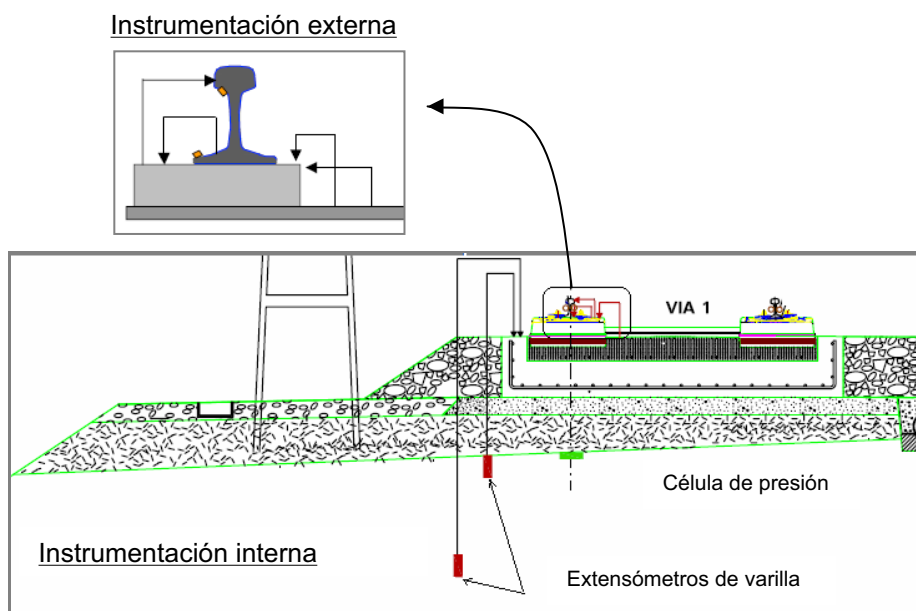
Cuadro 2. Características mecánicas consideradas

MATERIAL	Módulo de Elasticidad (Pa)	Coefficiente de Poisson	Ángulo de fricción	Ángulo de dilatación	Cohesión (Pa)	Densidad (kg/m ³)
Acero carriles	2,10E+11	0,30				7500
Traviesa monobloque	5,00E+10	0,25				2400
Balasto	1,30E+08	0,20	45,00	45,00	0	1900
Sub-balasto	1,20E+08	0,30	35,00	0,00	0	1600
Gravamento	2,00E+08	0,25				1900
Asfalto	7,50E+08	0,25				1800
Hormigón de relleno	2,50E+10	0,20				2100
Hormigón de artesa	5,00E+10	0,25				2400
Material QS1	1,25E+07	0,40	10,00	10,00	15000	2000
Material QS2	2,50E+07	0,30	20,00	20,00	10000	2000
Material QS3	8,00E+07	0,30	35,00	35,00	0	2000
Placa de asiento de vía en placa	2,00E+07	0,45				1500
Placa de asiento de vía convencional	6,15E+08	0,45				1500

conocer las características mecánicas de todos los elementos que forman las secciones estructurales analizadas, para así proceder a su exacta modelización. Ante tal hecho, el primer paso ha sido definir los modelos constitutivos que representan la realidad, estableciendo ciertas simplificaciones siempre y cuando se conozcan sus

limitaciones y los diversos efectos que puedan producir en el modelo. Una vez hecho esto, se ha realizado una búsqueda de parámetros definitorios del comportamiento estructural de todos y cada uno de los materiales que se emplearon en el estudio, según el modelo constitutivo escogido, para posteriormente introducirlo en nuestro modelo de

Figura 4. Esquema de colocación de sensores en vía



Cuadro 3. Tabla de resumen de parámetros medidos en el tramo auscultado

VÍA SOBRE BALASTO			SISTEMA RHEDA-DYWIDAG			SISTEMA GETRAC		
VELOCIDAD (Km/h)	97		VELOCIDAD (Km/h)	92		VELOCIDAD (Km/h)	80	
CARGA (toneladas/eje)	22		CARGA (toneladas/eje)	22		CARGA (toneladas/eje)	22	
ASIENTO (mm)			ASIENTO (mm)			ASIENTO (mm)		
Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Medio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Medio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Medio
0,508	0,716	0,612	1,114	1,474	1,294	1,2	1,838	1,519
TENSIONES EN INTERFASE Plataforma-Subbalasto (KN/m ²)			TENSIONES EN INTERFASE Plataforma-Subbalasto (KN/m ²)			TENSIONES EN INTERFASE Plataforma-Subbalasto (KN/m ²)		
Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Medio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Medio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Medio
32,3	104,95	64,036	8,25	49,79	20,72	11,7	55,8	33,75

cálculo.

- Identificación de las variables medidas y condicionantes de las mediciones. Diversos factores externos pueden provocar alteraciones en las medidas, que junto al elevado número de muestras tomadas, hizo necesario proceder a un estudio detallado de las medidas proporcionadas por los distintos sensores. Además, para la correcta validación de los modelos se ha necesitado conocer en que rangos se encuentran las magnitudes medidas, por lo que se ha realizado un pequeño análisis estadístico de los datos auscultados para este fin.

4. MODELIZACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Una vez definidos geométrica y estructuralmente cada uno de los tramos experimentales de vía, se escogieron tres secciones representativas de diferentes sistemas de vía:

- Vía en balasto: representará el sistema convencional de vía.
- Vía en placa de hormigón: representado por el sistema Rheda-Dywidag.
- Vía en placa de asfalto: representado por el sistema Getrac.

Figura 5. Modelo de sistema de vía convencional sobre balasto

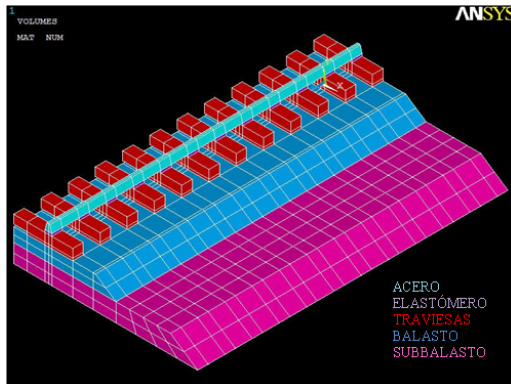


Figura 7. Modelo de sistema de vía sobre placa de asfalto: sistema Getrac

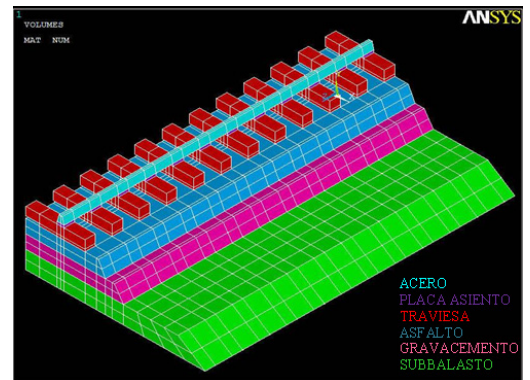
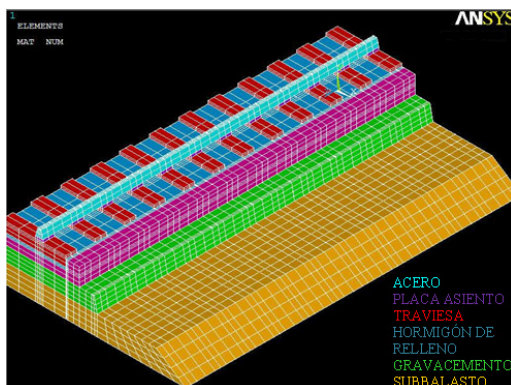


Figura 6. Modelo de sistema de vía sobre placa de hormigón: sistema Rheda-Dywidag



En este punto, se ha procedido a modelar las tres secciones mediante el software informático ANSYS.

Respecto a las características de los modelos de cálculo empleados, cabe destacar ciertos aspectos considerados:

- Como se puede observar en las figuras anteriores, se han empleado modelos tridimensionales, tal y como se recomienda para el proyecto de plataformas y estructuras ferroviarias. También se recomienda el uso de elementos de tipo SOLID95, sin embargo, en algunos casos no resulta posible adoptar este tipo de elementos por el elevado número de nodos que se crean, dado que se sobrepasa el límite de la versión educacional del programa usado por la Universidad Politécnica de

Valencia para la realización del presente estudio. Por esta razón, aunque los resultados no sean tan depurados, estamos obligados a utilizar elementos tipo SOLID45. A pesar de resultar una simplificación del SOLID95, se ajusta muy bien al comportamiento de los materiales del sistema ferroviario siendo perfectamente válido para el grado de definición que se puede obtener en el estudio.

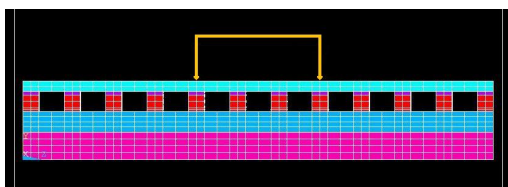
- En cuanto al tipo de análisis, los desarrollos en las dos últimas décadas sugieren el empleo de modelos constitutivos de tipo elastoplástico; sin embargo, la validez de los resultados así obtenidos dependerán en gran medida de la adecuación de la ley constitutiva escogida para describir el comportamiento del material, así como la caracterización de los parámetros mediante ensayos de laboratorio (Desai, 1982; Profillidis, 1986). Además, la no linealidad que introduce el uso de un comportamiento elastoplástico produce problemas de convergencia, por lo que se debe variar en cada modelo estudiado la tolerancia de convergencia del modelo matemático. Por otra parte, cuando la estructura de vía se encuentra consolidada, predominan las deformaciones recuperables de la estructura de vía bajo cargas instantáneas: este hecho lleva a autores como Selig y Waters (1994) a considerar adecuado el empleo de modelos lineales

para predecir la respuesta de las vías. Es por estos motivos, por los que se ha escogido como comportamiento de los materiales una ley constitutiva de tipo elástico lineal e isótropo, definida por el módulo de elasticidad (E) y el coeficiente de Poisson (ν).

- Se han modelizado las vías utilizando la simetría longitudinal que existen suponiendo la sección en un tramo rectilíneo. Se han adoptado como condiciones de contorno las restricciones de los desplazamientos en sentido perpendicular a los planos que definen tanto los límites laterales del modelo como los planos de simetría.
- En la base inferior del modelo se han coartado todos los desplazamientos verticales, asumiendo como es habitual en este tipo de modelos, que el sistema asienta en un terreno que no se mueve.
- En cuanto a la longitud del dominio considerado se ha comprobado que con 12 traviesas tenemos una longitud lo suficientemente grande como para que las condiciones de contorno laterales no afecten a la visualización total de los resultados. El motivo de esta consideración reside en que se pretenden resolver los modelos aplicando el caso de carga mas desfavorable, es decir, aquel en el que un bogie de un tren de mercancías, con 1,8 metros de distancia entre ejes dentro del propio bogie, esté situado en nuestro modelo. El esquema de cargas aplicadas fue el siguiente:

En total, el bogie de un coche de tren de mercancías, transmite a la vía alrededor de 44t (22 t/eje). Pero con el fin de ser más rigurosos, se ha pretendido utilizar un análisis estático simulando los efectos de una

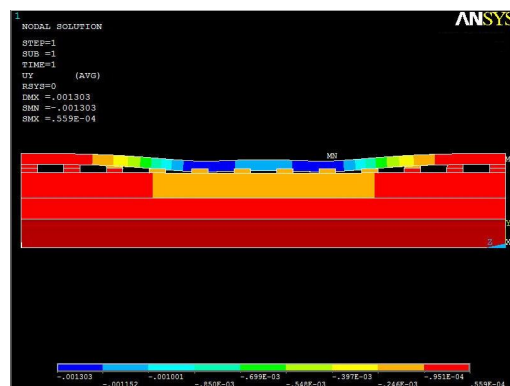
Figura 8. Posición de las cargas representativas de un bogie, en el modelo de estudio



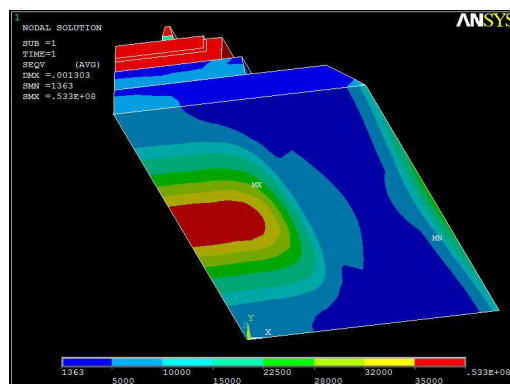
carga dinámica mediante aplicación de la fórmula del profesor Eisenmann. Con ella se ha obtenido una carga estática mayorada que depende de la calidad de la vía y de la velocidad de circulación (se consideró una velocidad de 100 Km/h). El resultado final de la carga a aplicar en el estudio ha sido de 29 t/eje.

Una vez creados los modelos y realizados los análisis pertinentes, de ellos se pueden obtener resultados de deformaciones y tensiones en todos los nodos creados. En este estudio se han considerado los asientos (deformaciones verticales) y tensiones verticales como parámetros clave, además de ser las magnitudes físicas medidas en los tramos experimentales auscultados.

**Figura 9. a) Resultados de asientos
b) Resultados de tensiones verticales**



a)



b)

A continuación se muestran los resultados obtenidos tanto para asientos como para tensiones verticales, así como los

rangos que se obtuvieron en la auscultación de la vía real:

Cuadro 4. Comparativa entre valores reales medidos en el tramo auscultado, y valores calculados mediante el modelo matemático

Tipo sección	σ_{medida} (mm)	$\sigma_{\text{calculada}}$ (mm)
Vía sobre balasto	0,32-1,05	0,78
Rheda-Dywidag	0,08-0,49	0,41
Getrac	0,11-0,55	0,54

Tipo sección	δ_{medido} (kg/cm ²)	$\delta_{\text{calculada}}$ (kg/cm ²)
Vía sobre balasto	0,50-0,71	0,60
Rheda-Dywidag	1,11-1,47	1,30
Getrac	1,20-1,83	1,40

Tras lo expuesto, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- La vía sobre balasto experimenta asientos menores que las tipologías de vía en placa. La causa por la que se produce este hecho es que, para el estudio, se han considerado dos tipologías de placa de asiento, donde la correspondiente al sistema de vía convencional posee una rigidez mayor respecto a las placas de asiento pertenecientes a los sistemas de vía en placa. El motivo es pretender representar en nuestro modelo las distintas tipologías de placa de asiento que se utilizaron realmente en los tramos experimentales construidos, debido a la presencia de diferentes patentes. Además, en el estudio se pudo comprobar que la deformación que se producía en la placa de asiento de los sistemas de vía en placa era aproximadamente el 80% de la deformación sufrida por el total del sistema, mientras que en el sistema de vía convencional, era aproximadamente un 10%.

Como aclaración, resulta necesario decir que la placa de asiento es el elemento de la superestructura que al introducir las cargas, absorbe en mayor parte las deformaciones elásticas.

Por otro lado, también se observa que la vía Rheda Dywidag es un caso intermedio entre la vía en balasto y la

Getrac, pero sufriendo unos asientos equiparables a los obtenidos en la vía en asfalto Getrac.

- Todos y cada uno de los valores obtenidos, tanto en tensiones como en asientos, se situaron dentro de los rangos de valores obtenidos en los trabajos de auscultación de vía. Es cierto que dichos rangos son bastante amplios, pero cabe destacar que los valores obtenidos mediante los modelos numéricos se sitúan siempre por encima de la media obtenida en dichos trabajos de auscultación, quedándonos del lado de la seguridad en caso de querer realizar un dimensionamiento por este método.

Además, este hecho nos da un resultado muy valioso, el modelo está validado, y por lo tanto, se pueden estudiar con él diferentes situaciones que se pueden dar en la infraestructura ferroviaria, así como estudiar la influencia en el comportamiento global de la infraestructura, al realizar cambios en variables del sistema (segundo objetivo del estudio).

5. APLICACIÓN DEL MEF A SECCIONES DE VÍA MODIFICANDO DETERMINADAS VARIABLES

Una vez validado el modelo utilizado, se ha pretendido conocer la funcionalidad de la superestructura ferroviaria y su sensibilidad ante determinadas modificaciones en uno o más de los elementos constituyentes de la misma.

Se ha realizado el análisis de los siguientes factores:

- Separación entre traviesas: tradicionalmente la separación media entre traviesas es de 60 cm, por lo que se realizó el análisis de este valor y de un aumento de dicho valor en un 10%, 20% y 30%.
- Naturaleza del terreno: se establecieron tres calidades distintas para el terraplén en el que apoya el sistema de vía. Estas calidades se clasifican en QS1, QS2 y QS3, según especificaciones de la norma UIC, se trata de suelos de calidad mala, media y buena respectivamente.

- Altura del terraplén: la altura del terraplén influye directamente en el aumento de la elasticidad de la vía, y a igualdad del resto de factores, mayor será el asiento de la misma. Se analizaron alturas de terraplén de 3.5 y 7 m de altura, para comprobar la influencia mencionada, además del caso en el que no existiera terraplén.
- Tipología de superestructura: Se analizaron estructuralmente las tipologías de sistemas de vía validados en la primera fase del estudio, recordando que se trataban de vía convencional sobre balasto, vía en placa de asfalto y vía en placa de hormigón.

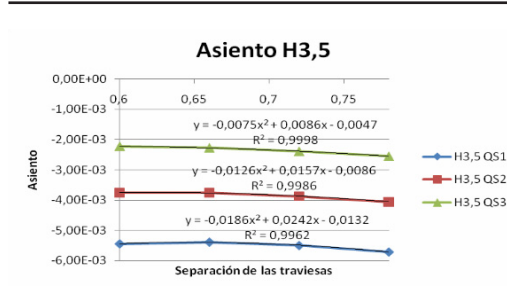
De acuerdo con la combinación de posibles variaciones de los factores descritos, se han realizado un total de 84 modelos de secciones estructurales distintas, produciendo una gran cantidad de información que tuvo que ser estudiada exhaustivamente. Esto se ha realizado tanto de forma cualitativa mediante el estudio de las representaciones de los datos, como estadísticamente mediante porcentajes de variación provocados por los cambios en los diversos factores

De acuerdo con la combinación de posibles variaciones de los factores descritos, se han realizado un total de 84 modelos de secciones estructurales distintas, produciendo una gran cantidad de información que tuvo que ser estudiada exhaustivamente. Esto se ha realizado tanto de forma cualitativa mediante el estudio de las representaciones de los datos, así como cuantitativamente mediante porcentajes de variación provocada por los cambios en los diversos factores. Además, se ha procedido a realizar un análisis de la varianza (ANOVA) de las variables respuesta respecto de los factores que les afectan, para ello se ha utilizado el programa estadístico 'Statgraphics'. Este análisis se realiza cuando se hace necesario conocer la influencia o no de un conjunto de factores sobre la variable respuesta, en nuestro caso, sobre los asientos o las tensiones que explican el comportamiento de la estructura ferroviaria.

A continuación presentamos un ejemplo de representación gráfica de resultados que muestran información acerca de la poca

influencia que tiene la separación entre traviesas comparándola respecto la variación de calidad en el terraplén.

Figura 10. Comparativa de asientos en sección Getrac de altura 3.5 m para diferentes calidades de terraplén



Tras analizar todos los resultados de las formas descritas anteriormente, la información que se pudo extraer del estudio realizado es que en general las variaciones introducidas provocan los mismos efectos en los tres sistemas estudiados. A continuación se detallan estos efectos producidos:

- La calidad del terraplén tiene una importancia decisiva, tanto en el valor de los asientos como en las tensiones transmitidas al terraplén. Ya que resultando indiferente la superestructura utilizada, la calidad del terraplén es el factor que influye más notoriamente en lo que le ocurrirá al conjunto de infraestructura y superestructura. Frente a este hecho, se podría plantear una mejora de suelo en muchas situaciones complicadas para la superestructura, con el fin de conseguir una mejora muy significativa en lo que respecta el comportamiento estructural de la vía.
- Junto con la caracterización anterior, es la altura de terraplén quién marcará el límite de asientos producidos en la vía, llegando a inutilizarla, especialmente en el caso de alta velocidad ferroviaria en los que el valor límite del asiento es más restrictivo. Luego, en aquellos trazados en los que se deba recurrir a terraplenes altos y no se disponga de un material de muy buenas cualidades, sería conveniente, si la estructura económica del proyecto lo permite,

sustituir éstos por una obra de fábrica o, en caso de no ser esto posible, realizar algún tipo de tratamiento del terraplén que limite el asiento de la vía, tales como micropilotaje, precarga, etc.

- Por último, la separación entre traviesas fue el parámetro que apareció como menos influyente en lo que respecta a la respuesta estructural. Se ha comprobado que no se producen variaciones apreciables en lo que respecta a asientos, y que tiene una pequeña influencia en las tensiones transmitidas, pero siempre siendo de un peso insignificante respecto a la altura del terraplén o la calidad del mismo. Este hecho nos ha llevado a deducir que este factor no posee tanta importancia como se le ha dado hasta el día de hoy y por tanto, se puede argumentar que es lícito separar las traviesas una cantidad adicional con respecto a lo que figura en el proyecto o recomendaciones, al menos en los tramos rectos, objeto de estudio en el trabajo realizado. Este hecho conllevaría ahorros económicos ciertamente interesantes.

6. CREACIÓN DE CATÁLOGO DE SECCIONES

Tras el análisis realizado de la sensibilidad de las secciones estructurales de distintos sistemas de vía frente a modificaciones en los factores clave que la forman, se pretende obtener un catálogo de distribuciones óptimas de secciones de vía en función de ciertas limitaciones estructurales, atendiendo exclusivamente a las variables estudiadas en este estudio.

Para dicho fin, se tuvo solo en cuenta las variables de altura y calidad de terraplén en cada uno de los sistemas de vía planteados, puesto que la separación entre traviesas se presentó en el análisis anterior como un factor poco significativo en la respuesta estructural de la vía.

El proceso que se ha seguido para la realización de dicho catálogo es el siguiente: se ha ejecutado el modelo, calibrado con anterioridad, y para cada configuración estructural se han tomado dos criterios de fallo distintos que se debían de superar para que la sección fuera incluida dentro del catálogo.

Siguiendo el orden establecido, el primer paso consiste en calcular las secciones estructurales siguiendo las pautas descritas

Cuadro 5. Resumen de asientos y tensiones en superestructura de vía convencional

Tipo	Altura del Terraplén	Calidad del Terraplén	Separación de las traviesas	Modelo	Asiento (mm)	Tensiones Verticales sobre terraplén (Pa)
Balasto	0	Roca	0,6	B01	0.608	-78388
	3,5	QS1	0,6	B111	5.24	-27244
	3,5	QS2	0,6	B121	3.30	-32546
	3,5	QS3	0,6	B131	1.54	-43405
	7	QS1	0,6	B211	7.30	-25994
	7	QS2	0,6	B221	4.35	-31464
	7	QS3	0,6	B231	1.88	-42517

Cuadro 6. Resumen de asientos y tensiones en superestructura de vía en placa de hormigón

Tipo	Altura del Terraplén	Calidad del Terraplén	Separación de las traviesas	Modelo	Asiento (mm)	Tensiones Verticales sobre terraplén (Pa)
Hormigón	0	Roca	0,6	H01	1,30	-41891
	3,5	QS1	0,6	H111	4,91	-17224
	3,5	QS2	0,6	H121	3,36	-18776
	3,5	QS3	0,6	H131	2,00	-23595
	7	QS1	0,6	H211	6,95	-15939
	7	QS2	0,6	H221	4,40	-17644
	7	QS3	0,6	H231	2,34	-22539

Cuadro 7. Resumen de asientos y tensiones en superestructura de vía en placa de asfalto

Tipo	Altura del Terraplén	Calidad del Terraplén	Separación de las traviesas	Modelo	Asiento (mm)	Tensiones Verticales sobre terraplén (Pa)
Asfalto	0	Roca	0,6	A01	1.41	-54716
	3,5	QS1	0,6	A111	5.44	-21036
	3,5	QS2	0,6	A121	3.75	-24375
	3,5	QS3	0,6	A131	2.22	-31498
	7	QS1	0,6	A211	7.42	-19648
	7	QS2	0,6	A221	4.76	-23133
	7	QS3	0,6	A231	2.54	-30356

en capítulos anteriores. Se han ejecutado 21 modelos distintos, resultado de las combinaciones de las distintas variables enunciadas anteriormente. Para cada configuración estructural se extraen los resultados de tensiones verticales así como de asientos, parámetros clave a comparar con los criterios de fallo. En los Cuadros 4, 5 y 6 se muestra el resumen de los resultados de los análisis.

A partir de este análisis se han descrito y calculado los dos criterios de fallo empleados, a partir de los cuales serán comparados los resultados obtenidos en los análisis:

6.1. Comparación de la tensión máxima vertical producida en el terraplén, con la tensión admisible que es capaz de soportar para cada tipología de terreno

Para comprobar la idoneidad de las configuraciones adoptadas relativas a la capacidad soporte de la estructura, se ha obtenido la tensión admisible que es capaz de soportar el terraplén para cada tipología de terreno. Para esto, se ha tenido en cuenta que la infraestructura se encuentra bajo un proceso de repetición de cargas, por lo que se ha seguido la siguiente formulación:

$$\sigma_{adm} = \frac{0,008 \cdot Ed}{1 + 0,7 \log N}$$

Se trata de la fórmula de Heukelom y que tal como apunta López Pita (1984-1985), algunos autores utilizan como en este caso el coeficiente 0,008, aunque originariamente éste era de 0,006.

Siendo E_d (Kg./cm²) el módulo de elasticidad del material considerado y N el

número de ciclos de carga que debe soportar con la citada tensión. En el ámbito ferroviario se considera suficiente adoptar $N = 2 \cdot 10^6$ ciclos (un mayor número de ciclos de carga no tiene influencia significativa en los resultados).

Para este estudio, ha sido más adecuado el considerar como indicador el número de ciclos de carga que realmente pasan por la sección estudiada. Para realizar esto, se evaluó el tráfico previsto en la línea en 50 ramas por sentido, es decir, de 18250 ramas de mercancías anuales. Con un tren de cargas tipo, que como se ha mencionado anteriormente fue de mercancías, se ha considerado que posee 26 ejes, por lo que el número de ciclos de carga anuales a los que se verá sometida la infraestructura es en total de 474.500.

Una vez obtenidos los ciclos de carga que la sección deberá soportar, y usando el Ed correspondiente según la tipología de terraplén estudiada, obtenemos los valores de tensiones admisibles:

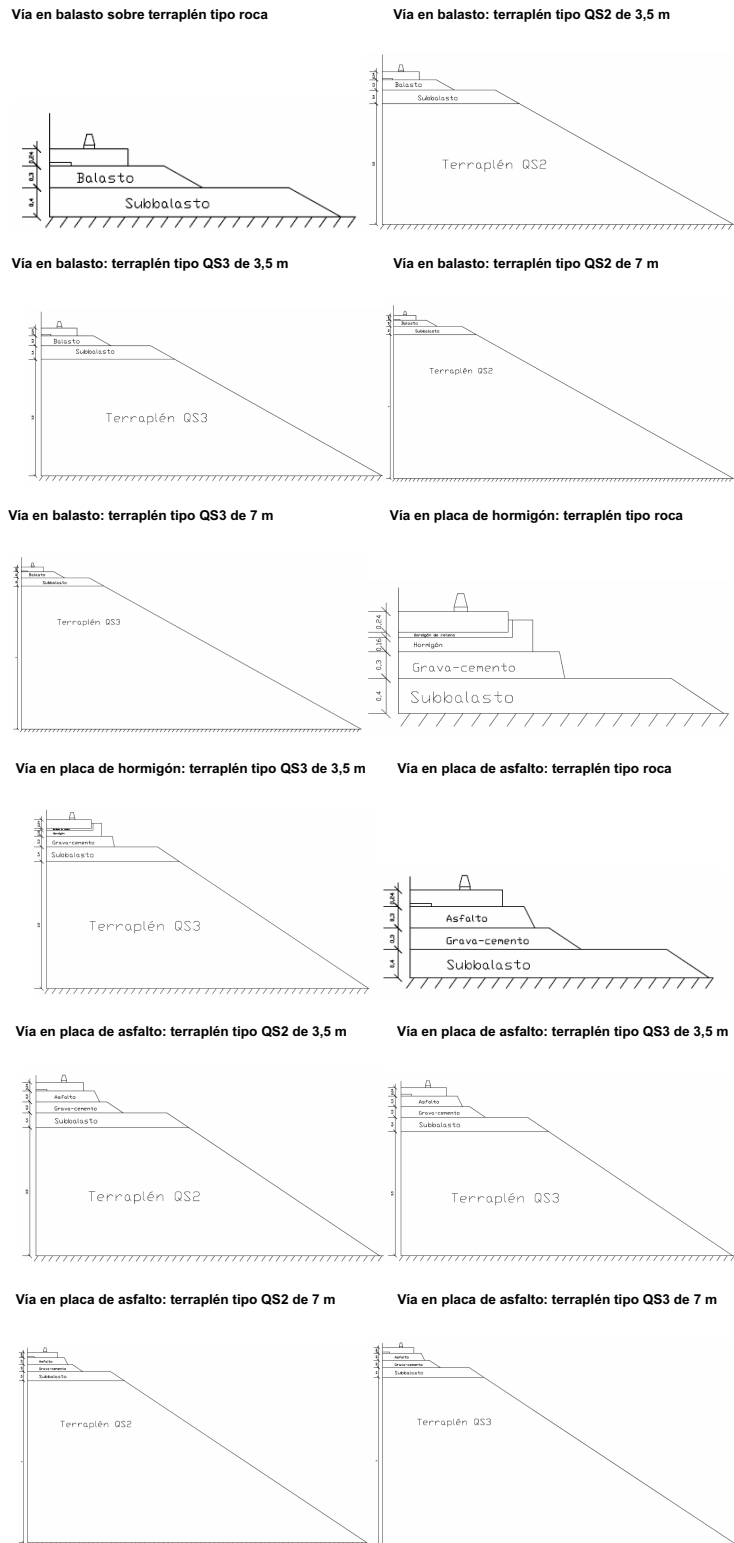
Cuadro 8. Características para calcular el fallo del terraplén según tipología

	Ed (Kg/cm ²)	N	σ_{adm} (Kg/cm ²)	σ_{adm} (Pa)
Qs1	125	474500	0,201071	20107,1
Qs2	250	474500	0,4021422	40214,22
Qs3	800	474500	1,286855	128685,5
Roca	3E+09	474500	4820000	4,82E+11

6.2. Asiento máximo que es capaz de soportar la superestructura sin que ésta se vea dañada

En este punto nos centramos en la capacidad que posee cada sistema de vía para absorber el asiento producido sin recibir daños por ello. Para este hecho la

Figura 11. Catálogo de secciones según variables estudiadas



vía en balasto es la más flexible, aunque reciba grandes deformaciones posee una ductilidad que le permite aguantar más, y en caso de deformaciones remanentes es fácil de reparar. En el caso opuesto tenemos la vía en placa de hormigón, incapaz de soportar pequeños asientos diferenciales, aunque estos sean de naturaleza elástica, fisurando sin previo aviso y creando un serio problema para la explotación ya que su reparación es muy costosa. La vía en placa de asfalto es un caso intermedio entre los mencionados anteriormente.

No existe norma alguna que indique los valores de asientos máximos que se deban dar en la superestructura para que ésta no sufra daños. Tras consultar bibliografía especializada y expertos en el tema, se averiguaron ciertos valores medidos antes de tener que realizar maniobras de mantenimiento obligado, además de valores críticos que pueden producir la rotura en el caso de vía en placa de hormigón. Con todo esto, para el análisis de los asientos en los paquetes de vía se ha considerado como validos los siguientes valores:

Vía en balasto y vía en placa de asfalto:

$$Y_{\text{máx}} \leq 5 \text{ mm}$$

Vía en placa de hormigón:

$$Y_{\text{máx}} \leq 2 \text{ mm}$$

Llegados a este punto, se confecciona el catálogo en sí con las secciones estructurales que cumplen ambos criterios anteriormente descritos.

Se muestran en la Figura 11 las secciones estructurales que quedan adscritas al mismo.

7. CONCLUSIONES

Como se ha visto en el presente estudio, la aplicación de las herramientas matemáticas disponibles, y en especial el método de los elementos finitos, se vuelve vital en el contexto que rodea la situación actual del mundo ferroviario. Su uso no sólo permite estudiar situaciones concretas tachadas de «especiales», sino que puede servir como herramienta de dimensionamiento de las

secciones estructurales a utilizar en la infraestructura y superestructura ferroviaria.

Además, se debe destacar la capacidad de dicha herramienta para ser mejorada, en el contexto de que las incesantes y crecientes mejoras en el entorno informático permiten abordar ciertos cálculos que hasta hace muy poco era absurdo imaginar por la ingente cantidad de tiempo que se necesitaba. Concretamente, abordamos el tema del estudio de la dinámica producida por el paso de los vehículos, siendo ésta cada vez de mayor importancia por la situación actual de

creciente aplicación de la alta velocidad ferroviaria.

Para finalizar, decir que el equipo redactor ha encontrado, gracias al presente estudio, una puerta abierta a una infinidad de problemas abordables con la misma metodología empleada en él. Sin dudarlo, pensamos que la aplicación de dichas herramientas matemáticas, actualmente facilitadas por la informática, deberían ser de uso habitual en el diseño y estudio dentro del entorno ferroviario, al contrario de lo que ha ocurrido hasta la actualidad.

Los aeródromos y aeropuertos desde una visión jurisprudencial^(*)

José María ABAD LICERAS^(a)
María BUZARCO SAMPER^(a)

RESUMEN: Este artículo resume algunos de los aspectos básicos que conforman un proyecto de investigación titulado «los aeródromos y aeropuertos desde una visión jurisprudencial», que fue subvencionado por el Ministerio de Fomento en la convocatoria oficial del año 2008 y que todavía no ha sido publicado. Se trata de un trabajo de recopilación, ordenación y sistematización de principios, criterios y directrices establecidos por la jurisprudencia, ordenados alrededor de una serie de nociones, organizaciones, instituciones y figuras jurídicas en el ámbito de los aeródromos y los aeropuertos. Los resultados finales obtenidos conforman una herramienta de trabajo importante y práctica para aquellos operadores jurídicos que ejercen sus actividades y funciones en esa concreta materia del Derecho Público. La necesidad de conocer y aplicar la normativa y las interpretaciones jurisprudenciales que giran alrededor de las figuras de los aeródromos y de los aeropuertos encuentran su adecuada respuesta en el proyecto de investigación realizado por los profesores Abad Liceras y Burzaco Samper.

I. PRESUPUESTO PREVIO

La tipología, características y contenido del proyecto de investigación realizado bajo el título de «los aeródromos y aeropuertos desde una visión jurisprudencial», hacen de él un trabajo singular y diferente, en la medida que se trata de una exhaustiva recopilación, ordenación y sistematización de principios, criterios y directrices establecidos por la jurisprudencia en aquella materia.

La sistemática del trabajo realizado impide elaborar el clásico artículo científico, siguiendo el modelo

tradicional que combina dogmática, bibliografía y otros aspectos complementarios. En efecto, al proyecto de investigación realizado responde a un patrón diferente: no se trata de una mera recopilación de jurisprudencia, sino que lo que se ha buscado en averiguar y sintetizar la principal doctrina elaborada por los Tribunales de Justicia españoles en materia de aeródromos y aeropuertos a través de un conjunto de postulados y principios, ordenados de conformidad a una serie de nociones y figuras jurídicas.

^(a) Profesores Propios Adjuntos de Derecho Administrativo en la Universidad Pontificia de Comillas (ICADE).

^(*) El artículo corresponde al resumen del proyecto elaborado en el marco de las “Subvenciones para la realización de estudios y acciones de difusión relacionadas con el transporte, las infraestructuras y las demás competencias del Ministerio de Fomento. (Orden FOM/22/9/2008).

La estructura del trabajo es sencilla: se menciona una noción jurídica y se exponen los principios o conclusiones más relevantes fijados por la jurisprudencia, mencionando y reproduciendo la parte de cada sentencia que refleja ese contenido. El objetivo final del proyecto consiste en dotar a aquellos que hayan de trabajar con la materia de aeródromos y aeropuertos de una herramienta jurídica útil y práctica.

2. METODOLOGÍA APLICADA

Un somero análisis de la jurisprudencia dictada principalmente por los órganos de la jurisdicción contencioso-administrativa española en los últimos veinticinco años revela un dato singular: una gran parte de los procesos han tenido como protagonistas servicios públicos e infraestructuras, entre los que cobran un especial protagonismo aquellos supervisados o gestionados por la Administración General del Estado a través del Ministerio de Fomento o de organismos dependientes del mismo.

La enorme trascendencia práctica que tiene conocer la aplicación e interpretación que la jurisprudencia ha dado al ordenamiento jurídico regulador de las actividades atribuidas a la competencia del Ministerio de Fomento se encuentra huérfano de obras científicas que realicen una labor de recopilación, análisis, estructuración y exposición de ese acervo de nuestros Tribunales de Justicia. Las bases de datos que en los últimos años han proliferado en el mercado jurídico tan sólo se han ocupado de recoger el texto de las diversas sentencias, sin ocuparse de un adecuado análisis de las mismas. A lo sumo nos encontramos que bajo una clasificación básica e incompleta de conceptos elementales en el ámbito del Derecho Administrativo se han incluido los textos de las sentencias que mejor se adaptan a esas nociones, pero, y aquí radica la importancia del proyecto de Investigación realizado, sin haber estudiado el contenido de las sentencias que permitieran elaborar un conjunto amplio de principios, criterios y directrices que orienten y

permitan conocer cómo aplican e interpretan nuestros órganos judiciales el Derecho Positivo regulador de las actividades atribuidas al Ministerio de Fomento.

Para paliar esta grave carencia se consideró oportuno elaborar un trabajo científico de calidad y orientado a la práctica jurídica habitual que, sobre la base de la jurisprudencia dictada en el ámbito del Derecho Público, tomará como referencia las diversas actividades atribuidas legalmente al Ministerio de Fomento, con especial hincapié en los servicios públicos y en las infraestructuras relacionadas con las carreteras, los aeródromos y aeropuertos, los ferrocarriles, los puertos y el resto de medios de transporte.

La primera fase de ese ambicioso programa de estudio jurisprudencial culminó con la adjudicación por el Ministerio de Fomento, en la convocatoria del año 2006, de una subvención para ejecutar el Proyecto de Investigación titulado «Carreteras y Autopistas: visión jurisprudencial», obra realizada por los profesores Abad Licerias y Burzaco Samper y que fue publicado por la Editorial Dykinson en el año 2007.

El deseo del equipo de investigación fue continuar la labor iniciada entonces, lo que se tradujo en afrontar como siguiente reto un estudio de las figuras de los aeródromos y de los aeropuertos a través de los testimonios ofrecidos por la jurisprudencia. El trabajo de investigación realizado recopiló, analizó, interpretó, estructuró y expuso la jurisprudencia dictada por el Tribunal Constitucional, el Tribunal Supremo, la Audiencia Nacional y los Tribunales Superiores de Justicia.

