Revista del Ministerio de

# Fomento

## Anuario 2013







GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

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

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

Título de la obra: **Anuario 2013 de la Revista del Ministerio de Fomento**
Autor: **Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento**
Año de edición: **julio 2014**

***Edición digital:***
1ª edición electrónica**: julio 2014**
Formato**: PDF**
Tamaño: **140 MB**

NIPO: 161-14-096-8
I.S.B.N.: 978-84-498-0988-0
P.V.P. (IVA incluido): 9,99 €

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

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARIA GENERAL TECNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Revista del Ministerio de
Fomento

Enero 2013 ● Nº 624 ● 3 €



# El AVE ya enlaza con Francia

● Abierto el nuevo Acceso Sur a León (LE-11) ● Proyecto para implantar el ancho UIC en el Corredor Mediterráneo ● Avances en la LAV Sevilla-Cádiz



## La Clave del Éxito reside en nuestra Capacidad de Superación

Adaptarnos a las nuevas exigencias del mercado, a las nuevas tecnologías constructivas más actuales, a la dimensión y complejidad de cada proyecto... nos permite superar los más exigentes requisitos de calidad, seguridad y respeto medioambiental. Manteniendo nuestra responsabilidad con cada uno de nuestros clientes y cumpliendo más allá de nuestros compromisos. Es así como ALDESA se sitúa hoy entre los diez mayores grupos de construcción de España, consolidándose y proyectándose con éxito hacia el futuro.

**OBRAS FERROVIARIAS** - CARRETERAS Y AUTOVÍAS - AEROPUERTOS - OBRAS MARÍTIMAS E HIDRÁULICAS
URBANIZACIONES - EDIFICACIÓN - REHABILITACIONES Y REFORMAS





aldesa

C/ Bahía de Pollensa, 13 - 28042 Madrid - Tel.: 91 381 92 20 - Fax: 91 381 78 03
**www.aldesa.es**

Revista del Ministerio de Fomento

# En este número

ENERO 2013
Nº 624



El AVE ya enlaza con Francia

- Abierto el nuevo Acceso Sur a León (LE-11)
- Proyecto para implantar el ancho UIC en el Corredor Mediterráneo
- Avances en la LAV Sevilla-Cádiz




## FERROCARRIL

**2. El AVE alcanza la frontera.** *La entrada en servicio del tramo Barcelona-Figueres culmina la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Francia.*

**12. Interoperable y más homogéneo.** *Proyecto para implantar el ancho UIC en el Corredor Mediterráneo.*

## CARRETERAS

**20. Directo a León.** *Inaugurado el Acceso Sur a León (LE-11), nueva vía de alta capacidad de entrada a la ciudad.*

## FERROCARRIL

**26. Al norte de Jerez.** *Entrada en servicio de un tramo semiurbano de la línea de alta velocidad Sevilla-Cádiz.*




OHL



## Y además...


**34. Un paso seguro.** *Décimo aniversario del túnel de Somport.*

**42. Cómo nos movemos en la gran urbe.** *Observatorio de la Movilidad Metropolitana.*

**50. La seguridad como blanco.** *Proyecto Whiteroads.*

**54. Autobuses de futuro.** *Proyecto EBSF.*

**60. De Cuba llegó el primer tren.** *175 años del ferrocarril La Habana-Güimes.*


**Director de la Revista:** Antonio Recuero

**Edición:** Javier R. Ventosa. **Maquetación:** J. A. Laiz. **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Fotografía:** José Caballero. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti. **Portada:** Renfe Patier.
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
**Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos)
**Colaboran en este número:** Jaime Arruz. Begoña Olabarrieta y Beatriz Rodríguez.
**Comité de redacción: Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín *(Subsecretario de Fomento).* **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez *(Secretario General Técnico).* **Vocales:**, María García Capa *(Directora del Gabinete de Prensa),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Eloísa Contín Trillo-Figueroa *(Jefa del Gabinete del Subsecretario),* Juan Antonio López Aragón (*Director del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Pedro Guillén Marina *(Director del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director de la Revista).*
**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O'Donnell, 18, 5º H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPO: 161-13-005-1

**Edita:**
Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.

# 2013

# Mapa Oficial de Carreteras®

## ESPAÑA

**Cartografía** *(E. 1:300.000 y 1:1.000.000)*

**DVD interactivo**
*(Windows XP, Vista y 7)*

**Caminos de Santiago en España**

**Alojamientos rurales**

**Guía de playas de España**






GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

**También en el DVD:**

*974 Espacios Naturales Protegidos*
*152 Rutas Turísticas*
*97 Vías Verdes*

**actualizable vía web**

**Edición 48**
*PVP: 22,40 €*

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA | CENTRO DE PUBLICACIONES





















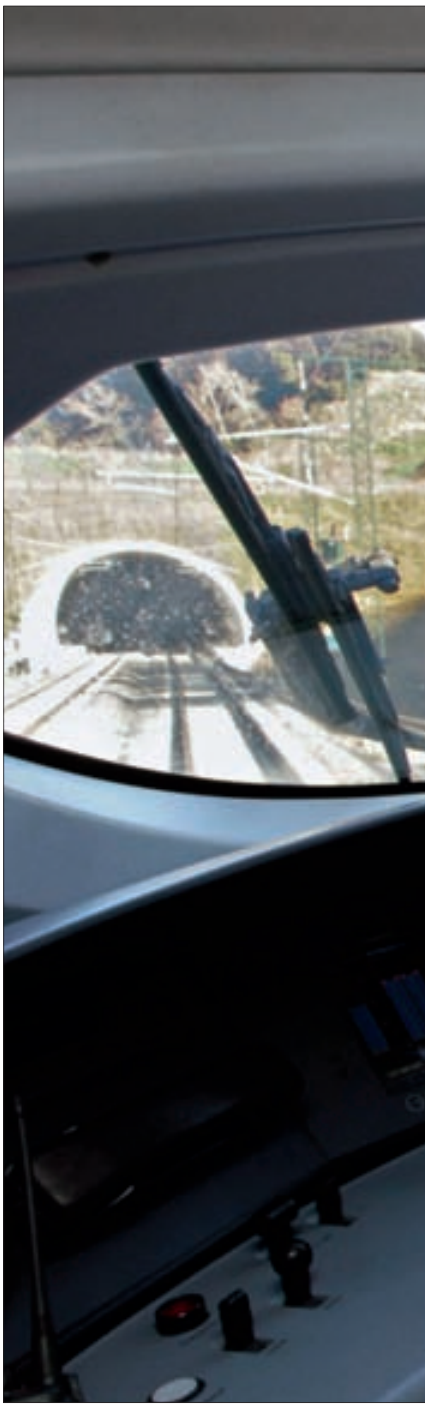
SANJOSE
CONSTRUCTORA

www.gruposanjose.biz

CENTRAL • C/ Ronda de Poniente, 11 • 28760 Tres Cantos, Madrid • Tel. 918 065 400 • central@gruposanjose.biz
SEDE SOCIAL • C/ Rosalía de Castro, 44 • 36001 Pontevedra • Tel. 986 866 464 • sedesocial@gruposanjose.biz




Renfe Operadora



*Trenes S103 de Renfe y TGV francés estacionados en Figueres Vilafant, estación final del tramo.*

EL TRAMO BARCELONA-FIGUERES COMPLETA LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID-BARCELONA-FRANCIA

# El AVE alcanza la frontera

R. F.

La línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Frontera francesa, de 804 kilómetros, es ya toda una realidad tras la puesta en servicio de su tramo final, Barcelona-Figueres. Este corredor conecta en alta velocidad las cuatro capitales catalanas entre sí y con el centro y sur peninsular, favoreciendo la vertebración territorial, y se configura como uno de los grandes ejes de comunicación de España con Europa. Con este corredor, el AVE alcanza la frontera y se prepara para dar el salto a Europa.



EFE \ Borja

*El Príncipe de Asturias en la cabina de conducción del S 103 durante el recorrido inaugural, el pasado 8 de enero.*

El tramo de alta velocidad Barcelona-Figueres, de 131 kilómetros de longitud, fue inaugurado el pasado 8 de enero por el Príncipe de Asturias, que realizó el recorrido inaugural entre ambas localidades catalanas a bordo de un AVE S 103, en compañía del presidente del Gobierno, Mariano Rajoy, el presidente de la Generalitat de Cataluña, Artur Mas, y la ministra de Fomento, Ana Pastor. La explotación comercial de la flamante infraestructura ferroviaria se inició el día siguiente.

El nuevo tramo es la parte final de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Frontera francesa, o Corredor Nordeste, y completa los 804 kilómetros de su longitud total, permitiendo la conexión en alta velocidad entre las cuatro capitales catalanas y configurándose como uno de los principales ejes de comunicación de España con Europa, lo que se hará efectivo a partir del próximo mes de abril, una vez entre en explotación la conexión directa de alta velocidad para pasajeros entre Barcelona y París. La parte final de esta línea, entre Camp de Tarragona y Figueres, se integra asimismo en el Corredor Mediterráneo, de gran importancia para el transporte de mercancías, cuya construcción impulsará el desarrollo del litoral desde Cataluña hasta Andalucía.

Con su inauguración ha entrado en servicio un corredor de más de 1.400 kilómetros de longitud, de Figueres a Málaga, que enlaza mediante el AVE los extremos noreste y sur de la península Ibérica, cohesionando las cinco comunidades que atraviesa (Cataluña, Aragón, Castilla-La Man-

EFE / Toni Albir




*El Príncipe de Asturias, el presidente del Gobierno, el presidente de la Generalitat y la ministra de Fomento, junto a las alcaldesas de Figueres y de Vilafant.*

cha, Comunidad de Madrid y Andalucía) y ampliando la red de alta velocidad nacional a 3.000 kilómetros, lo que convierte a España en el segundo país del mundo tras China en longitud de líneas de altas prestaciones en servicio. El nuevo tramo también permitirá impulsar el crecimiento económico español mediante la potenciación del tráfico de mercancías con Europa (el recorrido Barcelona-Figueres, en ancho UIC, es interoperable con la sección transfronteriza contigua y con la red gala, posibilitando la circulación de tráficos mixtos).

Todos estos beneficios los destacó el Príncipe de Asturias en el discurso pronunciado en la estación de Girona, al subrayar la importancia de la red de alta velocidad española como un elemento de cohesión, vertebración territorial e impulso económico del país. También el presidente del Gobierno consideró que el nuevo tramo permite «abolir distancias» y «unir territorios». La ministra de Fomento, por su lado, resaltó en su intervención que la nueva línea, uno de los objetivos del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI) 2012-2024, «contribuye a poner los cimientos de la tan necesaria recuperación económica, potenciar el desarrollo empresarial, dinamizar la economía en general y facilitar la movilidad de los ciudadanos».



Renfe Operadora

Además, con la extensión de la alta velocidad a Girona, que eleva a 20 el número de provincias españolas conectadas directamente a la red de alta velocidad, también se mejora la eficiencia del transporte ferroviario en las provincias de Barcelona y Girona, poniendo a disposición de los 2,5 millones de viajeros que utilizan cada año el ferrocarril convencional entre




Renfe Operadora

*Pasaajeros accediendo al S 103 en la estación de Girona.*

Barcelona y Figueres una alternativa más rápida, eficiente y segura (mediante el uso de tecnología punta en los sistemas de conducción automática de trenes y la ausencia de pasos a nivel a lo largo del recorrido). Respecto al automóvil, el AVE entre Barcelona y Figueres es un modo claramente más competitivo (se ahorra hasta una hora de viaje respecto al trayecto en coche) y medioambientalmente más sostenible.

El impacto del tren de alta velocidad en las dos nuevas ciudades AVE (Girona y Figueres) aún no se puede medir, aunque las expectativas son muy elevadas en los sectores turístico y empresarial.

## Nuevos servicios

Para poner en valor la nueva infraestructura, Renfe ha diseñado un servicio de conexiones de alta velocidad que mejora sustancialmente la movilidad regional, nacional e internacional en el Corredor Nordeste, destacando en el ámbito del nuevo tramo el aumento de la frecuencia de paso y de la oferta de plazas, además de mejoras en la puntualidad y la accesibilidad. Con todo, el beneficio más evidente es la reducción de los tiempos de desplazamiento. Así, el viaje desde Barcelona a Girona se realiza ahora en 37 minutos (frente a la hora y media que suponía el viaje en tren hasta ahora), mientras que hasta Figueres se invierten 53 minutos (2 horas hasta ahora). Girona y Figueres están desde enero a 14 minutos. El mejor tiempo de viaje en AVE entre Girona y Madrid es ahora de 3 horas y 32 minutos, mientras que entre Girona y Zaragoza se invierten ahora 2 horas y 13 minutos.

Desde el pasado 9 de enero, la operadora ferroviaria ofrece un servicio diario de nueve trenes por sentido entre Figueres, Girona y Barcelona, de los cuales ocho continúan viaje hasta Madrid y Zaragoza como extensión del AVE Madrid-Barcelona. Dos de estos trenes enlazan además en la estación de Figueres-Vilafant con el servicio de alta velocidad francés (TGV) que continúa viaje hasta París.

En las nuevas conexiones, Renfe aplica un sistema de doble comercialización para optimizar el servicio AVE, la ocupación y la rentabilidad de los trenes. En cada tren S 103, parte de las plazas sale a la venta como producto AVE

**El tramo Barcelona-Figueres, en cifras**

| | |
|---|---|
| Longitud | 131 kilómetros |
| Vía | Doble de ancho UIC (1.435 mm) |
| Plataforma | 14 metros de anchura |
| Subtramos | 21 |
| Radio mínimo | 7.000 metros |
| Pendiente máxima | Inferior a 25 milésimas en vía general |
| Velocidad máxima/comercial | 350/300 km/h |
| Electrificación | 25 kV 50 Hz/corriente alterna |
| Subestaciones eléctricas | 3 (Baró de Viver, Riudarenes y Santa Llogaia) |
| Señalización | Ertms niveles 1 y 2, ASFA digital |
| Telecomunicaciones fijas | Malladas con tipología en anillo (IP y SDH) |
| Telecomunicaciones móviles | GSM-R |
| Estaciones | 3 (Barcelona-Sants, Girona y Figueres-Vilafant) |
| Túneles | 30 (34,3 kilómetros) |
| Túneles más largos: | Sants-Sagrera (5,8 km), Montcada i Reixac (3,9 km), Girona (3,6 km) |
| Viaductos | 60 (12,6 kilómetros) |
| Viaductos más largos | Fluviá (920 m), Valldoriolf (774 m), Fagúndez Vargas (690 m) |
| PAET | 2 (Riells, Vilobí d'Onyar) |
| Tipo de tráfico | Mixto (pasajeros y mercancías) |
| Inversión (excluidas estaciones) | 3.700 M€ |
| Financiación UE | 23 M€ |
| Periodo de construcción | 2003-2012 |



Adif

Vías y andenes de la estación de alta velocidad de Girona, estructura dividida en cuatro niveles.

para recorridos de larga distancia, y otra parte como servicio Avant, para trayectos entre Barcelona, Girona y Figueres, con precios más económicos.

Para el estreno del AVE a Girona, Renfe ha lanzado una campaña de más de 60.000 plazas promocionales en los tres primeros meses, obteniendo una respuesta favorable en la semana inicial del servicio. A ello ha contribuido la política de precios: el AVE Madrid-Girona se puede adquirir desde 37,90 € y el AVE Madrid-Figueres desde 38,40 €. Desde Zaragoza se puede viajar a Girona desde 23,50 € y a Figueres desde 24,80 €. Para los trayectos entre Barcelona y Girona, los viajeros frecuentes disponen de abonos de descuento (Tarjeta 10 Plus y Tarjeta 10 Plus Estudiante) que dejan el billete en 6,91 €, mientras que entre Barcelona y Figueres el importe es de 8,90 €. También se comercializan abonos de 30 a 50 viajes para utilizar en un mes que aún rebajan más el importe del billete.



Oriol París-Escursso/ Ferropedia

S 103 circulando en la fase de pruebas del sistema Ertms en Mollet del Vallés.

Con la puesta en funcionamiento de los servicios Avant y AVE en Girona y Figueres, Renfe completa su oferta ferroviaria en Cataluña. Se espera que con el nuevo tramo el tren se haga con un millón más de viajeros (incremento del 40%) en este corredor.

## Un reto constructivo

La conexión Barcelona-Figueres culmina, como se dijo, la línea Madrid-Barcelona-Frontera francesa, uno de los cinco grandes corredores de alta velocidad con origen en Madrid. Su construcción, iniciada en 1995, se ha ido completando por tramos hasta alcanzar Barcelona en febrero



JT Curses/ Ferropedia

*Nudo de Mollet del Vallés, que conecta el tramo Barcelona-Figueres con la línea Castellbisbal/El Papiol-Mollet. Debajo, trenes S 103 en la estación de Sants.*

de 2008, cuando entró en servicio la conexión AVE entre las dos principales ciudades españolas, de 621 kilómetros. La ejecución de esta línea de 804 kilómetros de longitud y 350 km/h de velocidad de proyecto ha requerido una inversión global de 12.500 M€, de los que algo más de una cuarta parte (3.439,6 M€) han sido financiados por el Fondo de Cohesión y las Ayudas RTE-T comunitarios.

El tramo final de la línea, en cuya ejecución se han invertido más de 3.700 M€ (excluida la adecuación y construcción de las estaciones de Barcelona-Sants, Girona y Figueres-Vilafant) entre 2003 y 2012, tiene su origen en la estación de Barcelona-Sants, dando continuidad a la línea Madrid-Barcelona, y final en la estación de Figueres Vilafant, donde enlaza con la sección internacional Figueres-Perpiñán, infraestructura construida y explotada en régimen de concesión por un consorcio hispano-francés que atraviesa los Pirineos bajo el túnel del Pertús. Para anticipar la explotación de la sección internacional, en diciembre de 2010 entraron en servicio 76 kilómetros del tramo de alta velocidad entre Barcelona y Figueres para trenes de mercancías, completándose la conexión en ancho UIC con Francia mediante la instalación de un tercer carril en la línea convencional Barcelona-Portbou.

Construir el último tramo ha sido todo un reto para el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif), organismo dependiente de Fomento que tenía encomendada su ejecución. Y es que el trazado por las comarcas barcelonesas del Vallés y por las gerundenses de



Renfe Operadora



Renfe Operadora

*Nueve trenes S 103 llegan a diario desde el 9 de enero a la terminal de Figueres-Vilafant (Girona).*

La Selva, Gironés, Pla de l'Estany y Alt Empordá es bastante exigente, ya que atraviesa dos importantes concentraciones urbanas (Barcelona y Girona) y otras de menor entidad, discurre por parajes de gran valor ambiental (parques naturales del Montseny y el Montnegre i el Corredor) y salva cauces fluviales, obstáculos orográficos y vías de comunicación. Debido a estas exigencias geográficas, cerca del 36% del trazado discurre bajo túneles o sobre viaductos.

Los principales hitos constructivos del tramo han sido los túneles urbanos de Barcelona (Sants-Sagrera, bajo el Eixample, de 5,8 kilómetros de longitud, y Sant Andreu, de 1,4 kilómetros) y Girona (Girona I y II y Sarriá de Ter, una sucesión de subterráneos que suman 6,7 kilómetros), además del de Montcada i Reixac (3,9 kilómetros), ejecutados tres de ellos mediante tuneladora y aplicando las más exigentes medidas de seguridad. Como resultado, se ha logrado la integración urbana de la línea en estas ciudades sin mayores contratiempos.