3. CONTENIDO TEMÁTICO

El contenido del Proyecto de Investigación se ha estructurado alrededor de diversos bloques conceptuales, incluyendo dentro de cada uno de ellos la doctrina elaborada por los Tribunales en forma de principios, criterios y directrices, para lo que ha reproducido, tanto el texto de la sentencia donde se incluyen esas referencias

textuales y expresas, como la fecha y el órgano jurisdiccional de quien procede la misma. Ese contenido del trabajo realizado gira alrededor de las siguientes nociones, organizaciones, instituciones y figuras jurídicas:

3.1. El papel de las Administraciones públicas en el ámbito de los aeródromos y los aeropuertos desde una visión competencial

Este capítulo es fundamental, al menos en el plano organizativos y de coordinación y cooperación entre los diferentes poderes públicos implicados, en la medida que permiten concretar y puntualizar las competencias que constitucional y legalmente tienen atribuidas las Administraciones primarias, es decir, las de carácter territorial (Estado, Comunidades Autónomas y Entidades Locales).

La problemática relacionada con la titularidad y, sobre todo, con la gestión de los aeropuertos de interés general en sus relaciones con las Administraciones autonómicas y locales constituye el factor predominante en la jurisprudencia analizada. Sobresale también algunos conflictos originados respecto a la posición jurídica de AENA y las funciones que desempeña en el ejercicio de las competencias que legalmente tiene atribuidas.

3.2. La ordenación del territorio y el urbanismo y sus repercusiones en materia de aeródromos y aeropuertos

Un tema clave y fundamental en la materia analizada lo constituyen las relaciones y repercusiones que, en el ámbito de la ordenación del territorio y el urbanismo representa la construcción, conservación y ampliación de aeródromos y aeropuertos. La necesaria adaptación, combinación y coordinación del planeamiento territorial y urbanístico con los Planes Directores de los aeropuertos constituye una materia compleja y no exenta de polémica que ha tenido sus

repercusiones en una interesante jurisprudencia dictada en esa materia.

A ello se suman otros elementos también complejos como son las relaciones entre el planeamiento especial regulador de los aeródromos y aeropuertos y otros instrumentos urbanísticos.

3.3. El dominio público aeroportuario

Enlazando de alguna manera con la problemática en las relaciones de ordenación territorial y urbanística con los aeródromos y aeropuertos, un factor singular y relevante lo constituyen las obras y la utilización de los mismos. Dentro de este capítulo concurren y se ponen en juego las competencias de diferentes Administraciones públicas al regular una misma materia o actividad.

Cabe destacar que la singularidad del estatuto jurídico de los aeropuertos de interés general se traducen, entre otras consecuencias, en la exención de la correspondiente licencia urbanística municipal de obras lo que produce efectos negativos en los posibles ingresos de los Ayuntamientos por esos conceptos, dando origen a múltiples conflictos jurídicos analizados y resueltos por la jurisprudencia, generalmente, con un sentido desfavorable para los intereses municipales.

3.4. Actividades administrativas de ordenación, limitación o intervención

Bajo este capítulo se incluyen diferentes aspectos y situaciones que toman, como elemento básico de partida, la necesaria intervención previa, condicionante y tutelante de los poderes públicos sobre un conjunto de actividades que pueden sistematizarse bajo el prisma de garantizar la seguridad de personas y bienes.

Con ese objetivo la jurisprudencia ha analizado las autorizaciones y licencias que ha de otorgar los organismos competentes para garantizar tanto la seguridad aérea, como la idoneidad de las compañías aéreas y del personal al

servicio de las mismas al ejercer sus actividades profesionales.

Completan esas referencias otras situaciones menos frecuentes como son las relativas a la ordenación de los aeropuertos privados (sobre todo de carácter deportivo) y a las escuelas de vuelo, cuya idoneidad y solvencia académica, operativa y profesional son fundamentales.

3.5. Contratación pública y aeródromos y aeropuertos

Las obras e intervenciones que toman como destinatarios a aeródromos y aeropuertos ha generado una jurisprudencia que carece de notas de singularidad. Se trata de situaciones genéricas, es decir, de conflictos jurídicos comunes a la contratación pública que no suelen tener ninguna especialidad por razón de su ámbito objetivo de aplicación.

Los principales aspectos analizados jurisprudencialmente toman como referencia la problemática de la selección de los contratistas y la valoración de las ofertas licitadas ante la Administración (principalmente, ante AENA). El concurso público, instrumento común de adjudicación de la mayoría de los contratos de obras que afectan a aeródromos y aeropuertos, suele ser el generador de la mayor parte de las sentencias dictadas en ese ámbito. Por el contrario, el contrato de gestión de servicios públicos suele tener alguna sentencia casi testimonial.

3.6. Expropiación forzosa

Desde un punto de vista estrictamente cuantitativo o numérico, las sentencias sobre expropiación forzosa tienen una gran trascendencia y repercusiones prácticas a la hora de plantear futuras construcciones o ampliaciones de aeródromos y aeropuertos, así como el establecimiento de servidumbres aeronáuticas destinadas prioritariamente a garantizar la seguridad aérea.

Al igual que se exponía con anterioridad en materia de contratación

pública, las expropiaciones que toman como referencia aeródromos y aeropuertos no presentan una singularidad concreta. La mayoría de los conflictos jurídicos descansan en controversias respecto a la clasificación y la calificación urbanística de los terrenos, objeto de expropiación, y su consiguiente valoración de cara a fijar el justiprecio. Merece destacarse la existencia de una jurisprudencia contradictoria en este punto. En efecto, se detecta una posición relevante, aunque no mayoritaria, en la que la valoración de los terrenos a expropiar se considera como sistemas generales lo que produce, como directa consecuencia, un aumento en la cuantía de la indemnización. Frente a esta postura jurisprudencial, otra corriente niega esa posibilidad, fijando únicamente el justiprecio según la naturaleza urbanística del terreno a expropiar (en la mayoría de los casos, suelo no urbanizable o suelo rural según la última terminología implantada por la ya derogada Ley estatal 8/2007, de Suelo).

3.7. Medio ambiente y aeródromos y aeropuertos

Un capítulo fundamental en la materia analizada lo constituyen las repercusiones e influencias que la legislación medioambiental produce en los aeródromos y aeropuertos. Al margen de otras cuestiones, dos son las cuestiones que sobresalen en este punto:

- a) Por una parte, y, con carácter general, las implicaciones que la Evaluación de Impacto Ambiental produce en la planificación de la construcción o ampliación de futuros aeródromos y aeropuertos. La necesidad o no de incluir instrumentos de impacto ambiental en los proyectos de obras e infraestructuras que afecten a aeródromos y aeropuertos constituyen aspectos significativos analizados por alguna relevante jurisprudencia.
- b) Por otra parte, y, con carácter singular, los efectos que la contaminación acústica producida

por aeródromos y aeropuertos produce en la vida y salud humana constituye una importante materia de la que se ha hecho eco una numerosa y consolidada jurisprudencia. Merece destacarse la evolución operada en esta materia, en la que ha cobrado un especial papel la jurisprudencia emanada del Tribunal Europeo de Derechos Humanos, cuya influencia ha sido decisiva en las interpretaciones sostenidas en la actualidad por los órganos jurisdiccionales españoles. Bajo diversos prismas se analizan las repercusiones e influencias que la contaminación acústica procedente de los aeródromos y aeropuertos provoca en diversos bienes jurídicos constitucionalmente garantizados.

La suma final de cuanto antecede es la existencia de una jurisprudencia que goza de una singularidad en materia medio ambiental y que ha elaborado un conjunto de reglas o criterios a estudiar a la hora de plantear la existencia o no de ilícitos acústicos que repercutan negativamente en personas y colectivos de ciudadanos residentes en las inmediaciones de aeródromos y aeropuertos.

3.8. Responsabilidad patrimonial de la Administración en materia de aeródromos y aeropuertos

Al igual que en materia de expropiación forzosa, es significativo el número de sentencias dedicadas a enjuiciar la posible responsabilidad patrimonial de la Administración en el ámbito de los aeródromos y los aeropuertos, tanto por funcionamiento normal como anormal de los servicios aeroportuarios.

Desde el punto de vista de los requisitos necesarios para que pueda surgir la posible responsabilidad de la Administración y con relación al procedimiento a seguir con ese efecto, la jurisprudencia analizada no presenta ninguna singularidad digna de mención, salvo las circunstancias concurrentes en los distintos supuestos de hecho,

vinculados todos ellos al tráfico, actividades y seguridad en materia aeronáutica y a los efectos derivados de la existencia y funcionamiento de los aeródromos y aeropuertos (sobre todo, respecto a la contaminación acústica derivada de los mismos).

3.9. Régimen sancionador aplicable a aeródromos y aeropuertos

No son muy numerosas las sentencias dictadas en materia sancionadora administrativa aplicable al ámbito de los aeródromos y aeropuertos. Los principales ejemplos abordan las conductas de funcionarios públicos y de personal al servicio de las Administraciones, así como de personal al servicio de compañías aéreas (tanto las plantillas en vuelo como las de tierra).

Al margen de la normativa especial reguladora de las posibles conductas sancionables, con base en la legislación de navegación aérea, los principios rectores y procedimentales son los comunes a las infracciones administrativas, al igual que el procedimiento aplicable (dejando a salvo posibles singularidades concurrentes a los casos enjuiciados, por razón de la materia).

3.10. Tributación aplicable a aeródromos y aeropuertos

Uno de los capítulos fundamentales analizados por la jurisprudencia es todo lo relativo a la normativa sobre Derecho Financiero y Tributario aplicable a aeródromos y aeropuertos. El elevado número de sentencias dictadas en esa materia avalan su importancia.

Las principales cuestiones enjuiciadas por la jurisprudencia en esta materia toman como referencia los diferentes tributos, tasas e impuestos y su aplicación al ámbito de los aeródromos y aeropuertos.

No puede negarse que los aspectos más relevantes analizados por los diversos órganos jurisdiccionales se centran en las posibles exenciones o limitaciones aplicables a diferentes tipos de

actividades que conforman la base imponible ordinaria de los diferentes impuestos. La especialidad o singularidad de la actividad aeroportuaria se traduce, entre otras consecuencias, en el nacimiento normativo de un conjunto de situaciones consideradas como exentas del pago de diversos impuestos y tributos. La evitación de una extralimitación de esas ventajas fiscales, unido a la concurrencia de situaciones dudosas, conforman un importante número de sentencias.

En el trabajo final del proyecto de investigación se analiza la jurisprudencia en esta materia ordenada alrededor de diferentes figuras impositivas. En materia de impuestos destacan por su importancia cuantitativa y cualitativa para los Ayuntamientos, el pago o la exención del Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras (el conocido como «ICIO») aplicable, sobre todo, a las obras que tengan como destinatarios aeródromos y aeropuertos. En la mayor parte de los casos, las obras realizadas por AENA están exentas de la solicitud de la pertinente licencia urbanística municipal de obras, exención que provoca, entre otros efectos, la exención en el pago del ICIO.

Junto al ICIO también se han analizado la aplicabilidad a aeródromos y aeropuertos de otros impuestos como el IVA, el IBI o el Impuesto sobre Transmisiones o Actos Jurídicos Documentados.

Desde otra perspectiva, también las tasas, las tarifas y los precios públicos han concitado la atención de la jurisprudencia. En el trabajo final se recoge la evolución normativa sufrida en ese ámbito y sus repercusiones, sobre todo, en materia de tarifas aplicables a diferentes actividades aeroportuarias, realizadas tanto por empresas, como por naves y personas.

3.11. Personal, funcionarios y aeródromos y aeropuertos

Varias sentencias han sido dictadas sobre diversas cuestiones relacionadas con los derechos y deberes de los funcionarios o empleados públicos destinados a actividades aeroportuarias, así como del

personal laboral vinculado a las mismas (al margen de la naturaleza jurídica pública o privada de su empleador). En principio, dada la naturaleza del trabajo, vinculada a la jurisdicción contencioso-administrativa, las sentencias recopiladas y analizadas pertenecen exclusivamente a ese ámbito, habiéndose excluido todo lo relativo a la jurisdicción laboral o social.

3.12. Aspectos procesales referidos a aeródromos y aeropuertos

Un último capítulo analizado en el proyecto de investigación ha girado entorno a diferentes cuestiones de índole procesal que han tomado como referencia los aeródromos y los aeropuertos. En principio no merecen destacarse singularidades procesales algunas, sino que nos hemos limitado a destacar un conjunto de situaciones, por razón de la materia, y estudiar sus repercusiones procesales.

4. RESULTADOS

La utilización de la principal jurisprudencia elaborada a nivel nacional por nuestros órganos jurisdiccionales constitucional y contencioso-administrativo produce como resultado final una herramienta de trabajo valioso y útil para los operadores jurídicos que, en la práctica, tienen que trabajar puntual o permanentemente con diferentes aspectos que tomen como referente la figura de los aeródromos y los aeropuertos. Quien consulte el trabajo final realizado tendrá entre sus manos una ordenada y exhaustiva sistematización de todos los principios, criterios, directrices y postulados creados por la jurisprudencia al aplicar e interpretar la legislación dictada a nivel comunitario y nacional en materia de aeródromos y aeropuertos. Ese es el resultado u objetivo principal perseguido en el proyecto de investigación realizado y que se considera conseguido por sus autores.

Partiendo de ese axioma básico (que justifica por si mismo la idoneidad de la

realización del proyecto de investigación), el análisis del contenido jurisprudencial servirá para conseguir otras finalidades complementarias, pero también relevantes, entre las que pueden mencionarse, a título de ejemplo:

- a) La determinación de los criterios jurisprudenciales consolidados o mayoritarios que permitan inducir, siquiera por aproximación, cuál puede ser el sentido de futuros pronunciamientos judiciales.
- b) La constatación de las discrepancias o contradicciones entre diversos órganos jurisdiccionales al enjuiciar

unos mismos o parecidos supuestos de hecho. Este factor permitirá conocer las diversas posturas interpretativas que mantienen nuestros Tribunales y atisbar los precedentes interpretativos frente a futuros procesos que puedan plantearse.

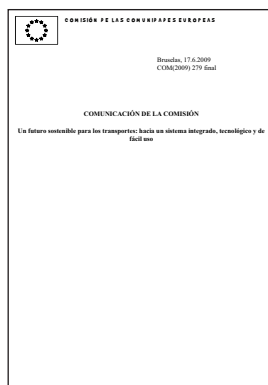
- c) El conocimiento de los posibles cambios en la doctrina jurisprudencial.

Esta cuestión parte de un examen «*ad intra*» de la doctrina vertida por cada Tribunal, que permita apuntar los posibles cambios de criterio (por otro lado, no infrecuentes) que hayan podido darse.



Documentos





Comunicación de la Comisión sobre “Un futuro sostenible para los transportes: hacia un sistema integrado, tecnológico y de fácil uso”

Comisión de las Comunidades Europeas

Se reproduce a continuación la Comunicación en la que se resumen los resultados de la reflexión de la Comisión sobre las últimas novedades del PET; las tendencias que mueven el transporte y los desafíos que podrían presentar para la sociedad; la propuesta de algunos objetivos estratégicos para hacer frente a los nuevos retos del sector transporte y describe algunos instrumentos disponibles y posibles vías de intervención para alcanzar los objetivos declarados.

I. INTRODUCCION

1. La Comisión publicó en 2001 un Libro Blanco¹ en el que fijaba un programa de política europea en materia de transportes hasta 2010. Este programa se actualizó en su revisión intermedia de 2006². Ahora que está cerca el final de ese período de diez años, es hora de mirar hacia el futuro y de preparar el terreno para nuevas políticas.
2. El transporte es un sistema complejo que depende de múltiples factores, tales como el patrón del consumo y de los asentamientos humanos, la organización de la producción y la existencia de infraestructuras. Debido a esta complejidad, cualquier intervención en el sector de los transportes debe basarse en una visión a largo plazo de la movilidad sostenible de personas y mercancías, especialmente porque las

políticas de carácter estructural tardan mucho en ejecutarse y deben planearse con gran antelación.

3. Las políticas de transportes de cara a los próximos diez años deben basarse por ello en una reflexión sobre el futuro del sistema de transporte que abarque también las décadas siguientes. La Comisión ha iniciado esa reflexión, que comprende una evaluación de la política europea de transportes (PET); un debate en tres «grupos de reflexión»; un estudio, llamado en inglés «Transvisions» (transvisiones), en el que figuran diversas situaciones posibles de transportes con baja emisión de carbono, y una consulta a los interesados, en particular mediante una conferencia de alto nivel de las partes interesadas celebrada los días 9 y 10 de marzo de 2009³.

⁽¹⁾ COM (2001) 370.

⁽²⁾ COM (2006) 314.

⁽³⁾ Toda la documentación pertinente se puede descargar de: http://ec.europa.eu/transport/strategies/2009_future_of_transport_en.htm

4. La presente Comunicación resume los resultados de esta amplia reflexión. La sección 2 trata de las últimas novedades de la PET y de los asuntos pendientes. En la sección 3 se considera el futuro, reconociéndose las tendencias que mueven el transporte y los desafíos probables que podrían presentar para la sociedad. En la sección 4 se proponen algunos objetivos estratégicos intermedios, que podrían perseguirse para hacer frente a los nuevos retos del sector de los transportes. En la sección 5 se describen algunos instrumentos disponibles y posibles vías de intervención para alcanzar los objetivos declarados.
5. Las ideas presentadas en la presente Comunicación pretenden estimular el debate al objeto de determinar las posibles opciones, sin que esto prejuzgue la formulación de propuestas concretas en el próximo Libro Blanco previsto para 2010.

2. LA POLÍTICA EUROPEA DE TRANSPORTES EN LA PRIMERA DÉCADA DEL SIGLO XXI

6. Antes de mirar hacia el futuro, resulta útil examinar lo ocurrido en el pasado reciente. Si bien aún es demasiado pronto para una evaluación completa del efecto de varias medidas estratégicas tomadas a partir del año 2000, se pueden deducir algunas indicaciones de las tendencias y de los datos del mercado, los cuales pueden evaluarse en relación con los objetivos estratégicos fijados en la revisión intermedia del Libro Blanco y de los establecidos en materia de transportes en la estrategia de desarrollo sostenible (EDS) de 2006⁴. La sección siguiente muestra que la PET ha cumplido en gran parte los objetivos fijados en los documentos estratégicos mencionados al contribuir considerablemente al desarrollo de la economía europea y a su competitividad, al facilitar la liberalización y la integración del mercado, al establecer normas de alta

calidad en materia de seguridad, protección y derechos de los pasajeros y al mejorar las condiciones de trabajo.

7. Los transportes constituyen un componente esencial de la economía europea. La industria del transporte en general representa alrededor del 7 % del PIB y más del 5 % del empleo total de la UE⁵. La PET ha contribuido a un sistema de movilidad comparable en eficiencia y eficacia al de las regiones más avanzadas económicamente del mundo. La PET ha contribuido a la cohesión social y económica y ha promovido la competitividad de la industria europea⁶, contribuyendo así de manera apreciable a la agenda de Lisboa a favor del crecimiento y el empleo⁷. Sin embargo, los resultados en relación con los objetivos de la EDS comunitaria han sido más limitados: según se indica en el informe provisional de 2007⁸, el sistema de transporte europeo no sigue todavía en varios aspectos una senda sostenible.
8. La apertura del mercado se ha traducido en general en una mayor eficiencia y costes más bajos, tal como demuestra el transporte aéreo, el más avanzado al respecto⁹. La UE está en vías de crear unas condiciones de competencia equitativas en un mercado del transporte cada vez más integrado, pero todavía hay que tratar problemas tales como las diferencias en los impuestos y las subvenciones. Merece la pena indicar que no solo las grandes empresas, sino también las medianas y pequeñas (PYME) han sacado ventaja de la liberalización y la integración del mercado en los diversos modos de transporte.

⁽⁵⁾ Del 7 % del PIB, el 4,4 % corresponde a los servicios de transporte y el resto a la fabricación de equipos de transporte, mientras que 8,9 millones de empleos corresponden a los servicios de transporte y 3 millones a los equipos de transporte.

⁽⁶⁾ COMPETE, *Analysis of the contribution of transport policies to the competitiveness of the EU economy and comparison with the United States* [Análisis de la contribución de las políticas de transporte a la competitividad de la economía de la UE y comparación con los Estados Unidos], octubre de 2006, ISI-Fraunhofer con INFRAS, TIS, y EE para la DG TREN de la CE.

⁽⁷⁾ COM (2007) 803.

⁽⁸⁾ COM (2007) 642.

⁽⁹⁾ Las rutas intracomunitarias en general aumentaron en un 120 % entre 1992 y 2008 y las rutas intracomunitarias con más de dos competidores aumentaron en un 320 % en ese mismo período. Las compañías de bajo coste suman hoy más de un tercio de la capacidad de vuelos regulares intracomunitarios.

⁽⁴⁾ CS (2006) 10917.

9. La política de redes transeuropeas de transporte (RTE-T) ha mejorado en gran medida la coordinación de la planificación de los proyectos de infraestructura de los Estados miembros. El progreso en la aplicación ha sido sustancial y se ha efectuado casi un tercio de las inversiones necesarias (400 000 millones de euros) en las RTE¹⁰. La prolongación de las RTE a los nuevos Estados miembros, partiendo de las inversiones ya efectuadas antes de la ampliación¹¹, también ha facilitado el plan para que los Fondos Estructurales y de Cohesión subsanen gradualmente sus déficits en materia de infraestructura. Queda mucho por hacer, pero las RTE ya han avanzado mucho en su finalidad de conectar los mercados y los pueblos de la UE.
10. Se han registrado progresos en la reducción de la contaminación atmosférica y de los accidentes viales. La calidad del aire de las ciudades europeas ha mejorado de manera importante gracias a la aplicación de normas de emisión Euro cada vez más rigurosas, pero hay que hacer más, sobre todo con vistas a reducir las emisiones en las zonas urbanas de NOx y de partículas finas (PM10), las cuales son especialmente dañinas para la salud humana. Además, hay que velar también por que se controlen adecuadamente las emisiones mundiales reales. El desarrollo de la infraestructura de transporte también ha dado lugar a la pérdida de hábitats y a una fragmentación del paisaje. No se cumplirá probablemente el objetivo de rebajar a la mitad el número de víctimas mortales del transporte por carretera para 2010, previsto en el Libro Blanco de 2001, aunque en muchos Estados miembros se han tomado medidas que se han traducido en mejoras significativas. Con más de 39 000 víctimas mortales en la UE en
- 2008, el transporte por carretera sigue costando demasiado en vidas humanas.
11. En el sector marítimo, se ha reducido considerablemente la contaminación marina, así como los accidentes marítimos, y la UE ha creado una de las normativas más avanzadas sobre la seguridad y la prevención de la contaminación («paquete de seguridad marítima»). En el transporte aéreo, ha adoptado una serie completa de normas comunes, uniformes y obligatorias que cubre todos los aspectos fundamentales de la seguridad (aeronaves, mantenimiento, aeropuertos, sistemas de gestión del tráfico aéreo, etc.). Se han creado agencias de seguridad aérea (AESA), marítima (AESM) y ferroviaria (AFE).
12. El Libro Blanco de 2001 no abordaba la protección contra ataques voluntarios. Después de los atentados del 11 de septiembre de 2001, se ha fomentado esta política. Hoy en día existen normas comunitarias sobre la protección del transporte en la mayor parte de los modos de transporte y en el caso de las infraestructuras cruciales. La UE también coopera con la comunidad internacional para mejorar la protección: así, se han puesto en marcha recientemente operaciones navales comunitarias para combatir la piratería.
13. Se han fomentado los servicios de calidad para los usuarios de los transportes mediante el refuerzo de los derechos de los pasajeros. Se han adoptado y ya están en vigor actos legislativos sobre los derechos de los pasajeros aéreos. En el sector del ferrocarril¹², se adoptó un Reglamento en diciembre de 2007 que contempla amplios derechos para los pasajeros. En diciembre de 2008 se adoptaron dos¹³ propuestas sobre los derechos de los pasajeros de autobuses y autocares y en el sector marítimo. Por otra parte, se ha comprobado que el transporte público (autobús y ferrocarril) es uno de los sectores en que la satisfacción de los consumidores es menor¹⁴.

⁽¹⁰⁾ COM(2007) 135. Entre los proyectos acabados están el enlace del Oresund, el aeropuerto de Malpensa y la línea de transporte de mercancías por ferrocarril de Betuwe. Otros proyectos se terminarán muy pronto, como el PBKAL (TAV París-Bruselas-Colonia, Amsterdam, Londres). También se han puesto en servicio amplios tramos de la línea de ferrocarril de alta velocidad Madrid-Barcelona o la primera fase del TGV Este en Francia.

⁽¹¹⁾ Especialmente mediante el Instrumento de Política Estructural de Preadhesión.

⁽¹²⁾ DO L 315 de 3.12.2007, pp. 14-41, Reglamento (CE) n° 1371/2007.

⁽¹³⁾ COM(2008) 817, COM(2008) 816.

⁽¹⁴⁾ http://ec.europa.eu/consumers/strategy/docs/2nd_edition_scoreboard_en.pdf

14. La dimensión social de la política de transportes también se ha consolidado respecto a los trabajadores del sector. Se han establecido, en colaboración con los interlocutores sociales, normas sobre la jornada laboral, el nivel mínimo de formación y el reconocimiento mutuo de títulos y cualificaciones, al efecto de mejorar las condiciones laborales en el transporte ferroviario, marítimo y por carretera.
15. El medio ambiente sigue siendo el principal ámbito en que son necesarias nuevas mejoras. En la UE, en comparación con los niveles de 1990, la tasa de crecimiento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) no ha sido tan alta en ningún otro sector como en los transportes¹⁵. Las emisiones de GEI pueden considerarse el producto de tres componentes: el volumen de la actividad que genera las emisiones, la intensidad energética de esa actividad y la intensidad de GEI de la energía que se utiliza. Aplicando este análisis a las últimas tendencias del transporte, puede verse que el sector ha aumentado considerablemente su actividad, sin registrar progresos suficientes en la reducción de su intensidad energética y de GEI.
16. La disociación del crecimiento del transporte del crecimiento del PIB, uno de los objetivos del Libro Blanco de 2001 y de la EDS, se ha producido en lo que respecta a los pasajeros, pues la demanda de transporte aumentó por término medio en un 1,7 % anual entre 1995 y 2007, frente a un aumento medio del PIB del 2,5 %. La demanda de transporte de mercancías en la UE, por otra parte, creció por término medio en un 2,7 % anual. El fuerte incremento del comercio mundial y la integración creciente de la UE ampliada han impedido la disociación del transporte de mercancías del PIB en la última década. El crecimiento del transporte de mercancías está también ligado a las prácticas económicas (concentración de la producción en un menor número de sitios para conseguir economías de escala, deslocalización, entregas justo a tiempo, reciclado generalizado de vidrio, papel y metales, etc.), que han facilitado una reducción de los costes y, posiblemente, de las emisiones en otros sectores a expensas de unas emisiones más altas de los transportes.
17. La eficiencia energética del transporte está aumentando, pero la mayor eficiencia no se ha dedicado enteramente a reducir el consumo global de combustible y no ha bastado para compensar los mayores volúmenes de transporte. En abril de 2009 se adoptaron textos legislativos por los que se establecían normas de comportamiento en materia de emisiones de los turismos nuevos como respuesta a la lentitud de la mejora¹⁶. Tampoco se ha avanzado demasiado en el cambio del transporte a otros modos más eficientes, incluido el fomento del transporte marítimo de corta distancia, aunque se ha producido un cierto reequilibrio y parece haberse frenado la disminución relativa del transporte por ferrocarril¹⁷. Varias encuestas indican que, en muchas ciudades, la cuota modal de la bicicleta ha aumentado notablemente estos últimos años¹⁸.
18. Los transportes no han reducido de forma apreciable su intensidad de GEI mediante el cambio a fuentes energéticas más limpias y aún dependen en hasta un 97 % de los combustibles fósiles, lo que también repercute negativamente en la seguridad del abastecimiento energético. Se han adoptado recientemente medidas para mejorar la calidad de los combustibles¹⁹, así como un objetivo vinculante de una

⁽¹⁵⁾ Salvo indicación contraria, la fuente de datos es DG TREN (2009), *EU Energy and Transport in Figures. Statistical Pocketbook 2009* (Estadísticas sobre transporte y energía en la Unión Europea en 2009).

⁽¹⁶⁾ DO L 140 de 5.6.2009, pp. 1-15, Reglamento (CE) n° 443/2009.

⁽¹⁷⁾ Con un 10,7 %, el ferrocarril de carga tenía la misma cuota modal en 2007 que en 2001.

⁽¹⁸⁾ Spicycles es un proyecto apoyado por el programa comunitario STEER – IEE.

⁽¹⁹⁾ DO L 140 de 5.6.2009, pp. 88-113, Directiva 2009/30/CE.

cuota del 10 % de fuentes de energía renovables en el sector de los transportes para 2010, dentro del «paquete sobre la energía y el clima»²⁰.

3. TENDENCIAS Y DESAFÍOS

19. La presente sección describe las tendencias de los principales motores del transporte hasta mediados de siglo y los desafíos relacionados. Resulta difícil prever cuál de ellas influirá en mayor medida en el futuro del transporte.

3.1. Envejecimiento

20. Se prevé que, para 2060, la edad media de la población europea sea 7 años más alta que hoy y las personas de 65 años o más representen el 30 % de la población, frente al 17 % actual²¹.
21. Aunque la gente suele viajar menos por encima de una cierta edad que en su juventud, las personas mayores de hoy tienden a viajar más que sus progenitores. Se prevé que esta tendencia se mantenga y quede reforzada por una mejor salud, más opciones de viaje y mayores conocimientos de idiomas. Una sociedad que envejece hará más hincapié en la prestación de servicios de transporte que den una impresión de alto nivel de seguridad y fiabilidad y que ofrezcan soluciones adecuadas para los usuarios con movilidad reducida.
22. Una sociedad con un mayor porcentaje de ciudadanos de tercera edad necesitará dedicar más recursos públicos al pago de pensiones, a la atención sanitaria y a la asistencia. Por su efecto en las finanzas públicas, el envejecimiento repercutirá en el suministro y mantenimiento de la

infraestructura de transporte y fijará un límite a la financiación disponible para el transporte público. El resultado podría ser la escasez de trabajadores y de cualificaciones, lo que agravaría la penuria de mano de obra especializada que ya sufren algunos segmentos del sector. En conjunto, esto se puede traducir en unos transportes más costosos para la sociedad.

3.2. Migración y movilidad interna

23. La migración neta a la UE podía añadir 56 millones de personas a la población de la UE en las próximas cinco décadas²². La migración podría desempeñar un papel importante en la mitigación de las repercusiones del envejecimiento sobre el mercado laboral. Los emigrantes, generalmente jóvenes y habitantes sobre todo de las zonas urbanas, intensificarán más los lazos de Europa con las regiones vecinas, al mantener relaciones culturales y económicas con sus países de origen. Estos vínculos implicarán más movimientos de personas y mercancías.
24. También se prevé que la movilidad de trabajadores en la Unión aumente con la supresión gradual de las barreras administrativas y jurídicas y la profundización del mercado interior.

3.3. Desafíos ambientales

25. Resulta cada vez más urgente que el sector del transporte mitigue su impacto negativo en el medio ambiente. La UE ha adoptado recientemente un «paquete sobre la energía y el clima» que fija un objetivo de reducción de las emisiones de GEI en la UE en un 20 % respecto a 1990. El transporte es fundamental para alcanzar ese objetivo y resulta necesario invertir parte de las tendencias actuales.
26. El informe TERM 2008²³ de la Agencia Europea de Medio Ambiente, en el que

⁽²⁰⁾ DO L 140 de 5.6.2009, pp. 16-62, Directiva 2009/28/CE.

⁽²¹⁾ Eurostat (2008), *Statistics in Focus – Population and Social Conditions* (Estadísticas breves - Población y condiciones sociales), 72/2008; y Comisión Europea, *Demography Report 2008: Meeting Social Needs in an Ageing Society* (Informe demográfico 2008: Cubrir necesidades sociales en una sociedad que envejece). SEC(2008) 2911.

⁽²²⁾ Véase la nota n° 21.

⁽²³⁾ EEE, *Transport at a crossroads* [El transporte en la encrucijada], TERM 2008, n° 3/2009.

figuran indicadores para el seguimiento del transporte y el medio ambiente en la UE, demuestra que muchos europeos aún siguen expuestos a unos niveles peligrosamente altos de ruido y contaminación atmosférica. En especial, la concentración de PM10, cuya segunda fuente es el transporte, supera el valor límite de 2005 en muchas zonas de calidad del aire. También habrá que tratar la contaminación derivada de las emisiones de NOx y SOx procedentes del transporte marítimo.

27. El transporte mismo sufrirá los efectos del cambio climático y necesitará medidas de adaptación. El calentamiento del planeta que provocará una subida del nivel del mar hará más vulnerables las infraestructuras costeras, incluidos los puertos²⁴. Las condiciones meteorológicas extremas afectarán a la seguridad de todos los modos de transporte. Las sequías y las inundaciones crearán problemas a las vías navegables²⁵.

3.4. Escasez creciente de combustibles fósiles

28. En las próximas décadas se prevé que irá subiendo el precio del petróleo y otros combustibles fósiles a medida que aumente la demanda y las fuentes baratas se agoten. El impacto negativo en el medio ambiente será mayor, pues las fuentes convencionales se sustituirán por suministros más contaminantes. Al mismo tiempo, la necesidad de tender a una economía con baja emisión de carbono y la creciente preocupación por la seguridad energética dará pie a un mayor abastecimiento de energías renovables, abaratadas por los avances tecnológicos y la producción en serie.
29. El cambio en los precios relativos hará más atractivas las inversiones en fuentes energéticas alternativas, pese a la alta variabilidad de esos precios. La necesidad de crear unas infraestructuras de apoyo y la larga

vida útil de los vehículos retrasará el proceso de transición.

30. La consecuencia inmediata de esta transformación será la menor necesidad de transportar combustibles fósiles, los cuales representan actualmente alrededor de la mitad del volumen del transporte marítimo internacional²⁶.

3.5. Urbanización

31. La urbanización es una tendencia clara en las últimas décadas y se prevé su mantenimiento, con una proporción de población europea residente en zonas urbanas que pasará del 72 % en 2007 a un 84 % en 2050²⁷.
32. La proximidad de las personas y las actividades es una fuente importante de ventajas que impulsa la urbanización. Sin embargo, en los últimos 50 años, el crecimiento de las zonas urbanas en toda Europa ha sido aún mayor que el de la población residente. La expansión de las ciudades constituye el principal desafío para el transporte urbano, ya que supone una mayor necesidad de modos individuales de transporte, lo que genera congestión y problemas ambientales. El transporte urbano suma el 40 % de las emisiones de CO₂ y el 70 % de las emisiones de otros contaminantes procedentes del transporte por carretera²⁸.
33. La congestión, frecuente en las aglomeraciones y en sus vías de acceso, genera unos altos costes por los retrasos y el mayor consumo de combustible. Como la mayor parte del transporte de mercancías y de pasajeros empieza o termina en las zonas urbanas, la congestión urbana también afecta negativamente a los viajes interurbanos.

⁽²⁶⁾ La cuota de los combustibles fósiles entre las principales mercancías transportadas en el mundo por mar asciende aproximadamente al 51 %, con un 32 % para el petróleo crudo, un 8 % para los productos derivados del petróleo y un 11 % para el carbón (en miles de millones de toneladas-milla, cifras de 2005, fuente: CNUCD).

⁽²⁷⁾ Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales / División de población (2008), *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision* (Perspectivas mundiales de urbanización: revisión de 2007).

⁽²⁸⁾ COM(2007) 551.

⁽²⁴⁾ SEC(2009) 387, Documento de trabajo de los servicios de la Comisión adjunto al Libro Blanco «Adaptación al cambio climático: hacia un marco europeo de actuación».

⁽²⁵⁾ IPCC (2007), cuarto informe de evaluación.

Mientras que en unas ciudades más densas convienen más unos modos de transporte colectivos, la falta de superficies y de aceptación pública seguirán constituyendo una gran dificultad para la construcción de nuevas infraestructuras para los medios de transporte públicos o alternativos.

Algunos estudios sugieren que el número de automóviles en el mundo pasará de los cerca de 700 millones actuales a más de 3 000 millones en 2050³⁰, lo que creará graves problemas de sostenibilidad a menos que se tienda a vehículos con emisiones menores o nulas y se introduzca una noción diferente de movilidad.

3.6. TENDENCIAS MUNDIALES QUE AFECTAN A LA POLÍTICA EUROPEA DE TRANSPORTES

34. Además de una mayor profundización en el mercado único, es probable que continúe la integración de la UE con las regiones vecinas (Europa oriental, norte de África) y en la economía mundial. La mundialización es una fuerte tendencia de las últimas décadas, gracias a los acuerdos de liberalización comercial y a los avances revolucionarios en el transporte y las tecnologías de la comunicación (desde los contenedores hasta la radionavegación por satélite), que han reducido los obstáculos de la distancia y el tiempo.
35. Aunque las crisis económicas y la inestabilidad geopolítica puedan frenarlo temporalmente, el fuerte crecimiento económico de muchos países en vías de desarrollo implica más mundialización. El transporte fuera de Europa aumentará mucho más que el intraeuropeo y resulta probable que sigan creciendo rápidamente el transporte y el comercio exterior comunitarios en los próximos años.
36. Se prevé que la población mundial supere los 9 000 millones para 2050²⁹. Este aumento, que representa aproximadamente un tercio más de la cifra de 6 800 millones de personas en 2009, tendrá un enorme impacto en los recursos mundiales, con lo que revestirá tanta mayor importancia el objetivo de crear un sistema de transporte más sostenible, que consuma menos recursos.
37. Más personas y mayor riqueza suponen más movilidad y más transporte.

4. OBJETIVOS POLÍTICOS HACIA UN TRANSPORTE SOSTENIBLE

38. El objetivo del PET es establecer un sistema de transporte sostenible que satisfaga las necesidades económicas, sociales y ambientales de la sociedad y contribuya a conseguir una sociedad no excluyente y una Europa plenamente integrada y competitiva. Las tendencias actuales y los desafíos futuros señalados en los apartados anteriores apuntan a la necesidad de satisfacer una demanda creciente de «accesibilidad» en el contexto de una preocupación cada vez mayor por la sostenibilidad. Las prioridades más inmediatas resultan ser la mejor integración de los diversos modos de transporte con vistas a mejorar la eficiencia global del sistema y la aceleración de la creación e implantación de tecnologías innovadoras, todo lo cual se ha de hacer manteniendo a los usuarios y trabajadores del transporte, con sus necesidades y derechos, en el corazón de la formulación de estrategias. Los capítulos siguientes transforman las prioridades indicadas en objetivos más operativos, proponiendo siete amplios objetivos para su estudio.