> Construir el tramo entre Barcelona y Figueres ha sido un reto para Adif debido a la orografía y al paso por dos grandes urbes

En Montmeló (Barcelona) también se ha llevado a cabo una importante operación de integración urbana del ferrocarril, mediante el soterramiento de las líneas convencional y de alta velocidad, que ha eliminado la barrera creada por las vías del tren en el casco urbano desde el año 1854. Se trata de una actuación similar a las llevadas a cabo en otras localidades de la línea Madrid-Barcelona-Frontera francesa (Zaragoza, Lleida, Vilafranca del Penedés, El Prat de Llobregat o Barcelona en los sectores Sant Andreu Comtal y La Sagrera), en las que las obras han eliminado el denominado *efecto barrera*, posibilitando la creación de nuevos espacios socioeconómicos donde antes estaban las vías del tren.

A lo largo del trazado, además, se han construido dos nuevas estaciones para la línea de alta velocidad (Girona y Figueres-Vilafant) y se ha adecuado a los nuevos tráfi-

**PRECIOS AVE Tarifa general/mejor oferta (en euros)**

| | Girona | Figueres |
|---|---|---|
| Madrid | 126,30/37,90 | 128,10/38,40 |
| Guadalajara | 103,10/30,95 | 104,80/31,45 |
| Calatayud | 88,10/26,34 | 91,80/27,55 |
| Zaragoza | 78,5/23,50 | 82,50/24,80 |
| Lleida | 60,90/18,30 | 65,50/19,65 |
| Camp Tarragona | 49,70/14,90 | 54,70/16,40 |



*Viaducto de Llinars, en el subtramo La Roca-Llinars del Vallés (Barcelona), una de las estructuras emblemáticas del recorrido.*



Adif

## Hitos del Corredor Nordeste

La línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Frontera francesa, o Corredor Nordeste, es uno de los cinco grandes ejes de alta velocidad con origen en Madrid que se construyen desde finales del pasado siglo y forma parte del proyecto prioritario 3 (Eje Ferroviario del Suroeste de Europa) de la Unión Europea. En su ejecución se han invertido 12.500 M€. La puesta en servicio de sus 804 kilómetros se ha realizado de forma paulatina, siendo sus principales hitos los siguientes:

■ **Octubre 2003.** Entra en servicio el tramo Madrid-Lleida (443 kilómetros), a una velocidad máxima de 200 km/h.

■ **Diciembre 2006.** Inaugurado el tramo Lleida-Tarragona-Roda de Bará (108 kilómetros).

■ **Mayo 2007.** Incremento a 300 km/h de la velocidad máxima de los trenes S 102 entre Madrid y Camp de Tarragona con el sistema Ertms 1.

■ **Febrero 2008**. En servicio el tramo Tarragona-Barcelona (98 km).

■ **Diciembre 2010.** Entra en servicio para tráfico de mercancías el tramo Mollet-Girona y la Variante de Figueres (76 kilómetros en total) de la línea Barcelona-Figueres para su conexión con la sección internacional Figueres-Perpiñán (44,1 km).

■ **Diciembre 2011.** Elevación a 310 km/h de la velocidad comercial máxima de los trenes en varios tramos.

■ **Enero 2013.** Abierto al tráfico de pasajeros el tramo completo Barcelona-Figueres (131 km).

cos la de Barcelona-Sants, estando aún en sus primeras fases de ejecución la gran terminal de Barcelona-Sagrera, la cuarta prevista en el tramo. La construcción del nuevo tramo de alta velocidad, en fin, también ha traído consigo importantes beneficios para la red de ancho convencional en Cataluña, entre ellas la construcción de nuevas estaciones en Sant Andreu Comtal, Montmeló (ambas en Barcelona) y Riells i Viabrea-Breda (Girona), o la renovación de parte de la superestructura ferroviaria en la línea Barcelona-Portbou. ■

Revista del Ministerio de

# Fomento







# TRENES HISTÓRICOS Y TURÍSTICOS EN ESPAÑA

*Monográfico julio-agosto 2012*









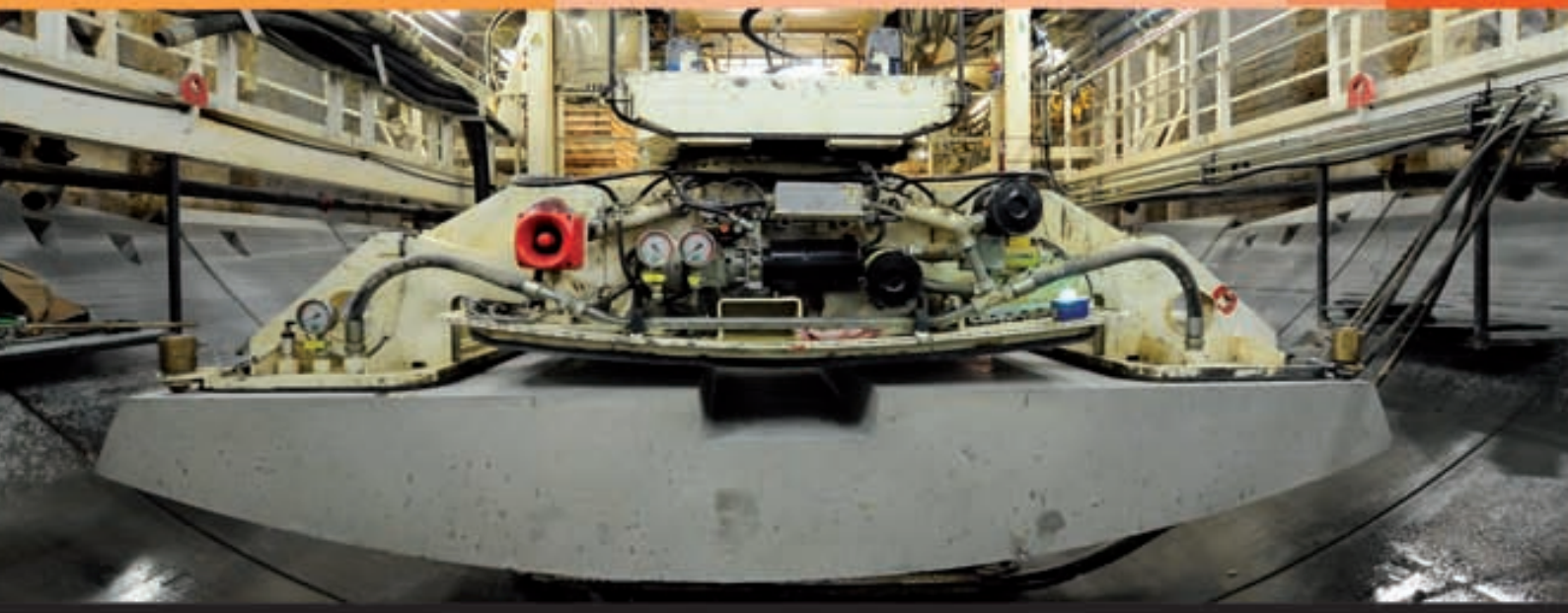


GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

RESERVE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 6478 / 6449
Por fax: 91 597 61 86 (24 horas).
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es



Construcción de los accesos a la estación de La Sagrera, Barcelona.



Construcción de la plataforma para la línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera Francesa.
Tramo Túneles Urbanos y Estación de Girona. Fase I.

COPISA

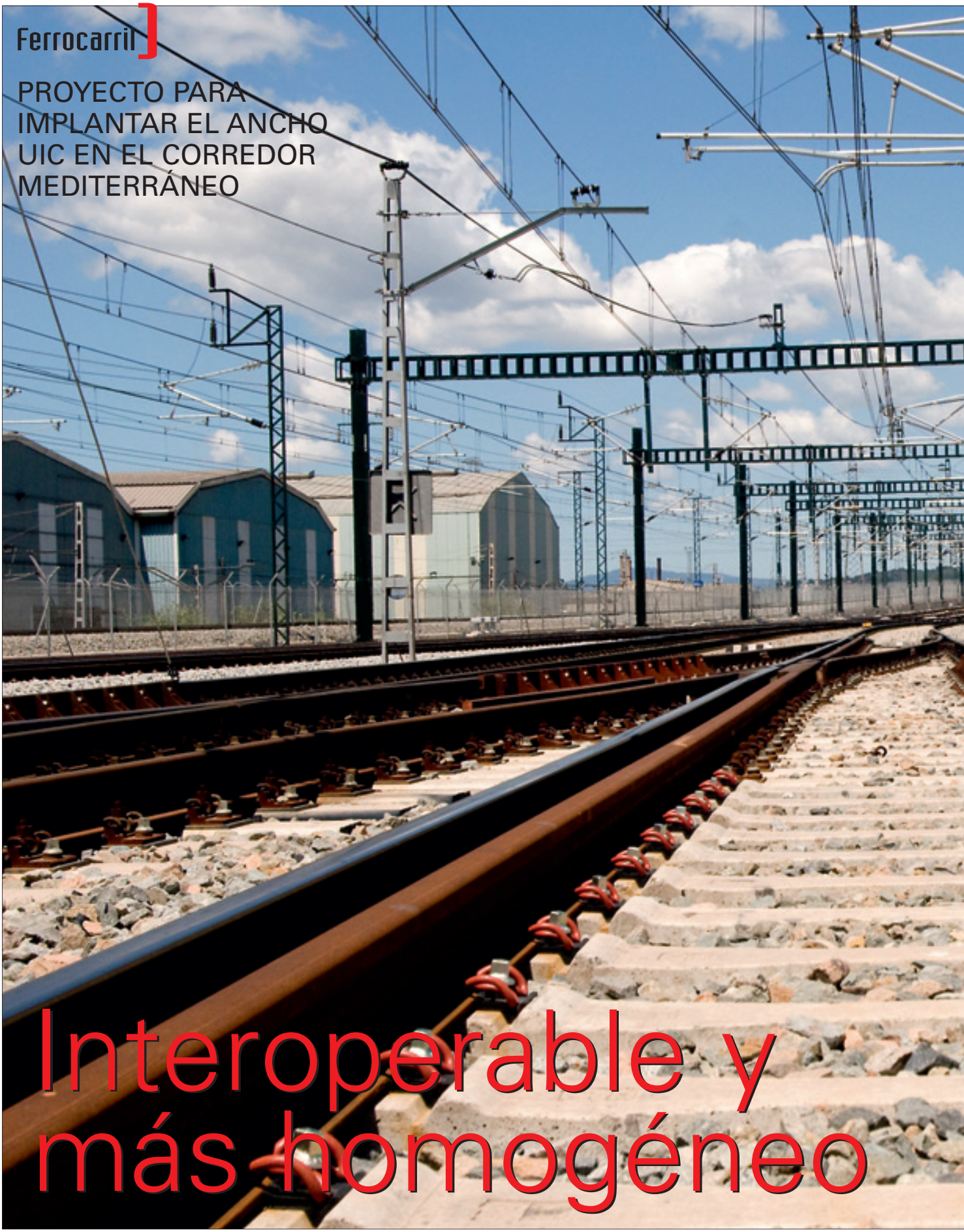
GRUPO

Pl. d'Europa, 2-4 Torre Copisa
08902 L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona
T + 34 93 493 01 00 F + 34 93 493 01 36

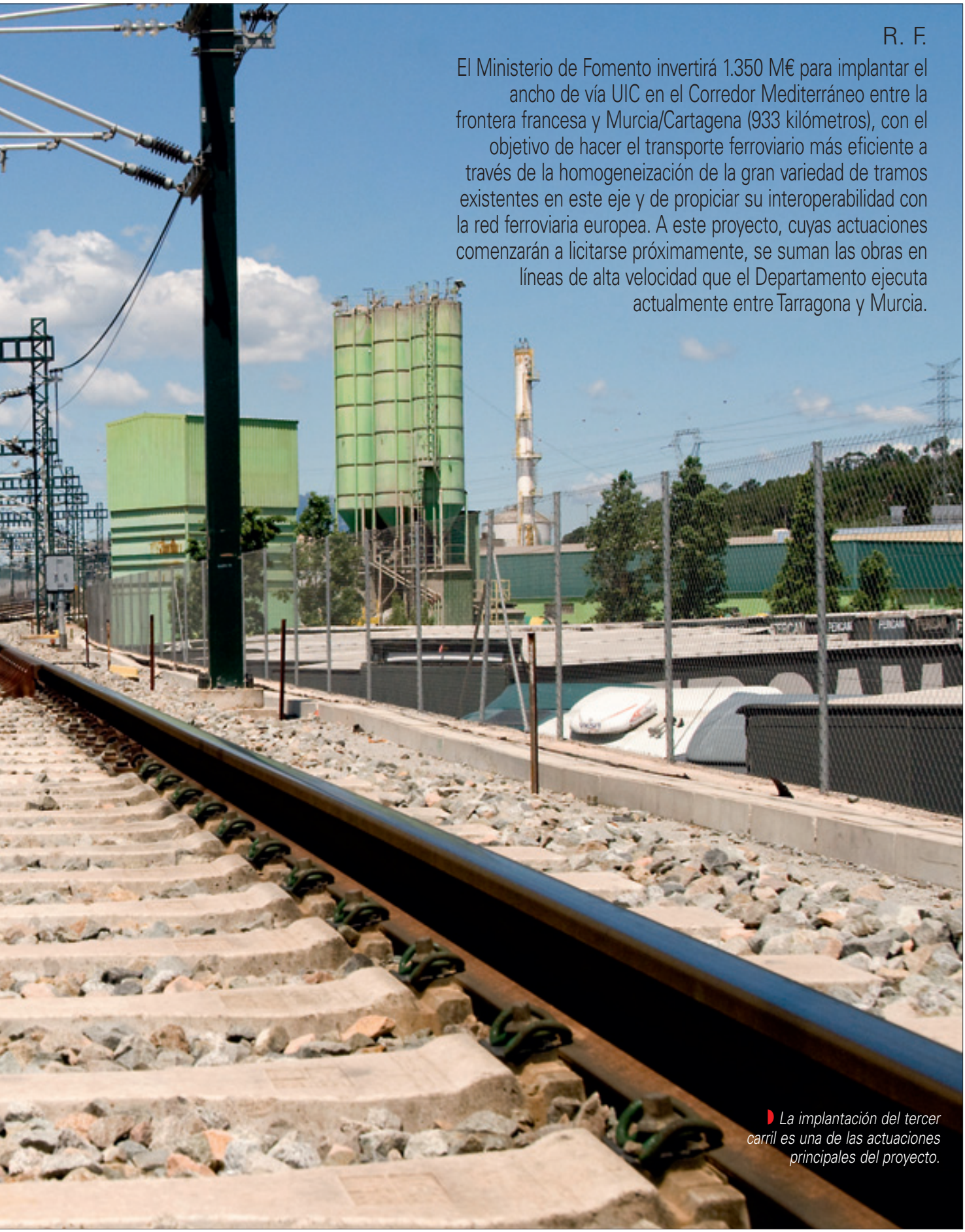
Romero Girón, 4
28036 Madrid
T + 34 91 555 22 07 F + 34 91 555 21 87

www.grupocopisa.com

PROYECTO PARA IMPLANTAR EL ANCHO UIC EN EL CORREDOR MEDITERRÁNEO



# Interoperable y más homogéneo



Adif

R. F.

El Ministerio de Fomento invertirá 1.350 M€ para implantar el ancho de vía UIC en el Corredor Mediterráneo entre la frontera francesa y Murcia/Cartagena (933 kilómetros), con el objetivo de hacer el transporte ferroviario más eficiente a través de la homogeneización de la gran variedad de tramos existentes en este eje y de propiciar su interoperabilidad con la red ferroviaria europea. A este proyecto, cuyas actuaciones comenzarán a licitarse próximamente, se suman las obras en líneas de alta velocidad que el Departamento ejecuta actualmente entre Tarragona y Murcia.

*La implantación del tercer carril es una de las actuaciones principales del proyecto.*



Renfe Operadora

*El Ministerio de Fomento contempla la adecuación de cerca de 570 kilómetros de vías del Corredor Mediterráneo.*

El proyecto, presentado por la ministra de Fomento, Ana Pastor, el 18 de diciembre en Castellón, tiene como principal objetivo desarrollar el potencial del Corredor Mediterráneo, un eje ferroviario comprendido entre Algeciras (Cádiz) y Figueres (Girona) que discurre por cuatro comunidades autónomas y 11 provincias, en las que se sitúan cinco de las mayores áreas metropolitanas del país, importantes puertos, aeropuertos, nodos logísticos y centros industriales. Su área de influencia concentra el 48% de la población española y el 45% del PIB nacional, además de generar la mitad del tráfico de mercancías terrestres, razones que confieren a esta infraestructura ferroviaria el carácter de estratégica para la economía de la franja mediterránea y de España.

La infraestructura actual está formada por tramos muy heterogéneos, con características dispares de número de vías, ancho de vía, electrificación, sistemas de seguridad o tipos de tráfico (viajeros o mercancías), sin continuidad en todo el trazado. Esta heterogeneidad limita las prestaciones y la eficiencia en la circulación de trenes e impide la interoperabilidad de la infraestructura con la red ferroviaria europea, lo que supone un freno para el tráfico de mercancías por ferrocarril por el litoral mediterráneo, con una cuota de apenas el 3,9% frente al 96,1% de la carretera.

Para revertir esta situación,

el Ministerio de Fomento apuesta por la creación del corredor con objeto de convertirlo en un eje ferroviario de altas prestaciones que conecte las ciudades, puertos y centros logísticos mediterráneos con Europa a través de una infraestructura de calidad, con continuidad de todos los tramos en ancho UIC, interoperable con las redes europeas, más rápido y eficiente para el tráfico mixto (viajeros y mercancías) y que, en definitiva, sirva de apoyo para impulsar un sector clave de la economía española como es el transporte ferroviario de mercancías.

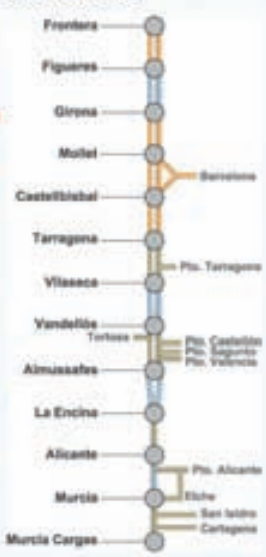
La apuesta de Fomento se ha concretado tanto en la inclusión de este corredor ferroviario en la Red Básica de la Red Transeuropea de Transportes (RTE), lo que permitirá su financiación comunitaria en las convocatorias de 2013 y 2014, como en las dotaciones económicas asignadas al mismo en los presupuestos estatales de 2012 y 2013. Este gran eje, en fin, también es una de las priori-




*Viaducto del Francolí, en el tramo de alta velocidad Vilaseca-Vandellós (Tarragona), en fase de construcción.*

## ÁMBITOS DE ACTUACIÓN

- **Ancho UIC o ancho mixto** en todo el tramo (Frontera francesa – Murcia/Cartagena) = **933 Km**
- **Apartaderos para longitud estándar interoperable** (750 m)
- **Electrificación** en todo el tramo




| Tramo | Situación | Presupuesto pendiente (M€) | Longitud tramo (Km) |
|---|---|---|---|
| Frontera-Figueres (TP Ferro) | Nueva línea de AV en servicio | - | 5,00 |
| Figueres-Girona | Nueva línea de AV en servicio | | 41,20 |
| Girona-Mollet | Nueva línea de AV en servicio | - | 71,00 |
| Mollet-Castellbisbal | Línea convencional en servicio | - | 22,50 |
| Acceso al puerto de Barcelona | Línea convencional en servicio | - | 20,00 |
| Castellbisbal-Tarragona-Vilaseca | En proyecto | 416,60 | 97,30 |
| Vilaseca-Vandellós | En obra | 318,0 | 30,00 |
| Vandellós-Almussafes | En proyecto | 532,28 | 278,60 |
| Almussafes-La Encina | En obra | 510,2 | 94,00 |
| La Encina-Alicante | En proyecto | 160,33 | 64,50 |
| Monforte-Murcia | En obra | 504,7 | 80,00 |
| Alicante-San Isidro y Murcia-Cartagena/Murcia Cargas | En proyecto | 244,23 | 129,20 |

| TIPO DE ACTUACIÓN | INVERSIÓN (M€) | LONGITUD (Km) |
|---|---|---|
| Actuaciones en proyecto | 1.353,43 | 569,60 |
| Actuaciones en obra | 1332,90 | 204 |
| Actuaciones en servicio | - | 159,70 |



*El proyecto prevé implantar el ancho mixto para acceder a los puertos del corredor. En la imagen, vagones en el puerto de Tarragona.*

dades del Plan de Infraestructura, Transporte y Vivienda (PITVI) del Departamento.