4.1. Transportes seguros y cómodos

39. Los transportes facilitan muchas de nuestras libertades: la libertad de trabajar y de vivir en diferentes partes

⁽²⁹⁾ División de población de las Naciones Unidas (2009): *World Population Prospects: The 2008 Revision* (Perspectivas mundiales de población: revisión de 2008).

⁽³⁰⁾ Véase, por ejemplo, M. Chamon, P. Mauro e Y. Okawa (2008): *The implications of mass car ownership in the emerging market giants* (Las repercusiones de la posesión generalizada de automóviles en los grandes mercados emergentes). *Economic Policy*, volumen 23, número 54, pp. 243-296.

del mundo, la libertad de disfrutar de diversos productos y servicios, la libertad de comerciar y de establecer contactos personales.

40. La demanda de estas libertades aumentará probablemente en la sociedad más multicultural y heterogénea del futuro, con relaciones más estrechas con otras regiones del mundo. Habrá que garantizar el acceso a los bienes y servicios a una sociedad en envejecimiento que podría exigir una mayor seguridad y comodidad de los transportes, al mismo tiempo que el crecimiento del tráfico y las tensiones del medio urbano corren el riesgo de llevar en la dirección opuesta.
41. Por consiguiente, una mejora de la calidad general de los transportes, incluida la seguridad personal, la reducción de los accidentes y los riesgos para la salud, la protección de los derechos de los pasajeros y la accesibilidad de las regiones periféricas deben seguir siendo una importante prioridad de la política de transportes. La seguridad vial seguirá preocupando y, tras la expiración del Programa de Acción Europeo de Seguridad Vial en 2010, habrá que estudiar adecuadamente una estrategia de seguimiento dirigida a garantizar una reducción del número de víctimas mortales en las carreteras europeas. También deben mejorar las condiciones laborales de los trabajadores del sector, especialmente en lo que atañe a los riesgos para la salud y la seguridad.
42. Para mejorar las condiciones de seguridad, debe prestarse atención al tema de la protección de los datos y de la intimidad, que puede plantearse en relación con los medios empleados a efectos de vigilancia, registro y control.
43. Las personas con movilidad reducida deben contar con soluciones de transporte cómodas. Tiene que construirse, mantenerse y modernizarse la infraestructura conforme al principio de accesibilidad para todos. Un medio urbano más seguro podría contribuir a un mayor uso del transporte público, de la bicicleta y del desplazamiento a pie, lo que no solo mitigaría la congestión y reduciría las emisiones, sino que

también tendría efectos positivos en la salud y el bienestar de la población.

4.2. Una red bien mantenida y plenamente integrada

44. El sector de los transportes es una industria de red que comprende varios elementos: infraestructura, puntos nodales, vehículos y equipos de transporte, aplicaciones informáticas relacionadas con la infraestructura y los servicios a bordo y de red, y procedimientos operativos y administrativos. La capacidad de transportar personas y mercancías de forma eficaz y eficiente se basa fundamentalmente en el buen funcionamiento de todos esos elementos combinados.
45. Una mejor explotación de la capacidad de la red y de las ventajas relativas de cada modo podría contribuir en gran medida a la reducción de la congestión, de las emisiones, de la contaminación y de los accidentes, lo cual requiere la optimización y el funcionamiento de la red como una única entidad, mientras que las redes modales están ahora muy separadas e, incluso dentro de unos mismos modos, existe una falta de integración entre los países.
46. En especial, en lo que respecta al transporte de pasajeros, la integración del transporte aéreo con el tren de alta velocidad sería crucial. En cuanto al transporte de mercancías, un sistema logístico inteligente e integrado debe hacerse realidad, con el desarrollo de los puertos y de las terminales intermodales como elemento fundamental. Por último, la tendencia a la urbanización a la que se ha aludido hará especialmente importante el «cambio modal» hacia modos más respetuosos con el medio ambiente en el transporte urbano.
47. La infraestructura debe mantenerse en buen estado y hay que coordinar las obras de mejora para disminuir los accidentes y los costes de funcionamiento, además de la congestión, la contaminación y el ruido. Deben proyectarse y recibir prioridad

nuevas infraestructuras al efecto de aumentar al máximo las ventajas socioeconómicas teniendo en cuenta los factores externos y los efectos en toda la red.

4.3. Unos transportes más sostenibles ambientalmente

48. Contribuir a los objetivos de la EDS comunitaria y reducir las consecuencias del transporte en el medio ambiente implica avanzar hacia el cumplimiento de varios objetivos de política ambiental. Reducir el consumo de recursos no renovables es esencial en todos los aspectos de los sistemas de transportes y de su uso. Las repercusiones ambientales indeseadas de las actividades de transporte exigirán nuevas medidas, especialmente en relación con el ruido, las emisiones de contaminantes atmosféricos y las emisiones de gases de efecto invernadero. El Derecho comunitario fija requisitos en muchos de esos ámbitos, los cuales habrá que evaluar y actualizar en el futuro.
49. En relación con algunos aspectos y teniendo en cuenta el largo tiempo necesario para proceder al cambio, hacen falta estrategias a largo plazo que ofrezcan garantías a los diversos participantes en el mercado. Al proyectar el futuro del sistema de transporte deberían considerarse todos los elementos de sostenibilidad, lo que afecta al funcionamiento de los medios de transporte (emisiones, ruido) y a la creación de la infraestructura (uso del suelo, biodiversidad).

4.4. Mantenimiento de la UE en la vanguardia de los servicios y tecnologías del transporte

50. La innovación tecnológica contribuirá mucho a la solución de las dificultades de los transportes. Las nuevas tecnologías proporcionarán servicios nuevos y más cómodos a los pasajeros, mejorarán la seguridad y reducirán las

repercusiones en el medio ambiente. Unas «infraestructuras ligeras», como los sistemas de transporte inteligentes para el tráfico por carretera (STI³¹) y los sistemas de gestión del tráfico ferroviario (ERMTS³²) y aéreo (cielo único europeo, SESAR³³), con el apoyo de Galileo, pueden mejorar el uso de la red y la seguridad; las tecnologías innovadoras de los vehículos pueden rebajar las emisiones, reducir la dependencia del petróleo y mejorar la comodidad.

51. La creación de soluciones tecnológicas en pro del transporte sostenible es también importante para fomentar el crecimiento y salvaguardar puestos de trabajo. El envejecimiento de la población podría poner en peligro la competitividad de Europa en la economía mundial y su capacidad de mantener un alto nivel de vida. Para hacer frente a este desafío, revestirá especial importancia que la economía comunitaria aumente su productividad, sobre todo manteniendo un sistema de transporte eficaz e invirtiendo más en I+D.
52. Europa es un líder mundial en muchos ámbitos del transporte, incluida la infraestructura, la fabricación de equipos de transporte, los servicios de transporte y la logística. En vista de la intensificación prevista de la competencia mundial, mantener y aumentar ese liderazgo constituye un factor clave para preservar la competitividad global de la economía comunitaria y también brindará a nuestra industria del transporte la oportunidad de abastecer a mercados nuevos y en expansión.

4.5. Protección y fomento del capital humano

53. El sistema de transporte sufrirá cambios sustanciales debido a la mayor liberalización del mercado y a la innovación. La competitividad de la economía de la UE y la fortaleza de las

⁽³¹⁾ COM(2008) 886 y COM(2008) 886/2.

⁽³²⁾ COM(2005) 903.

⁽³³⁾ Decisión 2009/820/CE del Consejo.

empresas de transportes dependen de su capacidad de adaptarse a la innovación y a las nuevas necesidades del mercado. La competencia y la innovación han tenido repercusiones positivas en el mercado de trabajo de los transportes. No obstante, los trabajadores del transporte en algunos sectores podrían perder su empleo a consecuencia del ajuste a un contexto económico y energético radicalmente distinto. Es importante velar por prever y gestionar correctamente ese cambio, de manera que las nuevas condiciones también sean fuente de nuevos empleos y que los trabajadores del transporte puedan participar en el proceso y reaccionar al mismo, lo que puede conseguirse con una serie de instrumentos tales como la información y la consulta a los trabajadores, el diálogo social, el reconocimiento temprano de las penurias de trabajadores cualificados³⁴, la formación y la garantía de que cualquier reestructuración se llevará a cabo de forma socialmente responsable. La protección social y los servicios públicos deben aportar una red de seguridad para facilitar el ajuste. También deben tenerse en cuenta las consideraciones de género para facilitar el acceso de las mujeres a los empleos en los transportes.

54. También debe garantizarse el mantenimiento o mejora de las condiciones de trabajo. Las diferencias en los derechos y las condiciones sociales entre los Estados miembros no deben dar lugar a una carrera hacia el denominador más bajo ni convertirse en un factor de competitividad en el contexto de la movilidad transfronteriza creciente de los trabajadores del sector.

4.6. Precios inteligentes como señales

55. En los transportes, como en cualquier otro sector, no puede existir eficiencia económica si los

precios no reflejan todos los costes (internos y externos) realmente causados por los usuarios. Al proporcionar información sobre la escasez relativa de las mercancías o los servicios, los precios aportan datos esenciales a los agentes económicos. El sistema de transporte sacaría una gran ventaja de unas mejores señales de precios. Es rara una diferenciación de los precios por el uso de carretera en horas punta frente a horas valle. Asimismo, no existe ningún incentivo económico para el uso de vehículos más silenciosos, modos de transporte más seguros o medios más respetuosos con el medio ambiente.

56. Los transportistas y los ciudadanos no siempre están en condiciones de determinar, entre varias alternativas de transporte, la mejor para la economía y el medio ambiente, pero con una valoración correcta de los factores externos en todos los modos y medios de transporte tomarían la decisión adecuada al optar simplemente por la solución más barata.
57. Es probable que la próxima década sea de transición para el sistema de transporte. Surgirán nuevas prácticas y tecnologías; se harán inversiones a largo plazo, por ejemplo, en la infraestructura. Europa tendrá que vivir durante mucho tiempo con el resultado de esas decisiones, por lo que resulta esencial que se guíen por unas señales de precios correctas.

4.7. Planificación con vistas al transporte: mejora de la accesibilidad

58. La introducción de un sistema correcto de fijación de precios contribuirá a una mejor consideración de los costes del transporte en las decisiones de localización; aun así, existe el riesgo de que los planificadores no tengan en cuenta correctamente esos costes y de que se dé por sentada la disponibilidad de soluciones de transporte baratas.

⁽³⁴⁾ Véase la Comunicación de la Comisión «Nuevas Capacidades para Nuevos Empleos - Previsión de las capacidades necesarias y su adecuación a las exigencias del mercado laboral» - COM(2008) 868.

59. Muchos servicios públicos se han ido centralizando en aras de una mayor eficacia. Las distancias entre los ciudadanos y los proveedores de servicios (escuelas, hospitales, centros comerciales, etc.) han ido en aumento. Las empresas han seguido la misma tendencia al mantener un número más pequeño de centros de producción, almacenamiento y distribución. La tendencia a la concentración de las actividades ha dado lugar a una numerosa movilidad «forzada» debido al empeoramiento de la accesibilidad.
60. Al adoptar decisiones de ubicación o de ordenación del territorio, los poderes públicos y las empresas deben tener en cuenta las consecuencias de sus decisiones desde el punto de vista de las necesidades de transporte de los clientes y de los empleados, además del transporte de mercancías. Una correcta planificación también debe facilitar la integración de los diversos modos de transporte sin soluciones de continuidad.
61. Las necesidades del transporte pueden también reducirse mediante una mayor accesibilidad «virtual» gracias a las tecnologías de la información (teletrabajo, administración y sanidad en línea, etc.). Las pruebas del efecto de estas prácticas son aún limitadas, pero parece que tienen un gran potencial todavía sin explotar para suprimir viajes. Por otra parte, la mayor facilidad en el contacto podría llevar a la gente a vivir más lejos de su lugar de trabajo y a las empresas a dispersar sus actividades. El resultado neto podrían ser menos viajes, aunque más largos, relacionados con el trabajo. En cualquier caso, el teletrabajo tiene la gran ventaja de aumentar la flexibilidad en la elección de cuándo viajar, por lo que reduce considerablemente la congestión³⁵.

⁽³⁵⁾ *TRANSvisions: Report on Transport Scenarios with a 20 and 40 Year Horizon* (TRANSvisiones: informe sobre hipótesis de transporte a 20 y 40 años vista). http://ec.europa.eu/transport/strategies/doc/2009_future_of_transport/20030331_transvisions_task_1_final_report.pdf

5. POLÍTICAS EN PRO DE UN TRANSPORTE SOSTENIBLE

62. Mientras que la sección anterior propone los objetivos generales de una futura política de transportes, en la presente sección se sugiere cómo se podrían aprovechar los instrumentos disponibles para alcanzar esos objetivos y afrontar el reto de la sostenibilidad.

5.1. Infraestructura: mantenimiento, desarrollo e integración de las redes modales

63. El funcionamiento óptimo del sistema de transporte requiere la integración y la interoperabilidad de los distintos componentes de la red, así como la plena interconexión de las diversas redes (modales). Resultan cruciales para conseguir este resultado los puntos nodales, que son los centros logísticos de la red y brindan conectividad y opciones para el transporte tanto de mercancías como de pasajeros. Deben fomentarse las plataformas intermodales y de transbordo donde exista un potencial de consolidación y optimización de los flujos de pasajeros y mercancías, lo que ocurrirá en general en las zonas con un transporte muy activo de pasajeros y mercancías, esto es, las zonas urbanas, y allí donde se crucen corredores de un alto volumen de tráfico.
64. Una expansión bien pensada de la infraestructura contribuirá a prevenir la congestión y las pérdidas de tiempo. A este respecto, es necesario planear cuidadosamente la infraestructura, dándole prioridad, al efecto de optimizar las cadenas de transporte y la red global de transportes. Además de la supresión de los embotellamientos, será esencial definir pasillos verdes para reducir la congestión y la contaminación ambiental. Entre los proyectos de infraestructura se cuentan los sistemas europeos de radionavegación mundial por satélite (Galileo y EGNOS), que complementarán las redes «tradicionales» y mejorarán su explotación.

65. Aprovechando la experiencia de la aplicación de las Directivas EIA y EAE³⁶, deben adoptarse metodologías comunes, así como supuestos similares en las evaluaciones de los proyectos de infraestructura en todos los modos y, posiblemente, países³⁷. Resultan necesarios datos e indicadores comunes, empezando por los de tráfico y congestión, lo que ayudará a seleccionar los proyectos partiendo de coeficientes comparables de coste-beneficio y a tener en cuenta todos los elementos pertinentes: efectos socioeconómicos, contribución a la cohesión y efectos en la red global de transportes.
66. Una nueva infraestructura es costosa y un uso óptimo de las instalaciones existentes puede ayudar mucho con recursos limitados, lo cual requiere una gestión, mantenimiento, modernización y reparación apropiados de la amplia red de infraestructura que ha conferido a Europa una ventaja competitiva hasta ahora. La modernización de la infraestructura existente (también mediante sistemas de transporte inteligentes) es en muchos casos el procedimiento más barato de mejorar el rendimiento global del sistema de transporte.
67. Hasta ahora, la infraestructura ha sido diseñada sobre todo con vistas a su uso conjunto por vehículos de pasajeros y de mercancías, pero el crecimiento del tráfico y la congestión consiguiente, especialmente en las ciudades y sus alrededores, se ha traducido en fricciones entre el transporte de pasajeros y el de mercancías. En los casos en que lo justifiquen los volúmenes de tráfico, debería estudiarse la posibilidad de reservar ciertas infraestructuras al transporte de pasajeros o de mercancías, en forma de corredores para el transporte de mercancías o la fijación de normas de prioridad «inteligentes». En general, puede conseguirse un uso de la infraestructura más eficaz cuando los usuarios presentan características similares (cargas, velocidades, etc.).
68. Gracias a la gran longitud de las costas europeas y al gran número de puertos del continente, el sector marítimo constituye una valiosa alternativa al transporte terrestre. La plena aplicación del espacio marítimo europeo sin barreras³⁸ y la estrategia de transporte marítimo de cara a 2018³⁹ pueden hacer realidad las «autopistas del mar» y sacar partido del potencial del transporte marítimo intraeuropeo de corta distancia. Las operaciones logísticas que aprovechan las sinergias entre el mar y el ferrocarril y/o las vías navegables también presentan un gran potencial de desarrollo.
69. Los sistemas de información son esenciales a la hora de supervisar las complejas cadenas de transporte en que participan varios agentes, así como a la de informar a los usuarios de los transportes de las opciones disponibles y alternativas y de las posibles perturbaciones. Los billetes y documentos de transporte deben ser electrónicos y multimodales, salvaguardando el carácter privado de los datos personales. Las cuestiones de responsabilidad, resolución de litigios y tramitación de reclamaciones a lo largo de toda la cadena de transporte deben aclararse y racionalizarse. Deben fomentarse las soluciones informáticas para apoyar una mejor gestión e integración de los flujos de transporte.

5.2. Financiación: encontrar recursos para un transporte sostenible

70. La transición hacia una economía de baja emisión de carbono impondrá una revisión a fondo del sistema de transporte, lo que exigirá una financiación considerable y bien

⁽³⁶⁾ Directiva sobre la evaluación ambiental estratégica (2001/42/CE) y Directiva sobre la evaluación del impacto ambiental (85/337/CEE), modificada por las Directivas 97/11/CE y 2003/35/CE.

⁽³⁷⁾ A este respecto, la Comisión adoptará directrices ambientales sobre la ampliación de los puertos según lo previsto en el Libro Azul sobre una política marítima integrada para la Unión Europea [COM(2007) 575].

⁽³⁸⁾ COM(2009) 10 y COM(2009) 11.

⁽³⁹⁾ COM(2009) 8, «Objetivos estratégicos y recomendaciones para la política de transporte marítimo de la UE hasta 2018».

coordinada. Sin embargo, los recursos necesarios serán difíciles de encontrar: la crisis económica actual está pesando sobre las finanzas públicas y es probable que la suceda una fase de consolidación presupuestaria. El envejecimiento absorberá cada vez más fondos públicos en pensiones y atención sanitaria.

71. El transporte genera una gran cantidad de ingresos a los presupuestos públicos. Los impuestos energéticos ascienden hasta un 1,9 % del PIB, la mayoría de ellos procedente de impuestos sobre el consumo de combustible por el transporte por carretera y vehículos privados. Otro 0,6 % del PIB se recauda en forma de impuestos sobre los vehículos⁴⁰. Además de los impuestos, existen también los peajes y los cánones por el uso de infraestructura. Así pues, los usuarios del transporte ya pagan grandes cantidades, pero el precio que pagan suele tener poca relación con los costes reales de sus decisiones para la sociedad.
72. La inversión en la infraestructura de transporte se financia principalmente con fondos públicos, que suelen también cubrir alrededor del 50 % de los costes de funcionamiento de los servicios de transporte público. El uso de la financiación pública sumada a lo pagado por los usuarios se justifica por los beneficios socioeconómicos generales (por ejemplo, desarrollo regional, bienes públicos). Estos beneficios deben evaluarse con métodos de evaluación de proyectos armonizados progresivamente a escala comunitaria. Los costes de infraestructura totales del transporte por carretera (costes fijos, más mantenimiento) se estiman en alrededor del 1,5 % del PIB⁴¹.
73. Según los cálculos disponibles, relativos al transporte por carretera, los costes externos más comunes alcanzan el 2,6

% del PIB⁴². Estos costes suelen pagarlos todos los ciudadanos, de manera que no guardan relación con los factores externos y se pierden en consecuencia el efecto de incentivo y las ventajas de las señales de precios. El principio del Tratado de que el que contamina, paga⁴³ no se cumple en todos los casos.

74. La Comisión propuso el año pasado una estrategia gradual para la internalización de los costes externos en todos los modos de transporte⁴⁴, la cual contempla, entre otras cosas, la inclusión del transporte aéreo en el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión desde 2012⁴⁵ y la introducción de tasas de internalización para los vehículos pesados de transporte de mercancías. Cuando proceda, las medidas de los Estados miembros y de las organizaciones internacionales deben complementar esta estrategia y velar por que los costes soportados por los usuarios incluyan los factores externos pertinentes en todos los modos y vehículos. El desarrollo tecnológico (por ejemplo, unidades a bordo y sistemas de navegación para peajes) facilitará la futura aplicación de esta estrategia. Es probable que resulten necesarias en cualquier caso las tasas de internalización como complemento de los impuestos energéticos, puesto que los impuestos especiales sobre los derivados del petróleo disminuirán probablemente según se vayan difundiendo los vehículos que utilicen fuentes de energía alternativas.
75. También es previsible que el sector del transporte tendrá que autofinanciarse cada vez más también en relación con la infraestructura. Las tasas de congestión, que representan el coste de la escasez de infraestructura, pueden dar una buena indicación de las

⁽⁴⁰⁾ Eurostat (2008), *Taxation Trends in the European Union* (Tendencias fiscales en la Unión Europea), edición de 2008. Comisión Europea, *Excise Duty Tables, Tax Receipts – Energy Products and Electricity* (Tablas de impuestos especiales, ingresos fiscales – productos energéticos y electricidad), julio de 2008.

⁽⁴¹⁾ Cf. proyecto UNITE para el quinto programa marco comunitario, por C. Nash y otros, Universidad ITS de Leeds.

⁽⁴²⁾ Vea la nota nº 41. El cálculo incluye los costes de la congestión, los accidentes, la contaminación atmosférica, el ruido y el calentamiento de la Tierra.

⁽⁴³⁾ Artículo 174, apartado 2, del Tratado CE.

⁽⁴⁴⁾ COM(2008) 435.

⁽⁴⁵⁾ La propuesta de la Comisión sobre las actividades aéreas se presentó en 2006 y la Directiva resultante fue adoptada en noviembre de 2008.

necesidades de nueva capacidad y aportar financiación para la creación de infraestructura o para soluciones de transporte alternativas.

5.3. Tecnología: cómo acelerar la transición a una sociedad de baja emisión de carbono y liderar la innovación mundial

76. La ciencia y la industria ya buscan muy activamente soluciones en materia de seguridad del transporte, dependencia de los combustibles, emisiones de los vehículos y congestión de la red. Considerando las tendencias mencionadas de la población mundial y de la posesión mundial de automóviles, existe una necesidad imperiosa de un cambio tecnológico a favor de vehículos con pocas emisiones o ninguna y de la creación de soluciones alternativas de transporte sostenible. Europa debe preparar el camino a la movilidad sostenible, aportando en lo posible soluciones válidas mundialmente y que puedan exportarse a otras zonas del mundo.
77. En el caso de las tecnologías prometedoras, los responsables políticos deben crear las condiciones marco necesarias para su introducción comercial en el mercado sin dar ventajas indebidas a ninguna tecnología en concreto, lo que exige sobre todo fijar unas normas abiertas, garantizar la interoperabilidad, aumentar el gasto de I+D en las tecnologías que no estén todavía listas para su puesta en el mercado, definir una normativa jurídica clara (por ejemplo, en asuntos de responsabilidad y vida privada) y promover los ejemplos de mejores prácticas.
78. El instrumento más importante será probablemente la fijación de normas. La transición a un sistema de transporte nuevo e integrado solo será rápida y tendrá éxito si se establecen normas abiertas en materia de nuevas infraestructuras y se introducen los vehículos y otros dispositivos y equipos necesarios. La fijación de normas debe fomentar los equipos interoperativos, seguros y de fácil uso, lo cual no solo es

importante para el mercado interior, sino también para promover internacionalmente las normas europeas. Los avances de los sistemas de transporte inteligentes o de sistemas alternativos de propulsión de vehículos podrían cosechar un éxito comparable al de la tecnología GSM. No obstante, los responsables políticos deben cerciorarse de que el proceso de fijación de normas evita la introducción de barreras a la entrada en el mercado y a la creación de tecnologías alternativas.

79. Otro instrumento es estimular el gasto de I+D en favor de la movilidad sostenible, por ejemplo, mediante la Iniciativa Europea por unos Coches Ecológicos⁴⁶ y las iniciativas tecnológicas conjuntas⁴⁷. Habrá que aplicar primero los nuevos sistemas de transporte y tecnologías de vehículos como proyectos de demostración para evaluar su viabilidad, también en términos económicos. Asimismo hará falta una intervención pública en las diversas etapas de creación de la infraestructura de apoyo para los nuevos vehículos, tales como redes inteligentes para vehículos eléctricos o redes de distribución de hidrógeno. Queda mucho por hacer para acelerar la integración de las aplicaciones ya disponibles en nuestro sistema de transporte. Por último, las normas sobre ayudas estatales también serán un instrumento político importante al efecto de facilitar la creación de nuevas tecnologías y de modos de transporte alternativos.

5.4. Marco jurídico: fomento de la liberalización del mercado y estímulo de la competencia

80. La UE se ha embarcado en un proceso de liberalización del mercado que ya ha probado su acierto allí donde está más avanzado. Como consecuencia, un

⁽⁴⁶⁾ COM(2008) 800.

⁽⁴⁷⁾ Por ejemplo, se espera que la nueva iniciativa tecnológica conjunta «CLEAN SKY» (cielo limpio) fomente tecnologías rupturistas que reduzcan considerablemente el impacto del transporte aéreo en el medio ambiente. Reunirá proyectos financiados por la UE y las principales partes interesadas del sector.

número cada vez mayor de empresas opera en varios modos y mercados nacionales, lo que redundará en beneficio de los resultados económicos generales y del empleo en la UE. Sin embargo, en los mercados liberalizados solo en parte se corre el riesgo de que los operadores activos en un entorno protegido subvencionen sus operaciones en los mercados liberalizados.

81. Resulta esencial la realización del mercado interior con un cumplimiento estricto de las normas sobre competencia. También debería incluirse una simplificación administrativa dirigida a reducir las cargas innecesarias que afectan a las empresas de transporte. Sobre la base de los logros en el campo del transporte aéreo y por carretera, unas nuevas normas de liberalización de los mercados combinadas con una aplicación eficaz de la legislación vigente revestirán especial importancia en el sector ferroviario.
82. Al mismo tiempo, la normativa tiene que evolucionar hacia unas obligaciones ambientales armonizadas, una supervisión eficaz y una protección uniforme de las condiciones de trabajo y de los derechos de los usuarios. El marco jurídico tendrá que garantizar que la competencia no solo sea equitativa, sino también que no se sacrifiquen las normas de seguridad y protección, las condiciones laborales y los derechos de los clientes, especialmente de los que tengan movilidad limitada y necesidades especiales. Asimismo, las normas ambientales deben converger por arriba, en vez de en el mínimo común denominador.
83. Los grandes operadores logísticos multimodales cuentan con los conocimientos técnicos y los recursos necesarios para efectuar inversiones con tecnologías avanzadas y para participar en proyectos de asociación entre el sector público y el privado, pero los poderes públicos deben velar por que no se impida el acceso de terceros a la infraestructura. La posible creación de administradores de infraestructura transnacionales sería una novedad oportuna que podría reducir las fricciones que todavía existen en la actualidad.

5.5. Comportamiento: educar, informar y hacer participar

84. La educación, la información y las campañas de concienciación desempeñarán un papel importante a la hora de influir en el comportamiento de los futuros consumidores y de facilitar las alternativas de movilidad sostenibles. Las políticas de transportes ejercen un impacto muy directo en las vidas de la gente y tienden a ser muy polémicas: se debería informar mejor a los ciudadanos sobre la justificación de las decisiones políticas y sobre las posibles alternativas. Un mejor entendimiento de los retos que se presentan es una condición previa para la aceptación pública de las soluciones.
85. Una mayor participación pública en la planificación del transporte puede garantizarse mediante el recurso a instrumentos adecuados, como consultas abiertas, encuestas y la representación de las partes interesadas en los procesos de toma de decisiones.
86. Los trabajadores del transporte y los interlocutores sociales del sector deben ser informados y consultados sobre la elaboración, aplicación y supervisión de la política de transportes y las medidas relacionadas, tanto en las empresas como en el sector.

5.6. Gobernanza: medidas eficaces y coordinadas

87. El sistema de transporte conlleva interacciones complejas entre los factores políticos, económicos, sociales y técnicos. El sector solo puede prosperar si los responsables políticos son capaces de proporcionar a los operadores del mercado una planificación correcta, una financiación adecuada y una normativa apropiada.
88. Se trata de una tarea estimulante al exigir la coordinación política entre varias entidades y niveles. La PET es un buen ejemplo al respecto: su éxito depende en gran parte de cómo se aplica y se complementa con medidas

decididas a otros niveles del poder ejecutivo. Existen como mínimo dos ámbitos en que conviene hacer hincapié en las ventajas de una actuación coordinada eficaz, por encima de lo que se hace actualmente a escala comunitaria:

— **Normas e interoperabilidad.**

Aparecerán muchas nuevas tecnologías y prácticas reglamentarias en los años venideros para abordar los desafíos del transporte. Hará falta coordinarse para garantizar la interoperabilidad de los equipos y prevenir la proliferación de sistemas nacionales distintos, como, por ejemplo, en materia de normas de peaje, STI o acceso a las zonas gestionadas.

— **El reto urbano.** Por razones de subsidiariedad, el papel de la UE en la regulación del transporte urbano es limitado. Por otra parte, la mayor parte del transporte empieza y termina en las ciudades y las cuestiones de interconexión y normalización no se detienen en los límites de la ciudad. La cooperación a escala comunitaria puede ayudar a las autoridades urbanas a hacer más sostenibles sus sistemas de transporte. Existe una gama de actividades y ámbitos en que la UE puede poner ejemplos y seguir promoviendo y apoyando los proyectos de demostración y el intercambio de buenas prácticas, sobre todo mediante el Séptimo programa marco y los programas de la política de cohesión. Además, la UE puede aportar un marco dentro del cual resulte más fácil a las autoridades locales tomar medidas.

5.7. Dimensión exterior: Europa debe hablar con una sola voz

89. El sector de los transportes es cada vez más internacional, por lo que la PET necesita pensar internacionalmente para garantizar una mayor integración con los países vecinos y promover los intereses económicos y ambientales de Europa en el mundo.
90. Una integración económica más estrecha y los flujos migratorios desde los países vecinos y el continente africano representarán algunos de los principales desafíos a los que Europa tendrá que enfrentarse en el futuro. Debe fomentarse la cooperación internacional en materia de transportes con el objeto de conseguir la interconexión necesaria de los principales ejes de transporte de estas zonas, contribuyendo así al desarrollo sostenible de los países vecinos y el continente africano.
90. De hecho, el fomento de la red básica regional de la Europa sudoriental como precursora de las RTE-T es crucial para la estabilidad y la prosperidad económica de la región y consolidará también las relaciones con los países candidatos y candidatos potenciales de la zona. Además, los planes de acción de la Política Europea de Vecindad (PEV), así como los acuerdos bilaterales de asociación y cooperación, cuentan con secciones sustanciales sobre la cooperación en materia de política de transportes, lo que incluye en grados diversos la adopción de la legislación comunitaria sobre transportes por los países de la PEV. Las relaciones en materia de transporte de la UE con los países de la PEV orientales, así como con Bielorrusia, también incluyen ambiciosos planes de ampliación de las RTE-T.
91. A escala mundial, la UE es ahora mismo un importante organismo de normalización. Como botones de muestra, las normas de emisión EURO de los vehículos de carretera y el sistema de gestión del tráfico ferroviario europeo (ERMTS) se están adoptando cada vez más fuera de Europa. Hay que fomentar ese fenómeno en los foros internacionales. El papel internacional de la UE es especialmente importante en el transporte marítimo y en el aéreo, dos sectores intrínsecamente mundiales. Para mantener una posición preeminente en esos mercados en los próximos cuarenta

años, Europa necesita hablar con una sola voz en las reuniones mundiales de Gobiernos, representantes del sector y autoridades de reglamentación.

6. ETAPAS SIGUIENTES

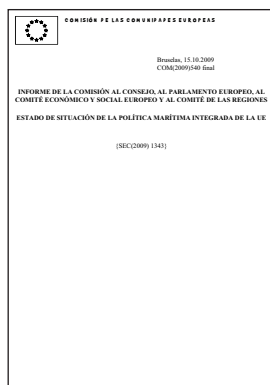
92. La Comisión anima a todas las partes interesadas a contribuir al ejercicio de consulta puesto en marcha por la presente Comunicación⁴⁸. Las opiniones sobre el futuro del

transporte y sobre las posibles políticas deben presentarse al buzón electrónico antes del 30 de septiembre de 2009⁴⁹.

94. Los resultados de las consultas mencionadas se presentarán en una conferencia de las partes interesadas en el otoño de 2009. Teniendo en cuenta las reacciones de los interesados y del Parlamento Europeo y el Consejo, la Comisión hará público en 2010 un Libro Blanco que fijará las medidas políticas para su adopción en la década de 2010-2020.

⁽⁴⁸⁾ Se podrá obtener información sobre cómo responder a la consulta en el sitio de Internet de la DG TREN:
http://ec.europa.eu/transport/strategies/2009_future_of_transport_en.htm

⁽⁴⁹⁾ Las colaboraciones se publicarán en Internet. Es importante leer la declaración de confidencialidad específica adjunta a esta consulta informativa sobre cómo se van a tratar sus datos personales y su colaboración. Se invita a las organizaciones profesionales a apuntarse en el Registro de grupos de interés de la Comisión (<http://ec.europa.eu/transparency/regin>). Este registro se creó en el marco de la Iniciativa Europea en favor de la Transparencia con el objeto de proporcionar a la Comisión y al público en general información sobre los objetivos, la financiación y las estructuras de los grupos de interés.



Informe de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre el “Estado de situación de la Política Marítima Integrada de la UE”

Comisión de las Comunidades Europeas

A continuación se reproduce el Informe de la Comisión en el que presenta la situación de la política marítima integrada de la Unión Europea y muestra las perspectivas futuras.

1. INTRODUCCIÓN

La Política Marítima Integrada (PMI) de la UE se ha impuesto como nueva fórmula para potenciar un desarrollo óptimo y sostenible de todas las actividades vinculadas al mar. Ha confirmado la idea de que, uniendo las diversas políticas relacionadas con mares y océanos, Europa puede obtener mayores beneficios de ellos con menores efectos negativos en el medio ambiente. Las instituciones de la UE, los Estados miembros y las regiones han creado estructuras de gobernanza para conseguir que las políticas vinculadas al mar no se elaboren de forma aislada y tengan presentes las conexiones y sinergias con otros ámbitos de actuación. Las partes interesadas han confirmado el considerable interés que mostraron durante el amplio proceso de consulta de 2006-2007, consolidando la PMI como una política de la Unión Europea de acusado enfoque ascendente. Instrumentos transversales tales como la ordenación del espacio marítimo, la vigilancia integrada o los conocimientos del medio marino han registrado avances tangibles y cabe esperar que contribuyan a mejorar considerablemente la manera en que gestionamos nuestros océanos. Todas las políticas sectoriales de la UE relacionadas con

nuestros mares y costas, entre ellas las de pesca, transportes, medio ambiente, energía, industria o investigación, han puesto gran empeño en lograr mayor integración y coherencia. También la Comisión ha tomado sus primeras medidas para aplicar la PMI a escala regional. En pocas palabras, la PMI de la UE está cambiando la idea que se hacen los europeos de sus mares y océanos, al tiempo que reafirma la importancia estratégica de los mares y regiones costeras del continente.

Al refrendar la PMI de la UE y el Libro Azul¹, el Consejo Europeo de 14 de diciembre de 2007² pidió a la Comisión que presentara cada dos años un informe sobre los logros de la política. En la presente Comunicación se resumen tales logros y se expone el desarrollo de la próxima fase de la PMI. Se destaca, asimismo, hasta qué punto puede contribuir la formulación conjunta de políticas respecto de nuestros mares, sectores marítimos y zonas costeras a superar las dificultades que plantean la actual crisis económica mundial y la necesidad de adoptar medidas decisivas de lucha contra el cambio

⁽¹⁾ *Una política marítima integrada para la Unión Europea*, COM(2007) 575 final de 10.10.2007 y SEC(2007) 1278 de 10.10.2007.

⁽²⁾ 16616/1/07 REV 1.

climático y la degradación del medio ambiente. El Libro Azul de octubre de 2007 establecía un ambicioso plan de acción. En él se presentaban nuevos métodos de trabajo, instrumentos transversales y una amplia gama de medidas concretas para mejorar la economía marítima, fomentar la protección y recuperación del entorno marino, consolidar la investigación y la innovación, potenciar el desarrollo de las regiones costeras y ultraperiféricas, desempeñar un papel destacado en los asuntos marítimos internacionales y aumentar la proyección pública de la dimensión marítima de Europa.

En el marco de la PMI se pretende lograr cuatro objetivos esenciales, que de hecho ya se están comenzando a alcanzar:

- Fomentar la integración de las estructuras de gobernanza, procurando que estén más abiertas a la inclusión y la cooperación.
- Crear la base de conocimientos y los instrumentos transversales necesarios para la aplicación de políticas integradas.
- Aumentar la calidad de las políticas sectoriales mediante una búsqueda dinámica de sinergias y mayor coherencia entre sectores.
- A la hora de actuar para alcanzar estos objetivos, tener presentes las peculiaridades de los mares regionales de Europa y encontrar soluciones adaptadas a cada uno de ellos.

La aplicación del plan de acción ha registrado notables avances: de las 65 medidas del plan, ya se están aplicando o han concluido 56 (principalmente en forma de actos de la Comisión o el Consejo). Se han tomado varias iniciativas con respecto a 9 medidas, si bien aún no se han adoptado los correspondientes documentos oficiales. Tras la primera fase, la Comisión y los Estados miembros centran ahora sus esfuerzos en la aplicación efectiva sobre el terreno, en su caso con actividades suplementarias en todos los ámbitos de actuación pertinentes.

El Libro Azul y el plan de acción se elaboraron en un clima económico radicalmente distinto. La economía marítima tampoco se ha librado de la crisis, que ha reducido los ingresos y

empeorado la situación del sector. Además de los logros conseguidos hasta el momento, el presente documento estudia las medidas adicionales que serán necesarias no sólo para liberar el innegable potencial de nuestros océanos, mares y regiones costeras, sino también para resolver los problemas económicos a que se enfrentan los sectores marítimos.

2. GOBERNANZA MARÍTIMA Y PARTICIPACIÓN DE LOS INTERESADOS

El Libro Azul propugnaba un replanteamiento radical de nuestra manera de entender la gobernanza respecto de mares y océanos en todos los niveles de la Administración: Instituciones de la UE, Estados miembros y regiones. Los responsables políticos han sido por lo general muy receptivos a este enfoque: en dos años se ha ido adoptando en toda la Unión una serie de medidas para descompartimentar varias políticas vinculadas al mar, impulsar una mayor participación de los interesados del sector marítimo y encontrar posibles sinergias.

2.1. Instituciones de la UE

La Comisión ha tomado varias medidas para integrar la formulación de su política marítima. Desde 2005 viene desarrollando sus actividades un Grupo Director de Comisarios que ha examinado en su totalidad las principales iniciativas incluidas en el plan de acción del Libro Azul. Se han creado estructuras para la celebración de reuniones periódicas entre las Direcciones Generales competentes con el fin de encontrar sinergias y eliminar cualquier posible incoherencia entre políticas. La Comisión también ha reorganizado sus servicios y ampliado el mandato de su Dirección General de Asuntos Marítimos y Pesca para así garantizar una coordinación global de la política y crear instrumentos transversales en caso necesario, así como atender a las características específicas de las regiones.

El Consejo ha demostrado su firme compromiso para con la PMI. En sus

conclusiones de 8 de diciembre de 2008³ no sólo reconocía el carácter transversal de la PMI al abordarla en el Consejo de Asuntos Generales y Relaciones Exteriores, sino que también «reitera(ba) que la adopción de un planteamiento integrado de las cuestiones marítimas constituye en efecto un objetivo fundamental, dada la necesidad de reforzar las sinergias, la coherencia y el valor añadido de las actividades sectoriales acometidas por la Unión Europea integrándolas en una perspectiva global de los mares, los océanos y sus litorales, teniendo en cuenta las especificidades regionales [...]».

Desde el punto de vista institucional, la participación activa del Consejo y de los Estados miembros está garantizada gracias a la labor del Consejo de Asuntos Generales y los grupos de contacto sobre la PMI de los Estados miembros. Merced a dichos grupos, se aprovecha plenamente la experiencia adquirida en las administraciones nacionales, se presta la debida atención a las necesidades específicas de los Estados miembros y las regiones costeras y se logra un consenso político con la mayor transparencia y repercusión posibles.

El apoyo y la cobertura dados por el Parlamento Europeo a la política marítima han sido muy positivos⁴. No obstante, las cuestiones de política marítima siguen tratándose por separado en una serie de comisiones y estructuras.

El Comité de las Regiones ha impulsado de forma muy beneficiosa la PMI. La Comisión ha tomado nota, en particular, de su dictamen sobre el Libro Azul⁵, que representa una importante contribución para futuras actividades. El reciente dictamen del Comité sobre el «Paquete Marítimo y Costero»⁶ constituye un valioso ejemplo de la manera en que pueden combinarse intereses divergentes de manera coherente, complementaria y sinérgica.

El Comité Económico y Social Europeo emitió un dictamen especialmente favorable con respecto a la PMI el 14 de abril de 2008⁷.

2.2. Estados miembros

Cuando vio la luz el Libro Verde existían pocas iniciativas de planteamientos integrados en los Estados miembros. Dos países, Francia y los Países Bajos, indicaron que disponían de una estructura administrativa para coordinar los asuntos vinculados al mar. En aquellos momentos, Portugal ya había iniciado actividades concretas con miras a una estrategia oceánica.

Desde entonces se ha avanzado considerablemente y otros Estados miembros han adoptado iniciativas para la integración de la política marítima y comparten con mayor frecuencia sus buenas prácticas en relación con los planteamientos integrados de la política marítima. Éstos se atienen totalmente a las orientaciones publicadas por la Comisión en junio de 2008⁸ y abarcan cambios de organización o la elaboración de estrategias integradas a más largo plazo a fin de promover el desarrollo sostenible de los sectores marítimos y las regiones costeras.

Importantes ejemplos a este respecto son el *Nationaal Waterplan* de los Países Bajos, el *Grenelle de la Mer* de Francia, el *Entwicklungsplan Meerthe* de Alemania, la ley sobre una política marítima coherente de Suecia, el plan de política marítima interdepartamental de Polonia y la ley marítima del Reino Unido.

También Irlanda, Portugal y Eslovenia han adoptado medidas en este ámbito. Se han notificado actividades de este tipo en Bélgica, Bulgaria, la República Checa, Dinamarca, Italia, Grecia, Finlandia y España.

2.3. Regiones

Las regiones costeras han estado asociadas plenamente a la PMI desde el principio. Son las que mejor saben lo que es necesario para aplicar la política a escala local y en cada una de las cuencas marítimas. Asimismo, han mostrado gran capacidad para trabajar con sus autoridades nacionales, así como con regiones de otros

⁽³⁾ 16503/1/08 REV 1.

⁽⁴⁾ Cabe destacar al respecto el informe A6-0163/2008 (Comisión de Transportes y Turismo) del diputado del PE Willi Piecyk, ya fallecido.

⁽⁵⁾ CDR 22/2008 fin, adoptado el 9 de abril de 2008.

⁽⁶⁾ CDR 416/2008 fin, adoptado el 17 de junio de 2009.

⁽⁷⁾ DO 2008/C 211/07.

⁽⁸⁾ COM(2008) 395 final de 26.6.2008.

Estados miembros a fin de proponer soluciones integradas en las cuestiones vinculadas al mar. La Conferencia de las Regiones Periféricas Marítimas de Europa (CRPM), que agrupa a unas 160 regiones europeas, sigue atentamente los progresos del plan de acción mediante intervenciones regulares en las reuniones del grupo de trabajo «Aquamarina», creado para promover las medidas de la PMI a escala regional.

Conviene resaltar tres iniciativas principales en este contexto:

- Primeros planes de acción regionales sobre la Política Marítima Integrada: el plan marítimo de Asturias⁹ y el plan de acción marítimo de Schleswig-Holstein¹⁰.
- Carta de las costas bretonas, de 29 de abril de 2009¹¹.
- El atlas *Channel Spaces — a world within Europe*¹², de Arc Manche, de noviembre de 2008, es un ejemplo de buena práctica de documentación de las relaciones marítimas transnacionales.

La Comisión sabe que otras regiones están siguiendo prácticas integradas innovadoras de gobernanza costera y marítima y las apoya plenamente en su empeño.

2.4. Partes interesadas

Desde su entusiasta respuesta al proceso de consulta llevado a cabo en 2006, las partes interesadas han desempeñado un papel decisivo en la elaboración de una política marítima integrada para la UE. Las regiones, las empresas y las ONG fueron las primeras en defender la necesidad de reunir las políticas de la UE que afectan a los mares, los sectores marítimos y las regiones costeras. Sus contribuciones han sentado las bases para la creación de conceptos e instrumentos innovadores.

⁽⁹⁾ Véase *Inforegio Panorama*, n° 23, septiembre de 2007, ISSN 1608-389X.

⁽¹⁰⁾ *Landesinitiative Zukunft Meer*, véase <http://www.schleswig-holstein.de>.

⁽¹¹⁾ *Charte des espaces côtiers Bretons*, véase <http://www.bretagne.fr/>.

⁽¹²⁾ *Espace Manche: un monde en Europe*, véase <http://www.arcmanche.com>.

La citada CRPM, el Foro de las Industrias Marítimas (MIF)¹³, que actualmente representa a 25 asociaciones comerciales marítimas, y la Red Europea de Agrupaciones Marítimas¹⁴, han respaldado activamente la PMI de la UE. Las principales ONG medioambientales también participan de forma dinámica en el proceso de la PMI.

La conferencia de partes interesadas en el marco del Día Europeo del Mar se ha convertido en un foro anual en el que las diversas partes pueden llevar a cabo intercambios muy fructuosos¹⁵. La Comisión seguirá fomentando la creciente participación de los interesados en dicha conferencia. Al mismo tiempo, se animará a las partes interesadas a organizar de nuevo actos descentralizados en torno al Día Europeo del Mar el 20 de mayo, de modo que queden patentes las contribuciones nacionales, regionales y locales a la PMI.

Existen muestras recientes y muy alentadoras de que las partes interesadas de la PMI están creando sus propias estructuras de intercambio, de carácter más permanente. La comunidad investigadora, las organizaciones regionales, las industrias marítimas y las ONG medioambientales cuentan desde hace tiempo con sus propios medios para mantener contactos con las instituciones de la UE, pero el diálogo público entre los diferentes grupos de interés ha sido escaso. La Comisión prestará mayor apoyo a las partes interesadas de los diversos sectores para que se organicen.

3. INSTRUMENTOS TRANSVERSALES

El Libro Azul resaltaba la necesidad de instrumentos transversales que sustentaran la PMI tales como la ordenación del espacio marítimo, la vigilancia integrada o la creación de una base de conocimientos del medio marino. Estos tres instrumentos se han ido desarrollando a buen ritmo y ya han arrojado los primeros resultados importantes.

⁽¹³⁾ Véase <http://www.mif-eu.org>.

⁽¹⁴⁾ <http://www.european-network-of-maritime-clusters.eu/>.

⁽¹⁵⁾ Puede consultarse la documentación completa sobre el Día Europeo del Mar de 2009 en: http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/maritimeday/index_en.html.

3.1. Ordenación del espacio marítimo y gestión integrada de las zonas costeras

El aumento de las actividades desarrolladas en los mares europeos ha dado lugar a una creciente competencia por el limitado espacio marítimo. La ordenación del espacio marítimo es un instrumento esencial para mantener el equilibrio entre los diversos intereses sectoriales y garantizar un uso sostenible de los recursos marinos, sobre la base de un enfoque ecosistémico. Este proceso ofrece un marco de ordenación estable, fidedigno y centrado en objetivos concretos a las autoridades públicas y partes interesadas para que coordinen sus actividades y utilicen de manera óptima el espacio marítimo a fin de favorecer el desarrollo económico y proteger el entorno marino.

La Comisión adoptó en 2008 la Comunicación titulada *Hoja de ruta para la ordenación del espacio marítimo: creación de principios comunes en la UE*¹⁶. En ella se establecen diez principios fundamentales y se examina el desarrollo de un planteamiento común entre los Estados miembros que fomente la ordenación del espacio marítimo a escala nacional y europea.

Las partes de todos los sectores marítimos interesados respaldaron esos diez principios fundamentales, considerando que eran adecuados y exhaustivos y constituían una base importante para el desarrollo de la ordenación del espacio marítimo a escala europea en los debates organizados por la Comisión en 2009¹⁷. Asimismo, la Comisión presentó dos actividades preparatorias en el Mar Báltico (en el marco de la Estrategia de la UE para la región del Mar Báltico) y el Mar del Norte/Atlántico Nororiental, cuyo objetivo era desarrollar los aspectos relativos a la cooperación transfronteriza de la ordenación del espacio marítimo, así como examinar el potencial de ordenación del espacio marítimo en el Mar Mediterráneo y sus beneficios económicos.

En respuesta a la recomendación, formulada en el Libro Azul, de crear un sistema de intercambio de buenas prácticas

en el desarrollo de la gestión integrada de las zonas costeras, la Comisión lanzó en 2009 un proyecto de apoyo para promover el intercambio de buenas prácticas y fomentar una aplicación eficaz de las medidas de gestión integrada de las zonas costeras¹⁸. El Consejo firmó a finales de 2008 el Protocolo sobre la gestión integrada de las zonas costeras en el marco del Convenio de Barcelona.

3.2. Integración de la vigilancia marítima

Con la integración de la vigilancia marítima aumentaría la eficacia de las operaciones marítimas y se reducirían gastos de funcionamiento. El ahorro que ello supondría a escala europea es considerable, habida cuenta de la creciente necesidad de detectar, seguir, interceptar, y controlar actividades ilegales en el mar, así como de prevenir accidentes marítimos, detectar vertidos ilícitos de petróleo, supervisar las actividades de pesca y proteger el medio ambiente.

Hasta la fecha, la Comisión ha elaborado presentaciones pormenorizadas de las diversas iniciativas nacionales, regionales y europeas en materia de integración de la vigilancia marítima¹⁹, ha ultimado un estudio sobre los aspectos legales y reglamentarios de la integración de la vigilancia marítima y ha efectuado un ejercicio de evaluación con la Agencia Europea de Defensa y el Estado Mayor de la UE en respuesta a una petición del Consejo de Defensa²⁰. También ha publicado, por una cantidad total de 5,7 millones de euros, dos convocatorias de propuestas²¹ de proyectos piloto para la integración de la vigilancia que promueven una mayor cooperación entre las autoridades nacionales en el Mediterráneo y en una cuenca marítima septentrional.

Estas actividades han mejorado considerablemente la coordinación interna en relación con este delicado asunto tanto entre los servicios de la Comisión como con los Estados miembros. La Comunicación *Hacia la integración de la vigilancia*

⁽¹⁶⁾ COM(2008) 791 final de 25.11.2008.

⁽¹⁷⁾ http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/spatial_planning_en.html#6.

⁽¹⁸⁾ <http://ec.europa.eu/environment/iczm/ourcoast.htm>.

⁽¹⁹⁾ SEC (2008) 2337.

⁽²⁰⁾ COSDP 949, PESC 1366.

⁽²¹⁾ Convocatorias de propuestas MARE/2008/13 y 2009/04.

*marítima en la Unión Europea*²² parte de la labor realizada hasta ahora para establecer los principios que han de presidir la creación de un entorno común de intercambio de información en el ámbito marítimo de la UE sobre la base de las capacidades de vigilancia existentes o nuevas, incluidos los servicios preoperativos de Vigilancia Global del Medio Ambiente y la Seguridad (GMES). Será preciso un amplio proceso de consulta entre la Comisión y los Estados miembros con el fin de plasmar estos principios en una política.

3.3. Creación de una base de conocimientos del medio marino

No es posible una política marítima sin disponer de datos y conocimientos apropiados sobre las costas y mares europeos. Los conocimientos del medio marino siguen estando muy dispersos y no resultan rentables. Tal y como anunciaba el Libro Azul, la Red Europea de Observación e Información del Mar (EMODNET) tiene como objetivo aumentar los conocimientos sobre el medio marino y reducir los costes de funcionamiento para quienes emplean datos marinos. Es preciso evaluar la cobertura, la resolución y la frecuencia de recogida de información de las bases de datos y los programas de observación existentes. Los datos procedentes de diversas fuentes deben recopilarse de forma exhaustiva y compatible y ponerse a disposición de los interesados como instrumento que haga posible una mejor gobernanza. Están en curso importantes actividades preparatorias a fin de reunir niveles de datos sobre hidrografía, geología, biología y química en las cuencas marítimas. La Comisión ha recopilado a través de su departamento estadístico datos socioeconómicos sobre cuencas marítimas, determinando asimismo una serie de retos analíticos.

El proyecto de Atlas Europeo del Mar tiene por objeto concienciar a los ciudadanos de la importancia de la dimensión marítima.

4. MEDIDAS ESENCIALES EN LAS POLÍTICAS SECTORIALES

El plan de acción preveía medidas sectoriales en todas las políticas relacionadas con el mar, entre ellas el transporte, el medio ambiente, la energía, la industria, el empleo, la investigación, la pesca o las relaciones exteriores. Se ha procurado adoptar un planteamiento integrado, desarrollando los vínculos entre estas distintas políticas, encontrando sinergias y reduciendo las discrepancias entre sectores. En el caso de determinadas políticas sectoriales se han tomado iniciativas importantes con un evidente enfoque integrado. Su aplicación incidirá directamente en los próximos años en el desarrollo de enfoques transversales en el marco más amplio de la PMI. Cabe destacar dos casos importantes:

La estrategia de investigación marina y marítima²³ es la primera estrategia europea de fomento de la investigación marina. Esta estrategia constituye una medida precursora con miras a la instauración del Espacio Europeo de Investigación, que promueve la calidad científica y el desarrollo de innovaciones punteras mediante una mayor integración del actual esfuerzo de investigación y la creación de nuevas capacidades en el ámbito multidisciplinario de las ciencias. Esta estrategia integrada de investigación ayudará a sectores primordiales de la economía marítima —como los de la energía, la navegación y las biotecnologías azules— a alcanzar los objetivos de la política medioambiental de la UE.

La Directiva marco sobre la estrategia marina²⁴, que constituye el pilar medioambiental de la PMI, establece que los Estados miembros deben alcanzar un buen estado ecológico de sus aguas marítimas a más tardar en el año 2020, con el fin de proteger el recurso básico del que dependen las actividades económicas y sociales vinculadas al mar. La aplicación de la citada Directiva se verá facilitada por el desarrollo de instrumentos transversales de la PMI tales como la ordenación del espacio marítimo y EMODNET, mientras que, a su

⁽²²⁾ COM(2009) 538 final de 14.10.2009 y SEC(2009) 1341.

⁽²³⁾ COM(2008) 534 final de 3.9.2008.

⁽²⁴⁾ Directiva 2008/56/CE de 17 de junio de 2008.

vez, las diversas medidas necesarias para su aplicación, como el análisis socioeconómico de las actividades humanas relacionadas con el mar que se deberá llevar a cabo en 2012 y de forma periódica posteriormente, apoyarán el desarrollo de la PMI. Estrechamente relacionada con la citada Directiva, la Política Pesquera Común también ha incorporado el planteamiento ecosistémico como principio esencial. En defensa del patrimonio común, la UE ha asumido el liderazgo de la formulación de políticas a escala mundial, adoptando un Reglamento sobre la protección de los ecosistemas marinos vulnerables de alta mar frente a los efectos adversos de la utilización de artes de fondo²⁵.

Además de estos avances integrados en determinadas políticas sectoriales, la Comisión ha logrado aumentar la coordinación y perfilar un planteamiento más estratégico y general de la formulación de políticas sectoriales, que seguirá desarrollándose y del que se esperan efectos positivos y duraderos.

Así, el 13 de noviembre de 2008 la Comisión adoptó una Comunicación sobre la energía eólica marítima²⁶ en la que se fijan los objetivos que deben alcanzarse para explotar el potencial de energía eólica marítima de Europa. Un aspecto fundamental en este ámbito lo constituye la aportación de la ordenación del espacio marítimo al desarrollo sostenible de la energía marítima.

En sus conclusiones sobre la Política Marítima Integrada de 8 de diciembre de 2008, el Consejo se congratulaba de la presentación de la citada Comunicación y la consideraba una contribución importante a la Política Marítima Integrada, señalando al mismo tiempo que eran necesarias nuevas actividades con respecto al desarrollo de las energías marítimas renovables no eólicas, entre ellas las energías undimotriz, mareomotriz, de las corrientes y del gradiente geotérmico²⁷.

Con los fondos de la política de cohesión de la UE para el período 2007-2013 se subvencionan programas importantes con

una clara dimensión marítima, por ejemplo en las islas griegas y el Mar Báltico. Además, la política de cohesión apoya programas en todas las regiones ultraperiféricas, ofreciendo importantes posibilidades de financiación para medidas vinculadas al sector marítimo.

La estrategia de transporte marítimo para el período 2009-2018²⁸ presenta los principales objetivos del sistema de transporte marítimo europeo para los próximos años. En ella se indican los ámbitos primordiales en los que la intervención de la UE aumentará la competitividad del sector, fomentará un transporte marítimo de calidad y potenciará la seguridad y las mejoras sociales y medioambientales.

La Comunicación y el plan de acción revisten especial importancia en este contexto con miras a la creación de un espacio de transporte marítimo europeo sin fronteras²⁹. Las medidas presentadas, en su mayor parte en los ámbitos de las inspecciones aduaneras y sanitarias, exigen un elevado nivel de cooperación entre sectores. Simplificarán y agilizarán los procedimientos administrativos en el transporte marítimo entre puertos situados en la UE y ampliarán el mercado interior al transporte marítimo intracomunitario. De este modo se impulsará el transporte marítimo de corta distancia en Europa y se crearán nuevas oportunidades de crecimiento y empleo.

Con el fin de mejorar las condiciones de trabajo de la gente de mar, se han incorporado a la normativa comunitaria algunos elementos del Convenio sobre el trabajo marítimo de 2006³⁰. Asimismo, la Comisión está evaluando de nuevo la exclusión de los trabajadores marítimos de partes de la normativa laboral y social europea.

No cabe duda de que la PMI también ha mejorado la coordinación en otras muchas políticas pertinentes de la UE, entre ellas las de seguridad de la navegación y de los puertos, la promoción de las agrupaciones marítimas, el apoyo al sector de la construcción naval europea y de los equipos marinos en el marco de la iniciativa LeaderSHIP 2015, el desarrollo de un

⁽²⁵⁾ Reglamento (CE) n° 734/2008, DO L 201/8 de 30.7.2008.

⁽²⁶⁾ COM(2008) 768 final de 13.11.2008.

⁽²⁷⁾ Punto 8 del documento del Consejo 16503/1/08 Rev. 1 de 5.12.2008.

⁽²⁸⁾ COM(2009) 8 final de 21.1.2009.

⁽²⁹⁾ COM(2009) 10 final de 21.1.2009.

⁽³⁰⁾ Directiva 2009/13/CE.

turismo costero y marítimo sostenible o la estrategia de adaptación al cambio climático.

En el documento de trabajo de los servicios de la Comisión adjunto al presente estado de situación³¹ se reseñan otras iniciativas sectoriales vinculadas al mar presentadas por la Comisión, así como una serie de documentos de la Comisión que, aunque no estén directamente relacionados con el mar, poseen una clara dimensión marítima.

En conclusión, la Comisión no se ha limitado a elaborar medidas transversales y sectoriales de apoyo al crecimiento sostenible de las regiones costeras y los sectores marítimos. También ha concedido prioridad a un planteamiento más estratégico e integrado de formulación de políticas sectoriales vinculadas al mar, que seguirá desarrollándose y del que se esperan efectos positivos y duraderos.

5. ESTRATEGIAS REGIONALES

Las cuencas marítimas de Europa son extremadamente variadas. Sus ecosistemas y economías se han ido forjando en función de muy distintas influencias geográficas, climáticas, históricas, políticas y humanas. Los principios generales en que se basa la PMI son los mismos en todas partes, pero su aplicación exige que se conviertan en estrategias centradas en objetivos concretos y medidas específicas adaptadas a las características de cada cuenca marítima. Por consiguiente, la Comisión ha adoptado para la aplicación de la PMI un planteamiento basado en las cuencas marítimas cuya premisa fundamental es que cada región marítima es única y necesita atención individualizada para equilibrar sus diversos usos de manera sostenible. Del mismo modo, las características medioambientales específicas de los distintos mares de Europa son también un aspecto fundamental de la Directiva marco sobre la estrategia marina, que reconoce diversas regiones marinas.

Por tanto, el refuerzo de la cooperación dentro de estas regiones marítimas es una base importante para una aplicación satisfactoria de la PMI.

Hasta el momento, la Comisión ha presentado planteamientos regionales con respecto al Ártico y al Mar Mediterráneo, lanzando asimismo una estrategia para el Mar Báltico.

Así, en la Comunicación sobre la Unión Europea y la región ártica³² se presentan propuestas concretas para proteger y conservar el Ártico al unísono con su población, promover la explotación sostenible de los recursos y mejorar la gobernanza multilateral. La Comisión tiene previsto aumentar su contribución al Consejo Ártico e intensificar el diálogo con los Estados árticos y las partes interesadas correspondientes.

En junio de 2009 la Comisión presentó una propuesta de estrategia de la UE para la región del Mar Báltico³³. Se trata de la primera estrategia macrorregional de la UE que aborda retos medioambientales, cuestiones de energía y transportes, el potencial de crecimiento económico y asuntos de seguridad y protección. Con su destacada dimensión marítima y su enfoque integrado, la estrategia constituye un primer paso importante hacia la aplicación regional de la PMI en el Báltico. Contribuirá a alcanzar los objetivos previstos en la región no sólo a través de una mayor coordinación interna con los Estados miembros, sino también mediante redes transfronterizas y una estrecha cooperación con Rusia.

La Comunicación de la Comisión sobre el Mediterráneo³⁴ propone algunos medios para establecer una política marítima integrada en el complejo contexto político de la región. El Mediterráneo es un mar semicerrado con costas muy densamente pobladas que sólo puede gestionarse intensificando el diálogo y la cooperación entre los Estados miembros mediterráneos de la UE y con los Estados ribereños no comunitarios. La Comunicación sugiere algunas opciones para mejorar la gobernanza de los asuntos marítimos y lograr una mayor participación de los Estados ribereños en la gestión del espacio marino.

⁽³²⁾ COM(2008) 763 final de 20.11.2008.

⁽³³⁾ COM(2009) 248 final y SEC(2009) 712 de 10.6.2009.

⁽³⁴⁾ *Una política marítima integrada para una mejor gobernanza del Mediterráneo*, COM(2009) 466 final de 11.9.2009.

⁽³¹⁾ SEC(2009) 1343.

6. PERSPECTIVAS

En los dos últimos años se ha confirmado que la PMI es una política muy prometedora con una importante contribución al crecimiento, el empleo y el desarrollo sostenible del medio ambiente de las zonas costeras europeas y de terceros países. Pese al poco tiempo que lleva aplicándose, esta nueva política de la UE ya ha modificado la manera en que Europa administra sus activos marítimos y costeros.

Después de tres años de intensas deliberaciones, es fundamental mantener este empeño a fin de alcanzar los objetivos esenciales que se plantean a medio y largo plazo; a saber: la protección del medio ambiente, el crecimiento económico y el bienestar. Los efectos conjugados del cambio climático y la crisis económica se dejan sentir especialmente en el sector marítimo: nuestro clima depende de los océanos y el sector marítimo ha sido el motor de la mundialización y la prosperidad. Por tanto, es importante liberar el potencial económico de la Europa marítima, mejorar la intervención de los Gobiernos en el sector marítimo y estudiar nuevas sinergias que permitan que el crecimiento económico impulse la estabilidad medioambiental y viceversa.

La Comisión considera que el mejor modo de lograr estos objetivos consiste en avanzar en seis direcciones estratégicas.

Es preciso consolidar la **gobernanza marítima integrada**. Los progresos logrados en los últimos años deben plasmarse en estructuras integradas eficaces en todos los niveles administrativos. Incumbe ante todo a las instituciones de la UE, los Estados miembros y las regiones costeras velar por una integración política ascendente, adoptar programas coherentes y coordinados en materia de asuntos marítimos, y poner coto a la formulación de políticas sectoriales aisladas predominante. Asimismo, la participación de los interesados en la elaboración de políticas marítimas se debería contemplar de forma más permanente en las estructuras de gobernanza. Todo ello daría lugar a un diálogo más intenso entre la UE, los Gobiernos de los Estados miembros y las regiones costeras, que son las que suelen poseer los conocimientos especializados

necesarios para un planteamiento integrado de los asuntos marítimos. Por ese mismo motivo, sería conveniente apoyar la creación de una plataforma intersectorial de diálogo entre las partes sobre asuntos marítimos.

Los instrumentos transversales son primordiales para fomentar el desarrollo económico, la vigilancia del medio ambiente, la seguridad, la protección y la aplicación y cumplimiento de la normativa en los océanos y mares europeos. En particular, la ordenación del espacio marítimo, junto con un mayor conocimiento del medio marino, puede desbloquear considerables inversiones económicas y mejorar extraordinariamente la manera en que gestionamos nuestros espacios marítimos, protegiendo sus ecosistemas. Debe, pues, convertirse en un instrumento práctico en todos los niveles de gobernanza pertinentes y contar con los mecanismos necesarios para garantizar un proceso de toma de decisiones conjuntas sobre las inversiones transfronterizas. La integración de la vigilancia marítima puede contribuir a modificar la manera en que las autoridades nacionales velan por conseguir objetivos políticos esenciales como la lucha contra la inmigración ilegal, la protección de la navegación comercial y la conservación de los recursos naturales. Los Estados miembros y la Comisión deberán seguir colaborando sobre estos temas de modo que los procesos iniciados en los últimos dos años arrojen los resultados previstos.

La **definición de los límites del desarrollo sostenible** de las actividades humanas que influyen en el entorno marino para los próximos años en el contexto de la Directiva marco sobre la estrategia marina permitirá tener una idea clara y disponer de una plataforma para el desarrollo satisfactorio de todas las actividades marítimas, teniendo debidamente en cuenta sus efectos acumulativos. Por tanto, la aplicación de dicha Directiva seguirá siendo uno de los objetivos esenciales de la PMI, que también habrá de fomentar la cooperación necesaria entre todos los sectores y servicios interesados a tal fin, entre ellos las ciencias marinas y la política medioambiental marina.

Las estrategias basadas en las cuencas marítimas son primordiales para una aplicación fructuosa de la PMI. En este marco pueden adaptarse las prioridades y los

instrumentos de la política a los contextos geográficos, económicos y políticos específicos de cada gran región marítima. Un elemento crucial para lograr los objetivos previstos es la cooperación entre Estados miembros y regiones que comparten una cuenca marítima y de éstos con la UE; en caso necesario, esta cooperación deberá ir acompañada de un diálogo adecuado con los terceros países que comparten una cuenca marítima con la UE. Las actividades en las subcuencas también pueden ofrecer ejemplos positivos y buenas prácticas.

Asimismo, deberá prestarse más atención **a la dimensión internacional de la PMI**³⁵, tal y como indica la Comunicación sobre este tema que se publica junto con el presente informe. Europa debe asumir un papel destacado en la mejora de la gobernanza marítima a escala mundial, como ya hizo en materia de piratería o de prácticas pesqueras destructivas. La Comisión quiere intensificar el diálogo con un número limitado de sus principales socios marítimos, así como su participación en los foros internacionales y procesos informales.

La aplicación de la PMI en el actual contexto de crisis económica debería **centrarse de nuevo en el crecimiento económico sostenible, el empleo y la innovación**. Por ende, en el futuro la UE deberá tratar de encontrar sinergias entre la política energética europea y la PMI, fomentar la producción de energías en el mar, entre ellas las energías renovables, y propiciar un mayor uso del mar en el transporte de energía mediante gasoductos y oleoductos, redes sumergidas y buques. Asimismo, será preciso establecer mayores vínculos entre la política de la UE en materia de cambio climático y la PMI mediante una estrategia de adaptación al cambio climático en las zonas costeras y marítimas que tenga como objetivo proteger

las infraestructuras costeras y conservar la biodiversidad marina. Dentro del debate en curso sobre la cohesión territorial, convendrá tomar plenamente consideración a las zonas costeras y marítimas.

La UE también tendrá que fomentar con mayor empeño el transporte marítimo a fin de promover la comodidad, llevar a la práctica la noción de autopistas del mar y mejorar el programa de la UE de transporte marítimo de corta distancia. Con ese mismo objetivo de impulsar el desarrollo económico de las actividades marítimas, será necesario encontrar la manera y los medios para desarrollar el empleo y las inversiones marítimas en los buques abanderados en la UE, defendiendo al mismo tiempo la idea de buques no contaminantes. De hecho, el apoyo a las actividades de investigación e innovación encaminadas a reducir o incluso eliminar las emisiones de los buques seguirá constituyendo un aspecto principal de la respuesta de la Comunidad a un sector tan importante desde el punto de vista estratégico como es el de la construcción naval. De este modo, la UE ofrecerá a los astilleros y a la industria de equipos marinos europeos una ventaja tecnológica sobre sus competidores de otras regiones del mundo y garantizará un transporte marítimo más seguro y sostenible, en especial en las costas europeas.

Por último, dentro de su reflexión global sobre las próximas perspectivas financieras, la Comisión está examinando las futuras necesidades de financiación de las medidas vinculadas a la PMI.

Tras la oportuna consulta de las partes interesadas, la Comisión tiene previsto elaborar en 2010 un documento de orientación en el que presentará proyectos e iniciativas que desarrollen las seis orientaciones estratégicas antes mencionadas.

⁽³⁵⁾ *Desarrollo de la dimensión internacional de la Política Marítima Integrada de la Unión Europea*, COM (2009) 536 final de 14.10.2009.



Informe de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo sobre el “Segundo informe sobre el seguimiento de la evolución del mercado ferroviario”

Comisión de las Comunidades Europeas

Seguidamente se reproduce el Informe de la Comisión en el que presenta una actualización del primer documento, y también aporta elementos nuevos sobre temas que el anterior no abarcaba

I. INTRODUCCIÓN

1. Los ferrocarriles europeos entraron hace varios años en un período que se caracteriza por cambios importantes, relacionados tanto con la evolución del marco reglamentario, especialmente europeo, como con factores de índole económico, social y demográfico.
2. Desde el punto de vista legislativo, a partir de los años noventa se adoptaron a escala comunitaria varias medidas y, en particular tres paquetes legislativos, a fin de crear un espacio ferroviario europeo basado en la libre competencia entre empresas ferroviarias (véase el anexo 1¹).
3. Ese movimiento está alcanzando una fase decisiva. Mientras que la apertura del mercado afectó tan sólo, en primer lugar, al transporte de mercancías, a

partir del 1 de enero de 2010 también se abrirá a la competencia el tráfico internacional de viajeros. En paralelo, se ha adaptado en fecha reciente el marco reglamentario sobre interoperabilidad y seguridad, mediante la adopción de las Directivas 2008/57/CE y 2008/110/CE².

4. Esta evolución continua del marco reglamentario ha motivado la decisión del legislador de encargar a la Comisión un seguimiento periódico del desarrollo del mercado ferroviario europeo, a fin de evaluar la influencia de las acciones de la política comunitaria en el mercado ferroviario y facilitar la definición de las medidas que convendrá adoptar y aplicar en este ámbito.

⁽¹⁾ El presente informe sobre el seguimiento de la evolución del mercado ferroviario va acompañado de un documento de trabajo de los servicios de la Comisión que contiene 26 anexos.

⁽²⁾ Directiva 2008/57/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Comunidad (DO L 191 de 18.7.2008) y Directiva 2008/110/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, por la que se modifica la Directiva 2004/49/CE sobre la seguridad de los ferrocarriles comunitarios (DO L 345 de 23.12.2008).

5. El presente informe cumple por tanto la obligación de proceder al seguimiento del mercado ferroviario europeo inscrita en la Directiva 2001/12/CE³.
6. Un primer documento, titulado «Comunicación sobre el seguimiento de la evolución del mercado ferroviario», adoptado el 18 de octubre de 2007, cumplió dicha obligación⁴. El presente informe no sólo supone una actualización del primer documento, sino que también aporta varios elementos nuevos sobre temas que el anterior no abarcaba.

II. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL MERCADO FERROVIARIO

7. La Comisión ha creado un programa de seguimiento del mercado ferroviario («*Rail Market Monitoring Scheme*», RMMS) para cumplir los requisitos en materia de observación del mercado.
8. Para el desempeño de sus funciones de seguimiento, la Comisión cuenta con la ayuda de un grupo de trabajo compuesto por expertos de los Ministerios nacionales y del sector ferroviario, incluidos los interlocutores sociales. Entre 2001 y mediados de 2009, se han celebrado veintidós reuniones del Grupo de trabajo RMMS, cuatro de ellas desde la adopción del informe anterior.
9. La eficacia de estas actividades ha podido aumentar gracias a la elaboración de un cuestionario estándar que incluye una serie de indicadores sobre varios aspectos del mercado ferroviario (véase el anexo 26). La Comisión lamenta que varios Estados miembros no hayan contestado al cuestionario, o lo hayan hecho sólo de forma incompleta. Por esta razón, los datos contenidos en algunos anexos están incompletos. En el contexto de la refundición del primer paquete

ferroviario, se está estudiando la posibilidad de incluir una obligación legal de facilitar determinados datos.

10. El presente análisis se basa en la labor del RMMS y, en particular, en los resultados del cuestionario, pero también en estudios recientes y en las fuentes estadísticas de que dispone la Comisión Europea, especialmente Eurostat. En lo que se refiere a esta última fuente, cabe lamentar la falta de datos anuales para el transporte en 2008, debida a un problema informático.

III. APLICACIÓN DEL MARCO INSTITUCIONAL Y JURÍDICO

11. Todos los Estados miembros que disponen de redes ferroviarias han transpuesto las Directivas del primer paquete ferroviario. Ahora bien, una transposición incorrecta, en mayor o menor medida y sobre aspectos a veces diferentes, llevó a la Comisión a enviar cartas de emplazamiento a veinticuatro Estados miembros en junio de 2008 y, con posterioridad, un dictamen motivado a veintiún Estados miembros en octubre de 2009 (véase el anexo 3).
12. Sobre todo a partir de 2008, la Comisión recibió varias denuncias sobre el funcionamiento del mercado, relacionadas en particular con el comportamiento de los agentes, por ejemplo en lo que se refiere a la gestión de las terminales y el acceso a los servicios. La Comisión se propone precisar o modificar en este contexto algunas disposiciones del primer paquete ferroviario mediante una refundición del mismo.
13. Además, conviene subrayar el papel del grupo de los organismos de control (véase el anexo 4) creado por la Comisión. Éste último ha permitido instaurar un diálogo productivo y comparar las distintas prácticas nacionales.
14. En lo que se refiere al segundo paquete ferroviario, se han creado las instituciones nacionales que éste exigía (véanse los anexos 4, 5 y 6). Los servicios de la Comisión están iniciando

⁽³⁾ Sección V bis de la Directiva 2001/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2001, por la que se modifica la Directiva 91/440/CEE sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios (DO L 75 de 15.3.2001).

⁽⁴⁾ Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo - «Seguimiento de la evolución del mercado ferroviario», de 18 de octubre de 2007 (COM(2007) 609).

un ejercicio de control de la aplicación de la legislación, centrado principalmente en los aspectos relacionados con la seguridad.

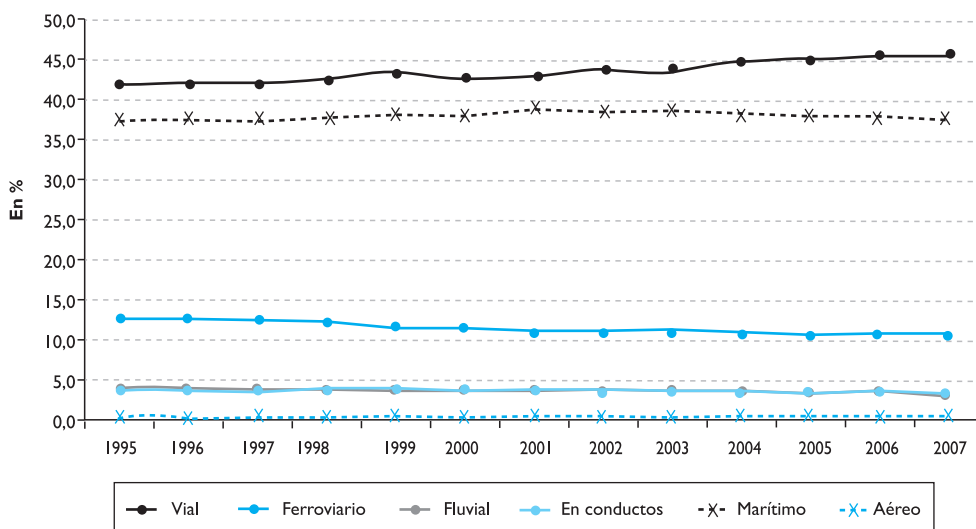
15. En lo que se refiere al tercer paquete ferroviario, el plazo de transposición de la Directiva 2007/58/CE⁵, relativa a la apertura del mercado para los servicios ferroviarios internacionales de transporte de viajeros dentro de la Comunidad, vencía el 4 de junio de 2009 (anexo 2). En cuanto a la Directiva 2007/59/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, sobre la certificación de los maquinistas de locomotoras y trenes, su fecha límite de transposición era el 4 de diciembre de este año.
16. Por último, la Agencia Ferroviaria Europea, creada en 2006, ya es plenamente operativa y apoya la creación de un espacio ferroviario europeo integrado desde el punto de vista técnico.