## Tipos de actuación

El proyecto para implantar el ancho UIC en el Corredor Mediterráneo, en el tramo entre la frontera francesa y Murcia/Cartagena (933 kilómetros), abarca actuaciones en proyecto, en obra y en servicio en las provincias de Barcelona, Tarragona, Castellón, Valencia, Alicante y Murcia.

Las actuaciones en proyecto, que son las presentadas por la ministra, comprenden distintos tipos de obras en 570 kilómetros de vías de ancho ibérico existentes entre Castellbisbal y Murcia-Cartagena, con un presupuesto de 1.353,43 M€ (270 M€ ya consignados en la anualidad de 2013). En concreto, consisten en la instalación del tercer carril (triple hilo) en vías de ancho ibérico en servicio y en el cambio del ancho de vía ibérico (1.668 mm) al ancho UIC (1.435 mm) en los tramos equipados con traviesas polivalentes, además de la construcción de apartaderos para longitud estándar interoperable (750 metros) y la electrificación en todo el tramo. Estas actuaciones se llevarán a cabo en los tramos Castellbisbal-Tarragona, Tarragona-Vandellós, Vandellós-Castellón, Castellón-Valencia, Valencia-La Encina, La Encina-Alicante y Alicante-Murcia/Cartagena, con un horizonte de finalización situado en 2016.

El segundo grupo de actuaciones, en fase de obras, son las que actualmente ejecuta el Ministerio de Fomento en nuevas líneas de alta velocidad (y por tanto, con ancho UIC) de este corredor a lo largo de 245,20 kilómetros, concretamente en los tramos Girona-Figueres (en servicio desde el 9 de enero), Vilaseca-Vandellós, Almussafes-La Encina y Monforte del Cid-Murcia, con una inversión conjunta de 1.332,9 M€.

Por último, el tercer grupo está formado por las actuaciones ya en servicio, correspondientes a los 118,50 kilómetros inaugurados en diciembre de 2010 mediante la implantación del tercer carril en el área de Barcelona, lo que permite desde entonces la explotación por trenes de mercancías del recorrido por vías de ancho UIC entre el puerto de Barcelona y la frontera francesa y su continuidad hacia las redes ferroviarias europeas.

A continuación se detallan las actuaciones en proyecto previstas para implantar el ancho UIC en los distintos tramos entre Castellbisbal y Murcia/Cartagena.

- **Castellbisbal-Tarragona (Vilaseca).** Tramo de 97,3 kilómetros, con 90 kilómetros de vía doble y 7 de vía única, en ancho ibérico. El Ministerio de Fomento tiene previsto invertir 416,6 M€ para implantar el ancho mixto en la doble vía actual entre los nudos de Castellbisbal y Vilaseca. Actualmente se están terminando de redactar los distintos proyectos, que se licitarán a principios de este año, con plazo de finalización en 2015. Con la implantación del tercer carril se propiciará el acceso en ambos anchos de vía al puerto de Tarragona y a sus industrias petroquímicas, a diversos centros logísticos de la zona (SEAT-Mar-



Autoridad Portuaria de Tarragona

torell, Tarragona Clasificación y Castellbisbal) y a otras derivaciones particulares (Celsa/Gonvauto/Gonvarri en Castellbisbal; Solvay/Cerestar y factoría SEAT en Martorell). También se contempla la construcción de cinco apartaderos de 750 metros de longitud: Tarragona (mixto), San Vicente (ibérico), L'Arboç (estándar), La Granada (estándar) y San Sadurní (ibérico).

● **Tarragona (Vilaseca)-Vandellós.** En este tramo se construyen actualmente 30 kilómetros de vía doble en ancho UIC, que será apta para tráfico mixto (viajeros y mercancías). Las inversiones pendientes hasta Camp de Tarragona suman 318 M€. Todo el tramo estará finalizado en el año 2015.

● **Vandellós-Castellón.** Tramo de 146 kilómetros de vía doble y 12 de vía única en el que está previsto el cambio de ancho en la doble vía y en la vía única a Tortosa, así como la construcción de dos apartaderos de 750 metros (estándar). Los proyectos estarán finalizados en los primeros meses de 2013 y el plazo de finalización de las obras se sitúa en 2015. El presupuesto previsto asciende a 170,38 M€.

● **Castellón-Valencia (Almussafes).** En este tramo, de 103 kilómetros de vía doble y 17 de vía única, se llevarán a cabo distintas actuaciones. Entre Castellón y Sagunto se cambiará el ancho en la vía del lado montaña y se implantará el ancho mixto en la vía lado mar; entre Moncofar y Castellón ya se ha licitado la implantación del tercer carril; entre Sagunto y Valencia Norte está prevista la implantación del ancho mix-

## Dos soluciones, un mismo fin

Tanto la implantación del tercer carril como el cambio del ancho de vía son las principales actuaciones de las obras en proyecto en el Corredor Mediterráneo. A través de dos soluciones técnicas diferentes se persigue el mismo objetivo: permitir el tráfico mixto (viajeros y mercancías) con las mayores prestaciones.

Tercer carril. Esta solución compatibiliza la explotación simultánea en ambos anchos de vía (UIC e ibérico) a velocidades superiores a 200 km/h donde la infraestructura lo permite. Consiste en instalar un carril adicional a la vía existente, con lo que se crea una configuración de tres carriles (triple hilo) en el que los trenes siempre emplean un carril y el segundo dependerá de la anchura de sus ejes. Esta solución requiere la modernización de otros elementos de la infraestructura y la superestructura: adaptaciones, desvíos, circuitos de vía, sistemas de señalización y catenaria polivalente.

Cambio de ancho de vía. Solución implantada en España a partir de la última década con la aparición de las traviesas polivalentes, que facilitan y abaratan el cambio definitivo del ancho de vía. Actualmente hay más de 7,7 millones de este tipo de traviesas implantadas sobre 4.620 kilómetros de la red ferroviaria española. Su mayor virtud es la sencillez para realizar el cambio de ancho: basta con levantar los elementos de sujeción y los carriles, para desplazarlos lateralmente a su nueva posición sobre la traviesa.



Autoridad Portuaria de Tarragona

*Uno de los grandes objetivos del proyecto es incrementar la ahora reducida cuota del transporte ferroviario de mercancías en el corredor.*

to en la vía doble, la ejecución del acceso en ancho UIC al puerto de Valencia y la transformación de la línea C-6 de Cercanías al ancho UIC; y entre Valencia Fuente de San Luis y Almussafes se implantará el ancho mixto y se construirá un acceso en ancho estándar a la factoría Ford. También se construirán en este tramo dos apartaderos de 750 metros de longitud (mixto). Con las obras previstas entre Castellón y Valencia relativas al tercer carril se estima que se producirá un ahorro de tiempo de 26 minutos sobre el tiempo de viaje de la relación actual Madrid-Castellón, siendo este finalmente de poco más de 2 horas y 20 minutos. El presupuesto para todas estas actuaciones asciende a un total de 361,86 M€ y su plazo de finalización será el año 2015.

● **Valencia (Almussafes)-La Encina.** En este tramo de 94 kilómetros está en construcción una nueva línea de doble vía en ancho UIC en el marco de las obras del Corredor de Levante. La plataforma ya está terminada entre Xátiva y Valencia y progresa entre La Encina y Xátiva. La línea será apta para tráfico mixto (viajeros y mercancías). La inversión pendiente en este tramo es de 510,2 M€. La finalización de la obra está prevista para 2015.

● **La Encina-Alicante.** Tramo de 64,5 kilómetros en el que existe una vía única, sobre la que el Ministerio de Fomento proyecta implantar el ancho mixto y propiciar el acceso en ancho UIC al puerto de Alicante. También se construirán dos apartaderos de 750 metros (ancho mixto). El presupuesto para esta actuación es de 160,33 M€, la redacción del proyecto concluirá a mediados de año y su horizonte de finalización se sitúa en el año 2016.

● **Alicante-Murcia/Cartagena.** Tramo de 129 kilómetros de vía única sobre el que se proyectan dos tipos de obras. Por un lado, entre San Isidro y Murcia se construye actualmente un tramo de alta velocidad de 80 kilómetros, como parte del trazado desde Monforte del Cid del Corredor de Levante. El presupuesto para el trazado Monforte del Cid-Murcia asciende a 504 M€. Por otro lado, el Ministerio de Fomento pondrá en marcha dos proyectos más en esta zona: entre San Gabriel y San Isidro se ejecutará el cambio de ancho de la vía única existente, la electrificación de la línea y la transformación de la línea de Cercanías Murcia-Elche-Alicante al ancho UIC; y entre las estaciones de Murcia Cargas y Cartagena-Escombreras, se prevé implantar el ancho mixto en la vía única existente, electrificar la línea y ejecutar un acceso en ancho UIC al puerto de Cartagena y a la terminal de Murcia Cargas. También se construirán dos apartaderos de 750 metros (mixto). Estas tres últimas actuaciones tienen un presupuesto de 244,23 M€. La redacción de los proyectos en este tramo concluirá a mediados de 2013 y su plazo de finalización es 2016. ■

# COPROSA
GRUPO









**Con la ilusión del primer día construyendo calidad**

C/ Dr. Alfredo Martínez, nº6. 5º. Oviedo. Asturias. Tel: 985 96 59 40
coprosa@coprosa.es
www.coprosa.es



*La LE-11 tiene su origen en el enlace con la Ronda Sur y permite el acceso a la ciudad a través de la avenida Saénz de Miera.*

15.000 VEHÍCULOS EMPLEAN A DIARIO EL NUEVO ACCESO SUR COMO VÍA DE PENETRACIÓN A LA CIUDAD

# Directo a León



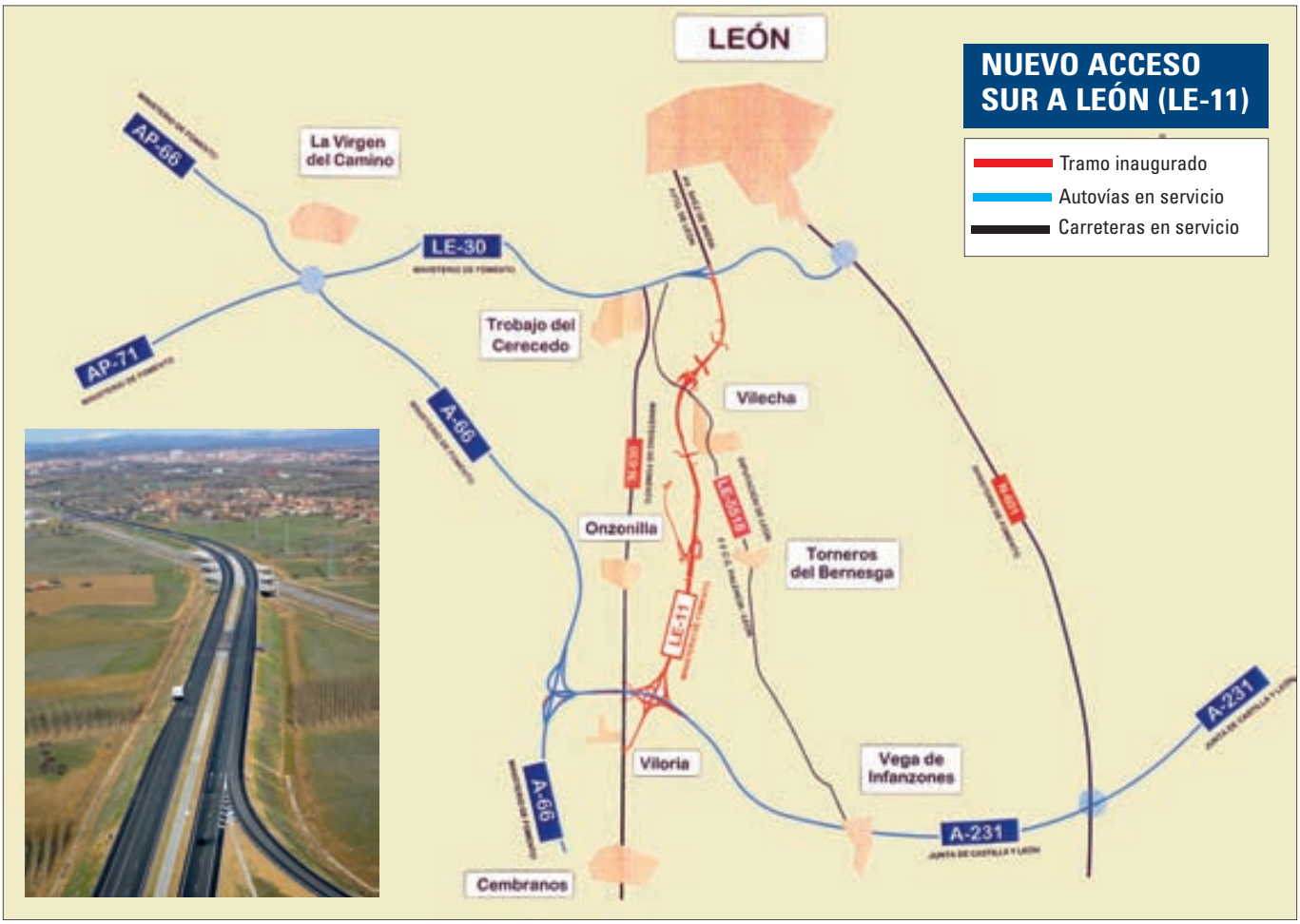
*Enlace de la LE-11 con la autovía A-231 (León-Burgos), con tipología de trébol completo modificado.*

R. F. Fotos: DCE Castilla y León Occidental

León estrenó a finales de año el nuevo Acceso Sur a la ciudad (LE-11), autovía que mejora la accesibilidad general en la zona y sirve como alternativa de alta capacidad a la carretera N-630, evitando las retenciones causadas por la presencia de polígonos industriales entre Onzonilla y Trobajo del Cerecedo. El Ministerio de Fomento ha invertido 58,5 M€ en esta actuación metropolitana, que permite a los usuarios un acceso directo y más rápido desde el sur al casco urbano.

El nuevo Acceso Sur, inaugurado por la ministra de Fomento, Ana Pastor, el pasado 26 de diciembre, completa el esquema de accesos a la ciudad de León por su fachada sur, conformado actualmente por cuatro vías de alta capacidad (AP-71, A-66, A-60 y la nueva LE-11, que enlaza con la A-231) que, junto a otras carreteras nacionales (N-601, N-630) y provinciales (LE-5518), conectan con la Ronda Sur de León (LE-30), la gran arteria de circunvalación donde confluyen todos los tráficos que realizan los movimientos este-oeste al sur de la ciudad.

La autovía LE-11 es una alternativa de alta capacidad a la carretera N-630, que en la zona entre Onzonilla y Trobajo del Cerecedo registraba frecuentes retenciones debido a la existencia de dos polígonos industriales en ambas márgenes que aportan un gran volumen de tráfico pesado y de vehículos particulares a es-




Dirección General de Carreteras

ta carretera, donde confluyen con el tráfico de acceso desde el sur. Con la nueva infraestructura, los automovilistas dejan atrás esta situación y pueden acceder directamente desde el sur hasta la avenida Sáez de Miera, que conduce directamente al casco urbano. Además, la autovía LE-11 mejora la accesibilidad general en el entorno de León al conectar entre sí gran parte de las carreteras que conforman el esquema viario al sur de la ciudad, además de dar un nuevo acceso al polígono industrial de Onzonilla.

Se estima que alrededor de 15.000 vehículos se han visto beneficiados por la nueva infraestructura viaria, que permite disminuir en 15 minutos la duración del anterior trayecto por la carretera N-630, además de aumentar la comodidad y la seguridad de los usuarios.

El Ministerio de Fomento ha invertido 58,5 M€ en esta actuación, de los que 46,6 M€ corresponden al presupuesto de obra, a lo que hay que sumar los costes de redacción del estudio informativo y del proyecto, el importe de las expropiaciones, el coste de la asistencia técnica para el control y vigilancia de la obra y la suma destinada al 1% Cultural.

## Características técnicas

La LE-11 se extiende de norte a sur entre la Ronda Sur de León (LE-30) y la carretera N-630 cerca de Viloria de la Jurisdicción a lo largo de 9,1 kilómetros, de los que 7,8 kilómetros son de autovía (desde la circunvalación hasta el enlace con la autovía A-231) y los 1,3 kilómetros finales corresponden a una carretera convencional (desde la A-231 hasta la intersección con la N-630). También se han construido 7,5 kilómetros de ramales de enlace. En el trazado se han ejecutado tres enlaces y tres intersecciones tipo glorieta para resolver los cruces con las diversas carreteras de la zona, así como cinco pasos superiores y dos inferiores para reponer la red de caminos que resulta interceptada por la traza.

El trazado presenta una pendiente máxima del 1,50% y un radio de curvatura mínimo de 620 metros, permitiendo velocidades de entre 70 y 120 km/h según las zonas. La sección tipo de la autovía está formada por dos calzadas de 7 metros de anchura cada una, con arcén interior de 1 metro, exterior de 2,5 metros y bermas de 1 metro. La mediana es variable, siendo de 2

## Medidas ambientales

La inversión en las medidas preventivas y correctivas previstas en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) ha superado los 2,6 M€. Entre ellas destacan las siguientes:

- Revegetación de taludes de terraplén y desmontes mediante tierra vegetal, hidrosiembra y plantaciones. Plantaciones de árboles y arbustos en taludes, isletas y glorietas.
- Protección contra el ruido, con colocación de pantallas fonoabsorbentes en las zonas próximas a edificaciones.
- Colocación de valla de cerramiento a lo largo de la autovía para impedir el paso de fauna terrestre a la carretera.
- Seguimiento del patrimonio arqueológico.





*De arriba abajo, nueva vista del enlace con la autovía A-231 y primer enlace del tramo, en el PK 2+200.*

metros de anchura entre el inicio y el PK 1+400 y de 10 metros de ancho desde el PK 1+400 hasta el final.

El firme, colocado sobre una explanada E3, tiene 45 centímetros de espesor divididos en cuatro capas: capa de rodadura de 3 centímetros de mezcla bituminosa discontinua en caliente tipo M-10, capa intermedia de 7 centímetros de mezcla D-20, capa de base de 10 centímetros de mezcla tipo G-20 y capa de subbase de 25 centímetros de suelo cemento.