IV. FUNCIONAMIENTO DEL MERCADO DEL TRANSPORTE FERROVIARIO DE LA UE⁽⁶⁾

IV.1 Posición del transporte ferroviario en relación con otros modos de transporte

17. Si bien es cierto que la cuota del ferrocarril en el transporte de mercancías registró en las últimas décadas un declive continuo, se ha observado una estabilización desde el inicio de los años 2000. Así, su cuota en el transporte de mercancías, medida en toneladas-kilómetro, pasó en la EU-27 del 12,6 % en 1995 al 10,5 % en 2002, antes de alcanzar un 10,7 % en 2007.
18. La cuota del ferrocarril en el transporte de mercancías terrestre también se estabilizó a partir de 2002, situándose en un 17,1 %, mientras que en 1995 era aún del 20,2 %.
19. En el caso del transporte de viajeros, el declive registrado en las últimas tres

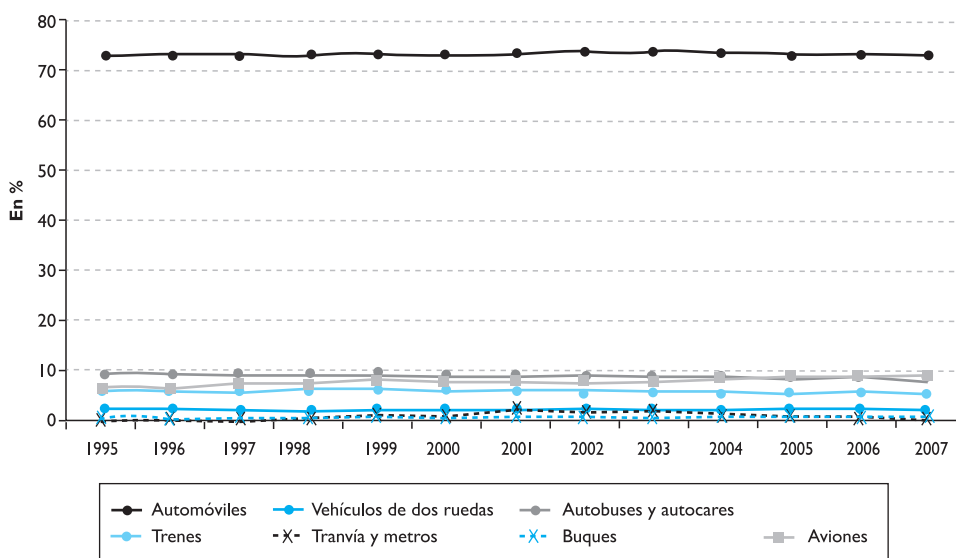
Gráfico I. Cuota del ferrocarril en el transporte de mercancías (EU-27, 1995-2007)



Fuente: Manual estadístico «Energy and Transport in Figures - Statistical Pocketbook 2009».

⁽⁵⁾ Directiva 2007/58/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, por la que se modifican la Directiva 91/440/CEE del Consejo, sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios, y la Directiva 2001/14/CE, relativa a la adjudicación de la capacidad de infraestructura ferroviaria y la aplicación de cánones por su utilización (DO L 315 de 3.12.2007, p. 44).

⁽⁶⁾ Dado que Chipre y Malta no disponen de redes ferroviarias, todas las referencias a la EU-12 y a la EU-27 deben entenderse sin incluir a estos dos países.

Gráfico 2. Cuota del ferrocarril en el transporte de viajeros (EU-27, 1995-2007)

Fuente: Manual estadístico «Energy and Transport in Figures - Statistical Pocketbook 2009».

décadas experimentó un parón en fecha reciente. La cuota del ferrocarril en el mercado del transporte de viajeros en la EU-27 pasó del 6,6 % en 1995 al 5,9 % en 2003, antes de remontar al 6,1 % en 2007 (véase el anexo 7).

20. La cuota del transporte ferroviario de viajeros en el transporte terrestre ascendió al 6,9 % en 2007, frente al 6,5 % en 2003.

IV.2 Tendencias del transporte ferroviario en cuanto a volumen y rendimiento⁽⁷⁾

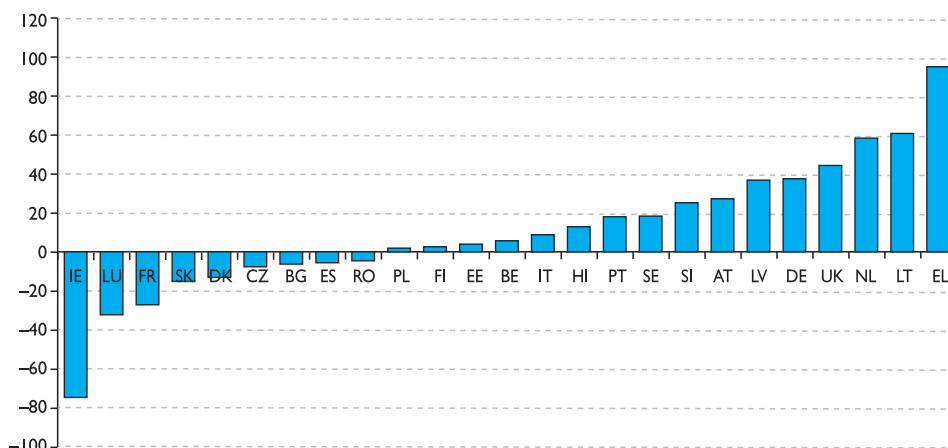
a) En el transporte de mercancías

21. Tras años de un declive continuo, especialmente marcado en los nuevos Estados miembros, el tráfico de mercancías por ferrocarril registró un crecimiento bastante significativo entre 2000 y 2007 (véase el Gráfico 3); tal es el caso, en particular, en algunos Estados en los que empresas ferroviarias no tradicionales han

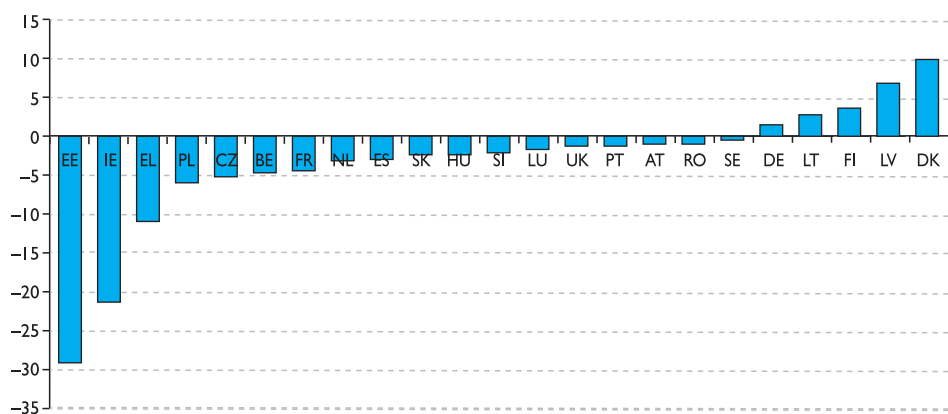
obtenido cuotas de mercado significativas.

22. En 2007, la EU-27 registró un incremento del 2,8 % del tráfico de mercancías por ferrocarril, frente al 1,1 % para la EU-12 y el 3,7 % para la EU-15 (véase el anexo 8 y siguientes).
23. En 2008, la evolución del tráfico de mercancías por ferrocarril en la EU-27, expresado en toneladas-kilómetro, fue muy contrastada; acusó una caída del 29,2 % en Estonia y del 21,5 % en Irlanda, mientras que aumentó un 9,7 % en Dinamarca y un 6,9 % en Letonia (véase el Gráfico 4).
24. Desde mediados de 2008, el tráfico ferroviario de mercancías se ha visto afectado de forma significativa por la crisis económica. En efecto, ésta ha golpeado, entre otros sectores, a los que suelen recurrir a los servicios de transporte de mercancías por ferrocarril, como la siderurgia, la industria química y del automóvil. Según los datos provisionales de la Comunidad de Ferrocarriles Europeos (CER), esa disminución será del 28 % aproximadamente en el conjunto de la UE entre el segundo trimestre de 2008 y el segundo trimestre de 2009.

⁽⁷⁾ Por «rendimiento del transporte ferroviario» se entiende el transporte en ferrocarril expresado en toneladas-kilómetro o viajeros-kilómetro.

Gráfico 3. Evolución del tráfico de mercancías por ferrocarril (2000-2007)

Fuente: Manual estadístico «EU Energy and Transport in Figures - Statistical Pocketbook 2009», cuadro 3.2.5.

Gráfico 4. Evolución del tráfico de mercancías por ferrocarril (2007-2008)

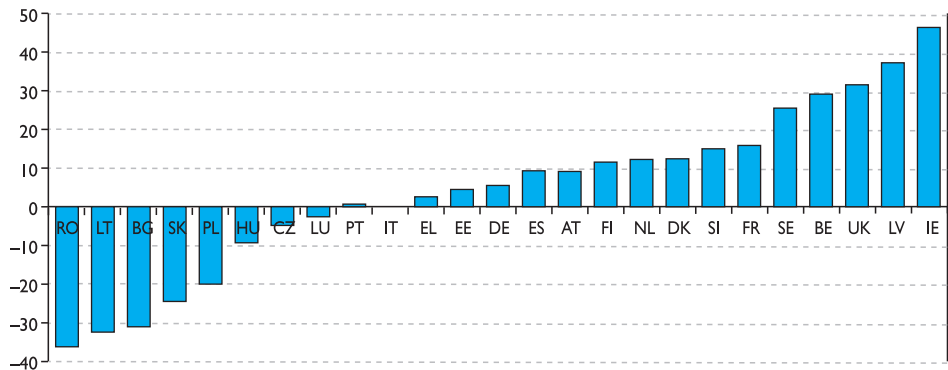
Fuente: Cuestionarios RMMS cumplimentados por los Estados miembros en mayo y junio de 2009.

b) En el transporte de viajeros

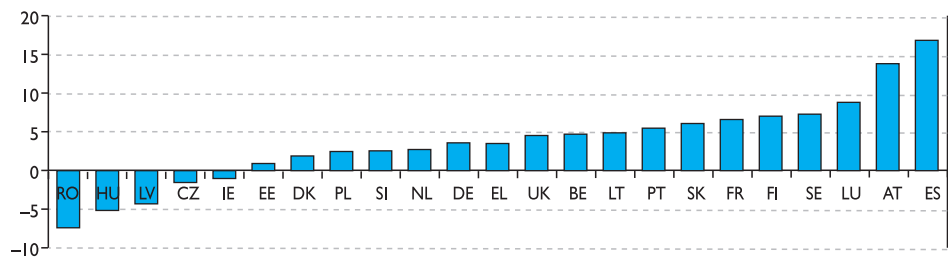
25. Entre 2000 y 2007, la mayor parte de los Estados miembros y, en particular, casi todos los de la EU-15 registraron un incremento del tráfico ferroviario de viajeros. Éste alcanzó un 44,6 % en Irlanda, 36,1 % en Letonia y 30,5 % en el Reino Unido. Se produjeron disminuciones importantes en varios Estados miembros de la EU-12, especialmente en Rumanía (-35,7 %), Lituania (-32,3 %) y Bulgaria (-30,8 %) (véase el Gráfico 5).

26. El crecimiento del tráfico ha sido especialmente importante en el ámbito de la alta velocidad. El número de pasajeros-kilómetro, en millones de personas, pasó de cincuenta y nueve en el año 2000 a noventa y dos en el 2007, con cuarenta y ocho millones en Francia, veintidós en Alemania y ocho en Italia. La cuota de la alta velocidad en el transporte total de viajeros alcanzó un 23 % para la EU-27 en 2007; en Francia dicha cuota asciende al 60 % aproximadamente.

27. En 2008, el tráfico de viajeros siguió aumentando, especialmente en España

Gráfico 5. Evolución del transporte ferroviario de viajeros en el período 2000-2007

Fuente: Manual estadístico «EU Energy and Transport in Figures - Statistical Pocketbook 2009», cuadro 3.3.7.

Gráfico 6. Evolución del transporte ferroviario de viajeros en 2007-2008

Fuente: Cuestionarios RMMS cumplimentados por los Estados miembros en mayo y junio de 2009.

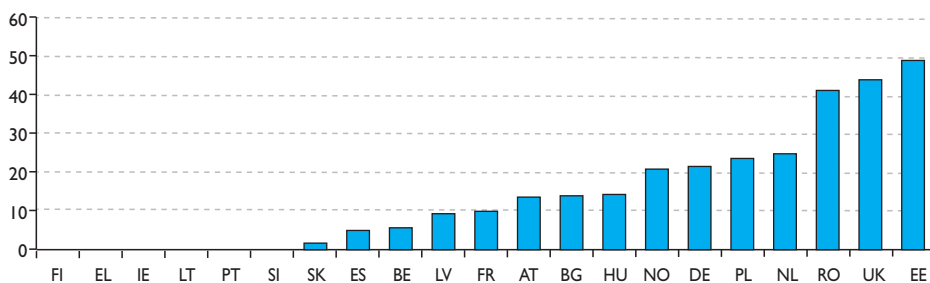
(+16,7 %), Austria (+13,8 %) y Luxemburgo (+8,8 %). Las mayores reducciones de tráfico se produjeron en Rumanía (-7,3 %), Hungría (-5,2 %) y Letonia (-4,2 %), tal como indica el Gráfico 6.

28. Entre el segundo trimestre de 2008 y el segundo trimestre de 2009, según datos provisionales de la CER, el tráfico de viajeros se redujo un 5 % aproximadamente en la EU-15 y un 0,7 % en la EU-12. Al parecer, esta caída sería más pronunciada en la clientela de negocios, en que podría alcanzar más del 10 %. La venta de billetes de segunda clase se habría mantenido relativamente estable, al beneficiarse tanto de una transferencia de parte de la clientela que anteriormente viajaba en primera clase, como de una política de tarifas ventajosa aplicada por las compañías ferroviarias.

V. APERTURA DEL MERCADO FERROVIARIO

29. Existen más de seiscientos licencias de explotación ferroviaria en el transporte de mercancías, correspondiendo trescientas quince a Alemania y sesenta y siete a Polonia. El número de licencias en el sector del transporte de viajeros ya rebasa las cuatrocientas cincuenta (trescientas dos en Alemania y cuarenta y cinco en el Reino Unido).
30. El Gráfico 7 indica las cuotas de mercado de las empresas ferroviarias no tradicionales que ofrecen servicios de transporte de mercancías. En toneladas-kilómetro, las nuevas empresas presentan mayores cuotas de mercado en Estonia (49 %), Reino Unido (44 %), Rumanía (41 %), Países Bajos (25 %) y Polonia (24 %). En el caso del transporte de viajeros,

Gráfico 7. Total de las cuotas de mercado (en porcentaje) de los operadores no tradicionales del transporte de mercancías por ferrocarril a finales de 2008



Fuente: Cuestionarios RMMS cumplimentados por los Estados miembros en mayo y junio de 2009.

las nuevas empresas registran cuotas de mercado especialmente importantes en Estonia (58 %), Suecia y el Reino Unido, países en que varias empresas del antiguo monopolio han constituido distintos *holdings*. En el anexo 12 se indica la distribución de las cuotas de mercado entre las distintas empresas en la EU-27.

31. En lo que se refiere al transporte de mercancías, los mercados más abiertos son los de Estonia, el Reino Unido y Rumanía (véase el anexo 13). En varios Estados miembros se mantienen situaciones de monopolio de hecho. Para el tráfico de viajeros, se observa a menudo una yuxtaposición de monopolios locales, sin que exista competencia entre las distintas compañías ferroviarias.

VI. RENDIMIENTO DE LAS EMPRESAS FERROVIARIAS

a) Empleo

32. El número de asalariados a finales de 2008 en las empresas encargadas de la explotación comercial de los servicios de transporte ferroviario ascendía a 118 000 en Polonia, 112 000 en Francia y 86 000 en Alemania (véase el anexo 14). Ahora bien, las competencias respectivas de los gestores de infraestructura y de las empresas ferroviarias varían de un Estado a otro, por lo que las comparaciones resultan difíciles.

b) Situación financiera

33. Por otro lado, se observan grandes diferencias entre el rendimiento de las empresas ferroviarias de la EU-15 y las de la EU-12 (véase el anexo 15). La situación financiera precaria de las empresas ferroviarias de la EU-12 obedece, sobre todo, a la compensación insuficiente por la prestación de servicios públicos, a las deudas persistentes de las empresas con el Estado y a las inversiones insostenibles económicamente de algunos operadores en los últimos años. En cambio, la crisis actual afecta al conjunto de la EU-27, por lo que se observa un deterioro global en la situación de las empresas.

c) Material rodante

34. En 2008, la Unión de Industrias Ferroviarias Europeas (UNIFE) estimó en un 2,2 %, a escala mundial, la tasa de crecimiento anual del mercado para el período 2007-2013⁸. Ahora bien, la realidad será probablemente inferior a estas previsiones por la incidencia de la crisis, que afecta de forma significativa, entre otros puntos, a las compras de material rodante destinado al transporte de mercancías.
35. De aquí al año 2013, el segmento de los trenes de alta velocidad debería ser el más dinámico en la parte occidental de Europa, mientras que el de los trenes convencionales para viajeros y

⁽⁸⁾ Estudio «UNIFE Worldwide Rail Market Study – status quo and outlook 2016», 2008.

mercancías seguirá dominando en la parte oriental del continente.

- d) Calidad del servicio y elementos de comparación sobre el precio de los billetes
36. La calidad de los servicios ferroviarios para el transporte de mercancías en la Unión Europea, que fue objeto de una Comunicación en 2008⁹, sigue siendo difícil de medir, dado que no suele disponerse de indicadores de calidad. Cuando existen dichos indicadores, como en el transporte intermodal (véase el anexo 16), se desprende que la calidad de los servicios sigue siendo insuficiente.
37. En el ámbito del transporte de viajeros, el grado de satisfacción de los consumidores ante los servicios de transporte extraurbano sigue siendo escaso: menos de uno de cada dos pasajeros se declara satisfecho, según un estudio realizado para la Comisión (véase el anexo 23)¹⁰.
38. Por otra parte, otro estudio¹¹ subraya que los precios de los billetes de tren varían considerablemente según los Estados miembros; un billete de segunda clase para un trayecto de 200 km cuesta hasta el equivalente de 60 euros en el Reino Unido y 48 euros en Alemania, pero no supera 5,50 euros en Bulgaria y 6 en Letonia. En la EU-15, los billetes menos caros son los de Grecia (8 euros), Portugal (14) y Bélgica (17).

e) Seguridad

39. Según el informe de la Agencia Ferroviaria Europea, cabe lamentar un total de 1.517 víctimas de accidentes relacionados con el transporte ferroviario en 2007, frente a 1.319 víctimas el año anterior, debido en particular a un aumento significativo del número de víctimas en

los pasos a nivel. En lo que se refiere exclusivamente a los pasajeros de trenes, se registraron 70 muertes en la Unión en 2007, mientras que 40.000 personas aproximadamente murieron en las carreteras; además, el número de pasajeros víctimas de accidentes ferroviarios ha disminuido, pasando de cuatrocientos en 1970 a tan sólo setenta y siete en 2006 (véase el anexo 24).

VII. INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE FERROVIARIO

a) Longitud de las redes

40. La longitud total de las líneas ferroviarias de la UE es de aproximadamente 212.000 km. Los Estados miembros con las redes más largas son Alemania (33.890 km), Francia (29.918 km) y Polonia (19.419 km) (véase el anexo 17). Malta y Chipre no disponen de red ferroviaria. La República Checa, Bélgica y Luxemburgo tienen la mayor densidad de líneas ferroviarias (122, 111 y 106 km/1.000 km², respectivamente).
41. En 2008, la red ferroviaria europea contaba con 5.764 km de líneas de alta velocidad, situadas en Francia, España, Alemania, Italia, Bélgica y el Reino Unido. La red de alta velocidad está registrando una expansión importante, especialmente en España, donde se están construyendo más de 1.600 km de líneas (véase el anexo 18).

b) Evolución de las inversiones en infraestructuras

42. Los países de la EU-12 se distinguen por la escasa inversión en transporte ferroviario; según datos de 2006 proporcionados por la CER, la inversión media por kilómetro en el mantenimiento de las líneas ferroviarias era cinco veces mayor en la EU-15 que en la EU-12 (véase el anexo 20).
43. Por otra parte, se observa un estancamiento de las inversiones ferroviarias cofinanciadas con cargo a la política de cohesión, en comparación con los datos

⁽⁹⁾ Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, de 8 de septiembre de 2008, «Calidad de los servicios de transporte de mercancías por ferrocarril» [COM(2008) 536 final, no publicada en el Diario Oficial].

⁽¹⁰⁾ Fuente: Encuesta IPSOS de 2006 y 2008 sobre la satisfacción de los consumidores.

⁽¹¹⁾ Fuente: Estudio «Precios y salarios 2009» de la UBS.

correspondientes al período 2000-2006. Es preciso recalcar que este dato se registra pese a un contexto muy favorable, marcado por un aumento del 69 % del presupuesto que la política regional dedica al transporte. En la EU-12, la cuota del ferrocarril más alta en el total de las inversiones nacionales en el sector del transporte se registra en Eslovenia (45,6 %), Lituania (36,5 %), República Checa y Eslovaquia (34 %), mientras que la más baja se registra en Polonia (20,8 %). Así pues, las inversiones en infraestructuras viales siguen siendo muy superiores a las inversiones en ferrocarril en Europa occidental y, más aún, en la EU-12, tal como subraya un estudio del International Transport Forum (ITF)¹² (véase el anexo 19).

c) Cánones y contratos plurianuales

44. Según datos del mismo ITF, los cánones de acceso a la red varían de forma muy importante de un gestor de infraestructura a otro (véase el anexo 21). En general, son muy altos para el transporte de mercancías en los nuevos Estados miembros, especialmente en Eslovaquia y en los países bálticos; en cambio, los cánones más bajos se registran en Dinamarca, España y Suecia. En lo que se refiere a los cánones de acceso para los trenes de viajeros Intercity, los más altos son los de Bélgica, Lituania y Alemania y los más bajos, los de los países nórdicos.
45. Ahora bien, según la Unión Internacional de Sociedades de Transporte Combinado por ferrocarril y carretera (UIRR), se observa que la disminución del tráfico provocada por la crisis ha llevado a algunos gestores de infraestructura a reducir los cánones de acceso para los trenes de mercancías, especialmente en Polonia y en Eslovaquia.
46. En cuanto a los contratos plurianuales, la Comunicación de la Comisión al

Consejo y al Parlamento Europeo¹³ recomendaba varias medidas a los Estados miembros y a los gestores de infraestructura para garantizar un buen nivel de servicios y el equilibrio financiero necesario. Se han firmado contratos plurianuales entre los gestores de infraestructura y las empresas ferroviarias en media docena de Estados miembros (véase el anexo 22).

d) Despliegue del sistema ERTMS

47. La implantación del sistema ERTMS («*European Railway Traffic Management System*») constituye un indicador importante del avance hacia una mayor interoperabilidad. A finales de 2009, la Unión dispondrá de unos 3.000 km de líneas en servicio equipadas con ERTMS. Los planes nacionales de despliegue indican que la red equipada con ERTMS debería alcanzar 20.000 km a finales de 2012 y 30.000 km a finales de 2020.
48. El 22 de julio de 2009 se adoptó un plan de despliegue europeo, que se basa en los planes nacionales, pero se concentra en las líneas más importantes a escala europea. Por consiguiente, no recoge íntegramente los planes nacionales, pero introduce la obligación de equipar los ejes clave en fechas precisas. Así pues, hacia el año 2020, los principales centros europeos de interconexión para el transporte de mercancías estarán conectados por líneas equipadas con ERTMS, lo que abrirá la vía a nuevas oportunidades para los operadores de transporte de mercancías por ferrocarril.

VIII. CONCLUSIONES

49. El presente informe describe las principales tendencias observadas durante los últimos años en el mercado ferroviario de la UE, y especialmente en

⁽¹²⁾ Estudio titulado «Charges for the Use of Rail Infrastructure 2008».

⁽¹³⁾ Comunicación titulada «Contratos plurianuales en pro de la calidad de la infraestructura ferroviaria», COM(2008) 54 de 6.2.2008.

Cuadro 1. Principales fusiones-adquisiciones en el ámbito ferroviario desde 2005

Año	La empresa	adquiere un	de la empresa
2005	DB Schenker (DE)	98 %	RBH (DE)
2005	Trenitalia (IT)	51 %	TX Logistik (DE)
2006	Babcock & Brown (AU)	100 %	Crossrail (CH)
2007	DB Schenker (DE)	100 %	WS (UK)
2007	DB Schenker (DE)	55,1 %	Tansfesa (ES)
2008	DB Schenker (DE)	49 %	Nord Cargo (FR)
2008	SNCF (FR)	75 %	ITL (DE)
2008	OKD Doprava (CZ)	100 %	Viamont Cargo (CZ)
2008	Rail Cargo Austria (AT)	55 %	Linea (FR)
2008	Veolia (IT)	100 %	Rail4Chem (DE)
2009	DB Schenker (DE)	100 %	PCC (PL)
2009	Europorte 2 (FR)	100 %	Veolia Cargo (FR)
2009	SNCF (FR)	100 %	Veolia Cargo (DE)
2009	Veolia Transport (IT)	50 %	Transdev (FR)
2009	DB Schenker (DE)	95 %	PTK Holding (PL)

Fuente: Mofair («Wettbewerber-Report Eisenbahn 2008-2009»); Comisión Europea.

2008. Más allá de los efectos todavía inciertos de la crisis económica actual, se confirma que el desarrollo de un espacio ferroviario europeo y la apertura progresiva del mercado a la competencia han permitido estabilizar la cuota del ferrocarril en el transporte.

50. Además, este documento permite hacer balance sobre los primeros efectos patentes de la crisis que afecta al sector desde mediados de 2008. Éstos son más pronunciados en el ámbito del transporte de mercancías por ferrocarril que en el ámbito del transporte de viajeros. Por otra parte, la crisis afecta más al segmento del material rodante que a la infraestructura, que debería sacar mayor provecho de las medidas económicas de recuperación que prevén los Estados miembros.
51. Los planes de recuperación anunciados deberían aportar a la red ferroviaria unos 20.000 millones de euros, concentrados principalmente en los Estados de la EU-15. Ahora bien, han podido plantearse algunas dudas sobre la capacidad financiera de los Estados a la hora de concretar la totalidad de las inversiones previstas pese a las dificultades presupuestarias y al incremento del endeudamiento

previstos. Por su parte, la Unión ha movilizado los fondos disponibles para participar en ese esfuerzo de reactivación y acelerar el desarrollo de las redes transeuropeas, anticipando, por ejemplo, la asignación de 500 millones de euros en el marco del presupuesto correspondiente a las redes transeuropeas de transporte.

52. Por otro lado, se observa con motivo de la crisis actual una aceleración del movimiento de consolidación del sector del transporte ferroviario de mercancías, caracterizada por la expansión en el extranjero de determinados grupos, como DB Schenker, tal como ilustra el Cuadro 1.
53. Por otra parte, se observa una persistencia de la fractura entre los Estados de la EU-15 y los de la EU-12, en que la situación financiera de las empresas de transporte ferroviario sigue siendo, a menudo, precaria. Algunos operadores han debido resignarse a recurrir de forma masiva al tiempo parcial, como en Eslovaquia, o a proceder a reducciones de efectivos, especialmente en Bulgaria.
54. La recuperación del transporte de mercancías por ferrocarril no será posible sin la creación esperada de corredores de transporte de mercancías¹⁴ y una ampliación del tráfico con los terceros países vecinos de

⁽¹⁴⁾ Propuesta de Reglamento sobre la red ferroviaria para un transporte de mercancías competitivo, 11 de diciembre de 2008.

la Unión Europea. La negociación en curso de un tratado con los países de los Balcanes, el proceso de adhesión de la Comunidad a la Organización Intergubernamental para los Transportes Internacionales por Ferrocarril (OTIF), así como la colaboración técnica con la Organización para la Cooperación Ferroviaria (OSJD) se inscriben en esa perspectiva.

55. A corto plazo, la publicación de dos estudios que se están realizando para la Comisión contribuirá al proceso de seguimiento del mercado ferroviario. Sus títulos respectivos son «Situación y perspectivas del tráfico internacional» y «Estudio sobre las opciones reglamentarias para proseguir la apertura del mercado del transporte ferroviario».



Panorama Internacional



Panorama Internacional

El contenido de esta sección consiste en facilitar información relacionada con las actividades de la Unión Europea y otros Organismos internacionales. Igualmente proporcionará cualquier otro tipo de información internacional en materia de construcción y transportes, que pueda resultar de interés.

CONSEJO DE MINISTROS DE TRANSPORTE, TELECOMUNICACIONES Y ENERGÍA DE LA UNIÓN EUROPEA,^(*) Luxemburgo, 11 y 12 de junio de 2009

Principales Resultados del Consejo

El Consejo ha otorgado un mandato a la Comisión para que inicie negociaciones con Georgia para un *acuerdo global en el ámbito del transporte aéreo*.

El Consejo ha alcanzado un acuerdo político sobre un proyecto de Reglamento relativo a la *red ferroviaria europea para un transporte de mercancías competitivo*.

El Consejo también ha adoptado conclusiones sobre el Libro Verde de la Comisión titulado «*RTE-T: Revisión de la política*».

El Consejo ha alcanzado un acuerdo político sobre una Directiva por la que se obliga a los Estados miembros a mantener un *nivel mínimo de reservas de petróleo crudo y/o productos petrolíferos*. El Consejo adoptará formalmente el texto sin debate en una próxima sesión del Consejo después de una revisión jurídico-lingüística.

Además, el Consejo ha adoptado sin debate un Reglamento revisado relativo al *Fondo Europeo de Adaptación a la Globalización*, tras un acuerdo en primera lectura con el Parlamento Europeo.

^(*) Nota: Reproducción de parte del comunicado de prensa correspondiente a la sesión 2949 del Consejo.

TRANSPORTES

Acuerdo en el ámbito del transporte aéreo con Georgia

El Consejo ha adoptado una Decisión por la que se autoriza a la Comisión a iniciar negociaciones con Georgia con vistas a un acuerdo global en el ámbito del transporte aéreo.

La Comisión solicitó este mandato en enero de 2009. El acuerdo se propone abrir los respectivos mercados de ambas partes para que las compañías aéreas puedan prestar libremente sus servicios sobre la base de principios comerciales, en condiciones de competencia equitativas e igualitarias.

Este acuerdo está inspirado por los mismos principios que las conclusiones del Consejo adoptadas en 2005 sobre el desarrollo de la política exterior comunitaria en el sector de la aviación (*DO C 173 de 13.7.2005, p. 1*), en las que se congratulaba por los progresos logrados en la creación, antes de 2010, de un espacio aéreo europeo común más extenso que englobe a los países vecinos de la Unión Europea. El mandato adoptado hoy se atiene por otro lado al Acuerdo de Colaboración y Cooperación UE-Georgia y responde a las conclusiones del Consejo Europeo extraordinario celebrado en septiembre de 2008 (*doc. 12594/2/08*), que abogan en favor del reforzamiento de las relaciones con ese país y, entre otras cosas, por que se establezca una zona de libre comercio tan pronto como se reúnan las condiciones.

Red ferroviaria europea para un transporte de mercancías competitivo

En una deliberación pública, el Consejo ha alcanzado un acuerdo político sobre un proyecto de Reglamento que establece normas para el establecimiento y la organización de corredores ferroviarios internacionales para un transporte de mercancías competitivo (*doc. 10678/09, texto modificado por los Ministros*).

Sobre la base del acuerdo político, el Consejo elaborará su posición común que se transmitirá al Parlamento Europeo para segunda lectura en virtud del procedimiento de codecisión.

La propuesta tiene por objeto crear una red ferroviaria europea para un transporte de mercancías competitivo compuesto de corredores internacionales que ofrezcan a los operadores una infraestructura de transporte de mercancías eficaz y de gran calidad. Los operadores ferroviarios deberían en consecuencia poder ofrecer un servicio eficaz y de gran calidad y ser más competitivos en el mercado de los transportes de mercancías. A tal efecto, la propuesta establece las normas sobre la creación y modificación de los corredores de transporte de mercancías, su organización y su gobierno, así como medidas para la ejecución de los corredores de transporte de mercancías, la planificación de las inversiones y la gestión de las capacidades y del tráfico.

El texto aprobado por los Ministros se redacta sobre la base de la propuesta transaccional de la Presidencia. Los Estados miembros deberán establecer, a más tardar tres años, o excepcionalmente cinco años, después de la entrada en vigor del Reglamento, corredores iniciales de mercancías según la lista de las rutas principales de estos corredores que figura en el Anexo del proyecto de Reglamento. Además los Estados miembros que no aparecen en la lista deberán participar al menos en el establecimiento de un corredor de mercancías y, por último, a petición de un Estado miembro, los Estados miembros deberán participar en el establecimiento de un corredor o en la prolongación de un corredor existente, con el fin de permitir a un Estado miembro vecino cumplir con la obligación de crear al menos un corredor.

Con el fin de tener en cuenta las preocupaciones de algunos Estados miembros sobre el efecto negativo que podría tener la reserva de capacidad para los trenes de mercancías sobre el transporte normal de pasajeros y, al mismo tiempo, de garantizar la prioridad necesaria para los trenes de mercancías que circulen en los corredores de mercancías, el texto aprobado mantiene las medidas específicas que se refieren a la asignación de las capacidades y permite, al mismo tiempo, que se tengan en cuenta las necesidades de capacidades de otros tipos de transporte.

Con relación a la propuesta inicial de la Comisión, que establecía el derecho para candidatos distintos de las empresas

ferroviarias de pedir franjas ferroviarias para el transporte de mercancías cuando éstas últimas se refieran a una o más secciones del corredor de mercancías, el texto aprobado por los Ministros no recoge esta disposición. Sin embargo, se mantiene la posibilidad, para candidatos distintos de las empresas ferroviarias, de solicitar infraestructuras para algunas secciones de franjas ferroviarias cuando éstas se sitúen en Estados miembros cuyo Derecho nacional admita este tipo de solicitudes.

El Reglamento entrará en vigor el vigésimo día siguiente al de su publicación en el Diario Oficial de la Unión Europea. No será aplicable a Chipre y Malta.

La Comisión presentó su propuesta en diciembre de 2008 (*doc. 17324/08*). El Parlamento Europeo aprobó su dictamen en primera lectura en abril de 2009 (*doc. 8901/09*).

Derechos de los viajeros de autobús y autocar

Durante una deliberación pública, el Consejo ha tomado nota del informe sobre el estado actual de los trabajos elaborado por la Presidencia (*doc. 10301/09*) relativo a un proyecto de Reglamento sobre los derechos de los viajeros de autobús y autocar. Además el Consejo ha celebrado un debate orientativo centrado en el ámbito de aplicación de esta propuesta, sobre la base de tres cuestiones indicadas por la Presidencia.

Durante este debate, todos los Estados miembros han ratificado su voluntad de reforzar los derechos de los viajeros de autobús y autocar en general y, en particular, de facilitar los desplazamientos de las personas discapacitadas y de las personas con movilidad reducida.

No obstante, los Estados miembros en su gran mayoría han indicado que el ámbito de aplicación no corresponde lo suficiente, en su opinión, a las particularidades del sector de los servicios de transporte por autobús y autocar, y que conviene clarificarlo y adaptarlo.

Por lo que se refiere a la primera opción (ámbito de aplicación limitado sin ninguna otra excepción), una clara mayoría de Delegaciones está a favor de esta opción y considera que el ámbito de aplicación del

Reglamento propuesto debería limitarse a los servicios de transporte regulares de larga distancia nacionales e internacionales por autobús y autocar, teniendo en cuenta la necesidad de proteger los derechos de los viajeros y de adoptar disposiciones proporcionadas y realistas relativas a las empresas de autobuses y autocares.

Con respecto a la segunda opción (ámbito de aplicación no restrictivo con posibles excepciones), algunas Delegaciones han considerado que es una solución que merece ser estudiada con mayor detenimiento: permitiría que los derechos fundamentales en los ámbitos correspondientes se garantizaran para todos los viajeros, dejando al mismo tiempo margen para posibles modificaciones y excepciones nacionales teniendo en cuenta el principio de subsidiariedad en el ámbito del transporte local.

Por lo que se refiere a la tercera opción (ámbito de aplicación amplio con disposiciones graduales), únicamente dos o tres Delegaciones podrían apoyar esta solución, que parece demasiado vinculante y que carecería de la flexibilidad necesaria para poder ser aplicada de manera eficaz al conjunto del sector de los servicios de transporte en autobús y autocar.

El Consejo ha solicitado a los órganos competentes que estudien la propuesta con el fin de lograr progresos importantes bajo la futura Presidencia sueca.

El Reglamento propuesto se enmarca en la política general de la UE destinada a garantizar la igualdad de trato de los viajeros, independientemente del modo de transporte que utilicen. Ya se adoptó una legislación similar en el ámbito de los transportes aéreos y ferroviarios y se propone también para los servicios marítimos y de navegación interior.

Por lo que se refiere a los viajeros en general, esta propuesta establece una protección jurídica adicional para todos los viajeros en caso de fallecimiento o daños físicos, o de pérdida o deterioro de sus equipajes. Establece por otro lado obligaciones para las empresas de autobuses y de autocares en caso de cancelación de un viaje o de retraso, y prevé procedimientos eficaces de tratamiento de las reclamaciones, de las disposiciones relativas a la información de los viajeros y de otras

iniciativas destinadas a reforzar los derechos de los viajeros. El proyecto de Reglamento establece por otro lado normas sobre la información y la asistencia que debe proporcionarse a las personas discapacitadas y a las personas con movilidad reducida.

La Comisión presentó su propuesta en diciembre de 2008 (*doc. 16933/08*). El Parlamento Europeo aprobó su dictamen en primera lectura en mayo de 2009 (*doc. 8897/09*).

Programas europeos de radionavegación por satélite

El Consejo ha tomado nota del informe de la Presidencia sobre el estado actual de los trabajos (*doc. 10312/09*) sobre el proyecto de Reglamento por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 1321/2004 relativo a las estructuras de gestión del programa europeo de radionavegación por satélite.

El objetivo de la propuesta consiste en poner las disposiciones del Reglamento (CE) n.º 1321/2004 (*DO L 246 de 20/07/2004, p. 1*) en consonancia con las del Reglamento (CE) n.º 683/2008 (*DO L 194 de 24/07/2008, p. 1*) sobre la continuidad de dichos programas, dadas las importantes modificaciones introducidas por el último Reglamento en los procedimientos de financiación, gobernanza y adjudicación de contratos de los programas Galileo.

El Reglamento (CE) n.º 1321/2004, modificado por el Reglamento (CE) n.º 1942/2006, creó una agencia comunitaria, denominada la Autoridad de Supervisión del Sistema Global de Navegación por Satélite Europeo. Las misiones y la tarea iniciales de la Agencia se definieron para cubrir las necesidades del sistema previsto entonces para la concesión de la gestión y la financiación de las fases de despliegue y explotación del programa Galileo. Este sistema se abandonó durante el año 2007, y ya no se confiará al sector privado la responsabilidad de la gestión y la financiación de la fase de despliegue del programa.

El Reglamento (CE) n.º 683/2008 define el nuevo marco de la gobernanza pública y de la financiación de los programas Galileo y EGNOS. Prevé el principio del reparto estricto de las competencias entre la

Comunidad Europea, representada por la Comisión, la Autoridad y la Agencia Espacial Europea, otorga a la Comisión la responsabilidad de la gestión de los programas y enumera de manera precisa las misiones que se confían a la Agencia.

Durante el estudio de la propuesta por el Grupo, todas las Delegaciones apoyaron el objetivo de la propuesta y observaron la necesidad de que se resuelvan cuanto antes las incoherencias entre ambos Reglamentos. No obstante, el proyecto de Reglamento suscitó algunas preocupaciones que están principalmente relacionadas con cuestiones de seguridad. Los trabajos sobre este expediente proseguirán durante la Presidencia sueca, haciéndose especialmente hincapié en las siguientes cuestiones: misiones y tareas del comité de acreditación de seguridad, derechos de voto de la Comisión en el consejo de administración y participación del Parlamento Europeo.

La Comisión presentó su propuesta en marzo de 2009 (*doc. 6257/09*).

Sistemas de transporte inteligentes

Durante una deliberación pública, el Consejo ha tomado nota del informe de la Presidencia sobre el estado actual de los trabajos relativos a un proyecto de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece el marco para el despliegue de los sistemas de transporte inteligentes¹ en el sector del transporte por carretera (*doc. 10012/09*).

El Consejo ha solicitado a los órganos competentes que lleven a cabo el estudio de esta propuesta con el fin de alcanzar un acuerdo político de aquí a finales de 2009.

El objetivo de esta propuesta consiste en crear las condiciones y establecer los mecanismos para fomentar la implantación de servicios y aplicaciones de los sistemas de transporte inteligentes en el sector del transporte por carretera y sus interfaces con otros modos de transporte con el fin de favorecer la aparición, en la Unión Europea,

⁽¹⁾ «Los sistemas de transporte inteligentes» resultan de la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación a los transportes. Las aplicaciones de este tipo se elaboran para distintos modos de transporte así como para favorecer las interfaces entre los mismos.

de un transporte de mercancías y viajeros más eficaz, más respetuoso del medio ambiente y más fiable. A tal fin, la propuesta prevé que se aplique el procedimiento de comité (procedimiento de reglamentación con control) para establecer especificaciones comunes y jurídicamente vinculantes, que definan disposiciones y procedimientos precisos para el despliegue de los sistemas de transporte inteligentes en el conjunto de la UE.

El Grupo del Consejo ha estudiado la propuesta y el plan de acción que la acompaña en sucesivas ocasiones. Todas las Delegaciones aprueban los objetivos de la propuesta; sin embargo, una mayoría de las mismas tiene reticencias sobre la aplicación del procedimiento de comité a cualquier acción tal y como propone la Comisión. En el Consejo TTE de marzo, el Consejo adoptó conclusiones sobre el plan de acción (*doc. 8005/09 + 8005/09 COR1*). La reunión informal de los Ministros de Transportes en Litoměřice en abril de 2009 se dedicó asimismo a los sistemas de transporte inteligentes y contribuyó a clarificar las posiciones de los Estados miembros (*doc. 8177/09*).

La Comisión presentó su propuesta en diciembre de 2008 (*doc. 17564/08*). El Parlamento Europeo aprobó su dictamen en primera lectura en abril de 2009 (*doc. 8899/09*).

Libro Verde RTE-T: Revisión de la política - Conclusiones del Consejo

El Consejo ha adoptado las siguientes conclusiones sobre el Libro Verde de la Comisión: Hacia una Red Transeuropea de Transporte mejor integrada al servicio de la Política Común de Transportes:

«EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA

VISTO:

- El Tratado constitutivo de la Comunidad Europea, y en particular sus artículos 154, 155 y 156,
- El Libro Blanco de la Comisión, de 12 de septiembre de 2001, titulado «La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad», así como

su Revisión intermedia, de 22 de junio de 2006,

- La Decisión n.º 1692/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 1996, sobre las orientaciones comunitarias para el desarrollo de la red transeuropea de transporte, revisada en 2004 y modificada en último lugar por el Reglamento 1791/2006/CE del Consejo, de 20 de noviembre de 2006 (en lo sucesivo las «orientaciones RTE»),
- La Comunicación de la Comisión «Libro Verde RTE-T: Revisión de la política hacia una Red Transeuropea de Transporte mejor integrada al servicio de la Política Común de Transportes» de 4 de febrero de 2009,
- La resolución del Parlamento Europeo de 22 de abril de 2009 relativa al Libro Verde sobre el futuro de la política en materia de RTE-T.

CONSIDERANDO LO SIGUIENTE:

- La política en materia de RTE-T se estableció en 1996 para una Unión Europea con quince Estados miembros, con el objetivo principal de interconectar sus redes nacionales de infraestructuras de transporte para facilitar el mercado interior y la cohesión social y económica, incluyendo la conexión con islas y regiones periféricas, garantizar el acceso a dichas redes y conectar la red de la UE a países terceros;
- Si bien estos objetivos siguen siendo válidos, el nuevo territorio de la UE procedente de las ampliaciones de la Unión Europea de 2004 y 2007 exige la adaptación, en particular, del marco de planificación de la RTE-T, más allá de la revisión de las orientaciones realizada en 2004;
- Las nuevas condiciones políticas y económicas (como los objetivos del cambio climático, el creciente papel internacional de Europa, la Agenda de Lisboa y los recientes esfuerzos tendentes a la recuperación económica y al desarrollo sostenible) requieren asimismo una adaptación de la política en materia de RTE-T;

- Es preciso integrar mejor la RTE-T y la política común de transporte, en particular el concepto de comodalidad, para que la RTE-T sienta una verdadera base para unos servicios de transporte eficientes, sostenibles, seguros y de calidad en los distintos sectores del transporte;
- La futura política en materia de RTE-T requiere partir de los resultados positivos de anteriores actuaciones políticas y proseguir los esfuerzos para llevar a cabo medidas ya decididas (en particular la ejecución de los proyectos prioritarios);
- Para cumplir los futuros requisitos, la política en materia de RTE-T requiere que se refuerce la dimensión europea en lo referente a la planificación de redes y que se disponga de instrumentos más eficaces para poner en práctica la RTE-T;
- La actuación comunitaria debería coordinarse y concentrarse en acciones con valor añadido europeo, teniendo en cuenta el beneficio que suponen para la Unión Europea, evaluado con criterios transparentes;
- El transporte, actualmente uno de los sectores que más contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad, requiere medidas variadas para reducir las emisiones de CO₂; una red de transporte europea interconectada e integrada óptimamente es una condición básica para lograr dichos objetivos;
- La planificación de la RTE-T se reflejará en los marcos nacionales de infraestructura de transportes y deberá procurarse que haya coherencia entre las ambiciones de planificación de la RTE-T y su capacidad de ejecución. Cuando se tome la decisión sobre la red, los Estados miembros y otros promotores de proyectos, así como la Comisión, deberán concentrar sus esfuerzos y centrarlos en hacer el mejor uso posible de los distintos instrumentos comunitarios, para facilitar la ejecución de proyectos de interés común;

El CONSEJO:

1. **ACOGES POSITIVAMENTE** el Libro Verde de la Comisión, de 4 de febrero de 2009, sobre el futuro de la política en materia de RTE-T, así como una amplia revisión basada en la experiencia adquirida y en los resultados logrados hasta el momento, sin perjuicio del futuro debate sobre las perspectivas financieras;
2. **REITERA** la necesidad de seguir invirtiendo en infraestructuras de transporte para garantizar el correcto desarrollo de la RTE-T en todos los modos de transporte, como base del mercado interior y la competitividad, la cohesión económica, social y territorial de la Unión y su conexión con países vecinos, centrándose en la idea del «valor añadido europeo» y teniendo en cuenta, entre otros, los objetivos medioambientales al definir la futura política de la RTE-T;
3. **PIDE** a la Comisión que garantice la continuidad con el marco existente, en particular la finalización de proyectos prioritarios, y al mismo tiempo se muestre abierta a nuevos enfoques para responder a futuros retos y oportunidades políticos, económicos, medioambientales y tecnológicos;
4. **DESTACA** que, si bien los principales flujos de tráfico transnacional son un criterio importante para planificar la RTE-T, la cohesión económica, social y territorial y el acceso a la RTE-T también son cruciales, y se abordan, en gran medida, en el nivel de red global de la actual RTE-T; por ello, y habida cuenta de su importancia como base de referencia para un conjunto de legislación en el sector del transporte, **ABOGA** en favor de conservar dicha red global. Sin perjuicio de las futuras perspectivas financieras, la financiación comunitaria, contemplada en el considerando 11, debe seguir siendo disponible para la red global RTE-T;
5. **ACUERDA** que, sin perjuicio del resultado final de la revisión de las orientaciones RTE-T, todos los actuales proyectos prioritarios de la RTE-T deberían ser parte integrante de una red

- prioritaria coherente que reúna unas infraestructuras ya acabadas o en construcción y proyectos de interés común, y que sea multimodal, prestando especial atención a los nudos (puertos y aeropuertos) y a las conexiones multimodales (como conexiones entre ferrocarril, vías fluviales interiores, puertos y aeropuertos);
6. CONFIRMA que la metodología para establecer esta red prioritaria coherente debería tener en cuenta criterios como los efectos sobre los flujos de tráfico transnacional, la cohesión territorial y el desarrollo económico, la ordenación territorial, el medio ambiente y el cambio climático, la conexión con países vecinos; INVITA a la Comisión a que desarrolle esta metodología, a más tardar a principios de 2010, como base para la elaboración de su propuesta de revisión de las orientaciones;
 7. DESTACA que, para garantizar una integración óptima del desarrollo de la infraestructura de transporte y la política común de transporte, es preciso complementar la red prioritaria coherente con medidas en el ámbito de los sistemas de transporte inteligente y de los sistemas de gestión del tráfico, la interoperabilidad y la innovación tecnológica. Por otra parte, las medidas u objetivos de la política común de transporte, como los pasillos de transporte de mercancías por ferrocarril, los pasillos verdes o los bloques de espacio aéreo funcional, deben ser tenidos en cuenta en la RTE-T. Es preciso procurar asimismo un grado razonable de flexibilidad y apertura, que permita que la infraestructura de transporte constituya una base apropiada para prestar los servicios de transporte actuales y futuros;
 8. ADMITE que la política de la RTE-T debería contribuir significativamente a los objetivos medioambientales y del cambio climático. La integración e interconexión óptimas de todos los modos de transporte (tanto sistemas de transporte físico como inteligente), que posibilita servicios de transporte comodal eficientes, constituye una base sólida para apoyar los esfuerzos del sector del transporte en favor de una reducción de las emisiones contaminantes y de CO₂;
 9. SUBRAYA que la ejecución de proyectos de interés común determinados en el marco de la RTE-T necesita estar sometida a compromisos sólidos de todas las partes implicadas —Estados miembros, Comunidad y partes pública y privada— de acuerdo con sus responsabilidades respectivas;
 10. REITERA las responsabilidades de los Estados miembros en relación con la planificación, financiación y ejecución de proyectos de la RTE-T relativos a su territorio y DESTACA la necesidad de estimular la ejecución de proyectos de la RTE-T minimizando las cargas administrativas y simplificando los criterios y procedimientos para la solicitud de cofinanciación de la RTE-T;
 11. SUBRAYA la necesidad de que la Comunidad facilite los recursos financieros necesarios para fomentar la inversión en proyectos de la RTE-T y, en particular, la necesidad de reconciliar el respaldo económico adecuado procedente del presupuesto de la RTE-T a los proyectos prioritarios que incluyen secciones transfronterizas pertinentes y cuya ejecución superará 2013 dentro de las limitaciones institucionales del marco de programación financiera;
 12. PIDE a la Comisión que evalúe la coordinación y eficacia de los instrumentos financieros comunitarios existentes y, en su caso, proponga la creación de nuevos instrumentos. En caso necesario, se impulsará y apoyará el planteamiento de asociaciones entre sectores público y privado en este contexto;
 13. CONFIRMA la necesidad de reforzar instrumentos no financieros para fomentar la ejecución de proyectos RTE-T, como la coordinación (por ejemplo, a través de coordinadores europeos, cuando convenga), un estrecho seguimiento y una mayor transparencia gracias al método abierto de coordinación (por ejemplo, para impulsar esfuerzos para finalizar la red global), la puesta en común de buenas prácticas, etc. evitando las cargas administrativas innecesarias;
 14. PIDE a la Comisión que comunique los resultados de una consulta pública sobre

el Libro Verde, lo antes posible, en cuanto ésta finalice, acometa los trabajos técnicos necesarios a fin de establecer una metodología para la planificación de la RTE-T, implique a los expertos de los Estados miembros en este trabajo técnico y asimismo garantice en este contexto una correcta representación de distintas zonas geográficas y situaciones socioeconómicas; INVITA a la Comisión a seguir debatiendo con el Comité para el seguimiento de las orientaciones y el intercambio de información los diferentes elementos de la revisión de la RTE-T, en particular la metodología de la planificación, antes de elaborar una propuesta de versión revisada de las orientaciones;

15. INVITA a la Comisión a que presente a las Instituciones una propuesta de orientaciones de la RTE-T revisadas antes de finales de 2010. Dicha propuesta deberá ir acompañada de una estimación razonable de las necesidades de inversión derivadas de la propuesta. La evaluación de las necesidades de inversión debe basarse en la información facilitada por los Estados miembros y en costes medios por unidad debidamente justificados en obras de infraestructura en situaciones típicas;
16. SOLICITA a la Comisión que informe con regularidad (semestralmente) al Consejo sobre sus actividades relativas al proceso de revisión de la RTE-T hasta que presente su propuesta de orientaciones revisadas.»

VARIOS

a) Tasas de protección de la aviación

El Consejo ha tomado nota de las líneas principales de la propuesta de la Comisión sobre las tasas de protección de la aviación, que viene a cumplir un compromiso asumido en 2007 por la Comisión en el Parlamento Europeo, durante las negociaciones que condujeron a la adopción del Reglamento sobre la seguridad de la aviación civil (*doc. 9864/09*).

b) Proceso de liberalización en el sector ferroviario

El Consejo ha tomado nota de la información facilitada por la Comisión sobre el grado de apertura del mercado de los Estados miembros en el sector ferroviario.

c) Reunión informal de los Ministros de Transportes

La Presidencia checa ha informado a las Delegaciones de los resultados de la reunión informal de los Ministros de Transportes de la UE, que se celebró en Litoměřice el 29 de abril de 2009 (*doc. 10768/09*).

d) Primera reunión de los Ministros de Transportes de la ASEM

El Consejo ha tomado nota de la información comunicada por la Delegación lituana relativa a la preparación de la primera reunión de los Ministros de Transportes de la ASEM, que se celebrará en Vilna los días 19 y 20 de octubre 2009.

e) Situación actual de las cuestiones relativas al transporte tras la Cumbre UE-Rusia

El Consejo ha tomado nota de la información comunicada por la Comisión, a petición de la Delegación polaca, acerca de la situación actual de las cuestiones relativas al transporte tras la Cumbre UE-Rusia, que se celebró en Khabarovsk, el 22 de mayo de 2009.

f) Proyecto de decreto del Servicio Federal de las Aduanas de Rusia sobre el tráfico de contenedores

El Consejo ha tomado nota de la información comunicada por la Delegación finlandesa sobre las consecuencias que podría tener la entrada en vigor de un decreto de las autoridades rusas relativo al tráfico de contenedores.

g) Segunda Jornada Marítima Europea

El Consejo ha tomado nota de la información comunicada por la Delegación italiana relativa a los principales resultados de la Segunda Jornada Marítima Europea, organizada conjuntamente por el Comisario de Asuntos Marítimos y Pesca y el Gobierno italiano, y que se celebró en Roma, los días 18 y 20 de mayo de 2009 (*doc. 10618/09, 10619/09*).

h) Internet de los objetos

El Consejo ha tomado nota de la información comunicada por la Comisión sobre su Comunicación relativa a la Internet de los objetos, que deberá adoptarse las próximas semanas (*doc. 10524/09*).

i) Internet más segura para los niños

El Consejo ha tomado nota de la información comunicada por la Presidencia sobre la conferencia ministerial «Una Internet más segura para los niños», que tuvo lugar en Praga el 20 de abril de 2009 (*doc. 10522/09*).

j) Gobernanza de Internet: próximas etapas

El Consejo ha tomado nota de la información comunicada por la Comisión sobre el estado del expediente de la gobernanza de Internet y las próximas etapas que deben plantearse (*doc. 10721/09*).

k) Plan de interconexión báltica

El Consejo ha tomado nota de la información facilitada por la Comisión sobre el plan de interconexión del mercado energético báltico (*doc. 10703/09*).

l) Reunión de Ministros de Energía del G8

El Consejo ha tomado nota de la información facilitada por la Delegación italiana sobre la reunión de Ministros de Energía del G8 celebrada en Roma los días 24 y 25 de mayo de 2009 (*doc. 10705/09*).

m) Agencia Internacional de Energías Renovables

El Consejo ha tomado nota de la información facilitada por la Delegación alemana sobre la creación de la Agencia Internacional de Energía Renovables (IRENA) (*doc. 10941/09*).

**CONSEJO DE MINISTROS
DE TRANSPORTE,
TELECOMUNICACIONES Y ENERGÍA
DE LA UNIÓN EUROPEA,^(*)**

Luxemburgo, 9 de octubre de 2009

Principales Resultados del Consejo

El Consejo ha mantenido un debate sobre la **futura política europea de transportes**, con objeto de preparar la adopción de conclusiones sobre esta cuestión en la sesión del Consejo de Transportes del mes de diciembre.

Ha adoptado **directrices de negociación** en materia de transporte por carretera que complementan el mandato para un Tratado de una Comunidad del Transporte con los socios de los **Balcanes Occidentales**.

El Consejo ha alcanzado un acuerdo político sobre un proyecto de Reglamento relativo a los **derechos de los pasajeros de buques**.

Ha dado su refrendo político a un **Acuerdo de transporte aéreo** con los **Estados Unidos de América, Islandia y Noruega**.

Además, ha conferido mandato a la Comisión para iniciar **negociaciones** con **Brasil** sobre un **Acuerdo en materia de seguridad de la aviación civil** y con **EE.UU.** sobre un **Memorándum de Cooperación en investigación y desarrollo en el ámbito de la aviación civil**.

PUNTOS OBJETO DE DEBATE

Cuestiones intermodales y redes

Un futuro sostenible para los transportes

El Consejo ha mantenido un debate público sobre una comunicación de la Comisión que presenta las tendencias y los desafíos en el sector del transporte en las próximas décadas y esboza en líneas generales la senda de la futura política en materia de transporte («Un futuro sostenible para los transportes», *11294/09*). El debate contribuirá a la elaboración de un Libro Blanco sobre el calendario de la política de transporte europea para la próxima década, que publicará la Comisión en 2010.

El Consejo ha invitado a sus órganos competentes a que preparen conclusiones,

a partir de los resultados del debate, para que se adopten en la próxima sesión del Consejo de Transporte del mes de diciembre.

El debate se ha estructurado a partir de un cuestionario de la Presidencia (*13310/09*) en relación con los principales desafíos a juicio de la Comisión (el envejecimiento de la población, la migración y la movilidad interna, los desafíos ambientales, la disponibilidad de los recursos energéticos, la urbanización y la mundialización) y las principales prioridades puestas de relieve en la comunicación (mejor integración de los diversos modos de transporte, innovación tecnológica y facilidad de uso).

Los Ministros han coincidido mayoritariamente en los principios generales recogidos en la comunicación. Durante el debate, han hecho hincapié en diferentes aspectos de los próximos desafíos, como la repercusión de la actual crisis económica y financiera, el cambio climático mundial, la mejor descripción de prioridades, la mayor

^(*) Nota: Reproducción de parte del comunicado de prensa correspondiente a la sesión 2964 del Consejo.

consideración de las diferencias regionales y la seguridad vial.

Los Ministros han expuesto sus puntos de vista en relación con los ámbitos más importantes de actuación, incluida la mejor integración de todos los modos de transporte, los sistemas de transporte inteligentes, una estrategia clara de innovación, la financiación de infraestructura y la internalización de los costes externos por el uso de infraestructura.

Los países de Visegrad (República Checa, Hungría, Polonia y República Eslovaca) han resumido sus contribuciones por escrito en una declaración conjunta (14075/09) subrayando, en particular, la necesidad de tener en cuenta la situación específica de los nuevos Estados miembros y de facilitar la adecuada financiación de la UE de modo que se puedan superar las diferencias tecnológicas y de infraestructura en la UE.

Este debate constituye una contribución a una amplia reflexión y un proceso de consulta sobre el futuro de la política de transportes europea, iniciado por la Comisión con objeto de preparar las bases para el nuevo Libro Blanco. El anterior Libro Blanco, que establecía el calendario de la política de transporte hasta 2010, fue publicado por la Comisión en 2001 y sometido a una revisión intermedia en 2006.

Tratado comunitario en materia de transporte con los Balcanes Occidentales

El Consejo ha adoptado directrices complementarias de negociación en materia de transporte por carretera para las negociaciones de un Tratado constitutivo de una Comunidad del Transporte entre la Unión Europea y los socios de los Balcanes Occidentales Albania, Bosnia y Herzegovina, Croacia, la Antigua República Yugoslava de Macedonia, Montenegro y Serbia, y Kosovo. El proyecto de Tratado resultante de las negociaciones con los socios de los Balcanes Occidentales se tendrá que presentar al Consejo para su aprobación.

La decisión de iniciar negociaciones sobre el Tratado fue adoptada por el Consejo en junio de 2008. Se estipuló, sin embargo, que las negociaciones sobre transporte por carretera requerían directrices

complementarias de negociación por parte del Consejo.

Los objetivos generales en el ámbito del transporte por carretera consisten en lograr que el transporte por carretera sea más seguro y más respetuoso con el medio ambiente, conseguir una distribución más equilibrada entre los diversos modos de transporte y velar por la competencia leal. La integración de los mercados de los transportes por carretera debería ir unida a la adopción y aplicación, por parte de cada uno de los diferentes socios de los Balcanes Occidentales, de los correspondientes elementos de la legislación de la UE en materia de transporte por carretera.

El Tratado constitutivo de una Comunidad del Transporte forma parte de la estrategia para reforzar la dimensión europea en los países de los Balcanes Occidentales. El Tratado debería inicialmente fomentar la cooperación entre los socios de la región. Por último, debería llevar a la integración de infraestructuras de transporte y a un marco legislativo común para el transporte en la UE y en los países de los Balcanes Occidentales, basado en la pertinente legislación de la UE. Este marco jurídico facilitaría asimismo las inversiones en la región.

TRANSPORTE MARÍTIMO

Derechos de los pasajeros de buques

En deliberación pública, el Consejo ha alcanzado un acuerdo político sobre un proyecto de Reglamento destinado a mejorar los derechos de los pasajeros que viajan por mar y por vías navegables (13874/09). Sobre la base de dicho acuerdo, el Consejo preparará la posición común que remitirá al Parlamento Europeo para una segunda lectura con arreglo al procedimiento de codecisión.

El proyecto de Reglamento establece normas sobre no discriminación, accesibilidad y asistencia para pasajeros con discapacidad con movilidad reducida. Asimismo contiene disposiciones para todos los pasajeros relacionadas con la asistencia, la información y la compensación en caso de cancelación o retraso del viaje contratado, así

como con la tramitación de las reclamaciones.

Al debatir las cuestiones pendientes, los Ministros han acordado las siguientes soluciones:

- **Ámbito de aplicación del proyecto de Reglamento:** quedan excluidos los buques que transportan hasta 36 pasajeros. Asimismo quedan excluidos los buques con una tripulación de tres miembros o menos, los que cubran una distancia de menos de 500 metros en un solo sentido, o en circuitos de excursión y turísticos, excepto los cruceros. Además, durante dos años a partir de la fecha de su aplicación, el Reglamento no se aplicará a los buques marítimos de menos de 300 toneladas brutas dedicados al transporte nacional, siempre que los derechos de los pasajeros estén adecuadamente garantizados en virtud de la legislación nacional.
- **Excepciones a la asistencia del transportista y obligaciones de compensación en caso de cancelación o retraso:**
 - no deberá compensarse al pasajero que esté informado de la cancelación o el retraso antes de la adquisición del billete o en caso de que la cancelación o el retraso sea culpa del propio pasajero;
 - si la cancelación o el retraso se debe a condiciones meteorológicas adversas o circunstancias excepcionales, no se aplicarán las normas de compensación. No obstante, los pasajeros tendrán derecho a recibir aperitivos, comidas, refrigerios y alojamiento en caso de circunstancias excepcionales, mientras que en caso de condiciones meteorológicas adversas la asistencia no incluirá el alojamiento.

Por otra parte, se ha decidido que el transportista podrá limitar el coste del alojamiento a 120 euros por pasajero.

La propuesta forma parte de la política general de la UE consistente en garantizar la igualdad de trato de los pasajeros, con independencia del modo de transporte en el

que viajen. Se ha adoptado ya una legislación similar en el ámbito del transporte aéreo y por ferrocarril, y se ha propuesto también legislación de esa índole para los servicios de autobús y autocar.

La Comisión presentó su propuesta en diciembre de 2008 (*11990/08*). El Parlamento Europeo aprobó su dictamen en primera lectura en abril de 2009.

Formalidades informativas exigibles a los buques

En deliberación pública, el Consejo ha tomado nota de un informe de situación (*13590/09*) sobre una propuesta de Directiva destinada a simplificar los procedimientos y formalidades que deben cumplir los buques a su llegada o salida de los puertos de la UE.

Los Ministros de Estados miembros sin litoral han intervenido brevemente para pedir que la propuesta de Directiva no se aplique a los países sin puertos marítimos.

El Consejo ha encomendado a sus órganos preparatorios que continúen el examen de este expediente, con miras a una rápida adopción de la propuesta.

La Directiva propuesta sustituirá a la Directiva 2002/6/CE, relativa al mismo tema. En particular, la propuesta de la Comisión prevé:

- la armonización de los plazos de notificación de entrada en los puertos,
- la generalización de medios electrónicos de transmisión para las formalidades a través del sistema comunitario de intercambio de datos marítimos SafeSeaNet,
- la designación por cada Estado miembro de una autoridad nacional única para la recepción de información,
- la simplificación del uso de formularios: los formularios del Convenio para facilitar el tráfico marítimo internacional (creados por dicho Convenio de la Organización Marítima Internacional) no se exigirán cuando la información solicitada ya haya sido exigida por la legislación de la UE,
- para operaciones intracomunitarias, exención de la exigencia de transmitir un formulario del Convenio para

facilitar el tráfico marítimo internacional.

La propuesta es la primera de una serie de medidas anunciadas por la Comisión en una comunicación de enero de 2009 (5775/09) para la creación de un espacio europeo de transporte marítimo sin barreras. El pasado marzo, el Consejo acogió favorablemente la propuesta en tanto contribución para una mayor racionalización de procedimientos administrativos para buques.

La Comisión presentó su propuesta en enero de 2009 (5789/09). La adopción del proyecto de Directiva está sujeta al procedimiento de codecisión con el Parlamento Europeo. El Parlamento todavía no ha empezado a examinar el texto.

AVIACIÓN

Ampliación del Acuerdo de transporte aéreo UE-EE.UU. a Islandia y Noruega

El Consejo ha dado su refrendo político a un acuerdo por el que se amplía a Islandia y Noruega el Acuerdo de transporte aéreo con los Estados Unidos de América («Acuerdo de cielos abiertos UE-EE.UU.»), firmado en 2007 y en aplicación desde 2008. El Acuerdo va acompañado de un Acuerdo subsidiario con disposiciones de procedimiento.

El Acuerdo de cielos abiertos UE-EE.UU. prevé explícitamente la adhesión de terceros países a dicho Acuerdo. Islandia y Noruega, miembros de la Zona Europea Común de Aviación (ZECA) y que han adoptado la totalidad de la legislación comunitaria en política de transporte aéreo, solicitaron su adhesión en 2007.

En virtud del nuevo Acuerdo, las compañías aéreas de la UE tendrán derecho a operar vuelos entre Islandia y Noruega y los Estados Unidos de América; recíprocamente, las compañías aéreas de Islandia y Noruega podrán operar entre la UE y EE.UU.

El Acuerdo de cielos abiertos con los Estados Unidos de América no sólo elimina todas las barreras comerciales para los vuelos entre la UE y EE.UU., sino que además los Estados Unidos de América

conceden a las compañías aéreas de la UE el derecho a operar entre EE.UU. y países de la ZECA que no son miembros de la UE. Sin embargo, dado que la ZECA no tiene dimensión exterior, las compañías de la UE no pueden acogerse a este derecho. El nuevo Acuerdo permitirá remediar esta situación y crear un marco armonizado para vuelos entre EE.UU. y los países que aplican la legislación comunitaria en materia de aviación, para beneficio de las compañías aéreas de la UE, así como de Islandia y Noruega.

La Comisión presentó su propuesta en mayo de 2009 (10118/09).

La decisión sobre la firma y la aplicación provisional del Acuerdo se adoptará más adelante, una vez que los juristas lingüistas hayan finalizado sus trabajos.

Acuerdo con Brasil sobre seguridad de la aviación civil

El Consejo ha adoptado una Decisión por la que autoriza a la Comisión a iniciar negociaciones con Brasil sobre un Acuerdo bilateral en el ámbito de la seguridad de la aviación civil.

El objetivo del futuro Acuerdo es facilitar el comercio de productos y servicios aeronáuticos, al tiempo que se garantiza el respeto de las correspondientes normas de seguridad.

En concreto, el Acuerdo pretende conseguir, en la medida de lo posible, el reconocimiento mutuo de resultados y normas de certificación. En primer lugar atañe a la aeronavegabilidad y aspectos medioambientales de productos, componentes y equipos aeronáuticos; también podría incluir la aprobación y supervisión de servicios de mantenimiento. Dicho reconocimiento mutuo de certificación y supervisión permitirá a ambas partes limitar al máximo la duplicación de trabajo.

Ningún Estado miembro de la UE ha concluido un acuerdo bilateral con Brasil en este ámbito. Sin embargo, desde 2004 la Agencia Europea de Seguridad Aérea ha estado cooperando con la Agencia nacional de aviación civil de Brasil en virtud de un acuerdo de trabajo de alcance limitado para cuestiones de certificación y reconocimiento. El Acuerdo propuesto incrementaría

considerablemente el nivel de la cooperación entre la UE y Brasil en este ámbito.

La Comisión presentó su Recomendación para autorizar negociaciones con Brasil en agosto de 2009 (*12580/09*).

Memorándum de cooperación en investigación y desarrollo en el ámbito de la aviación civil con EE.UU

El Consejo ha adoptado una decisión por la que se autoriza a la Comisión a entablar negociaciones con la Administración Federal de Aviación de EE.UU. sobre un memorándum de cooperación en investigación y desarrollo en el ámbito de la aviación civil.

Con este memorándum se pretende garantizar la interoperabilidad entre el programa europeo SESAR de gestión del tráfico aéreo (GTA) y su equivalente norteamericano NextGen, que está destinado a sustituir el actual sistema de GTA de EE.UU. A tal fin, el memorándum tiene como objetivo crear un marco jurídicamente vinculante para las actividades comerciales relacionadas con el desarrollo de los nuevos sistemas. Además, debería poder dar cabida a otros aspectos de investigación y desarrollo en el ámbito de la aviación civil.

El programa SESAR (Single European Sky ATM Research = Investigación sobre gestión de tránsito aéreo en el contexto del Cielo Único Europeo) constituye el pilar tecnológico de la política relativa al «Cielo Único Europeo». Su objetivo es modernizar y armonizar a fondo los sistemas de gestión del tráfico aéreo que existen en Europa. SESAR se encuentra actualmente en fase de desarrollo y se espera que los primeros resultados puedan aprovecharse en 2013.

En marzo de 2009, en una Resolución que refrenda Plan Director de Gestión del Tráfico Aéreo para el proyecto SESAR (*8176/09*, p. 18-22), el Consejo había pedido a la Comisión que presentara una Recomendación para autorizar negociaciones con la Administración Federal de Aviación de Estados Unidos con vistas a garantizar una interoperabilidad segura entre ambos sistemas. La Comisión presentó su Recomendación en junio de 2009.

VARIOS

Prohibición de los líquidos a bordo de las aeronaves

El Consejo ha tomado nota del punto de vista de la Comisión sobre las próximas medidas que deberán adoptarse en relación con la prohibición de los líquidos a bordo de las aeronaves. (*13974/09*).

Conferencia sobre las redes transeuropeas de transporte (Nápoles, 21 y 22 de octubre de 2009)

La Comisión y la Delegación italiana han informado al Consejo de la próxima conferencia ministerial anual sobre las redes transeuropeas de transporte (*13724/09* y *14010/09*). La Conferencia, titulada «Jornadas de 2009 sobre las redes transeuropeas de transporte: el futuro de las redes transeuropeas de transporte: creación de puentes entre Europa y sus vecinos» será organizada conjuntamente por la Comisión e Italia. Además de debatir la puesta en práctica de proyectos prioritarios, la Conferencia se centrará en la dimensión exterior de las redes europeas de transporte.

Reunión de los Ministros de transporte de la ASEM (Vilnius, 19 y 20 de octubre de 2009)

La Delegación lituana ha informado al Consejo sobre la preparación de la primera reunión de los Ministros de transporte europeos y asiáticos en el marco de cooperación de la ASEM (reunión entre Asia y Europa). Se espera que en la reunión de Lituania los Ministros de transporte adopten una declaración en apoyo del nuevo formato de cooperación entre Europa y Asia en el ámbito del transporte.

Programas EGOS y Galileo

La Comisión ha informado al Consejo sobre la situación actual de los dos programas europeos de navegación por satélite Galileo y EGNOS y le ha expuesto su

punto de vista sobre la evolución futura y la ulterior aplicación de ambos programas.

OTROS PUNTOS APROBADOS

Transporte

Interoperabilidad del sistema ferroviario-Indicadores de seguridad ferroviaria-Procedimiento de comité

El Consejo ha decidido no oponerse a la adopción por parte de la Comisión de dos propuestas destinadas a mejorar:

- los indicadores comunes de seguridad y los métodos comunes de cálculo de los costes de los accidentes, mediante la modificación de la Directiva 2004/49/CE. Las autoridades nacionales notificarán anualmente los indicadores comunes de seguridad. El primer período de notificación será el año 2010; y
- la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Comunidad, mediante la especificación de los parámetros que deben utilizarse en el documento a que se refiere el artículo 27 de la Directiva 2008/57/CE. Dicho artículo obliga a la Agencia Ferroviaria

Europea a elaborar un documento de referencia que refleje todas las disposiciones nacionales de los Estados miembros para la puesta en servicio de los vehículos.

Acuerdo entre la UE y Brasil sobre determinados aspectos de los servicios aéreos

El Consejo ha adoptado una decisión que autoriza la firma de un acuerdo con Brasil sobre determinados aspectos de los servicios aéreos. Hasta el momento de su entrada en vigor, el acuerdo se aplicará de forma provisional a partir del primer mes siguiente a la notificación por las Partes de la conclusión de sus procedimientos internos.

Acuerdo entre la UE y Marruecos en materia de aviación-Ampliación de la UE

El Consejo ha adoptado una decisión por la que se aprueba la firma y aplicación provisional de un protocolo que modifica el acuerdo euromediterráneo de aviación con Marruecos con el fin de tener en cuenta la adhesión a la Unión Europea de la República de Bulgaria y de Rumanía.

**CONSEJO DE MINISTROS
DE TRANSPORTE,
TELECOMUNICACIONES Y ENERGÍA
DE LA UNIÓN EUROPEA,^(*)**

Bruselas, 17 y 18 de diciembre de 2009

Principales Resultados del Consejo

Por lo que se refiere a los transportes:

El Consejo ha alcanzado un acuerdo político sobre un proyecto de Reglamento sobre **los derechos de los pasajeros de autobús y autocar**.

También ha definido orientaciones generales sobre un proyecto de Reglamento por el que se crea una agencia encargada del **sistema global de navegación por satélite (GNSS)** y sobre un proyecto de Directiva relativa a las **formalidades informativas exigibles a los buques** a su llegada o salida de los puertos de la UE.

El Consejo ha autorizado a la Comisión a que negocie un **acuerdo de cooperación con la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)** y ha hecho balance de los progresos realizados por lo que se refiere a la segunda fase de las **negociaciones sobre los servicios aéreos con los Estados Unidos de América**.

Por lo que se refiere a las telecomunicaciones:

El Consejo ha mantenido un debate orientativo sobre **el futuro de la Estrategia i2010** y ha adoptado conclusiones a este respecto.

También ha adoptado conclusiones tituladas **«Transformar el dividendo digital en beneficios sociales y crecimiento económico»** y una Resolución relativa a un **planteamiento de colaboración en materia de seguridad de las redes y de la información**.

PUNTOS OBJETO DE DEBATE

TRANSPORTES TERRESTRES

Derechos de los pasajeros en el transporte por autobús y autocar

El consejo ha alcanzado un acuerdo político sobre un proyecto de Reglamento sobre los derechos de los pasajeros de autobús y autocar (17412/09). Por consiguiente, el Consejo podrá adoptar suposición en primera lectura sobre la propuesta en una de sus próximas sesiones y

transmitir dicha posición al Parlamento Europeo para la segunda lectura.

La propuesta tiene por objeto reforzar los derechos de los pasajeros que viajan por autobús y autocar por lo que se refiere la ayuda a las personas discapacitadas y con movilidad reducida, a la indemnización, la información de los pasajeros y el tratamiento de las quejas.