El tramo presenta un total de 14 estructuras (7 pasos inferiores, 5 pasos superiores, un puente y una pérgola triple). También se han ejecutado 36 obras de drenaje transversal, con tipología circular y de marcos

## El trazado

El trazado se inicia en el enlace de acceso a la Ronda Sur de León (LE-30), permitiendo la continuidad del tronco de la autovía hacia la avenida Sáez de Miera de la ciudad de León. En el enlace se ha duplicado el paso transversal bajo la LE-30 y se ha adaptado geométricamente la pesa sur a la nueva situación, siendo dotada de radio suficiente para permitir la conexión de una nueva vía de servicio que parte desde la misma. Esta vía, que permite el acceso a las fincas colindantes en la margen derecha de la traza, discurre paralela al tronco de autovía desde su origen en la glorieta 1 hasta el PK 1+180, cuando deja de ser necesaria. En esta zona inicial del trazado, el tronco de la autovía está formado por dos calzadas separadas por una mediana de 2 metros de anchura y una ba-



*A partir de la glorieta 2, en el PK 1+400, la LE-11 adquiere un carácter interurbano, con una mediana de 10 metros de anchura.*

rrera rígida intermedia.

El tronco de la autovía LE-11 gira a continuación hacia el suroeste hasta la glorieta 2 (PK 1+400), que permite el acceso a las instalaciones de la EDAR (estación depuradora de aguas residuales) y al mercado de ganados. A partir de aquí, el tronco toma un marcado carácter interurbano, con una mediana que aumenta de dimensiones hasta los 10 metros y el control de accesos se regula únicamente mediante enlaces.

En el PK 2+200 se sitúa el primer enlace, con tipología de diamante completo con pesas laterales, que permite dar continuidad a la carretera provincial LE-5518 entre Vilecha y Trobajo del Cerecedo. Con ello se evitan las posibles afecciones a edificaciones o instalaciones ubicadas en la margen sur de esa carretera interceptada, como la subestación eléctrica existente en el entorno del PK 2+400.

## UNIDADES DE OBRA

| | |
|---|---|
| Terraplén de préstamos | 2,5 millones de $m^3$ |
| Suelo cemento | 83.981 $m^3$ |
| Mezcla bituminosa en caliente | 140.256 Tn |
| Muros de suelo reforzado | 2.413 $m^2$ |
| Vigas | 4.090 m lineales |
| Barreras | 65.321 m lineales |

A partir de este punto la autovía toma un marcado sentido sur, discurriendo de forma paralela a la línea de ferrocarril Palencia-León y lo más próximo posible a ella, teniendo en cuenta el estudio de futura ampliación de la plataforma con una nueva línea de alta velocidad en esta zona (PK 3+100 – 4+200). Un poco más adelante, a la altura del PK 3+580, se ha diseñado la reposición de la carretera de acceso del polígono industrial de León a Vilecha mediante un paso superior de cinco vanos que cruza tanto sobre las vías de ferrocarril como sobre el propio tronco de la autovía, reponiendo el paso que existía y que fue demolido.

## Estructura singular

En el PK 4+350, la autovía gira para ascender y cruzar sobre la línea férrea, para lo que se ha construido una estructura singular de tipo pérgola de tres vanos y una longitud de 300 metros, con espacio suficiente en su interior para albergar la línea existente y su futura ampliación lateral, así como el paso de la línea de alta velocidad.

A continuación, la rasante desciende hasta alcanzar el PK 5+400, donde se ha construido un paso inferior bajo el tronco para reponer la carretera que permite acceder desde Torneros a Onzonilla y al polígono industrial de León, así como el segundo enlace del tramo, destinado a regular los accesos desde ambas márgenes. Este enlace, de tipología de diamante modificado, se ha construido teniendo en cuenta el futuro desarrollo de la plataforma logística de



Pérgola de tres vanos, de 300 metros de longitud, que salva la línea férrea convencional y su ampliación y la línea de alta velocidad.

Torneros. Además, desde su pesa oeste nace un ramal bidireccional que conecta directamente con el polígono industrial de León y que acaba enganchando en el actual entramado viario del polígono industrial de Onzonilla, regulando los accesos mediante una intersección tipo glorieta.

Superado este enlace, en el PK 5+780, el tronco cruza sobre el cauce del arroyo de la Oncina mediante una estructura de tres vanos que permite el paso inferior de dos caminos laterales al cauce. El tronco se desarrolla a partir de aquí en recta hasta alcanzar, en el PK 7+800, el tercer y último enlace del tramo, que permite el intercambio de tráficos entre la LE-11 con la autovía autonómica A-231 (León-Burgos) y con la autovía Ruta de la Plata (A-66, Gijón-Sevilla). Se trata de un enlace de tipología de trébol completo modificado, en el que uno de los lazos se convierte en ramal semidirecto por condiciones de nivel de servicio y otros dos ramales duplican su capacidad (ramal directo León-A-66 y el semidirecto A-66-León) mediante un doble carril. Todos los cruces sobre la A-231 se resuelven mediante estructuras sin pilas en la mediana.



Vista del tronco de la LE-11 con la ciudad de León al fondo.

Entre los PK 7+600 y 7+880 se produce una progresiva reducción de la mediana del tronco hasta su completo desvanecimiento, de forma que a partir de este punto la carretera pasa a ser de tipo convencional hasta el final del trazado. La conexión final, en el PK 9+100, se realiza en la carretera N-630, al norte de la localidad de Cembranos, mediante una intersección de tipo glorieta que regula los accesos desde este punto. ◆





EN SERVICIO UN TRAMO SEMIURBANO DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD SEVILLA-CÁDIZ

# Al norte de Jerez

JAVIER R. VENTOSA FOTOS: DIRECCIÓN GENERAL DE FERROCARRILES

El Ministerio de Fomento ha puesto recientemente en servicio el subtramo de doble vía Aeropuerto de Jerez-Jerez Norte, que forma parte de la futura línea de alta velocidad Sevilla-Cádiz. Se trata de un recorrido de casi 7 kilómetros de longitud que discurre elevado en terraplén por la parte urbana de Jerez de la Frontera (Cádiz) y por el que ya circulan, con mejoras de rendimiento, los trenes de Cercanías y de Media y Larga Distancia de Renfe-Operadora.



*El tramo más urbano se desarrolla sobre terraplén o viaductos. Foto inferioi, paso superior de Guadalcacín, en el origen del subtramo.*

El nuevo subtramo de la futura línea de alta velocidad Sevilla-Cádiz, que entró en servicio el pasado 3 de diciembre, consiste en una duplicación de la única vía existente del ferrocarril Sevilla-Cádiz, el montaje de vías de ancho ibérico y traviesas polivalentes (adaptables al ancho UIC) y el equipamiento de electricidad, seguridad y comunicaciones de alta velocidad.

Con esta solución, ya en servicio en más de la mitad de la futura línea, se mejoran las condiciones de explotación de la infraestructura y se permite la circulación de tráfico mixto, tanto en el futuro de trenes AVE como actualmente de los trenes de Cercanías de Cádiz (línea C-1 Cádiz-Jerez) y los de Media y Larga Distancia de Renfe-Operadora (el S 120 Alvia que realiza el servicio Madrid-Cádiz cuatro veces al día), que mejoran sus prestaciones en los nuevos tramos, lo que se traduce en ahorros de tiempo y mayor seguridad para los usuarios.

Las obras de construcción y equipamiento de este subtramo de casi 7 kilómetros de longitud, en las que se han invertido un total de 37,5 M€, han sido dirigidas por la Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento y financiadas por la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte (Seitt), contando con la aportación de fondos europeos.

## Características técnicas

El nuevo tramo de la línea de alta velocidad discurre íntegramente por el término municipal de Jerez de la Frontera (provincia de Cádiz), con una longitud de 6,82 kilómetros. Tiene su origen aproxi-





*Duplicación de las vías existentes en la parte inicial y paso superior sobre un vial en la zona urbana.*

mado en el PK 99+970 de la línea antigua, junto al aeropuerto de Jerez, y finaliza aproximadamente en el PK 106+790 también de la línea antigua, ya en el casco urbano, entroncando aquí con los tramos de vía doble de la futura vía de alta velocidad dirección Cádiz ya en servicio. El trazado se puede dividir en dos tramos diferenciados: uno inicial de duplicación en coincidencia de plataforma y un segundo en el que se diseña una nueva plataforma de vía doble sobre terraplén y viaducto. Los trabajos se han ejecutado manteniendo el tráfico ferroviario durante las obras.

El primer tramo se desarrolla a lo largo de unos 4 kilómetros desde la salida de la estación del aeropuerto de Jerez (estación de La Parra) hasta la estación de mercancías de Jerez, antes del paso superior de Guadalcacín. En el tramo se ha duplicado la vía por el lado izquierdo de la antigua en dirección Jerez de la Frontera, situando el eje de la vía duplicada a 4,30 metros del actual y con una plataforma de 13,30 metros de ancho.

Este primer tramo está formado por una única recta y discurre por un terreno eminentemente llano al norte de la ciudad de Jerez. El trazado presenta un nuevo paso superior de acceso al aeropuerto de La Parra, que sustituye al antiguo y estrecho paso superior existente de acceso al aeropuerto, y el cruce sobre el paso inferior de conexión de la autovía A-4 con la autopista AP-4, ya construido y preparado para la duplicación de vía. Con anterioridad, el acceso al aeropuerto de Jerez se realizaba mediante un pa-

# Avances de la línea Sevilla-Cádiz

La futura línea de alta velocidad Sevilla-Cádiz, contemplada en el programa de inversiones del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI), es una infraestructura que prolongará el eje de alta velocidad Madrid-Sevilla hasta Cádiz y permitirá realizarlo en aproximadamente 3 horas y 15 minutos (según las paradas). Su trazado de 152,5 kilómetros discurre por las provincias de Sevilla y Cádiz.

En gran medida, la nueva línea consiste en la duplicación del ferrocarril convencional Sevilla-Cádiz, aunque se realizan variantes y mejoras del trazado, además de instalar superestructura de alta velocidad. También contempla la supresión de todos los pasos a nivel en la línea existente y el incremento de la permeabilidad con nuevos viaductos. Sobre la nueva línea se montan vías de ancho ibérico con traviesas polivalentes, para su posterior adaptación al ancho internacional, lo que permite su explotación para tráfico mixto.

La línea tiene actualmente más del 55% del trazado en servicio con doble vía y el resto en fase de ejecución, con todas las obras contratadas. El presupuesto estatal para 2013 prevé la inversión de 83,7 M€ en esta infraestructura de alta velocidad andaluza, que se divide en dos grandes tramos:

● **Sevilla-Jerez.** Tramo de 100 kilómetros, en su mayor parte en la provincia de Sevilla, que tiene acabados cuatro de sus ocho subtramos, con casi 39 kilómetros de doble vía en servicio (31,7 kilómetros entre Santa Justa Sevilla y Utrera, más los 6,8 recién inaugurados), mientras se trabaja en los 61 restantes. La doble vía que acogerá la alta velocidad es actualmente utilizada entre Santa Justa Sevilla y Utrera por los trenes de Cercanías de la línea C-1 de Sevilla (Lebrija-Utrera-Santa Justa-Lora del Río), así como por los de Media y Larga Distancia. Las obras se desarrollan en cuatro subtramos (Utrera-Las Cabezas de San Juan, Las Cabezas-Lebrija, Lebrija-El Cuervo y El Cuervo-Aeropuerto de Jerez), que tienen la obra de plataforma terminada y la superestructura en fase de montaje en buena parte del trazado, con la previsión de finalizar este año el tramo Lebrija-Aeropuerto de Jerez. De las nuevas estaciones previstas, una está ya en servicio (Aeropuerto de Jerez) y las otras dos en ejecución (Lebrija y Cabezas de San Juan).

● **Jerez-Cádiz.** Tramo de 52,5 kilómetros situado íntegramente en la provincia de Cádiz que tiene en servicio ocho de sus nueve subtramos (el 95,6% de la longitud total). Las nuevas vías dobles de alta velocidad son aprovechadas por la línea C-1 de Cercanías de Cádiz (Cádiz-Jerez, de gran importancia para la bahía de Cádiz, que incluye 13 estaciones) para mejorar las prestaciones y la frecuencia de sus trenes. El único subtramo pendiente entre Jerez y Cádiz es el soterramiento de Puerto Real (3,2 kilómetros), cuyas obras se reactivaron en octubre pasado a raíz del nuevo convenio firmado en agosto por el Ministerio de Fomento y el Ayuntamiento. El convenio contempla, además de la finalización del soterramiento (el túnel artificial de 870 metros en el núcleo urbano ya está acabado), la construcción de una nueva estación y la financiación de las obras de integración ambiental. De forma provisional se encuentra en servicio una vía de 3,1 kilómetros que permite las circulaciones por la ciudad hasta que concluyan las obras.









*Los trenes de la línea de Cercanías C-1 (Cádiz-Jerez) ya circulan por la nueva infraestructura.*

so superior esviado con dos vanos, cada uno de ellos de unos 10,50 metros de luz, separados por una pila apantallada de 1,35 metros, que no cumplía con las distancias necesarias para la nueva infraestructura ferroviaria.

En cuanto a las obras de drenaje transversal, se estudiaron todas las existentes en este tramo y, una vez analizado el caudal que debe pasar por ellas para la avenida de 500 años, se han sustituido marcos que garanticen los 3,2 $m^2$ de sección libre y una anchura mínima de 1,5 metros, tal y como se indica en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir.

El segundo tramo comprende desde el final de la estación de mercancías de Jerez, antes del cruce bajo el paso superior de Guadalcacín, hasta el final de la obra, a lo largo de unos 2,8 kilómetros por un entorno cada vez más urbano. En esta zona se ha construido una nueva plataforma de vía doble sobre un terraplén elevado hasta los 10 me- tros, paralela a la línea actual, a una distancia de unos 22 metros. Antes de llegar al final del tramo, la nueva vía doble se incorpora a la plataforma existente, para finalizar con un pequeño tramo nuevamente de duplicación.

Cinco nuevos viaductos y un paso inferior, además del terraplén, garantizan la permeabilidad transversal de este tramo elevado y darán continuidad a los futuros viales previstos en el planeamiento urbanístico del Ayuntamiento de Jerez. Además de los viaductos, las principales obras de fábrica en este tramo son el nuevo paso superior de Guadalcacín, que soluciona también la reposición de la Cañada Real Ancha, con una estructura única en la que se separa el tráfico de vehículos del de animales por medio de unas pantallas opacas; y el nuevo paso inferior de la Ronda Este, ya en el casco urbano de Jerez y al final del tramo, que permite cerrar el anillo de circunvalación de la Ronda Este, muy necesario para la mejora de la accesibilidad a la ciudad desde la autopista AP-4.

Adicionalmente, se demolió el antiguo paso de San José Obrero que conectaba la glorieta de confluencia del Ca-



*Viaducto sobre uno de los nuevos viales en Jerez de la Frontera. Debajo, tren de la línea de Cercanías Cádiz-Jerez.*

mino de la Espera y la avenida de Descartes con el colegio público San José Obrero, y fue sustituido por un vial de 298 metros bajo el último de los viaductos de la obra, que cuenta con dos carriles de 3,5 metros de anchura y sendas aceras de otros 3,5 metros de ancho a cada lado.

## Catenaria e instalaciones

En el apartado de electrificación (línea aérea de contacto), las instalaciones montadas en el subtramo posibilitan las circulaciones a 220 km/h en las vías generales, con una fiabilidad acorde con las exigencias del tráfico de Cercanías, regionales, de largo recorrido y de mercancías previstas en el tramo. La catenaria es del tipo CR- 220, apta para 3 kV (corriente continua) transformable para 25 kV (corriente alterna), según datos de la Dirección General de Ferrocarriles.

Por otra parte, se han montado instalaciones de seguridad y comunicaciones para la circulación de trenes por ambas vías desde el aeropuerto de Jerez de la Frontera hasta la estación de Jerez (puestos de mando y modificaciones de los enclavamientos de Jerez Viajeros, Jerez Mercancías y Aeropuerto de Jerez), nuevos equipos de campo desde el aeropuerto de Jerez hasta la estación de Jerez en ambas vías (cajas de terminales, señales, ASFA, circuitos de vía, telefonía, aparatos de vía), se ha modificado el CTC de Sevilla Santa Justa y se ha incorporado equipamiento de suministro de energía en las estaciones del aeropuerto, mercancías y viajeros de Jerez.

Tras la puesta en servicio del tramo, se continúa con los trabajos de desmontaje de la antigua vía ferroviaria y de las instalaciones ferroviarias existentes, incluyendo la catenaria. ■



Renfe Operadora



Desde hace más de 30 años Cetren, como especialista del sector ferroviario, trabaja fomentando y certificando la calidad de este sector.

Nuestra dedicación exclusiva al ferrocarril nos permite aportar no sólo experiencia, sino soluciones integrales a la certificación.

www.cetren.es

# Cetren: *La entidad certificadora*

**ÚNICO** Organismo Notificado por el Estado Español para la certificación de la interoperabilidad (ETIs).

**ENTIDAD** acreditada por ENAC para validar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de homologación (ETHs).

**ENTIDAD** acreditada por ENAC para la certificación de productos, procesos y servicios ferroviarios (EN 45011).

**ENTIDAD** de certificación reconocida por el Ministerio de Fomento -como autoridad nacional de seguridad- en el marco de las normas europeas EN 15085: Soldeo de vehículos y componentes ferroviarios

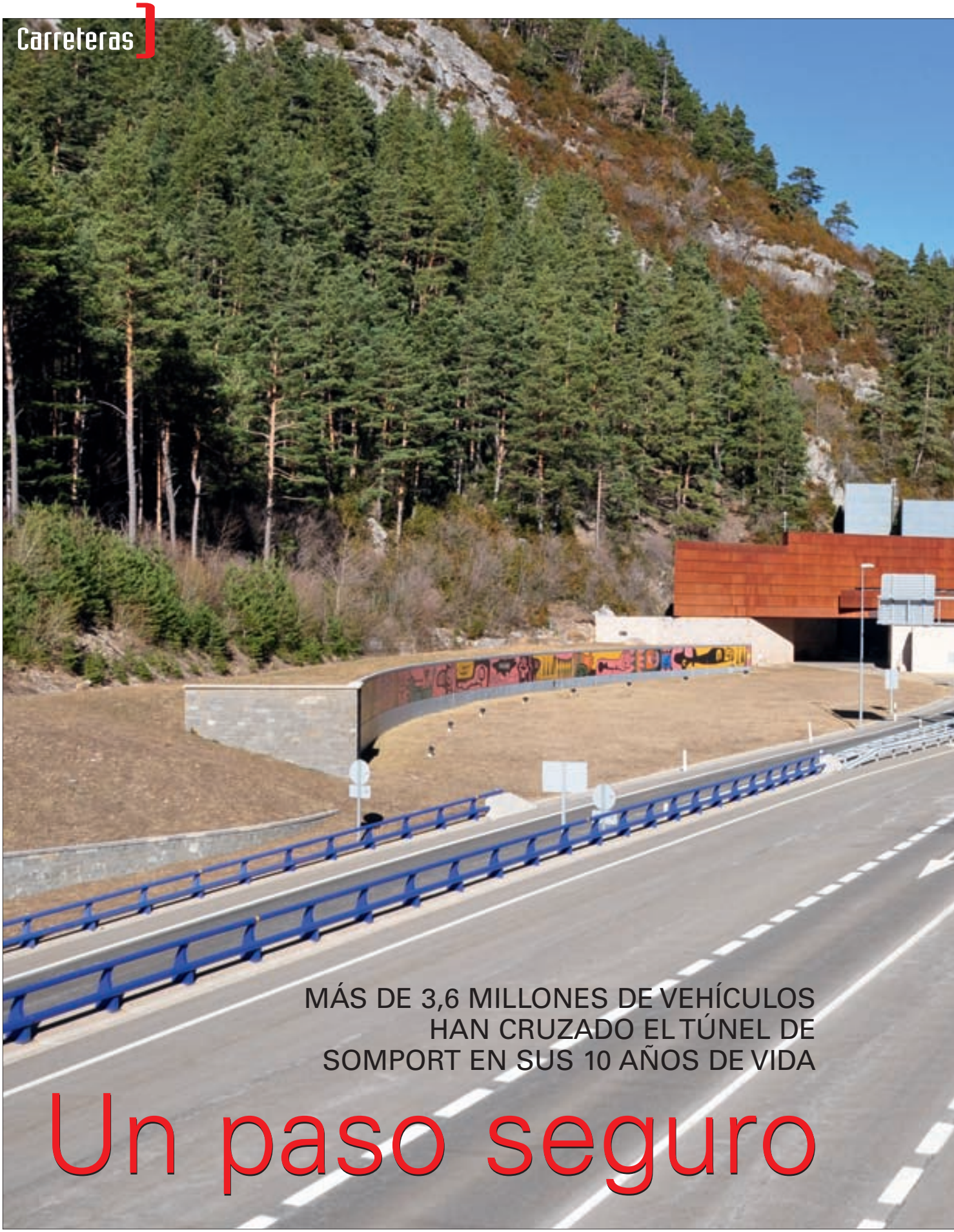
**ENTIDAD** reconocida como Evaluador Independiente de Seguridad (ISA) por el Ministerio de Fomento, en el ámbito del Reglamento (CE) 352/2009 y de la Resolución Circular 1/2011 de la Orden FOM 233/2006.