La principal cuestión pendiente se refería al ámbito de aplicación del proyecto de Reglamento. En la sesión del Consejo de junio de 2009, una mayoría de Estados miembros estaba a favor de una limitación del ámbito de aplicación a los servicios regulares de larga distancia nacionales e internacionales. No obstante, los trabajos llevados a cabo en los órganos preparatorios

^(*) Nota: Reproducción de parte del comunicado de prensa correspondiente a la sesión 2987 del Consejo.

del Consejo evidenciaron la dificultad de encontrar una definición de servicios «de larga distancia» aplicable a escala de la UE. Tras haber reconsiderado la cuestión, ahora los Ministros han acordado que el Reglamento debería cubrir los servicios regulares de transporte en general, previendo al mismo tiempo una serie de posibilidades de excepción. Así pues, los servicios regulares de transporte urbano, suburbano y regional podrían quedar excluidos del ámbito de aplicación de la Directiva, a excepción de las normas en materia de no discriminación y las relativas al derecho al transporte de las personas discapacitadas que, por lo tanto, se aplicarán a todos los servicios. Podrá concederse una excepción transitoria podrá concederse para los servicios regulares nacionales en general, así como para determinadas conexiones de servicio regular con países situados fuera de la UE. Los transportes por cuenta propia con fines no comerciales y los servicios regulares especializados reservados a determinadas categorías de pasajeros quedarán excluidos del ámbito de aplicación del Reglamento. Los servicios ocasionales estarán sujetos a las normas de indemnización y de no discriminación, pero no a las demás disposiciones.

El proyecto de Reglamento incluye, en particular, normas relativas a los siguientes aspectos:

- la indemnización en caso de **accidentes** que impliquen la muerte o una lesión corporal de pasajeros así como la pérdida o el deterioro de equipajes. A este respecto, los límites máximos de las indemnizaciones previstos por la legislación nacional no deben ser inferiores a los importes mínimos fijados en el Reglamento, es decir 220.000 euros por pasajero y 500 euros (servicios regulares u ocasionales regionales o comarcales) o 1.200 euros (todos los demás servicios regulares u ocasionales) por equipaje. Los daños causados a los aparatos y accesorios funcionales como las sillas de ruedas deberán compensarse por completo. Las disposiciones del Reglamento propuesto prevén por otro lado una asistencia que responda a las necesidades concretas inmediatas de los pasajeros a raíz de un accidente. La cuestión de la responsabilidad, es decir quién debe en definitiva asumir la indemnización, debe tratarse de acuerdo con el Derecho nacional, con el fin de tener en cuenta las distintas legislaciones de los Estados miembros sobre este tema;
- la no discriminación y la asistencia para las **personas discapacitadas** y las personas con movilidad reducida: no se podrá negar a dichas personas el transporte, excepto por motivos vinculados a la seguridad o a la ausencia de infraestructuras adecuadas. No se les podrán reclamar gastos adicionales. La asistencia debe proporcionarse en terminales específicas designadas por los Estados miembros, sin perjuicio de una notificación previa de la necesidad de asistencia. Una persona que acompañe a la persona discapacitada tendrá derecho a ser transportada sin gastos;
- los derechos de los pasajeros en caso de **anulación o de retraso**: los transportistas deberán proponer una elección entre la continuación del viaje o la ruta alternativa, o también un reembolso. Además, debe prestarse en su caso una asistencia en forma de refrigerios, comidas o refrescos, así como ayuda para la búsqueda de un alojamiento.

Las obligaciones previstas de conformidad con el proyecto de Reglamento no constituyen condiciones técnicas que impongan a los transportistas modificar o sustituir vehículos, las infraestructuras o los equipamientos de las terminales.

La propuesta se enmarca en una política global de la UE destinada a garantizar la igualdad de trato entre los pasajeros, independientemente del modo de transporte utilizado, reforzando al mismo tiempo los derechos de los pasajeros, prestándose especial atención a la no discriminación de las personas discapacitadas o con movilidad reducida. Se han adoptado algunos actos legislativos similares para el transporte aéreo y ferroviario y disposiciones relativas al transporte marítimo están en curso de adopción.

La Comisión presentó su propuesta en diciembre de 2008(16933/08). El dictamen en primera lectura del Parlamento Europeo se adoptó en abril de 2009.

Cuestiones y redes intermodales

Agencia europea GSS (sistema global de navegación por satélite)

A la espera de la posición del Parlamento Europeo en primera lectura, el Consejo ha extraído una orientación general relativa a un proyecto de Reglamento por el que se modifica el Reglamento de 2004 del Consejo, relativo a las estructuras de gestión del programa europeo de radio navegación por satélite (17688/09).

El objeto del Reglamento propuesto consiste en adaptar el Reglamento (CE) n.º 1321/2004, que creó una Autoridad Europea de Supervisión GNSS, que pasa a ser en lo sucesivo la Agencia Europea GNSS, a las disposiciones adoptadas en 2008 relativas a la gobernanza y la financiación de los programas europeos de radio navegación por satélite.

Dichas disposiciones, que fueron introducidas por el Reglamento n.º 683/2008, relativo a la prosecución de la aplicación de dichos programas, tienen en cuenta el abandono del concepto de una gestión del programa de navegación por satélite (Galileo) confiada al sector privado, tal como preveía inicialmente el Reglamento de 2004. Por tanto, la responsabilidad de la gestión se ha confiado íntegramente a la Comisión y la propiedad de todos los bienes vinculados al programa Galileo se ha transferido a la UE.

Conviene pues adaptar el Reglamento n.º 1321/2004 en consecuencia. A tal efecto, el nuevo Reglamento

- redefine las relaciones entre la Agencia y la Comisión, reforzando los poderes de esta última que formulará orientaciones a las que la Agencia deberá ajustarse en cumplimiento de sus tareas;
- establece las normas aplicables a la homologación de seguridad. Si la Comisión sigue administrando todos los aspectos relativos a la seguridad, la homologación de seguridad la

explotación del Centro de supervisión de la seguridad de Galileo corresponderán a la Agencia. Se creará un Comité de homologación de seguridad, que es un órgano autónomo dentro de la Agencia, encargado, en particular, de aprobar la estrategia de homologación de seguridad y los lanzamientos de satélites, de autorizar la explotación de los sistemas y servicios y la fabricación de determinados productos.

La Comisión presentó su propuesta (6257/09) en marzo de 2009. Cuando fue estudiada en los órganos preparatorios del Consejo, se introdujeron importantes modificaciones en la propuesta por lo que se refiere a las disposiciones relativas a la homologación de seguridad. El Parlamento Europeo debería comunicar su posición en primera lectura a principios de 2010.

Sistema de transporte inteligente

El Consejo ha tomado nota del estado actual de los trabajos relativos a una propuesta de Directiva relativa a la puesta en funcionamiento de sistemas de transporte inteligentes (STI) en el ámbito del transporte por carretera.

La Directiva propuesta tiene por objeto acelerar y coordinar el despliegue de los sistemas de transporte inteligentes interoperables en el ámbito del transporte por carretera, en particular, los interfaces con otros modos de transporte, estableciendo las condiciones y mecanismos necesarios en un marco coherente en el conjunto de la UE.

Los Estados miembros pueden, esencialmente, aceptar el actual texto. La víspera de la sesión del Consejo, el Parlamento Europeo indicó también que estaba dispuesto a aceptar el contenido del texto. Por lo tanto, el Consejo ha solicitado ahora a los órganos preparatorios competentes que ulminen el acuerdo alcanzado con el Parlamento Europeo para que la Directiva pueda ser adoptada rápidamente por ambas Instituciones tan pronto como el Consejo haya adoptado su posición en primera lectura en una próxima sesión.

Subsiste no obstante una cuestión jurídica más técnica que deberá analizarse con el Parlamento, a saber las disposiciones relativas a los «actos delegados» que se han sido introducidos recientemente tras la entrada en vigor del Tratado de Lisboa. Los actos delegados son decisiones adoptadas por la Comisión para aplicar actos legislativos adoptados por el Parlamento y el Consejo.

La propuesta de la Comisión, presentada en diciembre de 2008 (*17564/08*), se modificó de manera sustancial cuando fue estudiada en los órganos preparatorios del Consejo, en cuyo marco se tuvo también en cuenta el dictamen en primera lectura que formuló el Parlamento Europeo en abril de 2009 (*8899/09*). Tras diversos debates informales con el Parlamento Europeo durante las últimas semanas, se introdujeron otras modificaciones con el fin de preparar el terreno para que el Consejo y el Parlamento puedan alcanzar rápidamente un acuerdo.

Hasta hace poco tiempo, las divergencias se referían principalmente a si la puesta en funcionamiento de las aplicaciones y servicios STI debería tener un carácter vinculante y en caso afirmativo, en qué medida. Muchos Estados miembros consideran, teniendo en cuenta, en particular, las repercusiones financieras y administrativas, que cualquier decisión referente a la puesta en funcionamiento de STI debería adoptarse a nivel nacional. Otros Estados miembros eran, en un primer momento, favorables a que fuesen obligatorios al menos algunos servicios STI, pero sin poder ponerse de acuerdo sobre qué servicios deberían ser incluidos en esta obligación. En su dictamen en primera lectura, el Parlamento Europeo era favorable a una introducción obligatoria de algunos servicios STI. La solución transaccional que se halló incluye la garantía para los Estados miembros de decidir en última instancia la puesta en funcionamiento de los STI en su territorio, por una parte, y un procedimiento en dos tiempos para la introducción de los STI mediante la legislación de la UE, por otra parte: inicialmente, la Comisión adoptará las especificaciones requeridas para la acción de que se trate; a continuación, en un plazo de doce meses y, en su caso, tras una evaluación de sus efectos, la Comisión

presentará una propuesta para la puesta en funcionamiento de esta acción al Parlamento y al Consejo, que adoptarán conjuntamente una decisión.

Algunos Estados miembros siguen temiendo no obstante que el carácter facultativo de las disposiciones relativas a la puesta en funcionamiento pudiera no ser suficientemente explícita y se plantean la posibilidad de presentar una declaración al respecto cuando se adopte la Directiva.

Los sistemas de transporte inteligentes (STI) asocian las telecomunicaciones, la electrónica y las tecnologías de la información a la ingeniería de los transportes con el fin de planificar, concebir, explotar, mantener y gestionar los sistemas de transporte.

Con el fin de favorecer la puesta en funcionamiento de los STI, la Directiva propuesta define ámbitos prioritarios, así como acciones prioritarias y no prioritarias que conviene llevar a cabo en estos ámbitos. La Comisión tendrá por misión de establecer especificaciones para las acciones que están previstas en los ámbitos prioritarios. Los ámbitos y las acciones correspondientes más importantes que se definen en el proyecto de Directiva se refieren en particular a:

- la utilización óptima de los datos relativos a la carretera, la circulación y los desplazamientos; acciones prioritarias: puesta a disposición, en el conjunto de la UE, de servicios de información en tiempo real sobre la circulación así como servicios de suministro de información mínima universal sobre la circulación vinculada a la seguridad vial;
- continuidad de los servicios STI de gestión de la circulación y de la carga; (acciones: por ejemplo, garantizar el flujo de información; localización y seguimiento de las mercancías);
- aplicaciones STI vinculadas a la seguridad vial; acciones prioritarias: puesta a disposición de un servicio de llamada urgente (eCall) en toda la UE, servicios de reserva e información destinada a proporcionar zonas de estacionamiento seguras y vigiladas a los camiones y a los vehículos comerciales.

Se llevan a cabo en otros ámbitos algunas iniciativas similares de integración de las tecnologías de la información y de las comunicaciones con fines de gestión de los transportes. Así, están en proceso de elaboración sistemas de gestión del tráfico ferroviario (ERTMS) y el tráfico aéreo (SESAR); en el sector marítimo, ya se ha creado un sistema de intercambio de información marítima (SafeSeaNet) y un sistema de información y organización del tráfico marítimo (VTMIS).

**Un futuro sostenible
para los transportes.
Conclusiones de la Presidencia**

La Presidencia ha presentado un proyecto de conclusiones sobre la Comunicación de la Comisión relativa a un futuro sostenible para los transportes. El debate ha evidenciado que, aunque el texto sea objeto de un acuerdo muy amplio, no todos los Estados miembros podían aceptar todos los elementos. La Presidencia por consiguiente ha elaborado las siguientes conclusiones bajo su propia responsabilidad.

**“EL CONSEJO DE LA UNIÓN
EUROPEA,**

VISTO el Libro Blanco de la Comisión de 14 de septiembre de 2001 titulado «La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad»¹, y vista la comunicación de la Comisión de 27 de junio de 2006 titulada «Por una Europa en movimiento - Movilidad sostenible para nuestro continente: Revisión intermedia del Libro Blanco del transporte de la Comisión Europea de 2001»²;

VISTAS las conclusiones del Consejo sobre el Libro Verde RTET: «Revisión de la política, hacia una Red Transeuropea de Transporte mejor integrada al servicio de la Política Común de Transportes», adoptadas el 11 de junio de 2009³;

VISTA la comunicación de la Comisión de 19 de junio de 2009 titulada «Un futuro

sostenible para los transportes: hacia un sistema integrado, tecnológico y de fácil uso»⁴;

TENIENDO EN CUENTA las conclusiones del debate de orientación celebrado en la sesión del Consejo de Transporte, Telecomunicaciones y Energía del 9 de octubre de 2009, y los resultados de la consulta de las partes interesadas, principalmente a través de las Conferencias de Alto Nivel que las partes celebraron el 9 y 10 de marzo de 2009 y el 20 de noviembre de 2009;

CONSIDERANDO que la evolución registrada en el pasado reciente y los desafíos que tenemos por delante (el cambio climático y otros retos medioambientales, la globalización, el envejecimiento de la población, las migraciones, la escasez de combustibles fósiles, la urbanización, etc.) requieren la toma de decisiones sobre la mejora de la política europea de transporte;

TENIENDO EN CUENTA las diferencias existentes entre los niveles de desarrollo económico de los Estados miembros, el estado de sus infraestructuras, sus servicios de transporte y su situación geográfica;

RECONOCIENDO la urgencia de transformar la crisis múltiple actual en una oportunidad mediante el cambio a una economía eficiente en el plano medioambiental, es decir, una economía eficiente desde el punto de vista de los recursos, segura y sostenible, con un bajo nivel de emisiones de carbono, basada en una producción sostenible en el sector del transporte y sustentada por estilos de vida más sostenibles;

DESTACANDO el papel crucial que desempeña el sistema de transporte tanto para alcanzar los objetivos en materia de cambio climático como para garantizar la competitividad de la economía europea y la recuperación de la actual crisis económica, y RECONOCIENDO que dotarse de un sistema de transporte eficiente y sostenible es importante por motivos tanto económicos y sociales como medioambientales, sobre todo para la competitividad y la prosperidad, el empleo, la seguridad y la protección europeas, en consonancia con los objetivos de la

¹ Doc. 11932/01.

² Doc. 10954/06.

³ Doc. 10971/09.

⁴ Doc. 11294/09.

Estrategia de Lisboa y de la Estrategia de la UE para un Desarrollo Sostenible;

HACIENDO HINCAPIÉ en la necesidad de armonizar adecuadamente el sector del transporte para que se integre plenamente en un mercado interior del transporte que funcione correctamente, abierto y debidamente regulado, lo que es indispensable para garantizar una competencia leal entre las empresas, unos servicios de transporte de alto nivel, la movilidad y la accesibilidad para todos los usuarios del sistema de transporte;

RECONOCIENDO que el desarrollo de una infraestructura sostenible y coherente es un elemento esencial de una política europea de transportes, desde el respeto del principio de subsidiariedad;

TOMANDO NOTA de que el desarrollo y la implantación de nuevas tecnologías desempeñarán un papel significativo en el establecimiento de un sistema de transporte sostenible y eficiente a medio y largo plazo, y que darán a Europa y a su industria una ventaja competitiva, a la vez que contribuirán a reducir el cambio climático y a mejorar la accesibilidad y la seguridad del tráfico;

DESTACANDO que, pese a los progresos realizados en los últimos años, el número de muertos y heridos graves en accidentes de carretera sigue siendo excesivo y que debe ponerse el máximo empeño en reducirlo;

RECONOCIENDO la necesidad de seguir reduciendo los efectos negativos del transporte en el medio ambiente, así como la congestión y el ruido,

1. ACOGE CON SATISFACCIÓN la comunicación de la Comisión titulada «Un futuro sostenible para los transportes: hacia un sistema integrado, tecnológico y de fácil uso», así como su decisión de iniciar los preparativos de la actualización y renovación de la política europea de transporte para la próxima década (2010-2020);
2. RECONOCE que de la actual situación económica y financiera pueden extraerse una serie de lecciones que conviene aprender, y CONVIENE en la necesidad de preparar el sector del transporte para hacer frente a los desafíos futuros, a la vez que se facilita la recuperación económica, y de

aprovechar, cuando se vuelva al crecimiento, un sistema de transporte eficiente, coherente y sostenible para apoyar plenamente la competitividad de la economía europea;

3. RECONOCE la necesidad de explotar mejor todos los modos de transporte y de adoptar medidas positivas para ALENTAR, en su caso, el paso al uso de los que sean más eficientes desde el punto de vista energético y más respetuosos del medio ambiente, así como la utilización más eficiente de todos ellos y la intermodalidad sin solución de continuidad, es decir, la comodidad y su promoción, considerando que éstos son elementos clave de un sistema de transporte sostenible, eficiente en el plano medioambiental, funcional, accesible e integrado;
4. ALIENTA a la Comisión a que siga promoviendo un sistema de transporte multimodal plenamente integrado, en particular mediante la revisión de la política de la Red Transeuropea de Transporte (RTET), del Programa Marco Polo, del Programa de Acción NAIADES y, si procede, de otras políticas comunitarias que tengan efectos positivos en el sistema de transporte, teniendo a la vez en cuenta tanto la necesidad de reducir las actuales diferencias regionales dentro de la UE, como las necesidades de los Estados miembros de la periferia de la UE y los grandes flujos de tráfico transnacional;
5. RECONOCE la oportunidad que brindan las cadenas logísticas inteligentes como medio para contribuir a un sistema de transporte sostenible;
6. REITERA que el propósito de la política de la Red Transeuropea de Transporte debe seguir siendo la cohesión y la integración económica sostenible de la Unión Europea, y RECONOCE que esta Red puede servir de base para la introducción de nuevas tecnologías y mejores prácticas;
7. CONSIDERA que, dentro de la política de la Red Transeuropea de Transporte, debe prestarse la debida atención a la finalización oportuna de los proyectos prioritarios y a su integración efectiva

- en la red general, a los nudos (puertos, aeropuertos) y a las conexiones intermodales (conexiones entre ferrocarril, carretera, vías de navegación interior, puertos y aeropuertos), los corredores verdes multimodales, los vínculos de infraestructura ausentes, las secciones transfronterizas, la eliminación de los embotellamientos, las interconexiones con los países y regiones vecinos y la extensión de los corredores existentes;
8. RECONOCE la importancia que debe darse a la existencia de mecanismos de financiación apropiados, procedentes de la Comunidad y de otras fuentes, para garantizar que los proyectos de infraestructura de transporte se ejecuten efectivamente;
 9. APOYA el principio general de internalización e incorporación de los costes externos en todos los modos de transporte, teniendo en cuenta, entre otras cosas, la necesidad de garantizar unas condiciones equitativas para los diferentes modos, sin olvidar las especificidades de los Estados miembros y de cada modo de transporte, así como las distintas medidas de actuación posibles y sus efectos ambientales y económicos;
 10. RECONOCE la necesidad de acabar con la dependencia que sufre el sector del transporte respecto de los combustibles fósiles y de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, en particular mediante la introducción de tecnologías innovadoras y eficientes en materia de energía para los vehículos y los instrumentos de gestión del tráfico, y APOYA un planteamiento global que abarque una variedad de medidas, tales como conceptos de conducción alternativos, combustibles alternativos, movilidad eléctrica y su infraestructura correspondiente, y una transición hacia las fuentes de energía renovables, incluyendo medidas que incidan en las fuentes, tales como normas en materia de CO₂, sin dejar de tener en cuenta las especificidades de cada modo de transporte;
 11. ALIENTA la adopción de medidas que faciliten la movilidad y mejoren la accesibilidad, que reduzcan las emisiones y la congestión del tráfico y que fomenten la competitividad de la Unión Europea mediante un mayor desarrollo y una implantación más amplia de instrumentos de gestión del tráfico y de sistemas inteligentes de transporte en todos los modos de transporte en que estas soluciones sean las más efectivas;
 12. ALIENTA el desarrollo continuo de un contexto regulador justo y equilibrado con vistas a la realización de un mercado interior del transporte, regulado adecuadamente y sin restricciones, gracias al cual las empresas de la UE puedan prosperar y los ciudadanos de la UE puedan desplazarse por Europa de manera efectiva y sin interrupciones, aprovechando el potencial de unos servicios de transporte competitivos en el conjunto de los modos;
 13. RECONOCE la necesidad de promover cambios en los comportamientos individuales, por ejemplo mediante campañas de comunicación o de concienciación, a fin de hacer frente a los desafíos medioambientales y mejorar la seguridad en todos los modos de transporte, INVITA a la Comisión a presentar el cuarto Programa de acción sobre seguridad vial (2011-2020), y RECONOCE, en este contexto, la necesidad de seguir reforzando la cooperación y la coordinación entre las agencias europeas y las autoridades nacionales competentes;
 14. CONSIDERA que la seguridad y la protección de los usuarios de los transportes y de los trabajadores de este sector deberían seguir siendo una prioridad, y ESTIMA que deberían evaluarse y tenerse en cuenta los derechos y necesidades de los usuarios del transporte;
 15. CONSIDERA necesario promover en mayor medida el empleo y la formación de calidad en el sector del transporte;
 16. RECONOCE la necesidad de promover acciones coordinadas destinadas a apoyar a las autoridades locales, regionales y nacionales en el desarrollo de políticas urbanas sostenibles, desde

- el respeto del principio de subsidiariedad;
17. RECONOCE la necesidad de mejorar la cooperación internacional en el ámbito de la política de transportes en general, y en particular con los países vecinos, a fin de promover los intereses europeos en el contexto mundial;
 18. INSTA a la Comisión a que garantice la correcta aplicación del acervo comunitario y de los proyectos existentes y a que adopte medidas adicionales cuando sea necesario, e INSISTE en la importancia de desarrollar instrumentos legislativos y no legislativos más flexibles, respetando los principios de subsidiariedad, transparencia y mejor reglamentación, a la vez que se procura reducir las cargas administrativas;
 19. DESTACA que la futura política europea de transporte deberá prepararse con una actitud de diálogo y cooperación con todos los agentes pertinentes y con otros ámbitos pertinentes de actuación, aprovechando igualmente los avances realizados en la investigación en materia de transportes;
 20. ESPERA con interés los informes de la Comisión sobre los resultados del procesode consulta y la INVITA a que tome nota de las reflexiones ulteriores de los Estados miembros y a que informe al Consejo de los progresos registrados en el proceso de preparación del próximo Libro Blanco, previsto para finales de 2010 o principios de 2011.»

AVIACIÓN

Tasas de seguridad de la aviación

El Consejo ha tomado nota del informe sobre el estado actual de los trabajos relativos a una propuesta de Directiva que establece principios comunes para el cobro de tasas de seguridad en los aeropuertos de la UE (17393/09).

Los órganos preparatorios del Consejo que tratan esta cuestión pudieron resolver muchas dificultades técnicas que se derivaban de los distintos sistemas de tasas y normativas existentes en los

distintos Estados miembros. Las posiciones todavía varían sobre la cuestión clave del **ámbito de aplicación** de la legislación propuesta. En el marco de la propuesta inicial de la Comisión, la Directiva se aplicaba a todos los aeropuertos de la UE. En el estado actual de los debates, la Presidencia propone que todos los aeropuertos comerciales de la UE cuyo tráfico anual supere cinco millones de movimientos de pasajeros estén cubiertos. Una amplia mayoría podría apoyar esta propuesta. Algunas Delegaciones preferirían no obstante incluir todos los aeropuertos comerciales o reducir el umbral de los movimientos de pasajeros, mientras que los Estados miembros que prefieren el umbral de cinco millones de movimientos de pasajeros temen que ello implique una importante carga administrativa.

El Consejo ha solicitado a sus órganos preparatorios que prosigan el debate de esta cuestión.

El objetivo de la legislación propuesta consiste en velar por que las tasas de seguridad se establezcan y cobren de manera no discriminatoria y transparente en el conjunto de la Unión, pero no en fijar el nivel de estas tasas o determinar los métodos de financiación de medidas de seguridad, que seguirán siendo responsabilidad de cada Estado miembro. El nuevo marco debería permitir a las compañías aéreas saber sobre qué base se calculan las tasas e iniciar un diálogo con los órganos que determinan estas tasas o las aplican.

A tal efecto, el texto prevé **consultas** regulares entre las compañías aéreas y el órgano responsable de las tasas. Además contiene normas de **transparencia** concebidas para procurar que las compañías aéreas, por una parte, obtengan información sobre la metodología, los elementos y la estructura de las tasas y, por otra parte, faciliten información sobre sus proyectos de transporte y sus necesidades al órgano responsable para que estos factores puedan tenerse en cuenta.

Además, los Estados miembros que introduzcan medidas de seguridad aérea más rigurosas que las normas comunes y propongan en consecuencia una

modificación de las tasas de seguridad deberían realizar una **evaluación de impacto** que muestre las repercusiones de los costes de estas medidas sobre el nivel de las tasas.

Por otra parte, la Directiva propuesta establecería el principio de **relación con los costes**, es decir que las tasas de seguridad cobradas no deberán superar los costes de seguridad.

Cada Estado miembro debería disponer de una **autoridad de supervisión** independiente encargada de velar por la buena aplicación de las medidas adoptadas para atenerse a la presente Directiva; esta autoridad también tendrá que establecer los procedimientos destinados a regular los desacuerdos entre los transportistas y los órganos responsables.

La Comisión presentó su propuesta en mayo de 2009 (9864/09) en respuesta a un compromiso contraído por el Parlamento Europeo en 2007 durante las negociaciones que desembocaron en la adopción del Reglamento marco n.º 300/2008 relativo a la seguridad de la aviación. El Parlamento Europeo comenzó su propuesta de la propuesta este otoño.

Acuerdo de cooperación con la OACI

El Consejo ha autorizado a la Comisión a que inicie negociaciones con la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para un protocolo de cooperación, que establezca un marco general para el refuerzo de la cooperación.

Gracias al desarrollo de una cooperación mutua entre la UE y la OACI, los intereses de la UE se tendrían en cuenta de la mejor manera posible en la OACI. Por otra parte, eso permitiría a la OACI y a sus Partes Contratantes aprovechar en mayor medida de los progresos en la UE en el ámbito de la aviación.

El acuerdo podría cubrir todos los aspectos de la legislación y de las políticas de la UE relativas a la aviación en ámbitos como la seguridad aérea, la gestión del tráfico aéreo y la protección del medio ambiente. Podría por ejemplo prever un intercambio sistemático de información, un apoyo técnico y una cooperación por lo que se refiere a la evolución normativa en todos estos ámbitos.

La Comisión presentó en junio de 2009 su recomendación con vistas a una decisión para autorizar dichas negociaciones.

Segunda fase de las negociaciones sobre servicios aéreos con los Estados Unidos de América

La Comisión ha informado al Consejo de los progresos realizados en las negociaciones para una segunda fase de un acuerdo sobre los servicios aéreos, previsto en el Acuerdo «cielos abiertos» entre la UE y los Estados Unidos que se firmó en 2007 y se ha aplicado provisionalmente desde marzo de 2008.

Si bien el Acuerdo de 2007 estableció un marco de cooperación reglamentaria con Estados Unidos y aportó nuevas libertades comerciales a las compañías aéreas, no abrió plenamente el acceso al mercado interior estadounidense. Implicaba por lo tanto una hoja de ruta de las negociaciones para una segunda fase del acuerdo, que se iniciaron en mayo de 2008. El objetivo es alcanzar una segunda fase del acuerdo de transporte aéreo en 2010, de acuerdo con la declaración de la cumbre UE Estados Unidos del pasado mes de noviembre. El Consejo ha reafirmado la importancia que concede a este objetivo.

Haciendo balance de estado actual de la situación, el Consejo ha celebrado los considerables progresos ya realizados, en particular, por lo que se refiere al refuerzo de la cooperación reglamentaria con Estados Unidos por lo que se refiere a las cuestiones relativas a la seguridad aérea, la simplificación y el papel del Comité mixto creado por el acuerdo.

Por lo que se refiere a las principales cuestiones pendientes, el Consejo ha destacado la importancia de que se abran aún más las posibilidades de inversiones transatlánticas para el sector aéreo y de que se establezcan derechos de tráfico equilibrados. Por otra parte, el Consejo ha puesto de relieve la importancia de las negociaciones con vistas a una nueva profundización de la cooperación para las cuestiones medioambientales y de que se tenga en cuenta la dimensión social del acuerdo.

Las próximas rondas de negociaciones están previstas para enero y febrero de 2010.

TRANSPORTES MARÍTIMOS

Formalidades informativas exigibles a los buques

El Consejo ha extraído una orientación general, a la espera de la posición del Parlamento Europeo en primera lectura, sobre un proyecto de Directiva sobre las formalidades informativas exigibles a los buques a su llegada o salida de los puertos de la UE en el marco de los transportes marítimos (17693/09). La legislación propuesta debe sustituir a la Directiva 2002/6/CE sobre el mismo tema.

El proyecto de Directiva se ha concebido para simplificar y armonizar algunos procedimientos administrativos, en particular generalizando la transmisión electrónica de los datos para ajustarse a las formalidades informativas. La información recibida debe transmitirse por el sistema de intercambio de datos marítimos de la Unión SafeSeaNet; los Estados miembros pueden no obstante excluir la transmisión de la información con fines aduaneros y de controles fronterizos. Se suprimirá progresivamente la utilización del papel para realizar las formalidades informativas.

Se ha acordado hacer especialmente hincapié en la transmisión de datos electrónica en los debates en el Grupo del Consejo, dado que se consideró que el enfoque más amplio inicialmente propuesto por la Comisión carecía de claridad. Sin embargo, el proyecto de Directiva en su versión actual contiene también una disposición más general en favor de una mayor armonización las formalidades informativas a nivel nacional y en la UE.

Dado que la Directiva no crea nuevas formalidades informativas, los buques actualmente exentos de tales obligaciones permanecerán fuera de su ámbito de aplicación. Además los Estados sin puertos marítimos no estarán obligados a transponer la Directiva por lo que se refiere a los puertos.

La propuesta forma parte de una serie de medidas anunciadas por la Comisión en una Comunicación de enero de 2009 (5775/09) con el fin de crear un espacio marítimo europeo sin barreras.

La Comisión presentó su propuesta en enero de 2009 (5789/09). La adopción del proyecto de Directiva está sujeta al

procedimiento legislativo ordinario de conformidad con el Tratado de Lisboa (es decir, el procedimiento de codecisión con el Parlamento Europeo). El Parlamento comenzó el estudio del texto este otoño.

VARIOS

TRANSPORTE

Política marítima integrada, incluida la integración de la vigilancia marítima

La Presidencia ha informado al Consejo de las actividades relativas a la política marítima integrada, incluida la integración de la vigilancia marítima, que se llevaron a cabo durante los seis últimos meses. Se ha referido, en particular, a un informe de la Presidencia sobre la integración de la vigilancia marítima (*doc. 15474/09*) y a las conclusiones del Consejo sobre la política marítima integrada (*doc. 15175/09*) que se adoptaron en noviembre y se presentaron al Consejo Europeo en diciembre.

Anexo VI revisado del Convenio MARPOL - seguimiento de los progresos e implicaciones

El Consejo ha tomado nota de la información facilitada por la Delegación finlandesa (*doc. 17614/09*) relativa a las consecuencias de la entrada en vigor del Anexo VI revisado del Convenio para la prevención de la contaminación por los buques (MARPOL). El Anexo revisado introducirá requisitos más estrictos por lo que se refiere al contenido en azufre del fuel pesado utilizado en los buques. La Delegación finlandesa ha expresado su preocupación por el aumento de los costes que las nuevas normas pueden causar a la industria finlandesa debido a su dependencia del transporte marítimo.

El sector de los transportes en Europa

El Consejo ha tomado nota de una breve reseña facilitada por la Comisión sobre las

repercusiones de la crisis económica en el sector europeo de los transportes, en particular, en el empleo, y de las medidas adoptadas o que se adoptarán para ayudar al sector de los transportes a superar las actuales dificultades.

Resultados de la Conferencia Ministerial «Jornadas de 2009 sobre las redes transeuropeas de transporte»

El Consejo ha recibido información de la Delegación italiana y de la Comisión sobre los resultados de la Conferencia Ministerial «Jornadas de 2009 sobre las redes transeuropeas de transporte», que se celebró en Nápoles los días 21 y 22 de octubre y en la que participaron 46 países. La Conferencia estudió la aplicación de los proyectos prioritarios y procedió a una reflexión sobre el futuro marco de acción para las redes transeuropeas de transporte. Abordó también la dimensión exterior de las redes de transporte europeas, destacando la importancia de que prosiga el desarrollo de vínculos con las regiones vecinas en Europa así como con el continente africano.

El próximo año, la conferencia sobre las redes transeuropeas de transporte se celebrará en Zaragoza (España) en el mes de junio.

Seguridad vial: conceder medios suficientes y mejorar la calidad de los vehículos e infraestructuras

El Consejo ha tomado nota de la información proporcionada por la Delegación italiana sobre la propuesta destinada a crear un fondo de seguridad vial. Italia presentó esta propuesta en la Conferencia ministerial mundial sobre seguridad vial que se celebró los días 19 y 20 de noviembre de 2009 en Moscú. El fondo, al que deberían contribuir los países de la UE y las compañías de seguros, serviría

para financiar iniciativas destinadas a mejorar la seguridad vial.

Situación del procedimiento de adjudicación para la capacidad operativa total de Galileo

La Comisión ha presentado al Consejo información actualizada sobre la situación relativa al procedimiento de adjudicación para la capacidad operativa total del proyecto Galileo. Este procedimiento de adjudicación es uno de los elementos fundamentales del Reglamento n.º 683/2008 relativo a la prosecución de la aplicación de los programas europeos de radionavegación por satélite (EGNOS y Galileo).

Acuerdo sobre la creación de un bloque de espacio aéreo funcional Dinamarca/Suecia

El Consejo ha sido informado por la Presidencia de que Suecia y Dinamarca han firmado un acuerdo sobre la creación de un bloque de espacio aéreo funcional Dinamarca/Suecia, que crea un espacio aéreo único que cubre ambos países. La división por regiones del espacio aéreo europeo gracias a bloques de espacio aéreo funcionales es una exigencia prevista en el paquete «cielo único II» y debe aplicarse en el conjunto de la Unión de aquí a finales de 2013.

Programa de trabajo de la próxima Presidencia

La Delegación española ha facilitado información al Consejo sobre el programa de trabajo de la futura Presidencia española en el sector de los transportes, que se centrará en tres prioridades esenciales: sostenibilidad, innovación y seguridad.

Bibliografía

Bibliografía

En esta sección se incluye una selección de las obras ingresadas en el Centro de Documentación del Transporte. Consta de dos apartados, uno relativo a LIBROS y otro a ARTÍCULOS DE REVISTA, estructurados en grandes grupos de materia.

El Centro de Documentación situado en el Paseo de la Castellana, 67, despacho C-217, está abierto a todos los profesionales del sector y atenderá cualquier consulta o solicitud de información en horario de 9 a 14 horas.

LIBROS

Transporte

CARBALLO LEYDA, Alejandro
Elección de foro en el transporte internacional / Alejandro Carballo Leyda. - Valencia : Tirant lo Blanch, 2009. - 207 p. ; 21 cm. - (Biblioteca jurídica mercantil)
Nº DOC.: 016569

El presente libro aporta una visión interrelacionada y de alcance geográfico mundial del tratamiento que reciben (o del que carecen) los pactos de elección de foro en el transporte internacional de mercancías (marítimo, aéreo, terrestre, espacial y multimodal). Se estudian tanto los tradicionales convenios unimodales (CMR, COTIF, Convenio de Montreal...), como los instrumentos regionales (Europa, África, Asia y América) que regulan el transporte internacional de mercancías o que contienen normas de derecho internacional privado (especialmente de los pactos de elección de foro) aplicables a los transportes internacionales de mercancías. Al mismo tiempo, se plantean problemas relacionados como la legitimación activa y pasiva, los tipos de acciones cubiertos por dichos pactos de elección de foro y el alcance de los mismos a terceros.

ECONOMÍA del sector marítimo / Instituto Marítimo Español ; Fondo Editorial de Ingeniería Naval. - Madrid : Instituto Marítimo Español ; Fondo Editorial de Ingeniería Naval, 2009. - 1213 p. ; 24 cm. Nº DOC.: 016539

Se analizan todos los aspectos relacionados con la economía marítima. El libro se divide en cuatro secciones. La primera, dedicada a la estructura económica marítima, muestra el funcionamiento, evolución y perspectivas del transporte marítimo, la construcción naval, y los mercados de compra-venta y desguace de buques. La segunda comienza describiendo el funcionamiento del mercado de fletes y continúa con la estructura de costes de los buques y sus modalidades de fletamento, la cuenta de explotación de las empresas navieras, el proyecto del buque y los aspectos económico-financieros de la construcción naval, la gestión portuaria y los principales instrumentos jurídicos del negocio marítimo. La sección tercera se dedica a las políticas marítimas de apoyo al sector, a los registros de buques, a la financiación naval y a la normativa marítima internacional relativa tanto a la seguridad de la vida humana en la mar, como a la protección del medio ambiente. Finalmente, la sección cuarta se centra en

otras actividades del sector marítimo como pueden ser la pesca, la acuicultura, la náutica deportiva, el sector offshore, y cierra con un análisis de impacto en la economía del sector marítimo.

FERNÁNDEZ CANDÁS, Ruperto
Optimización de la asignación de aeronaves a puertas de embarque en aeropuertos considerando el tiempo de rodadura /
Ruperto Fernández Candás ; Director de la tesis Francesc Robusté. - Barcelona : Cátedra Abertis, 2009. - 1 v. (pag.var.) ; 30 cm.
Nº DOC.: 016514

La asignación de las aeronaves a las puertas de embarque es un problema complejo que se soluciona buscando la minimización del coste representado por la distancia caminada por los pasajeros en la Terminal. Esta tesis doctoral, que obtuvo el premio Abertis 2008, aborda el problema desde una perspectiva más global y sistemática, considerando otros costes como la diferencia en tiempo empleado por los pasajeros dentro de la aeronave durante la rodadura por la plataforma. Se consideran cuatro funciones de coste: La distancia caminada, el coste para los pasajeros en tiempo, el coste para las aerolíneas y el coste total para el sistema (pasajeros y aerolíneas). Se revisa el estado de la cuestión sobre el Gate Assignment Problem y se formula el problema de forma global. La optimización permite enunciar guías de diseño y reglas de buena práctica en función del tamaño de la aeronave y su grado de ocupación así como de la tasa de conexión. Se aplicó esta metodología al aeropuerto de Barcelona analizando y optimizando la asignación de aeronaves del 24 de octubre de 2007, a partir de datos calibrados con una muestra de encuestas de preferencias declaradas en diversos aeropuertos españoles. Se ha podido confirmar la ventaja de considerar la influencia del tiempo de rodadura de la aeronave en la asignación: El coste para los pasajeros se puede reducir un 25 por ciento respecto a la asignación efectuada en la realidad, lo que supone unos 100.000 € de ahorro diario. Los ahorros diarios por las aerolíneas podrían ser de hasta el 18 por ciento con respecto a la asignación real, lo que supone alrededor de 50.000 euros de ahorro (115 € por aeronave). Este ahorro

diario supone también la reducción en el consumo de combustible de aproximadamente 24.500 litros de fuel. Se concluye que el Gate Assignment Problem debe reducir en todo momento los tiempos totales desde el aterrizaje hasta el despegue en la pista de aterrizaje y debe contemplar los dos actores, pasajeros y aerolíneas como clientes del aeropuerto.