Cetren
CERTIFICACIÓN

*Certificamos, evaluamos, verificamos y validamos el ferrocarril*

ENAC
CERTIFICACIÓN
Nº 9/C-PR010.01
Productos del Sector Ferroviario

Sierra de Cazorla, 1 - Las Matas ■ 28290 Las Rozas (MADRID) ■ T. (+34) 91 127 97 27 / 97 F. (+34) 91 630 71 69 ■ cetren@cetren.es



MÁS DE 3,6 MILLONES DE VEHÍCULOS HAN CRUZADO EL TÚNEL DE SOMPORT EN SUS 10 AÑOS DE VIDA

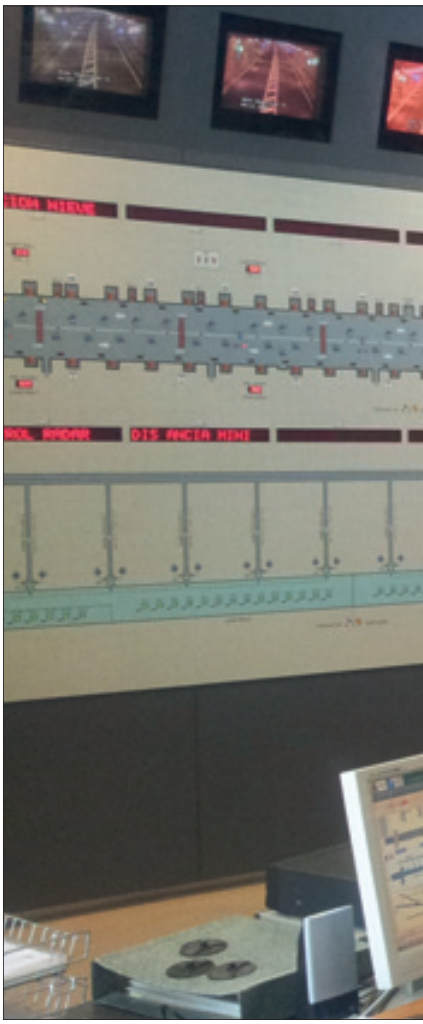
# Un paso seguro

J.R.V. Fotos: API Movilidad-Vidal Obras y Servicios

El túnel internacional de Somport, que comunica por carretera la provincia de Huesca con la región francesa de Aquitania bajo el macizo pirenaico, cumplió el pasado 17 de enero sus primeros diez años en servicio. En esta década, el subterráneo se ha consolidado como un importante paso transfronterizo de carretera, que permite el tránsito rápido y seguro de vehículos y mercancías entre ambos países en la zona central del Pirineo.







*Vista de la boca francesa del túnel de Somport y su carretera de acceso, la RN-134.*

Entre los 27 enlaces por carretera existentes entre España y Francia, los periféricos de Irún y La Jonquera, allí donde salvar la cordillera pirenaica es más sencillo, concentran tradicionalmente el mayor volumen de tráfico transfronterizo. En la parte central del Pirineo, donde la imponente orografía hace más difíciles las comunicaciones entre ambos países, Andorra y el túnel Juan Carlos I (Vielha) son los pasos más transitados, aunque el túnel de Somport (provincia de Huesca), el más largo de la red estatal española, se ha afianzado también como un importante enlace de carretera transfronterizo. En sus diez años de vida, más de 3,6 millones de vehículos lo han cruzado en uno u otro sentido siguiendo las carreteras N-330 española y RN-134 francesa, reduciendo drásticamente el paso por el puerto.

Según datos de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, este túnel ha ido ganando progresivamente cuota de tráfico en los últimos años, en una tendencia lenta pero creciente. Si en 2010 la intensidad media diaria (IMD) de vehículos que cruzaron el subterráneo fue de 976, en 2011 esa cifra ascendió hasta 1.026, con un crecimiento del 5%. Los datos provisionales acumulados entre enero y noviembre de 2012 han superado ya el anterior registro, con un total de 1.039 vehículos/día.




El túnel de Somport es una infraestructura empleada sobre todo por vehículos ligeros, aunque el tráfico de camiones (incluidos los que transportan mercancías peligrosas, autorizados a partir de marzo de 2006) en sus rutas hacia o desde Francia es creciente, totalizando 268 diarios en 2011 (26% del conjunto), con un aumento del 12% respecto al año 2010. En los primeros once meses de 2012, según datos provisionales, el volumen de camiones pesados que transita por el túnel ya ha alcanzado a los registrados en todo 2011. Respecto a la procedencia de los tráficos en 2012, casi el 56% provenía de Francia y el resto tenía como destino el país vecino.

El potencial de crecimiento




*El interior y los accesos del túnel son permanentemente monitorizados desde el centro de control y mando principal de la boca española.*

del tráfico a través del túnel internacional de Somport es elevado y a su desarrollo contribuirá en el futuro la mejora de las infraestructuras viarias que se desarrollan a ambos lados de la frontera: los tramos pirenaicos en ejecución de las autovías españolas A-23 (Sagunto-Jaca) y A-21 (Pamplona-Jaca), que enlazan cerca de la localidad de Jaca con el tramo de la carretera nacional N-330 que conduce directamente al túnel; y las mejoras en la carretera francesa RN-134, que se dirige desde la boca norte del subterráneo hasta las cercanías de Pau, donde conecta con las autopistas A64 (Bayona-Toulouse) y A65 (Langon-Lescar). De hecho, la apertura de esta última autopista a finales del año 2010 se tradujo en un sensible aumento del tráfico de camiones a través del paso subterráneo.

## Paradigma de seguridad

La construcción del túnel de Somport fue una empresa planificada y acometida por los Gobiernos de España y Francia en los años 90 del pasado siglo con objeto de crear un nuevo enlace transfronterizo que mejorara las comunicaciones por carretera en la parte central del Pirineo y sirviera como alternativa al tránsito de camiones por los congestionados pasos de Irún y La Jonquera. Como gran ventaja, esta carretera subterránea, que evita el paso por el puerto, rebaja la cota del viejo paso fronterizo desde 1.632 a 1.183 metros, mejorando la vialidad invernal en este tramo, y acorta los tiempos de recorrido de los vehículos pesados en cerca de media hora, mejorando además la seguridad en el cruce de los Pirineos.



Las obras del túnel se iniciaron en enero de 1994, con la excavación simultánea en cinco frentes (las bocas española y francesa, dos frentes intermedios y un quinto mediante la construcción de una galería piloto), siguiendo el nuevo método austriaco. Dos años y medio después finalizó la excavación en la sección francesa y un año más tarde en la española, produciéndose el encuentro entre los dos frentes. En el año 2000 comenzaron los trabajos de equipa-



miento, que se dilataron al revisarse las exigencias de seguridad en los túneles a la luz de las lecciones aprendidas de los accidentes con víctimas mortales en los túneles alpinos de Montblanc, Tauern (ambos en 1999) y San Gotardo (2001), origen de la directiva 2004/54 de la UE sobre seguridad de los túneles de la red transeuropea de carreteras.

Como consecuencia de esta revisión, cuando entró en servicio, el 17 de enero de 2003, el túnel de Somport incorporaba las más exigentes medidas de seguridad y de ayuda al usuario para un túnel de carretera del continente europeo. El abanico de equipamientos destinados a minimizar las consecuencias de un accidente es impresionante: nichos de seguridad e incendio cada 200 metros (un total de 86, con postes SOS y extintores), galerías de evacuación hacia el antiguo túnel ferroviario (19,




*Fotos inferiores, personal de explotación del túnel durante un simulacro.*



*Cerca de 300 camiones, ligeros y pesados, atraviesan a diario los 8,6 kilómetros de longitud del subterráneo transpirenaico.*

una cada 400 metros, siendo gran parte de las mismas accesibles para vehículos), galerías de retorno (9, de 15 x 9 metros), apartaderos (5, de 33 x 3,5 metros), recintos para instalaciones eléctricas intermedias (4)... Y en el exterior, prestos para una intervención rápida, están preparados varios equipos de emergencia, entre ellos un camión de bomberos, una ambulancia y los medios humanos necesarios. Para accidentes de mayor calado se requieren equipos externos (bomberos, Guardia Civil, Samur y Protección Civil, y sus equivalentes en Francia), coordinados mediante el Plan de Socorro Binacional (PSB).

A raíz de las experiencias de los accidentes de 1999 y 2001, se incorporaron refuerzos de iluminación en puertas de refugios y aceras, dispositivos luminosos cada 100 metros para que los conductores conozcan la distancia que les separa al vehículo precedente y el novedoso *hilo de Ariadna*, barandilla que sirve de guía visual y táctil para salir del túnel en casos de escasa visibilidad.

Los equipamientos de seguridad se complementan con otros dispositivos de señalización horizontal y vertical (semáforos cada 200 metros, paneles de mensaje variable e indicativos de galerías de evacuación y refugios), cámaras de televisión cada 100 metros, Sistema de Detección Automática de Incidentes (DAI), red de telefonía propia, estaciones de bombeo de agua contra incendios, megafonía, etc. A ello, además, se añaden otras dos instalaciones clave para el correcto funcionamiento del túnel: la ventilación (con un sistema semitransversal que permite extraer el humo generado en un tramo a través de un falso techo) y la iluminación (básica y de refuerzo).

Todo este complejo sistema de equipamientos e instalaciones implantado para garantizar el buen funcionamiento y la seguridad en el interior del túnel es vigilado y gobernado las 24 horas del día desde un centro de control y mando principal situado en la boca española y otro secundario en la boca francesa, gestionados por la empresa adjudicataria del control de explotación y conservación, bajo la supervisión de la Comisión Intergubernamental (CIG), compuesta por 16 miembros (ocho de cada país).

Para la conservación del túnel, el Ministerio de Fomento destina periódicamente inversiones para la conservación del túnel (10,4 M€ en junio de 2011 para un periodo de tres años, de los que una tercera parte debe ser reembolsada por el Estado francés) dirigidas a mejorar el servicio a los usuarios y a mantener los niveles de seguridad.

## CARACTERÍSTICAS DEL TÚNEL

| | |
|---|---|
| Longitud en España | 5.759 metros |
| Longitud en Francia | 2.849 metros |
| Longitud total | 8.608 metros |
| Radio mínimo | 2.000 metros |
| Pendiente máxima | 1,65% |
| Altura libre mínima | 4,55 metros |
| Anchura útil | 9 metros (2 carriles de 3,50 m, mediana 1 m, 2 arcenes 0,5 m) |
| Aceras | 2 de 0,75 metros |
| Sección | 64 $m^2$ (52 $m^2$ para circulación, 12 $m^2$ para circulación aire) |
| Ventilación | Semitransversal reversible con 3 estaciones de ventilación |
| Edificios técnicos | 2 (boca España y boca Francia) |
| Personal fijo | 58 |



## Simulacros

La seguridad en el túnel no es algo reservado de forma exclusiva a las instalaciones técnicas, sino que anualmente se realizan simulacros de emergencia para poner a prueba la respuesta y



*Vehículos accediendo por la boca española del túnel.*

adiestrar al personal de explotación y de los servicios de emergencia en caso de accidente grave en su interior. Estos ejercicios se enmarcan dentro del Plan de Socorro Binacional que las autoridades de ambos países (la Subdelegación del Gobierno en Huesca y la Prefectura de los Pirineos Atlánticos) tienen establecido para el túnel. Su Comisión de Seguimiento se reúne dos veces al año con objeto de evaluar su grado de cumplimiento –generalmente muy elevado– e introducir las pertinentes mejoras en el mismo.

Cada año se plantea un simulacro de emergencia diferente destinado a probar la eficacia y la versatilidad de la respuesta. En el ejercicio anual de 2012, celebrado el pasado 3 de octubre, que supuso el cierre del túnel durante varias horas, se simuló un accidente de tráfico en la zona francesa durante las operaciones habituales de mantenimiento, con tráfico alternativo. ■

## Los otros usos del viejo túnel

El túnel de carretera de Somport no es el único que celebra aniversario. En octubre pasado se conmemoró el centenario del cale del túnel ferroviario de Canfranc, paralelo al de Somport, que comunica ambas vertientes del Pirineo a lo largo de 7.875 metros. Este túnel, calado en octubre de 1912 y finalizado en 1914, se inauguró finalmente en 1928 para la línea Pau-Canfranc y prestó servicio, con ciertos altibajos y algún periodo de parada, durante 42 años hasta su cierre definitivo en marzo de 1970 a raíz del accidente de un tren de mercancías. Las iniciativas de la Comunidad Autónoma de Aragón y la Región de Aquitania para reabrir la línea no han fructificado hasta ahora, aunque tanto el Gobierno español como el francés mantienen la voluntad de hacerlo, e incluso se han comprometido a desarrollar el programa de estudios relativo al proyecto de reapertura de la línea, como acordaron en la cumbre bilateral celebrada en París el pasado 10 de octubre.

Mientras, el viejo túnel no está del todo abandonado, utilizándose como ya se mencionó como galería de evacuación del de carretera y aprovechándose varios de sus tramos para distintos usos. En 1985 se implantaron en la vertiente española las instalaciones del Grupo de Investigación de Física Nuclear y de Astropartículas de la Universidad de Zaragoza, que posteriormente, durante la ejecución de las obras del túnel de carretera. se reubicaron en una galería principal de 120 $m^2$ y en otras dos galerías menores), aprovechando que en ese entorno subterráneo se daban las condiciones ideales para este tipo de investigaciones. Finalmente, toda esta instalación se ha transformado en una gran caverna que constituye el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC), a unos 850 metros bajo el monte Tobazo, al que se accede desde el viejo subterráneo, destinado a investigaciones sobre materia oscura y partículas subatómicas. Este laboratorio, que ya es el segundo mayor subterráneo de Europa, está gestionado por un consorcio formado por el Ministerio de Economía y Competitividad, el Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza, estando en pleno funcionamiento desde junio de 2010.

Por tanto, se puede afirmar que desde enero de 2003 el viejo subterráneo asume una importante misión de seguridad al servicio del túnel de Somport, dando también apoyo a labores de investigación científica, en tanto espera su eventual reapertura para la funcionalidad para la que fue concebido.

# 10º Aniversario

17 de enero de 2003 - 17 de enero de 2013

# Túnel de Somport

Garantía de circulación, seguridad y comodidad

*Explotación y conservación*

API movilidad

VIDAL OBRAS Y SERVICIOS






EL OBSERVATORIO DE LA MOVILIDAD METROPOLITANA RADIOGRAFÍA LA SITUACIÓN DE 20 GRANDES ÁREAS URBANAS ESPAÑOLAS

# Cómo nos mover




Ayuntamiento de Castellón

*El empleo de autobuses no contaminantes es una tendencia ya consolidada. En la imagen, TRAM de Castellón.*

BEGOÑA OLABARRIETA

Elaborar una foto fija de las tendencias de uso de los distintos modos de transporte público en las grandes ciudades españolas. Ese es el cometido del Observatorio de la Movilidad Metropolitana, cuyo informe anual aporta datos clave para desarrollar modelos baratos, ecológicos, colectivos o individuales de transporte. Su actuación se inscribe en los planes de la Comisión Europea para conseguir en el año 2050 un transporte competitivo, sostenible y eficiente en el territorio comunitario.

# mos en la gran urbe



Las ciudades y sus áreas metropolitanas son elementos determinantes del desarrollo económico y de la cohesión social, pero también son los lugares donde se concentran importantes problemas ambientales y sociales derivados de la movilidad de su población, como la congestión y la contaminación, el ruido, el 69% de los accidentes o el 25% de las emisiones de $CO_2$, causadas casi todas ellas por el uso de vehículos a motor.



Una tendencia que hay que invertir, según abogan las directrices europeas, con acciones que consigan hacer del transporte público una oferta atractiva y válida para los millones de usuarios que lo utilizan cada día. Se trata, en






Metro de Sevilla

*El reto es trasvasar usuarios de vehículos privados al transporte público. Arriba, M-30 de Madrid y Metro de Sevilla. Izquierda, intercambiador de Nuevos Ministerios (Madrid).*

definitiva, de disminuir los movimientos en vehículos privados a favor de modos de transporte más sostenibles.

Es lo que pretende el Libro Blanco del Transporte 2011 de la Comisión Europea, que también traza un plan para transformar el actual círculo vicioso, «marcado por la congestión y el deterioro de las condiciones de circulación, en un círculo virtuoso en el que el que la oferta pública sea la clave del cambio».

Conocer la realidad de la movilidad en los núcleos metropolitanos, evaluar las mejoras, el cumplimiento de los objetivos y las necesidades y formas de uso de los ciudadanos se hace imprescindible para proponer esos planes de movilidad urbana sostenible por parte de las diferentes entidades implicadas.

## Vigilando los movimientos

El encargado de hacerlo en España es el Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM), en el que participa, junto a otros organismos, el Ministerio de Fomento, que publica cada año una foto fija de situación en la que se examinan las tendencias generales de uso de los distintos medios de transporte en los principales núcleos urbanos.

Para la elaboración de su último informe, el Observatorio ha contado con la información proporcionada por 20 Autoridades de Transporte Público (ATP) de las 23 que integran el OMM, lo que supone acercarse a la realidad de casi 26 millones de habitantes (un 54,6% de población española).

> El Observatorio contabilizó en 2010 la realización de 3.100 millones de viajes en transporte público en las grandes urbes

Los datos muestran la gran envergadura de la movilidad en las áreas metropolitanas. Así, en 2010 se realizaron 3.100 millones de viajes en transporte público: 1.582 en autobús y 1.518 millones en modos ferroviarios (trenes, tranvías y metros ligeros).

Sin embargo, el uso del vehículo privado por motivos de trabajo sigue siendo mayoritario en zonas como Murcia, Sevilla o Bahía de Cádiz, donde la oferta de alternativas es menos competitiva. Mientras en estas el porcentaje de uso del coche llega al 70%, en otras como Madrid o Barcelona, con mayor red de transporte público, baja a un 50%.

Al otro lado del panorama se encuentra el modo de transporte ecológico y sostenible por antonomasia, la bicicleta,




*El tren de Cercanías, el servicio público con la mayor velocidad comercial, tiene una importancia creciente para la movilidad en las urbes españolas.*

que representa un 30% de los desplazamientos diarios al trabajo en localidades más pequeñas como Lleida o Camp de Tarragona.

Estos datos de uso y preferencias de los usuarios en sus desplazamientos se hacen fundamentales, en especial si tenemos en cuenta que una persona realiza una media de 127 viajes al año en transporte público, un sector que también se ha visto afectado por la crisis actual.

La inversión realizada en el mismo durante 2010 se redujo drásticamente, quedando en 404 M€, de los que casi un 89% se dedicó a modos ferroviarios (metro convencional y ligero, Cercanías y ferrocarriles autonómicos).

## Apuesta sobre raíles

Una tendencia que no es casual. El transporte por carretera emite seis veces más gases de efecto invernadero (GEI) por kilometro y viajero que el ferrocarril, cinco veces más en el caso del transporte de mercancías. Por ello, la importancia de las redes ferroviarias es cada vez mayor, aunque en la actualidad la longitud de líneas de autobús en las áreas metropolitanas asciende a 95.644 kilómetros, mientras que la de ferrocarril es tan solo de 2.902.

Madrid, Barcelona y Valencia son los núcleos con los servicios ferroviarios más asentados, aunque Asturias, con su importante red de Cercanías (Renfe y Feve), también destaca en importancia. Por su parte, Murcia, Sevilla, Mallorca y Alicante tienen los servicios más jóvenes.

Pero convencer a los usuarios de la necesidad de optar por modelos de movilidad públicos no depende únicamente de estos factores. También hay que buscarlos en otros como las propias infraestructuras viarias, es decir, las vías de alta capacidad en los entornos metropolitanos, que sirven de acceso y salida a la urbe, así como los carriles bus y los carriles bici dentro de las ciudades.

Las redes más largas de autopistas se encuentran en Madrid (970 kilómetros) y Barcelona (512 kilómetros). Por su parte, Valencia es la que se

## Trabajo conjunto para buscar soluciones

El Observatorio de la Movilidad Metropolitana está integrado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, el Ministerio de Fomento, Renfe, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), la Dirección General de Tráfico (DGT) y otras instituciones, como la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, la Federación Española de Municipios y Provincias, la Asociación de Transportes Urbanos Colectivos y los sindicatos.

Forman parte también de él otras 23 Autoridades de Transporte Público (ATP) de las principales áreas metropolitanas de España: Consorcio Regional de Transportes de Madrid, Autoritat del Transport Metropolitá de Barcelona, Agencia Valenciana de Mobilitat Metropolitana, Entidad Pública del Transporte de la Región de Murcia, Consorcio de Transporte Metropolitano Área de Sevilla, Consorcio de Transportes de Bizkaia, Consorcio de Transportes de Asturias, Consorcio de Transporte Metropolitano Área de Málaga,




Consorci de Transports de Mallorca, Autoridad Única del Transporte de Gran Canaria, Consorcio de Transportes del Área de Zaragoza, Autoridad Territorial del Transporte de Gipuzkoa, Consorcio de Transportes de Bahía de Cádiz, Consorcio de Transporte Público del Camp de Tarragona, Consorcio de Transporte Metropolitano Área de Granada, Consorcio de Transporte Metropolitano Área de Almería, Dirección General de Transportes de la Generalitat Valenciana (Alicante), Mancomunidad de la Comarca de Pamplona, Ayuntamiento de Vigo, Ayuntamiento de A Coruña, Consorcio de Transporte Público del Área de Lleida, Consorcio de Transporte del Campo de Gibraltar y Ayuntamiento de León, la nueva incorporación

Su principal objetivo es observar las tendencias generales de la movilidad en las grandes áreas metropolitanas españolas, apoyando todas las iniciativas que promuevan la implantación de planes sostenibles.

sitúa a la cabeza de carriles bus (un 20% de la red) y Barcelona tiene la red más larga de carriles bici.

«Una buena calidad del servicio de transporte público es lo que hace que muchos usuarios opten por el mismo», afirma el informe 2010 del Observatorio de la Movilidad Metropolitana, que también analiza otros factores que influyen en la utilización del servicio público.

Con respecto al año anterior, la velocidad comercial de los autobuses urbanos aumentó ligeramente en muchas áreas metropolitanas, pero el tren sigue a la cabeza. Los más rápidos son los trenes de Cercanías de Renfe y los autonómicos, con una velocidad comercial de entre 40 y 60 km/h, frente a los autobuses, entre 20 y 30 km/h. Esta última es la media de velocidad del metro, con la excepción del de Palma de Mallorca, que alcanza los 55 km/h.

Por otro lado, la amplitud de horarios es elevada en España en comparación con otros países europeos, con servicios que operan entre 17 y 20 horas, y con tiempos de espera que varían. Para el metro se sitúan en torno a 3 o 4 minutos, entre 6 y 15 para los autobuses urbanos, y llegando a los 20 en los metropolitanos. Por su parte, las frecuencias medias de los trenes de Cercanías pueden llegar a 30 minutos, aunque en redes como las de Madrid o Barcelona se sitúan en unos 7.

Pero, sin duda, uno de los factores fundamentales es el análisis del impacto medioambiental del transporte, con la apuesta por modelos no contaminantes, como es la renovación hacia flotas de autobuses urbanos con emisiones reducidas, una realidad en el 100% de los efectivos en Pamplona, Asturias, León, Madrid y Valencia.

## Bicicletas

La realidad es que el transporte es responsable del 21% de las emisiones de GEI en la Unión Europea, excluyendo la aviación y la navegación marítima internacional, aunque en España esta cifra llega a alcanzar el 25%. Un 80% de estas corresponden al transporte por carretera.

Por ello, en los ámbitos urbanos y metropolitanos la apuesta es, según concluye el Observatorio de la Movilidad Metropolitana, mejorar la calidad del aire a través de la reducción de la densidad de la circulación de vehículos.




Doble Fila

*Los municipios españoles apoyan cada vez más los sistemas de bicicleta pública, un modalidad sostenible y saludable para el usuario.*

## Apuesta por un transporte sostenible

La Comisión Europea publicó su primer Libro Blanco del Transporte en 2001 y desde entonces se han logrado avances muy significativos hacia una movilidad más sostenible: el mercado ha continuado su apertura en el transporte aéreo, por carretera y en parte por ferrocarril; se ha lanzado con éxito la iniciativa de Cielo Único Europeo; se ha aumentado la seguridad, y se ha contribuido a la cohesión territorial con las redes transeuropeas de transporte.

Sin embargo, el sistema actual tiene aún amplias zonas por mejorar, como admite el Libro Blanco de 2011, en el que se proponen medidas clave. El objetivo es conseguir una reducción de al menos el 60% de gases de efecto invernadero para 2050, eliminando progresivamente los vehículos a motor con derivados del petróleo en los entornos urbanos y suburbanos, promocionando modos de transporte más limpios y sostenibles.

Las propuestas del Libro Blanco se basan en:

- Desarrollo y uso de nuevos combustibles y sistemas de propulsión sostenibles. Recortando a la mitad el uso del automóvil convencional, llegando a una cuota del 40% de combustibles hipocarbónicos en el sector aéreo para 2050, y reduciendo las emisiones de $CO_2$ del sector marítimo en un 40%.
- Optimización del rendimiento de las cadenas logísticas multimodales. Intentando transferir el transporte de mercancías a modos como el tren o la navegación fluvial, para que representen el 50% en 2050; triplicando la red de ferrocarriles de alta velocidad para ese año, y conectando aeropuertos y puertos a las líneas ferroviarias.
- Aumento de la eficiencia del transporte y del uso de la infraestructura con sistemas de información y con incentivos de regulación del mercado. Estableciendo un sistema europeo de información, gestión y pago del transporte multimodal para 2020; reduciendo el número de víctimas en carretera a la mitad para ese mismo año; aplicando el principio de «quien contamina paga», y modernizando la infraestructura del tráfico aéreo en Europa, finalizando la construcción de la Zona Europea Común de Aviación.

Los grandes municipios españoles están haciendo en los últimos años un gran esfuerzo para potenciar el transporte público no contaminante, incluidos los modos ferroviarios, aunque una alternativa cada vez con más adeptos es la bicicleta, una modalidad sostenible apoyada por la gestión municipal en muchas ciudades españolas.

Se trata de sistemas de bicicleta pública, como el implantado en León en 2006 o en ciudades como Valencia y Alicante, que facilitan los desplazamientos por las ciudades en este medio, acompañados de la reserva de carriles bici para que esto sea posible. Una apuesta en la que también destacan Sevilla, San Sebastián y A Coruña, que tienen un 100% de su superficie cubierta con oferta de bicis públicas. ■

# Los números extraordinarios de la Revista del Ministerio de Fomento

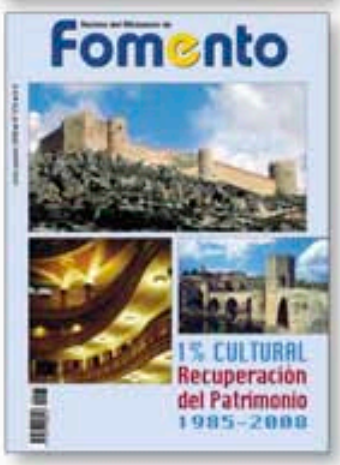
**Ingeniería romana en España.** El sorprendente legado de la ingeniería romana en nuestro país: calzadas, puentes, acueductos... mostrado con más de 300 fotografías e ilustraciones.

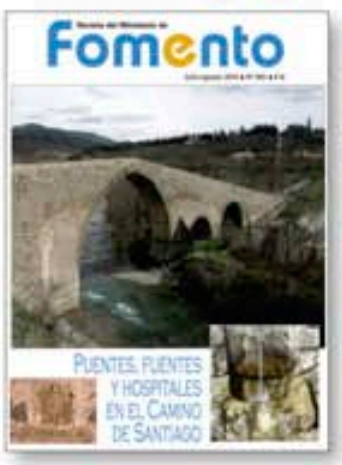



**Oferta: 3 números por 12 €**

**P.V.P EJEMPLAR SUELTO: 6 €**

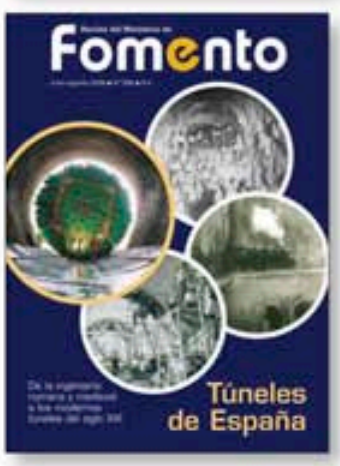
**1% Cultural. Recuperación del Patrimonio. 1985-2008.** La recuperación y puesta en valor de nuestro patrimonio histórico-artístico (catedrales, castillos, teatros, museos, etc.) a través de los programas del Ministerio de Fomento.

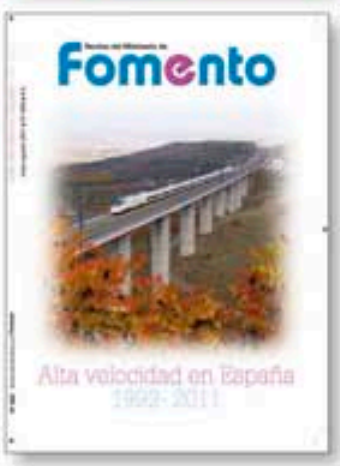



**Puentes, Fuentes y Hospitales en el Camino de Santiago.** Con cerca de mil años de historia, la vía medieval más importante mantiene vigoroso todo su esplendor. Una guía detallada de las pequeñas y grandes obras que la hicieron posible.

**Túneles de España.** Un recorrido por estas singulares obras de ingeniería desde la prehistoria hasta nuestros días.




**Alta velocidad en España 1992-2011.** Una aproximación al modelo que revolucionó el transporte ferroviario. Desde los primeros trenes-bala japoneses a las modernas líneas en construcción.

**Elija 2 números extraordinarios y llévese un tercero de regalo, también a elegir**

NOMBRE Y APELLIDOS ..... N. I. F. .....

DOMICILIO ..... Nº ..... LOCALIDAD .....

PROVINCIA ..... C. P. ..... TELÉFONO ..... PAÍS .....

- ☐ Ingeniería romana en España.
- ☐ 1% Cultural. Recuperación del Patrimonio. 1985-2008.
- ☐ Túneles de España.
- ☐ Puentes, Fuentes y Hospitales en el Camino de Santiago.
- ☐ Alta velocidad en España. 1992-2011.

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal, usted tiene derecho al acceso, cancelación, rectificación y oposición de los datos facilitados mediante solicitud por escrito a : Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. E-mail: cpublic@fomento.es

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE FOMENTO

**Pedidos:** 91 597 61 86. **cpublic@fomento.es** http: **www.fomento.es**
**Revista del Ministerio de Fomento.** Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid.




EL PROYECTO WHITEROADS EXAMINA 55.000 KILÓMETROS DE CARRETERAS EUROPEAS PARA DETERMINAR LOS TRAMOS DE MÁS BAJA SINIESTRALIDAD

# La seguridad como blanco

Beatriz Rodríguez

Si la siniestralidad vial se mide en cifras de víctimas en carretera y en kilómetros de tramos de concentración de accidentes y puntos negros, la seguridad en las vías europeas se mide en kilómetros de *tramos blancos*. Y suman más de 21.000 kilómetros, según las cifras recogidas por el proyecto Whiteroads, que identifica aquellos trechos en los que no se han producido accidentes con víctimas mortales en un periodo mínimo de cinco años. Es el enfoque «en positivo» con el que la Asociación Española de la Carretera y la Federación Europea de Carreteras investigan la seguridad en el transporte.

*El proyecto investiga las características de los tramos blancos o sin accidentes para mejorar la seguridad en las carreteras.*



El proyecto Whiteroads busca introducir nuevos parámetros de referencia en el estudio e investigación de la accidentalidad ya que, en contraposición a los puntos negros o tramos de concentración de accidentes, ha investigado las características de los llamados *tramos blancos*, es decir, aquellos en lo que no se han registrado accidentes con víctimas mortales durante un periodo mínimo de cinco años consecutivos.

El proyecto suma ya casi una década y sus primeros antecedentes se remontan a 2003, cuando la Asociación Española de la Carretera (AEC), en colaboración con el Instituto de Seguridad Vial de la Fundación MAPFRE, comenzó a estudiar tramos de 25 kilómetros de longitud de la red estatal española en los que no se registraban víctimas. Entonces se detectaron 1.868 kilómetros en España que respondían a este modelo.

La versión a escala europea de esta iniciativa, denominada Whiteroads, ha embarcado a la AEC y a la Federación Europea de Carreteras (ERF) en este proyecto por encargo de la Comisión Europea, con un trabajo de campo que comprende la red transeuropea de transporte.

## 20.000 km blancos

Es un trabajo de campo que se ha llevado a cabo en España, Polonia, Letonia, Lituania, Estonia, Rumanía y Bélgica, con el fin de «comprobar las particularidades de los *tramos blancos* y relacionarlas con las características de otros tramos de carreteras en los que se producen accidentes», según recuerda la responsable técnica del proyecto, Elena de la Peña.

Las primeras conclusiones del estudio, que comenzó en abril de 2010 y que finalizará el próximo mes de febrero, indican que en Europa existen 21.519 kilómetros de carretera en los que no se han producido accidentes con víctimas mortales durante un periodo mínimo de cinco años consecutivos. En total, se han detectado 669 tramos de al menos 15 kilómetros que responden a esas condiciones en los 22 países incluidos en el estudio, lo cual supone el 38% de la red transeuropea de carreteras analizada.

Los más de 55.000 kilómetros analizados en busca de las características definidas por Whiteroads corresponden a las redes transeuropeas de carreteras de 22 países: Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Grecia, Holanda, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Polonia, Portugal, Rumanía y Suecia.

La definición final de los



*tramos blancos* europeos está aún en proceso de estudio, de modo que los responsables del proyecto continúan evaluando itinerarios con longitudes superiores a los 15 kilómetros en los que no se hayan registrado víctimas mortales durante al menos cinco años. Pero si se toman como referencia longitudes de 20 kilómetros, la cifra total asciende a 17.057 kilómetros repartidos en 412 tramos. Y para distancias de 25 kilómetros, se han registrado 280 tramos y 14.241 kilómetros.

Tras el recuento de estos primeros datos, los responsables del estudio realizarán el «retrato robot» de las carreteras europeas en las que no se producen muertes por accidente de tráfico. A partir de esa radiografía será posible trasladar sus características al resto de la red y mejorar así las condiciones generales de seguridad de las vías europeas. Porque estos *tramos blancos* cuentan con unos rasgos de diseño, composición de tráfico y equipamiento específicos que son de gran utilidad para comenzar a desarrollar una red viaria más segura.

## Objetivo de Whiteroads

El fin del proyecto Whiteroads es identificar secciones a lo largo de la red transeuropea de carreteras donde no se hayan producido accidentes durante un periodo de tiempo determinado y compararlas con tramos que registren una accidentalidad mayor. El resultado servirá como herramienta para las autoridades nacionales en el diseño, mantenimiento y gestión de su red viaria. Además, entre sus objetivos específicos también se encuentra el de definir de forma definitiva el concepto de *tramo blanco* europeo, una vez analizadas las bases de datos y cifras de accidentalidad de los 27 países europeos.

En ese proceso se toman en consideración numerosos factores, entre otros las condiciones específicas de los usuarios vulnerables de la vía, por lo que el proyecto analiza en detalle los potenciales *tramos blancos* para todo tipo de usuarios, especialmente motociclistas.

Uno de los fines, que a posteriori se configurará como la principal herramienta para re-

## 'TRAMO BLANCO' EUROPEO

La definición del *tramo blanco* europeo, aún en revisión, indica que es aquel de al menos 15, 20 o 25 kilómetros en el que no se han producido accidentes mortales durante al menos los últimos cinco años consecutivos considerados. En los 22 países europeos analizados se encontraron estos *tramos blancos* durante el periodod 2004-2009.

| | Tramos de 15 km | Tramos de 20 km | Tramos de 25 km |
|---|---|---|---|
| Número de *tramos blancos* | 669 | 412 | 280 |
| Total de kilómetros de *carreteras blancas* | 21.519 | 17.052 | 14.241 |
| % de *carreteras blancas* sobre el total de la red transeuropea | 38% | 32% | 27% |

*Fuente: Whiteroads*

*Nota: Los tramos de 25 y de 20 km están incluidos en los tramos de 15 km de longitud, y los de 20 están igualmente incluidos en los tramos de 15 km.*

*La identificación de los 'tramos blancos' servirá como herramienta para el diseño y gestión de la red viaria europea.*

ducir la siniestralidad vial, es la identificación de las características de los *tramos blancos* y, por extensión, de las *carreteras blancas*, aquellas que reúnan más tramos sin accidentalidad. En pos de esa identificación se tienen en cuenta el mayor número de factores posible, desde las condiciones de tráfico del tramo tanto para vehículos ligeros y pesados, como las condiciones meteorológicas, el estado de la señalización horizontal, el mantenimiento del nivel de señalización vertical y el equipamiento de orientación o el estado de las barreras de contención.