FISCALIDAD del transporte / dirección y coordinación, Germán Orón Moratal ; autores, Modesto Fabra Valls... [et al.]. - Valencia : CISS, 2009. - 428 p. ; 25 cm.
Nº DOC.: 016640

El libro comprende un estudio detallado del régimen fiscal aplicable a las actividades económicas del transporte. Se estructura en cinco capítulos. En el primero se muestran las obligaciones formales de darse de alta en el censo tributario y obtención del NIF y se analizan los dos supuestos vinculados al inicio de la actividad: El impuesto sobre operaciones societarias y el impuesto sobre actividades económicas, no aplicables cuando el transportista sea un empresario individual. Los capítulos segundo y tercero se ocupan de los impuestos directos sobre la renta, esto es, el de sociedades y el de personas físicas. El cuarto se dedica al impuesto sobre el valor añadido, pues aunque la carga económica normalmente acabe soportándola el consumidor, el empresario soporta las correspondientes obligaciones materiales y formales ante la Hacienda Pública, suponiendo una carga fiscal indirecta considerable para el prestador del servicio de transporte. Por último, el capítulo quinto, se dedica a exponer el régimen de diversos tributos (impuestos y tasas estatales y locales) que inciden en la actividad del transporte (impuestos sobre hidrocarburos, seguros, matriculación, etc.) y según su modalidad (carretera, ferrocarril...).

GARCÍA PÉREZ, Juan
Nuevo marco jurídico del sector ferroviario : Estudio de la Ley del sector Ferroviario y demás normas de desarrollo / Juan García Pérez. - Madrid : Reus, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 2010. - 452 p. ; 24 cm. - (Derecho Administrativo)
Nº DOC.: 016696

El libro supone un profundo estudio del régimen jurídico del sector ferroviario español mediante el análisis del Derecho Comunitario que ha incidido en la política de liberalización del ferrocarril de la Unión Europea y de las normas españolas que han supuesto la liberalización del transporte ferroviario. Se divide en nueve partes. En la primera se muestran las nuevas políticas de la Unión Europea en relación con la liberalización del sector ferroviario y se analizan los denominados paquetes ferroviarios. La segunda parte se centra en los antecedentes previos a la liberalización del ferrocarril en España. La tercera comienza el análisis de la Ley 39/2003, del sector ferroviario, y su reglamento, que ordena el sector, establece la separación entre la infraestructura y la explotación, y la progresiva apertura del transporte ferroviario a la competencia. La cuarta estudia la infraestructura ferroviaria pública y el nuevo concepto de red ferroviaria de interés general; la quinta, el ámbito territorial y competencias del ADIF en materia de inspección sobre la RFIG, la declaración de la red y el derecho de acceso a la infraestructura ferroviaria. La sexta muestra el régimen aplicable a la prestación de servicios ferroviarios adicionales, complementarios y auxiliares del sistema de gestión y explotación del ferrocarril. La séptima parte se centra en el régimen económico y tributario del sector ferroviario; la octava en la administración ferroviaria y el comité de regulación, y, finalmente, la novena en el régimen sancionador y de inspección.

GUERRERO LEBRÓN, María Jesús

Los seguros aéreos : los seguros de aerolíneas y operadores aéreos / María Jesús Guerrero Lebrón ; CEDIT, Centro de Derecho del Transporte Internacional. - Madrid, etc. : Marcial Pons, 2009. - 151 p. ; 24 cm. - (Derecho del transporte)
Nº DOC.: 016645

Se analizan en detalle todos los aspectos relacionados con los seguros aéreos, los que ofrecen cobertura a los riesgos de la navegación aérea que afectan a la aeronave, mercancías, pasajeros y fletes, así como los

de las responsabilidades por daños causados a terceros, en tierra, agua o vuelo, centrándose en los seguros de cascos y en los de responsabilidad civil por daños a pasajeros, a equipajes, a carga y correo y a terceros. El libro se divide en once capítulos. Tras la introducción, que abarca los tres primeros, en el capítulo cuarto se muestra la evolución histórica de los seguros aéreos con especial incidencia en las consecuencias derivadas de los sucesos del 11-S. El quinto se centra en las asociaciones internacionales dedicadas al seguro aéreo; el sexto en las pólizas utilizadas en la práctica; y el séptimo en los riesgos cubiertos por los seguros. El capítulo octavo analiza con mayor profundidad los seguros de cascos y responsabilidad civil. El noveno estudia la prima en el seguro; el décimo la concertación del seguro y reaseguro aéreo; y el undécimo la obligatoriedad de los seguros. El libro finaliza con una relación de las cláusulas más comunes en los seguros aéreos y una completa bibliografía.

JUAN Y MATEU, Fernando

Los contratos de logística / Fernando Juan y Mateu ; CEDIT, Centro de Derecho del Transporte Internacional. - Madrid, etc. : Marcial Pons, 2009. - 108 p. ; 24 cm. - (Derecho del transporte)
Nº DOC.: 016646

La logística comprende un conjunto de actividades que se refieren al aprovisionamiento de una empresa y a la distribución de sus productos en el mercado. En principio, la ejecución de estas actividades corresponde a uno o varios departamentos de la empresa, pero en ocasiones se encomienda a un tercero, a cambio de un precio. Cuando así ocurre, se establece un vínculo jurídico-mercantil entre el empresario y un operador logístico, vínculo que en la práctica suele recibir el nombre de "contrato de logística" o "contrato de prestación de servicios logísticos". El propósito de esta monografía es estudiar el régimen jurídico de estos contratos, desde una perspectiva teórica y práctica, con especial atención a las siguientes cuestiones: El concepto de contrato de logística y la distinción de contratos afines, como el transporte o el depósito; la determinación de las normas aplicables al contrato; el

procedimiento para concluir el contrato, incluyendo la selección del operador logístico, la negociación entre partes y la redacción del documento contractual; las obligaciones del operador logístico en la logística de aprovisionamiento, como el almacenaje de los productos en la plataforma logística, la elaboración de inventarios, la recepción y preparación de pedidos, y el transporte hasta los puntos de destino; los sistemas de retribución del operador logístico; la responsabilidad del operador logístico, y la duración y terminación del contrato.

MESA REDONDA DE ECONOMÍA DE LOS TRANSPORTES (145. 2009. París)
Competitive Interaction between Airports, Airlines and High-Speed Rail : Round Table 145 / International Transport Forum ; Transport Research Centre. - Paris : ITF, 2009. - 208 p. ; 27 cm. N° DOC.: 3T/145

Se publican los informes presentados a la Mesa Redonda que sirvieron de base a las discusiones posteriores. El primero analiza el mercado de los aeropuertos y si necesitan ser regulados, y concluye que, dado que la regulación es inevitablemente imperfecta, los poderes públicos deberían establecer, siempre que fuera posible, las condiciones para el desarrollo de la competencia entre aeropuertos en lugar de una reglamentación detallada. La segunda parte de la publicación analiza el impacto de la política sobre el cambio climático en la competencia del sector del transporte aéreo. Se analizan las estrategias para gestionar las emisiones de gases de efecto invernadero y se indica que, aunque la inclusión de la aviación en un sistema abierto de comercio de derechos de emisión podría ayudar a reducir las emisiones de una forma eficiente, no parece probable que se produjeran importantes reducciones en las emisiones de CO₂ en el transporte aéreo propiamente dicho. Finalmente, en la tercera parte se identifican las condiciones económicas en las que el transporte ferroviario de alta velocidad podría sustituir de forma competitiva al transporte aéreo. Se utiliza el análisis coste-beneficio para justificar la inversión en proyectos de alta velocidad y se muestra que la alta velocidad ferroviaria no es la segunda mejor opción para reducir la emisión de

gases efecto invernadero generada por el transporte aéreo.

TALLEY, Wayne K.
Port economics / Wayne K. Talley. - London, New York : Routledge, 2009. - 208 p. ; 25 cm. N° DOC.: 016653

El libro analiza todos los aspectos relacionados con la economía portuaria mediante el estudio de las decisiones económicas de los usuarios y suministradores de servicios portuarios. Un puerto es un motor del desarrollo económico que ofrece empleo, salarios, beneficios e impuestos para su región. Se muestran los diferentes tipos de transportistas que utilizan los puertos, el transporte de viajeros y mercancías en los puertos y las operaciones específicas de algunos de los puertos más importantes del mundo, como son Hong Kong, Hamburgo, Le Havre, Miami o Panamá. Se aborda el estudio de la economía portuaria mediante la clasificación de los usuarios y suministradores de servicios portuarios en el contexto de las curvas de oferta-demanda, mostrando que la demanda de servicios portuarios tiene dos precios, el precio pagado al puerto por los usuarios y el precio en el que incurren los transportistas y expedidores.

Infraestructura

La COLABORACIÓN público-privada en la Ley de contratos del sector público : aspectos administrativos y financieros. directores Alberto Dorrego de Carlos, Francisco Martínez Vázquez ; coordinador Jorge Villarino Marzo. - Las Rozas, Madrid : La Ley, 2009 . - 860 p. ; 25 cm. - (Claves la Ley).
N° DOC.: 016547

La colaboración público-privada regulada en la Ley 30/2007, hace referencia a una nueva corriente de gestión que implica activamente a la iniciativa privada en la consecución de fines de interés general, en especial en el sector de las grandes infraestructuras de transporte y en la prestación de servicios públicos. El libro recoge un completo estudio de las diferentes técnicas de colaboración

público-privada existentes en nuestro ordenamiento jurídico, integrando el análisis jurídico con la perspectiva financiera. Se estructura en nueve capítulos. El primero supone un acercamiento al concepto de colaboración público-privada, su tipología, principales experiencias extranjeras y su futuro en España. Los capítulos segundo a cuarto se centran en las técnicas contractuales de colaboración público-privada. El quinto analiza las técnicas institucionales de colaboración: Los consorcios y las sociedades de economía mixta. El sexto describe las técnicas patrimoniales tales como las concesiones demaniales y el arrendamiento operativo. Los capítulos séptimo a noveno estudian la financiación de los proyectos de colaboración público-privada. Finalmente se incluye una bibliografía y anexos con materiales para el estudio comparativo de la colaboración público-privada.

SALAS RONDÓN, Miller Humberto
Análisis de estrategias tarifarias para la gestión de la movilidad en carreteras metropolitanas / Miller Humberto Salas Rondón ; Director de la tesis Francesc Robusté Antón ; Co-director Sergi Saurí Marchán. - Barcelona : Cátedra Abertis, 2009. - 1 v. (pag. var.) ; 30 cm.
Nº DOC.: 016515

Se publica la tesis doctoral del autor, merecedora de un accésit al premio Abertis 2008. Esta tesis formula y analiza las estructuras tarifarias de peajes metropolitanos que aportan la máxima ganancia de bienestar social, de forma que se optimice la capacidad de las autopistas. Se presenta una metodología de tarificación a costes marginales a corto plazo y se emplea un enfoque "second-best", es decir, óptimo de tarificación marginal con restricciones de implantación, que permite comparar diversos esquemas de tarificación (tarifa plana, kilométrica lineal o cóncava...) a través de diversos indicadores de operación, económicos y sociales. Su aplicación al Área Metropolitana de Barcelona permite concluir que el uso adecuado de los ingresos aumenta la equidad social y que el esquema mixto de tarifa cordón más kilométrica lineal es el más adecuado para la ciudad de Barcelona: con 1,55 €/vehículo de tarifa fija más 0,09 €/veh-km de tarifa variable, se reduce la

demanda un 10 por ciento; en veh-km; la ganancia máxima de bienestar social supera los 93.000 €/h para una reducción del 11,8 por ciento de los veh-km.

SETUÁIN MENDÍA, Beatriz
La administración de infraestructuras en el derecho ferroviario español : El régimen jurídico del ADIF / Beatriz Setuáin Mendía . - Madrid : Iustel, 2009 . - 454 p. ; 22 cm. - (Monografías)
Nº DOC.: 016566

Se analiza el régimen jurídico del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, creado por la Ley del sector ferroviario, que establece la separación entre la administración de las infraestructuras ferroviarias y la prestación del transporte ferroviario. Se divide en cinco capítulos. En el primero se analiza el origen y marco normativo de ADIF, centrándose en el paquete ferroviario 2001 y su reflejo en el ordenamiento ferroviario español. El segundo muestra la naturaleza jurídica y la organización interna del ADIF. El tercero se centra en sus actuaciones; el cuarto en las competencias que tiene atribuidas: decisorias, informativas, de inspección y prevención, prestacionales y gestoras. Finalmente, el capítulo quinto estudia el régimen jurídico del personal del ADIF y el régimen económico financiero y patrimonial de la entidad

VEGA LABELLA, José Ignacio
Obra pública : modelos organizativos y de ejecución / José Ignacio Vega Labella, Pablo Silván Ochoa, Carlos Melón Pardo. - Pamplona : DAPP, 2009. - 644 p. ; 25 cm.
Nº DOC.: 016639

El libro analiza la obra pública desde tres enfoques fundamentales: Técnico, jurídico y económico. Se divide en tres partes. La primera supone una aproximación al concepto y régimen jurídico de la obra pública, a su clasificación y a la promoción de la obra pública por parte de la Administración. La segunda parte se dedica a la ejecución de la obra, ya sea directa por parte de la Administración, mediante sus propios órganos, servicios o medios instrumentales, ya sea indirecta, mediante contrato público, mediante negocios jurídicos ajenos a la contratación administrativa o

mediante convenios de colaboración. Finalmente, la tercera parte se centra en la construcción de obras públicas y en la contabilización de las inversiones desde la perspectiva de Contabilidad Nacional.

ARTÍCULOS DE REVISTA

Transporte

CARRETERAS y cambio climático /
 Coordinador Ángel Sampredo Rodríguez. - [97] p.
 En: Carreteras. - n.167
 (sept.-oct. 2009) ; p.6-102
 N° DOC.: A21991 ; RTC-110

En este monográfico se incluyen ocho artículos que dan a conocer las iniciativas que se están llevando a cabo para conseguir unas carreteras sostenibles. Se analizan los nuevos condicionantes medioambientales que impone la aplicación del Protocolo de Kioto en la ingeniería de carreteras, se describen medidas sobre sumideros de contaminación atmosférica, los factores que intervienen en el consumo energético de los sistemas inteligentes de transportes (ITS) y paneles de señalización. Se muestra un análisis sobre la evolución de los indicadores del sector transporte y su afectación al medio ambiente, y se exponen las características de los biocombustibles utilizados en la EMT de Madrid. Se muestra un método para el desarrollo de inventarios energéticos y ambientales, y su integración en una herramienta de planificación para el análisis de estrategias orientada a la movilidad sostenible. Se analiza la concentración urbana de la ciudad de Madrid y, por último, se hace un repaso de las diferentes tecnologías de captura existentes y en desarrollo del CO₂ originado por el empleo de combustibles fósiles.

EVALUATION of programmes promoting voluntary change in travel behaviour : Special issue / Guest editors Kiron Chatterjee, Peter W. Bonsall. - [69] p.
 En: Transport Policy. - V.16, n.6 (nov. 2009) ; p. 279-347.
 N° DOC.: A22241 ; RTG-355

Los programas de cambio voluntario de comportamiento en el transporte están

creciendo intensamente entre las opciones políticas que quieren conseguir unas elecciones de transporte más sostenible. Este número especial reúne artículos que formulan tres cuestiones. En primer lugar, qué puede extraerse sobre la efectividad del dinero empleado en dichos programas. En segundo término, qué métodos y procedimientos de evaluación se requieren para alcanzar mejores resultados. En tercer lugar, ¿podría contribuir a un mejor conocimiento del cambio en el comportamiento en el transporte la evaluación de los proyectos y así facilitar un diseño más efectivo de las futuras aplicaciones?

FREMONT, Antoine
Shipping lines and logistics / Antoine Frémont. - [18] p.
 En: Transport Reviews. - V.29, n°. 4 (july 2009) ; p. 537-554
 N° DOC.: A21825 ; RTG-370

Está ampliamente reconocido que la logística es una fuerza conductora que conforma la integración de la cadena de transporte. El objetivo de este artículo es analizar la medida en que las líneas de navegación marítima deben comprometerse en las cadenas logísticas para conseguir superioridad competitiva. Estudia la integración horizontal y vertical. En esta última distingue entre logística de buques, logística de contenedores y logística de mercancías. Concluye que, aunque entre las dos primeras existen claras sinergias, no es éste el caso de la logística de mercancías ya que las líneas de navegación marítima como proveedores logísticos de la cadena de suministro están muy poco diversificadas.

GONZÁLEZ LAXE, Fernando
Contextualisation of the port operating systems : Main European and Latin American trends / Fernando González-Laxe. - [23] p.
 En: International Journal of Transport Economics. - V.36, n°. 3 (oct. 2009) ; p. 337-359
 N° DOC.: A22155 ; RTG-140

El transporte marítimo se apoya en redes de distribución y almacenamiento y en infraestructuras. El objetivo de este artículo es analizar las diferentes posiciones de los

agentes económicos (compañías, líneas marítimas regulares y operadores de muelles), examinando los procesos de concentración de la actividad, la extensión de los servicios y las estrategias de integración vertical y horizontal a través de la cadena internacional de transporte. Clasifica las diferentes formas de los puertos europeos y latinoamericanos en términos de propiedad, gestión, servicios y financiación. Se observa que la Unión Europea es un claro mosaico de diversificación de modelos mientras que el continente sudamericano muestra una falta de armonización.

KANG, Jee E.

An activity-based assessment of the potential impacts of plug-in hybrid electric vehicles on energy and emissions using 1-day travel data / Jee E. Kang, W.W. Recker. - [16] p.

En: Transportation Research. Part D: Transport and Environment. - V.14, n°.8 (dec. 2009) ; p. 541-556.

N° DOC.: A22309 ; RTG-425

La penetración comercial de los automóviles híbridos eléctricos en el mercado del automóvil en un futuro cercano producirá un impacto positivo en la contaminación atmosférica y en la dependencia del combustible extranjero. Este artículo hace una valoración del impacto que supondría la puesta en funcionamiento de este tipo de vehículos y estima la demanda de combustible y electricidad que produciría su adopción en California. Para ello se realizaron simulaciones de uso de vehículos basadas en la encuesta nacional de transporte del Estado de California de los años 2000-2001. Se encuentra que los circuitos a 240 voltios no sólo reducen las veces de carga sino que también reducen el tiempo.

La LOGISTIQUE urbaine, acquis et perspectives / Dossier coordonné par Danièle Patier, Jean-Louis Routhier. - [94] p.

En: Les cahiers scientifiques du transport. - n°. 155 (2009) ; p. 3-96

N° DOC.: A21714 ; RTG-30

En la actualidad la logística urbana se define como el arte de encaminar en las mejores condiciones los flujos de mercancías que

entran, salen y circulan en la ciudad. Este dossier presenta tres artículos que ilustran los tres objetivos que desarrolla el ámbito científico sobre este tema. El primer artículo aborda los avances de los métodos de realización de encuestas para dar cuenta de la complejidad de los transportes de mercancías en la ciudad. El segundo artículo ilustra el caso de la ciudad de París. El tercer artículo analiza la logística del comercio electrónico que se ha desarrollado en gran medida desde 2003.

MARTÍN HERNÁNDEZ, Juan Carlos

A new era for airport regulators through capacity investments / Juan Carlos

Martín, M. Pilar Socorro. - [8] p.

En: Transportation Research. Part A: Policy and Practice. - V.43, n°. 6 (july 2009) ; p. 618-625

N° DOC.: A21776 ; RTG-420

El fin último de los aeropuertos privados y públicos no suele coincidir. Mientras los aeropuertos privados persiguen la maximización de los beneficios, los públicos buscan el bienestar social. De esta forma, los precios de los aeropuertos privados pueden no ser socialmente adecuados y puede ser necesaria la intervención pública. Este artículo analiza los gastos de un aeropuerto cuando un aumento de la frecuencia produce un efecto externo positivo o negativo y las compañías aéreas tienen el poder del mercado. Utiliza la teoría de juegos y demuestra que puede existir un nivel de capacidad en el que los objetivos privado y social coincidan y en el que no es necesaria una regulación de precios. La regulación podría limitarse a decidir la inversión necesaria para lograr este nivel.

MATAS PRATS, Anna

Car ownership and access to jobs in Spain /

Anna Matas, José-Luis Raymond, José-Luis Roig. - [11] p.

En: Transportation Research. Part A: Policy and Practice. - V.43, n°. 6 (july 2009) ; p. 607-617

N° DOC.: A21775 ; RTG-420

El número de automóviles y su uso ha aumentado considerablemente en las ciudades españolas en las últimas décadas. El objetivo de este artículo es hacer una evaluación del efecto de la estructura urbana

sobre los automóviles de las familias, en un contexto de rápida descentralización del empleo y la población. El efecto de la estructura urbana se halla con una medida de accesibilidad al empleo mediante transporte público. Los datos se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística de 2001 para las ciudades de Barcelona y Madrid. Los resultados mostraron que las variables espaciales juegan un papel importante en la estimación del número de automóviles.

RAILWAY reforms : do they influence operating efficiency? / Mette Asmild... [et al.]. - [22] p.
En: *Transportation*. - V.36, n.5 sept. 200 p. 617-638.
Nº DOC.: A22005 ; RTG-450

La apertura de los mercados y la separación de la gestión de operaciones e infraestructura en los ferrocarriles europeos han hecho que sea de interés examinar los efectos de estos cambios organizativos en su eficiencia técnica. Este artículo analiza la organización operativa de 23 empresas ferroviarias de otros tantos países europeos durante el período 1995-2000; años en los que se promovieron una serie de reformas por la Comisión Europea. La eficiencia se midió mediante un análisis multidireccional. Uno de los hallazgos principales es que todas las iniciativas de reforma tienen un impacto negativo sobre las ineficiencias, tanto de costes materiales como de personal.

SPECIAL issue : The interaction of environmental and traffic safety policies / Guest editor Robert B. Noland. - [73] p.
En: *Transportation Research. Part D: Transport and Environment*. - V.14, n.º. 6 (aug.2009) ; p. 373-445.
Nº DOC.: A21833 ; RTG-425

Los artículos reunidos en este número especial giran sobre el posible impacto que pueden producir en la seguridad vial las mejoras medioambientales. Dos de ellos tratan de la reducción del consumo de combustible y por tanto de la contaminación atmosférica. A continuación se trata la conducción ecológica, dirigida a reducir las variaciones de velocidad. El siguiente artículo examina lo que denomina el tráfico tranquilo que mejora la seguridad pero incrementa la

contaminación. Las características de los peatones y su interrelación con los accidentes son examinadas a continuación. El último artículo estudia un nuevo modelo de seguro de automóviles de pago por millas conducidas.

Infraestructura

ASSESSMENT of cross-border spillover effects of national transport infrastructure plans : An accessibility approach / Elena López... [et al.]. - [22] p.
En: *Transport Reviews*. - V.29, n.º. 4 (july 2009) ; p. 515-536.
Nº DOC.: A21824 ; RTG-370

Las metodologías tradicionales de valoración de las infraestructuras del transporte raramente incluyen todos los aspectos de sus beneficios estratégicos para el sistema total de transporte. Uno de estos beneficios es la contribución a la integración transfronteriza, esencial para el proceso de integración europea. Este artículo presenta una metodología para la medida de la contribución de los planes de infraestructuras de transporte a la integración europea. La metodología se basa en la medida de la mejora de la eficiencia de la red en las regiones fronterizas de países vecinos, mediante cálculos de la accesibilidad con la ayuda de un sistema de información geográfica. Se aplicó al plan estratégico español de infraestructuras del transporte 2005-2020 (PEIT). Los resultados mostraron mejoras significativas de la eficiencia de la red fuera de las fronteras españolas.

La CONTRIBUCIÓN de las infraestructuras a la producción : Estimación por máxima entropía - [20] p.
En: *Revista de Economía Aplicada*. - V.17 n.º. 50 (otoño 2009) ; p. 77-96
Nº DOC.: A21919 ; RE-545

El análisis empírico de la productividad de las infraestructuras se ha enfrentado a múltiples problemas econométricos que parecen estar detrás de la gran variabilidad en los resultados obtenidos en la literatura. Uno de esos problemas es la multicolinealidad existente al estimar los parámetros de una función de producción regional que incluye entre los inputs la dotación de capital público.

En este trabajo se aborda el problema de la multicolinealidad introduciendo información a priori sobre los parámetros de interés. Para ello, se emplea el método de máxima entropía para estimar una función de producción con datos de las regiones españolas. Los resultados de las estimaciones señalan que las infraestructuras tienen una influencia relevante en la producción.

GARCÍA RODRÍGUEZ, Enrique

Infraestructura e integración en América

Latina / Enrique García Rodríguez. - [14] p.

En: Boletín ICE Económico. - n.º. 2974 (1-15 oct. 2009) ; p. 27-40

Nº DOC.: A21860 ; RE-70

La infraestructura es un determinante clave del desarrollo y de la integración regional. La carencia de infraestructura adecuada en América Latina es considerada uno de los principales obstáculos para lograr una mayor integración regional y la formación de un mercado regional ampliado capaz de competir efectivamente con el resto del mundo. En consecuencia, es necesario lograr una mayor conectividad entre los países de la región a través de proyectos nacionales y transnacionales de inversión en infraestructura. Este artículo pretende ilustrar la importancia que la cooperación regional tiene para cerrar la brecha en infraestructura y facilitar una mayor conectividad física entre los países, lo que permitirá lograr una mayor integración y un mayor desarrollo en los países de la región.

Sector postal

ARANGUREN PÉREZ, Ignacio

El sector postal universal : salvaguardia y despublificación : STJCE de 15 de noviembre de 2007 / Ignacio Aranguren Pérez. - [13] p.

En: Noticias de la Unión Europea. - n.º. 297 (oct.2009) ; p. 5-17

Nº DOC.: A21900 ; RCE-240

En este artículo se comenta la génesis de las políticas comunitarias en el sector postal, que se sitúa temporalmente a comienzos de los años 90 del siglo pasado. Se analiza la Directiva 1997/67/CE, de 15 de diciembre del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a las normas comunes para el desarrollo del mercado interior de los servicios postales de la Comunidad y la mejora de la calidad del servicio, que constituye la fuente normativa principal de la regulación comunitaria del sector postal. Se comentan, asimismo, la transposición a la legislación española de la mencionada Directiva, la modificación de su artículo 7 y, por último, la sentencia del Tribunal de Justicia de 15 de noviembre de 2007 de las Comunidades Europeas sobre el caso Mail Spain SL, en el sentido que los Estados miembros pueden reservar el correo transfronterizo al prestador del Servicio Postal Universal en la medida que acrediten, que sin tal reserva se impediría la prestación de ese Servicio Universal o que dicha reserva es necesaria para que este servicio pueda prestarse en condiciones económicamente aceptables.



Cursos y Seminarios



Cursos y seminarios

Esta sección se ocupa de dar a conocer algunas de las actividades que se desarrollan en los distintos sectores que comprende la Revista.

AÑO 2009

JUNIO-JULIO

**5º SEMINARIO
NUEVO MARCO DE ORDENACIÓN
Y REGULACIÓN DEL SECTOR
FERROVIARIO 2010**

30 de junio y 1 de julio de 2009 MADRID
INFORMACIÓN: TecniRail
Tel/ 902 12 10 15
E-mail: info@iirspain.com
www.iir.es

SEPTIEMBRE

MARLAW 2009
16-19 de septiembre de 2009 MADRID
INFORMACIÓN: International Summit of

Maritime Law Experts, AMYA
Tel/ 91 5488328
www.amya.es/maite.arranz@amya.es

16th ITS WORLD CONGRESS
21-25 de septiembre de 2009

STOCKHOLM
INFORMACIÓN: ITS in Daily Life
www.itsworldcongress.com

OCTUBRE

V CONGRESO. HISTORIA FERROVIARIA
14-16 de octubre de 2009 PALMA DE
MALLORCA
INFORMACIÓN: Fundación de los Ferrocarriles
Españoles
www.ffe.es/congreso_palma

EUROPEES AUTOCAR-& AUTOBUSSALON
16-21 de octubre de 2009 BÉLGICA

INFORMACIÓN: Busworld I Moorseelsesteenweg 2
8800 Roeselare I Belgium
Tel/ +32-51 22 6060
E-mail: info@busworld.org.
www: busworld.org

V JORNADAS AEROPUERTOS REGIONALES

22-23 de octubre de 2009 GIRONA
INFORMACIÓN: ITS in Daily Life
E-mail: aeroports.regionals@ddgi.cat
www.ddgi.cat/jornades

TRAFIC - SALÓN INTERNACIONAL DE LA SEGURIDAD VIAL Y EL EQUIPAMIENTO PARA CARRETERAS

27-30 de octubre de 2009 MADRID
www.traficifema.es

NOVIEMBRE

**3^{er} SIMPOSIO INTERNACIONAL:
TRATAMIENTO Y RECICLADO DE
MATERIALES PARA OBRAS DE
INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE**
11-13 de noviembre de 2009 GUATEMALA
INFORMACIÓN: Instituto Salvadoreño del
Cemento y del Concreto
Diagonal 6 10-65, zona 10, Las Margaritas Torre I,
oficina 1101. Guatemala
Tel/ (502)2413 3565 Fax: (502) 2413 3560
E-mail: lalvarez@icc.org.gt

BCNRAI (SALÓN INTERNACIONAL DE LA INDUSTRIA FERROVIARIA)

**30 de noviembre 3 de diciembre de 2009
BARCELONA**
INFORMACIÓN: Fira de Barcelona
Avd. Reina M^a Cristina s/n - 08040 Barcelona
Tel/ 902 233 200
E-mail: bcnrail@firabcn.es
www.bcnrail.com

DICIEMBRE

MARINTEC CHINA 2009
1-4 de diciembre de 2009 CHINA
INFORMACIÓN: Marintec China
E-mail: conferences@marketforce.eu.com
www.marketforce.eu.com/airtransport

THE FUTURE OF AIR TRNSPORT 2-3 de diciembre de 2009 LONDRES

E-mail: ssname@ssname.com.cn
www.marintecchina.com

INTERNATIONAL RAIL CONFERENCE & TRADE SHOW

8 de diciembre de 2009 AMSTELVEEN
E-mail: mvernooij@europoint.eu -
ikowalska@europoint.eu
www.lifecycleconference.ceu

11 CONVOCATORIA. PREMIO INTERNACIONAL PUENTE ALCÁNTARA

**31 de diciembre de 2009 31 de marzo de
2010 BADAJOZ**

INFORMACIÓN: Fundación San Benito de
Alcántara
Premio Arequipa, 1 - 4^o, 28043 Madrid
Tel/ +34 91 576 80 29 Fax: +34 91 784 2168
E-mail: info@fundacionsanbenito.com
www.fundacionsanbenito.com

AÑO 2010

ENERO

V MÁSTER EN TÚNELES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS

Enero-octubre de 2010 MADRID
INFORMACIÓN: AETOS (Asociación Española de
Túneles y Obras Subterráneas
www.master-aetos.com

MÁSTER EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS

**26 de enero de 2010 A DISTANCIA POR
INTERNET**
INFORMACIÓN: STRUCTURALIA
E-mail: cursos@structuralia.com
www.quieromi5porciento.com

FEBRERO**IV CONGRESO DE INGENIERÍA CIVIL, TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE**

3-4 de febrero de 2010 VERSAILLES
 INFORMACIÓN: ITS (Sistemas de Transporte inteligentes)
 Tel: +33 (1) 45 24 09 09
 www.atec-itsfrance.net

IV CONGRESO DE INGENIERÍA CIVIL, TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE

17-19 de febrero de 2010 MÁLAGA
 INFORMACIÓN: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
 www.csg-master.com

IBERIAN URBAN TRANSIT 2010 Y MEDIO AMBIENTE

18-19 de febrero de 2010 MADRID
 INFORMACIÓN: Steve Coldicott
 www.eurotransportmagazine.com

MARZO**I CONGRESO INTERNACIONAL DE CARRETERAS, CULTURA Y TERRITORIO**

3, 4 y 5 de marzo de 2010 A CORUÑA
 INFORMACIÓN: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Galicia

16TH INTERNATIONAL WHEELSET CONGRESS

14-19 de marzo de 2010 CAPE TOWN
 www.16IWC.com for more information

EURAIL TELEMATICS CONFERENCE

23-24 de marzo de 2010 BERLIN
 INFORMACIÓN: DVV Media Group Eurailpress
 Tel/ +49 40 237 14 114 Fax: 49 40 237 14 104
 E-mail: service@eurailpress.de
 www.eurailpress.de

20 ANNIVERSARY CONNECTING INNOVATION TO INFRASTRUCTURE. (INTERTRAFFIC)

23 al 26 de marzo de 2010 AMSTERDAM
 INFORMACIÓN: I&CDRIVE
 www.intertraffic.com

FERIA INTERNACIONAL DEL AIRE Y DEL ESPACIO

FIDAE 2010
23-28 de marzo de 2010 SANTIAGO DE CHILE
 INFORMACIÓN: Aviación Civil - Comercial
 Tel/ 56 2 8739755
 E-mail: central@fidae.cl

ABRIL**4ª FERIA INTERNACIONAL DE LOGÍSTICAS ESPECIALIZADAS, TRANSPORTE DE MERCANCÍAS Y POLÍGONOS EMPRESARIALES**

13-16 de abril de 2010 ZARAGOZA
 INFORMACIÓN: Feria de Zaragoza, Apartado de correos 108 - 50080 Zaragoza
 E-mail: info@feriazaragoza.es
 www.logistrailer.es

LOGISTRANS (SALÓN DE LA LOGÍSTICA Y EL TRANSPORTE DE MADRID LOGISTICS & TRANSPORT EXHIBITION)

21-23 de abril de 2010 MADRID
 INFORMACIÓN: PLANNER REED
 Plaza del Marqués de Salamanca, 9 - 28006 Madrid
 Tel/ 91 781 42 14 Fax: 91 578 10 63
 E-mail: comercial@gplanner.com
 www.logitransoline.com

MAYO

The 7th INTERNATIONAL RAIL FORUM 2010
25-27 de mayo de 2010 VALENCIA
 INFORMACIÓN: FREIGHT & PASSENGER RAILWAY AND URBAN TRANSPORT
 E-mail: info@railforum.net
 www.railforum.net

JUNIO

IV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS
2-5 de junio de 2010 VALENCIA
 INFORMACIÓN: AIPCR
 Tel/ 34-963877374 Fax: 34-963877379
 E-mail: agracia@tra.upv.es

26th CIMAC WORLD CONGRESS
14-17 de junio de 2010 BERGEN
INFORMACIÓN: CIMAC
[www:cimac.com](http://www.cimac.com)

RAIL FORUM 2010
25-27 de junio de 2010 VALENCIA
INFORMACIÓN: International Rail Forum
Avda. Europa, 34- 28023 Madrid
Tel/ 34-91 351 9500 Fax: 34-917994501
E-mail: info@railforum.net

**VIII MÁSTER EN GESTIÓN DE
INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS
PÚBLICOS**
Junio de 2010 MADRID
INFORMACIÓN: Colegio de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos
Almagro, 42 -28010 Madrid

Tel/ 91 308 1988
www.csg-master.com

SEPTIEMBRE

INNO TRANS 2010
21-24 de septiembre de 2010 BERLIN
INFORMACIÓN: BRIFER SERVICES, S.L.
Arturo Soria, 316 – 28033 Madrid
Tel/ 34-917 672 767 Fax: 34-917 669 932
E-mail: brifer@brifer.es
www.innotrans.com

**2010 IENE INTERNATIONAL
CONFERENCE ON ECONOGY AND
TRANSPORTATION**
**27 de septiembre 1 de octubre de 2010
VELENCE, HUNGARY**
www.iene.info

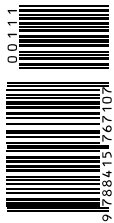
Normas para la presentación de originales

«*Estudios de Construcción y Transportes*»

- Los artículos deberán ser mecanografiados a doble espacio, por una sola cara de la página y numeradas. Se remitirán por duplicado con una extensión máxima aproximada de 50 páginas en formato UNE A4. Un breve extracto o abstract deberá acompañar el trabajo, ya que se pretende que cada artículo vaya precedido por un sumario de alrededor de 20 líneas. El extracto se incluirá en hoja aparte y no como capítulo de conclusiones. Los trabajos han de facilitarse, tanto en soporte papel como informático preferentemente, el texto en forma WORD para WINDOWS, las tablas y los gráficos en EXCEL y figuras, preferentemente, en COREL DRAW.
- Ambos, el trabajo y el extracto, estarán encabezados por el nombre del autor o autores, y su profesión o cargo con el que desean aparecer en el encabezamiento del artículo.
- En el caso de coautores se expresará claramente quién será el que recibirá la correspondencia y, en su caso, las pruebas de corrección.
- Las tablas se remitirán en diferentes hojas, numeradas consecutivamente, y han de tener título informativo. La posición de las tablas en el manuscrito debe ser claramente indicada. Las figuras e ilustraciones tendrán como máximo un formato UNE-A3 y con la mayor calidad posible para su correcta reproducción. Al igual que las tablas, debe indicarse expresamente su posición en el conjunto del artículo.
- El sistema de referencias que se quiere seguir es el siguiente: en el texto del artículo, cuando se cite un trabajo debe darse el apellido del autor y el año de su publicación entre paréntesis. Al final del artículo deben darse las referencias completas de los trabajos citados en orden alfabético por apellidos de los autores.
- Los autores presentarán en hoja aparte una breve referencia sobre su formación académica, experiencia profesional, actual ocupación y principales publicaciones realizadas si las tuviera.
- Los artículos serán evaluados por expertos en cada uno de los temas tratados en el original, atendiendo a sus características de contenido, y se determinará, de acuerdo con los informes recibidos, la procedencia o no de su publicación en la Revista.
- Se enviará a los autores carta de notificación de la recepción del artículo. Así mismo en caso de publicación del trabajo se le hará llegar al autor o autores un ejemplar del correspondiente número de la Revista.

La correspondencia relacionada con la Revista deberá dirigirse a:

Revista de Estudios de Construcción y Transportes.
Secretaría General Técnica
Subdirección General de Normativa y Estudios Técnicos
Paseo de la Castellana, 67
28071 MADRID
Teléfono (91) 597 75 02
Correo electrónico: mgil@fomento.es



 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>	<p>MINISTERIO DE FOMENTO</p>	<p>CENTRO DE PUBLICACIONES</p>
---	----------------------------------	------------------------------------