Tras la conclusión del proyecto se elaborará una lista comparativa para determinar las características de las *carreteras blancas* en la red transeuropea de transporte.

## España retoma el modelo

Con el estímulo renovado de la filosofía de los *tramos blancos*, la AEC y la Fundación MAPFRE están trabajando en la actualización de los datos que se hicieron públicos en el año 2003. Para ello, se revisará de forma integral la metodología llevada a cabo entonces, y en esta ocasión se incluirán, entre otras novedades, las carreteras de calzadas separadas, unas vías que no fueron analizadas en el anterior estudio.

Al igual que en 2003, la AEC y MAPFRE elaborarán un documento de conclusiones y un informe de recomendaciones de diseño y explotación de infraestructuras viarias siguiendo el enfoque de los *tramos blancos*. Además, se prevé la edición de un mapa de carreteras con todos los *tramos blancos* identificados en la red viaria española. ■








I+D+i

UN PROYECTO EUROPEO TRAZA LAS LÍNEAS MAESTRAS DE LOS SERVICIOS URBANOS DE TRANSPORTE DE VIAJEROS PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS

# Autobuses de futuro

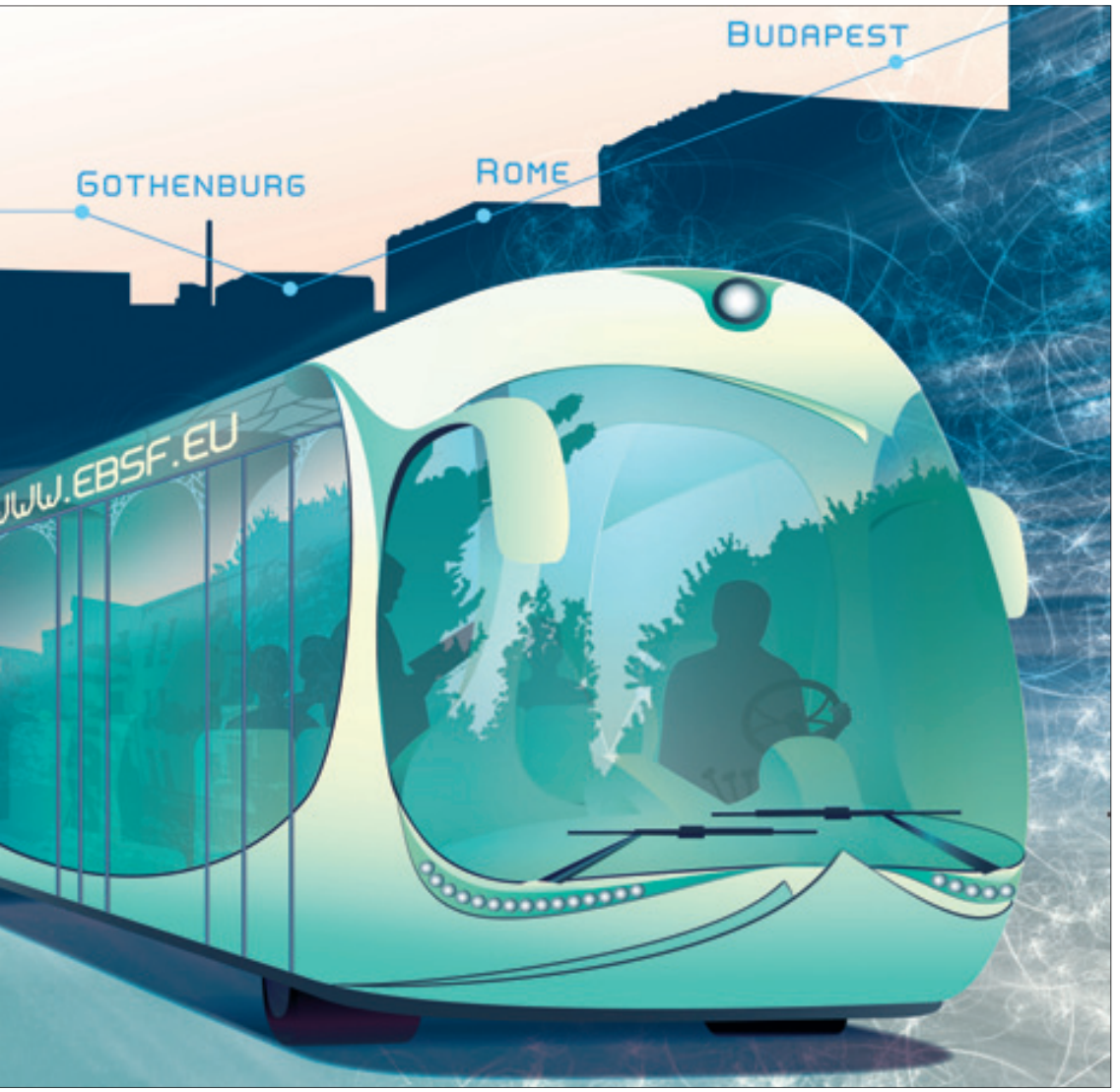





*El autobús del futuro combinará la comodidad, la amplitud y la inteligencia artificial con la mejor accesibilidad.*

JAIME ARRUZ FOTOS: EBSF

Interiores más amplios y modulables, accesos más sencillos, nuevas tecnologías al servicio del viajero e infraestructuras inteligentes. Estas son algunas de las características que tendrán los autobuses en las próximas décadas según las conclusiones del proyecto Sistema de Autobuses Europeos del Futuro (*European Buses System Future* o EBSF)-.




Esta iniciativa, coordinada por la Unión Internacional de Transporte Público (UITP) y en la que participa el Centro de Investigación del Transporte de la Universidad Politécnica de Madrid (TRANSyT-UPM), entre otras entidades españolas, tiene como objetivo principal hacer más atractivo este tipo de transporte público en la ciudades mediante la aplicación de las nuevas tecnologías tanto a los vehículos como a las infraestructuras.

Financiado por el VII Programa Marco de la Unión Europea, el proyecto cuenta con la participación de 50 entidades públicas y privadas de 11 países europeos. Ha concluido recientemente tras cuatro años de trabajo, con una inversión de 26 M€, en los que operadores de transporte público, asociaciones nacionales e internacionales de transporte público, autoridades locales, fabricantes de autobuses y centros de investigación o consultoría han colaborado para mejorar la imagen de los sistemas de comunicación urbana y suburbana mediante autobuses en Europa.



TRNASyT/EBSF Consortium

*Interior del autobús participante en el ensayo de Budapest.*

## Nueva apuesta

Para ello han apostado por un sistema inteligente de vehículos e infraestructuras que se integra en mejores circunstancias que las actuales en los entornos urbanos. Con ese fin han organizado una serie de pruebas piloto en siete ciudades del continente: Madrid (España), Bremerhaven (Alemania), Budapest (Hungría), Roma (Italia), Goteborg (Suecia) y Rouen y Brunoy (Francia). En esta iniciativa ha sido básico el apoyo prestado por los cinco principales fabricantes europeos de autobuses: Evobus/Mercedes-Benz, Irisbus Iveco, MAN, Scania y Volvo.

Los fines teóricos planteados en el año 2008, cuando arrancó el proyecto, eran la definición de un sistema de autobuses innovador, diseño avanzado de vehículos, infraestructura y explotación de los mismos, el fortalecimiento de la competitividad de los fabricantes europeos de autobuses, el fomento de la investigación y el desarrollo europeo para las redes de autobuses urbanos y el establecimiento de un marco para la armonización y normalización de las soluciones del EBSF.

El proyecto EBSF aborda uno de los aspectos más revolucionarios en el sector del automóvil, los vehículos sin conductor. Aunque de momento parece pronto para que se pueda aplicar en el transpor-




*Parada de autobús de París (arriba) y autobús articulado de Goteborg (debajo), dos de los elementos ensayados en las pruebas piloto.*

te colectivo de viajeros, ya hay iniciativas que han mostrado la viabilidad de la idea, como es el caso del Transporte en Vía Reservada de Castellón (TVRC), rebautizado como TRAM, que desde 2008 presta servicio a los ciudadanos de la capital levantina mediante un autobús híbrido que circula en una plataforma reservada. El vehículo dispone de un sistema de guiado óptico que permite la conducción automatizada sin conductor, aunque por ahora circula con él. El guiado óptico también permite que el espacio entre la parada y el vehículo sea mínimo, aumentando así la accesibilidad.

Otras propuestas para aplicar en los autobuses urbanos del futuro son el servicio de información en tiempo real sobre la ruta y las incidencias que puedan surgir, las paradas y plataformas de acceso específicamente habilitadas para personas con algún tipo de discapacidad o la posibilidad de llevar bicicletas en los vehículos con espaciosos reservados para ello. Además, se apostará por autobuses diseñados teniendo en cuenta aún más que hoy valores como la seguridad, la visibilidad mediante mayores superficies acristaladas y mejor iluminación. También se busca lograr una mayor comodidad a través de espacios más amplios que favorezcan los movimientos de los pasajeros en el interior del vehículo, o haciendo más ágil el acceso mediante billetes y títulos de transporte sin contacto.

También se apuesta por autobuses con más puertas, como los de las experiencias piloto de Goteborg (4) y Budapest (5), que facilitan el acceso y reducen el tiempo de subida y bajada en un 10 o un 15%. Ello redunda en una disminución del tiempo de espera en las paradas al hacer más ágil el servicio. Todo ello permitirá lograr un transporte público urbano de autobuses más rápido, eficaz y cómodo.

## Beneficiarios

El viajero no será el único beneficiado por los futuros vehículos e infraestructuras. Así,



## Madrid, caso práctico

Una de las siete ciudades que formaron parte de la iniciativa para trazar las líneas maestras de un buen futuro servicio de autobuses fue Madrid, que acogió una serie de iniciativas en seis líneas de autobuses interurbanos que circulan entre Majadahonda y el intercambiador de transportes de Moncloa, al noroeste de la capital. Así, 30 vehículos y seis paradas para viajeros fueron dotados con un sistema para dar información en tiempo real a los usuarios sobre el tiempo de espera o las condiciones del tráfico a través de varios medios tecnológicos como una página web, mensajes cortos SMS o conexión Bluetooth de teléfonos móviles.

Conocida de antemano, esta información en tiempo real permite al viajero elegir el modo de transporte más adecuado a las circunstancias del momento en función de las condiciones del tráfico, el tiempo de viaje previsto y los intervalos de espera en las paradas. La Empresa Municipal de Transportes (EMT) de Madrid ofrece desde hace unos años un servicio a través de Internet y SMS para conocer el tiempo de espera hasta que pase el siguiente autobús. Es una de las medidas encaminadas a mejorar el servicio al usuario, como la implantación de los títulos de transporte sin contacto que comenzaron a funcionar hace unos meses y se extenderán paulatinamente a toda la red de transporte público –metro, autobuses y Cercanías– de Madrid.



Ayuntamiento de Castellón



TRNASyT/EBSF Consortium

*Arriba, TRAM de Castellón, autobús con guía óptica que permite la conducción automatizada sin conductor. Debajo, espacio mínimo entre el bordillo y un autobús de Rouen.*

los conductores gozarán de una cabina más confortable y ergonómica. Diversas grabaciones en vídeo y la recreación de una maqueta que ha sido probada por los conductores de autobuses de diversas ciudades europeas, combinadas con entrevistas a los chóferes, se plasmarán en un conjunto de directrices europeas para el diseño ergonómico del puesto de trabajo de los conductores de autobús.

El medio ambiente también se verá afectado positivamente por la implantación de estas medidas de mejora de los servicios de autobuses urbanos porque los vehículos serán más eficientes en lo que al consumo se refiere y se moverán gracias a combustibles más limpios Así, se incrementará la apuesta por fuentes de energía como el gas natural y el biodiesel. Esto se complementará con una mayor formación de los conductores en técnicas de conducción eficiente.

Las conclusiones del proyecto Sistema de Autobuses Europeos del Futuro, responsabilidad del Centro de Investigación del Transporte de la Universidad Politécnica de Madrid (TRANSyT-UPM), han permitido comprobar que, en los siete casos de estudio (las siete ciudades europeas antes citadas, donde se llevó a cabo la prueba piloto), la mayoría de las actuaciones implementadas han resultado exitosas y han recibido una valoración muy positiva por parte de los viajeros. Éstos han llegado a afirmar que el servicio había mejorado un 35%, sobresaliendo entre las más valoradas aquellas medidas encaminadas a incrementar la calidad del servicio y a facilitar el acceso para personas con discapacidad. ■



Locomotora de vapor de origen estadounidense en los ferrocarriles cubanos.

175 AÑOS DEL FERROCARRIL LA HABANA-GÜINES

# De Cuba llegó el primer tren

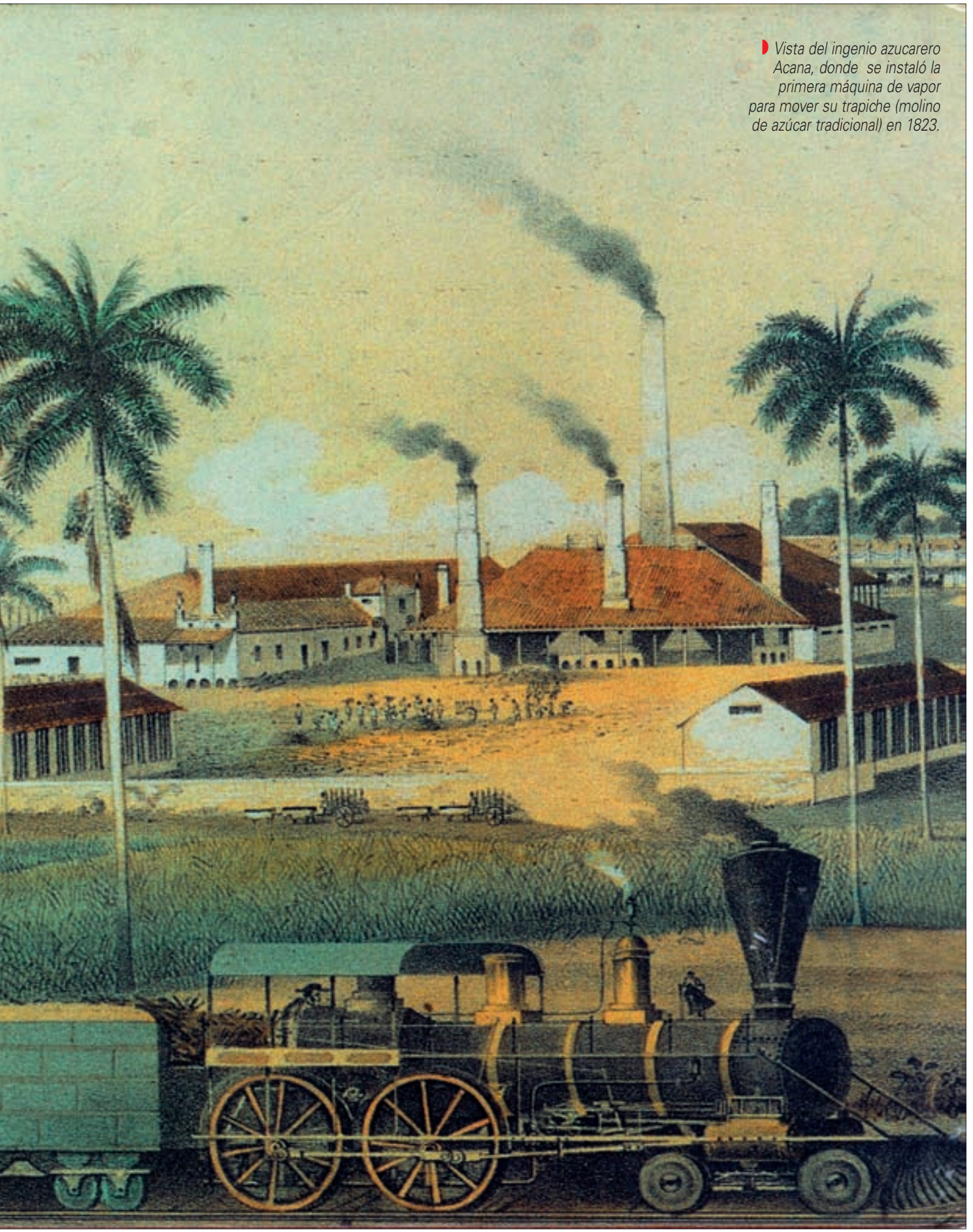
R. F.

Un 19 de noviembre de 1837 arrancaba frente a las murallas de La Habana el primer tren en suelo hispanoamericano. Por entonces, Cuba aún era una colonia española, pero la pujanza económica de la isla hizo posible que la implantación del nuevo medio de transporte tuviera lugar en un tiempo récord, anticipándose en once años a la entrada en servicio de la primera línea (Barcelona-Mataró) levantada en suelo peninsular.

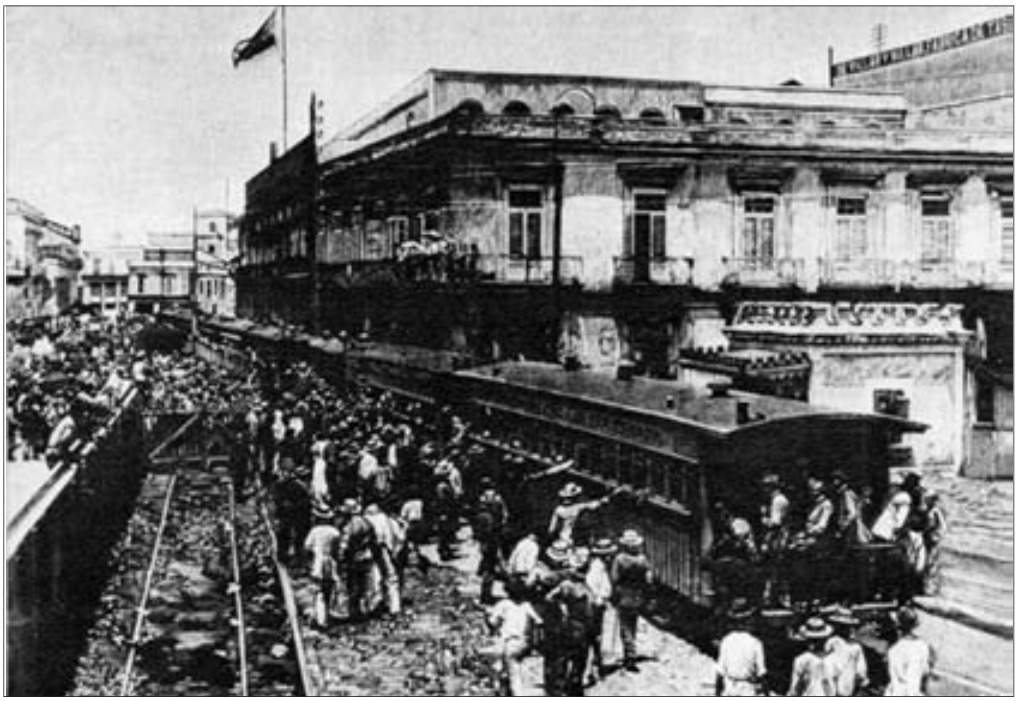
En España hacía apenas ocho meses que se había aprobado una nueva Constitución que restauraba y reforzaba las libertades ciudadanas que inspiraron la de Cádiz de 1812 , bajo la regencia de María Cristina, madre de Isabel II, aún menor de edad. Por entonces, el frente de la primera guerra carlista había comenzado a estabilizarse más allá de las orillas del Ebro, aunque esporádicas acciones guerrilleras acometidas

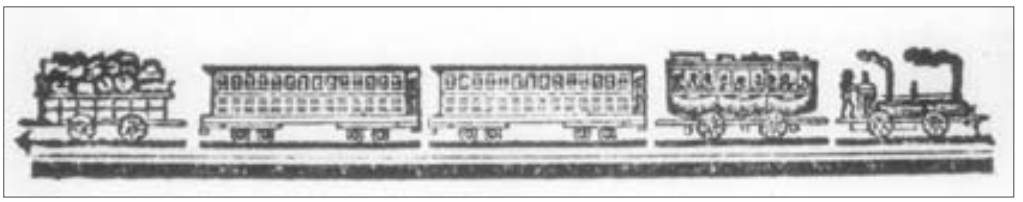


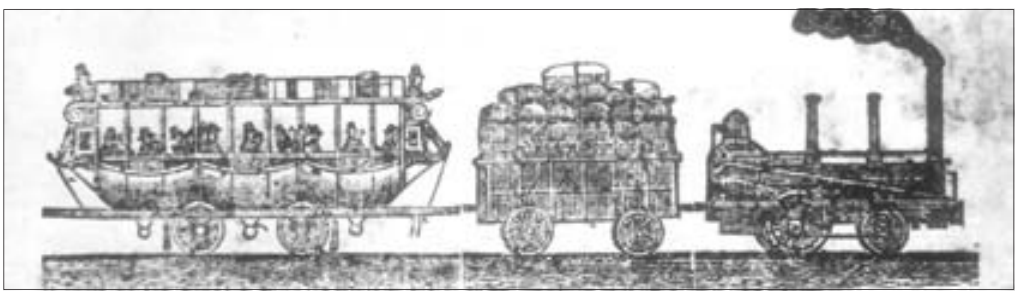


*Vista del ingenio azucarero Acana, donde se instaló la primera máquina de vapor para mover su trapiche (molino de azúcar tradicional) en 1823.*









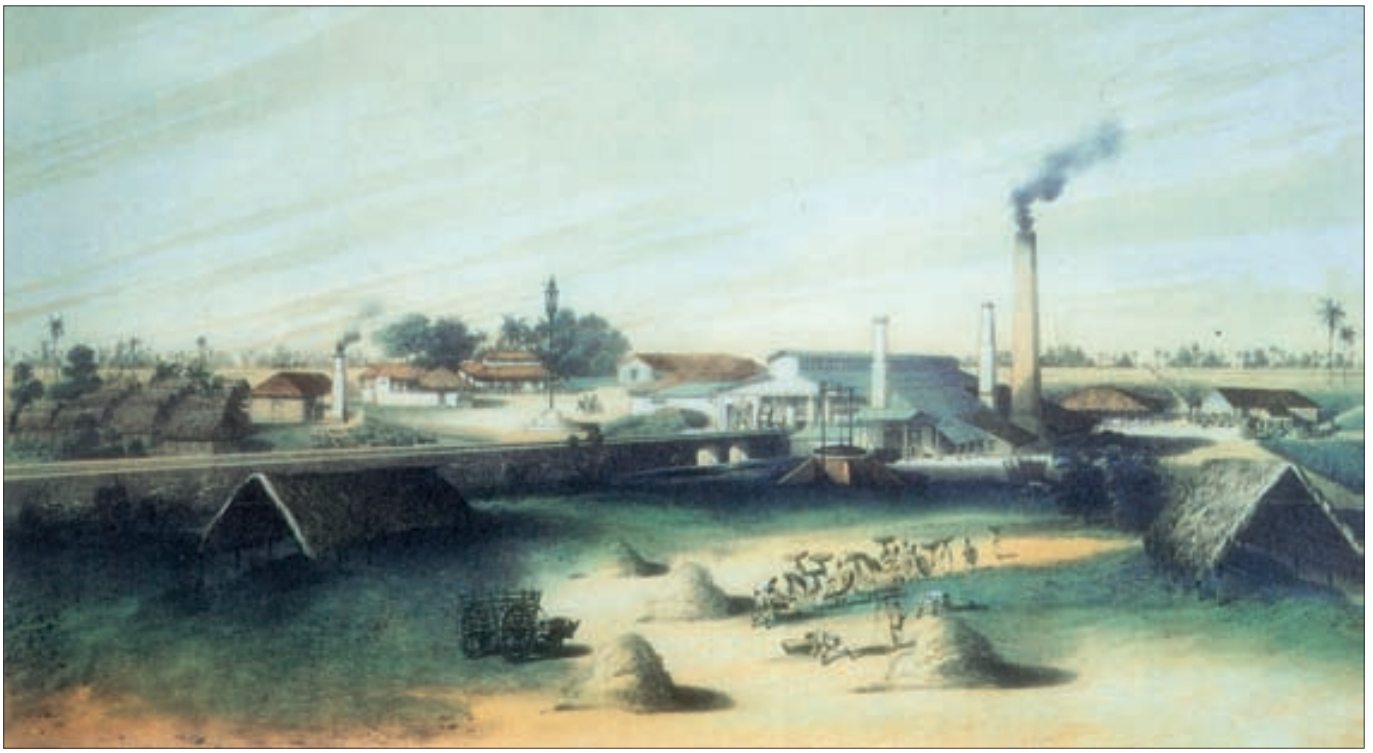
*De arriba abajo, entrada de un convoy en La Habana, dibujos de composiciones de tren con distintos tipos de locomotoras y trabajadores del tramo La Habana-Bejucal.*

por los partidarios del infante Carlos María de Borbón, y su posterior represión por las tropas gubernamentales, podían mantener viva la atrocidad del conflicto en casi cualquier punto del país.

Esa inestabilidad política, con sus inevitables secuelas de inseguridad económica y financiera, demoraba en la Península los intentos para poner en marcha la construcción de las primeras líneas de ferrocarril, el novedoso medio de transporte que desde 1830 unía las ciudades de Manchester y Liverpool, en Inglaterra, y que al otro lado del Atlántico, en los Estados Unidos, sumaba ya más de 1.700 km de tramos construidos.

## Primeros pasos

En Cuba, aún colonia española, la necesidad de mejorar los caminos y rutas interiores de transporte se hizo apremiante tras las revueltas de braceros negros en la vecina Haití, que ocasionaron una cada vez mayor demanda del azúcar cubano. Como consecuencia, el proyecto de unir las principales plantaciones del interior con el puerto de La Habana mediante línea férrea suscitó un pronto interés por parte de las autoridades locales y los productores de caña. La Sociedad Económica de Amigos del País de la isla promoverá los primeros informes favorables a la construcción del ferrocarril y el superintendente de La Habana, a través de la embajada española en Washington, encargará en los Estados Unidos los primeros estudios técnicos y de costes.



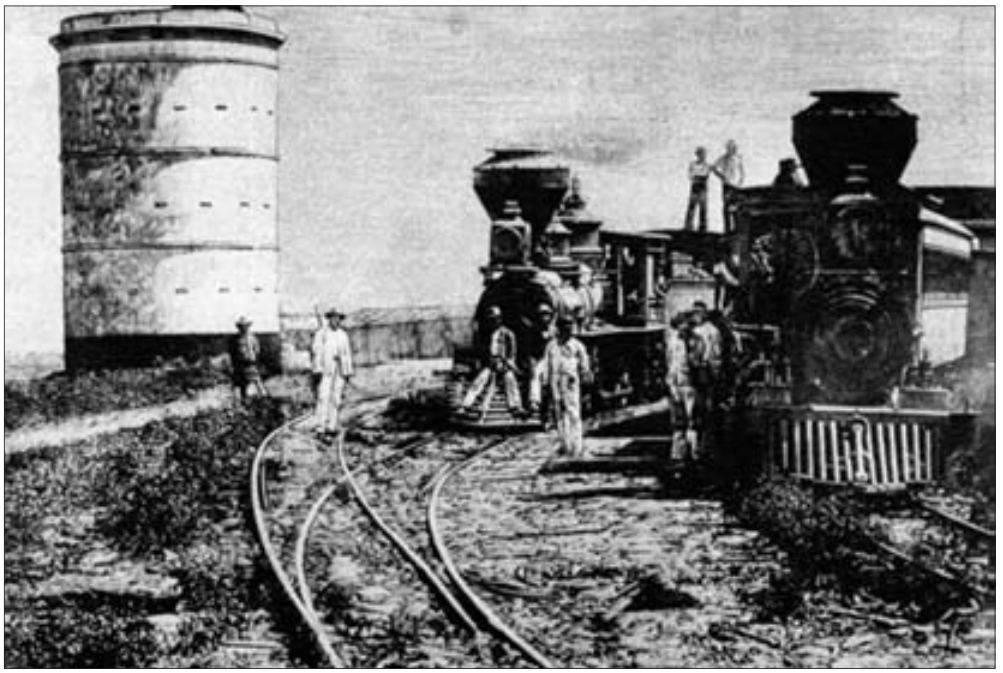
*El ferrocarril surgió en Cuba para unir las plantaciones de caña con el puerto de La Habana. Arriba, grabado del ingenio azucarero La Amistad.*

En 1833, el secretario de la Junta de Fomento de Agricultura y Comercio presenta ya ante sus miembros el primer estudio económico detallado para la construcción de un camino de hierro entre La Habana y la villa de Güines. Al tiempo que se avanza en las gestiones para conseguir los créditos necesarios, se ponen en marcha los primeros estudios de trazado, para los que se contrata al ingeniero norteamericano Benjamin H. Wright, quien en colaboración con el coronel Manuel Pastor presentaría un primer informe en enero de 1834. Unos meses después, a través del conde de Toreno, ministro de Hacienda, los comisionados de la isla obtienen autorización de la Corona para negociar en Inglaterra un préstamo de unos dos millones de pesos con hipoteca sobre las rentas de la Junta de Fomento y los rendimientos del ya proyectado camino de hierro La Habana-Güines.

En 1835 comienzan a desarrollarse los primeros trabajos, dirigidos por los ingenieros norteamericanos Benjamin Wright y Alfred Cruger. La construcción de la línea hubo de salvar toda suerte de obstáculos. El primero de ellos fue la búsqueda de mano de obra especializada, que se subsanó reclutando trabajadores procedentes de Irlanda, Estados Unidos y de las Islas Canarias –se contrataron unos 927 jornaleros canarios, de los que perecieron 156 durante los más de tres años de obras, fundamentalmente a causa de las fiebres contraídas en las ciénagas y pantanos por las que discurría el trazado-. Para los trabajos más pesados se recurrió a presidiarios y esclavos de la Junta. A esa dificultad se sumó el rápido incremento de los costes, fundamentalmente el gran encarecimiento del mineral de hierro, lo que provocó que en pocos meses se superaran las previsiones de inversión. Y a todo ello se añadió también el retraso a causa de la indefinición del trazado en el casco urbano de La Habana y de la ubicación definitiva de la terminal, cuyas diferentes alternativas afectaban a calles y edificios, algunos de carácter militar. A fin de conciliar los distintos intereses en conflicto, a instancias del gobierno de Madrid se constituyó una Junta con representación de todas las partes afectadas. La Junta resolvió que el emplazamiento de la estación, talleres y almacenes estuviera en un punto lo más cercano posible a los muelles, en la




*Acción de la Compañía del Ferro-Carril de Guantánamo.*




REAL JUNTA DE FOMENTO.

CAMINO DE HIERRO.

TARIFA

*Trenes en La Habana junto a un silo para almacenar caña de azúcar. Derecha, cuadro con las tarifas para distintos tipos de carga en el tren.*

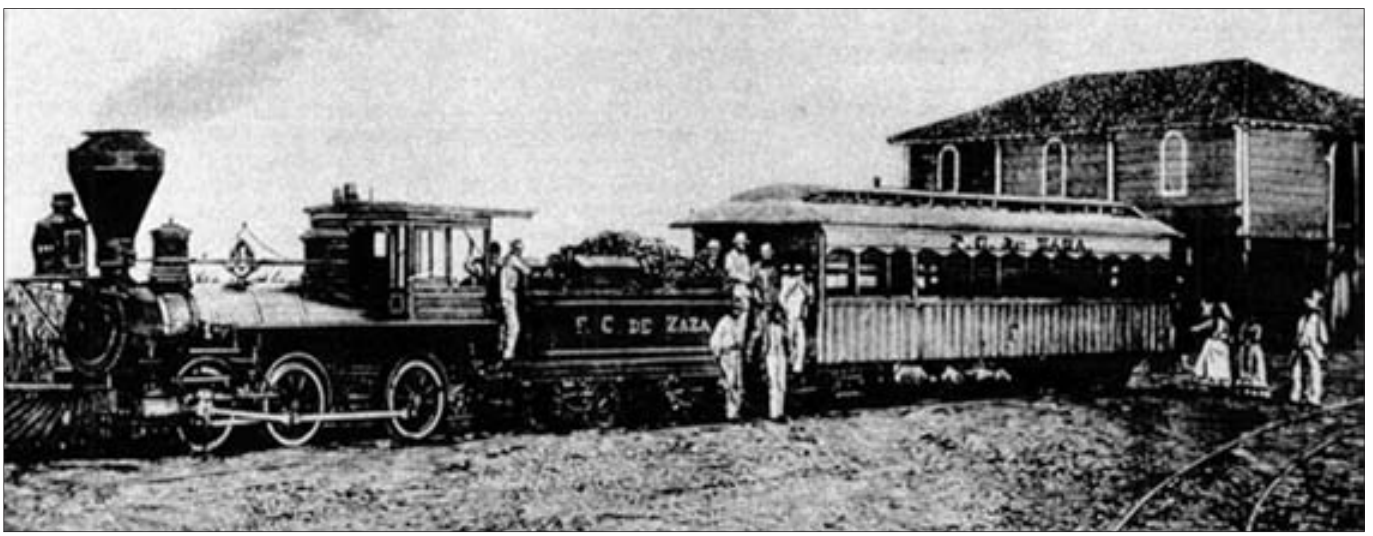
llamada Quinta Garcín, lo que se traducía también en un importante incremento de costes.

## Tramo final

Mientras se decidía el paso del ferrocarril por la capital, se avanzaba en la construcción de la línea entre las afueras de La Habana y Bejucal, de modo que finalmente, el 19 de noviembre de 1837, coincidiendo con el cumpleaños de la reina Isabel II, aún menor de edad, se inauguró un primer tramo de unos 25 km entre Garciny y Bejucal. Con posterioridad, un año más tarde, y en la misma fecha de la onomástica real, se completaba el trazado hasta Güines. En el verano de 1839, resuelto el emplazamiento definitivo de la estación de La Habana en los terrenos del Jardín Botánico, se completaban los casi 80 km de la que sería la octava línea férrea del mundo y la primera de España, si bien en los antiguos territorios de Ultramar.

Las primeras locomotoras que se adquirieron procedían de Inglaterra, aunque pronto fueron devueltas siguiendo indicaciones del ingeniero Cruger, que las consideraba muy pesadas y poco aptas para el trazado. En su lugar se pusieron en servicio locomotoras Baldwin estadounidenses y se comenzó también a contratar a maquinistas de ese país en sustitución de los ingleses. En la línea circulaban cuatro trenes diarios, dos de viajeros y otros dos de mercancías, estos últimos podían comprender hasta 30 vagones con una capacidad de carga cercana a las 70 toneladas.

Durante el primer año de explotación completa de la línea, los ingresos rondaron los 300.000 pesos, cantidad estimable pero insuficiente para hacerla rentable. A causa de esas dificultades económicas prosperó la idea de privatizarla e incorporar nuevos ramales que incrementaran los tráficos, especialmente desde la zona de Vuelta Abajo. Autorizada esa operación por la Corona, una sociedad constituida esencialmente por los principales terratenientes de la isla adquirió el ferrocarril en marzo de 1842 por el precio de unos tres millones y medio de pesos. ■




*El material original del ferrocarril La Habana-Güines era británico, aunque rápidamente fue sustituido por locomotoras norteamericanas.*




ACS

ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS

# Un grupo líder mundial en el desarrollo de infraestructuras

ferrovial agroman

# FERROVIAL AGROMÁN con el AVE Barcelona-Frontera Francesa

Llevamos años abriendo nuevas vías de futuro, como el AVE que une Barcelona con Gerona-Figueras y la Frontera francesa, en el cual Ferrovial Agromán ha realizado varias obras de infraestructura y superestructura de vía. En concreto, la obra del montaje de 12,5 km de la doble vía Sagrera-Mollet; la plataforma y las vías del tramo Mollet-Montornés y la Estación de Montmeló; la plataforma Riells-Massanes y la Base de montaje y mantenimiento de San Feliu de Buixalleu. En la actualidad estamos ejecutando las obras de los accesos a la Estación de La Sagrera.

Porque creemos en conectar lugares y personas, porque avanzamos hacia el progreso.



ferrovial agroman

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

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

Título de la obra: ***Revista del Ministerio de Fomento, nº 624, Enero 2013***

Año de edición: ***Febreo 2013***

Edición digital:
1ªedición electrónica: ***Septiembre 2013***
Formato: ***PDF***
Tamaño: ***13,50 MB***

NIPO: 161-13-004-6
I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA incluido): 1,50 €

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

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



Revista del Ministerio de
Fomento

Febrero 2013 ● Nº 625 ● 3 €



# La alta velocidad se acerca a Alicante

● Tercer carril en la Ronda Norte de Zaragoza ● El puerto de Vilagarcía amplía instalaciones ● Nace el Fondo Social de Vivienda

VIAS +34 91 417 98 00
eieca +34 91 555 03 54
CONTINENTAL RAIL +34 91 598 07 73
CONSTRU-RAIL +34 91 598 07 70
SICSA RAIL TRANSPORT +34 96 331 94 30
ELECTREN +34 91 554 82 07
R&C Roura & Cevasa +34 91 456 19 90

GRUPO VIAS

I+D+i

LA INVESTIGACIÓN,
EL DESARROLLO Y
LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA,
SON NUESTRO MOTOR DE
EVOLUCIÓN Y PROGRESO.



MÁS DE 80 AÑOS CONSTRUYENDO

FERROCARRILES,
CARRETERAS, AEROPUERTOS,
OBRAS HIDRÁULICAS Y
MEDIOAMBIENTALES,
EDIFICACIÓN, OBRAS
INDUSTRIALES, GASODUCTOS,
TRANSPORTE FERROVIARIO Y
LOGÍSTICA E IMAGEN
CORPORATIVA.

OFICINA CENTRAL
C/ Orense nº 11
E. 28020 MADRID
Tel: +34 91 417 98 00

VIAS www.vias.es

**OPTIRAIL:**
Desarrollo de un sistema inteligente basado en el conocimiento para el apoyo a la toma de decisiones en el mantenimiento de infraestructuras en los corredores ferroviarios europeos.

www.optirail.eu

LÍDER DEL CONSORCIO VIAS

SOCIOS adif CARTIF EVOLEO SINTEF mermec

Revista del Ministerio de Fomento

# En este número

FEBRERO 2013
Nº 625



Febrero 2013 • Nº 625 • 3 €

**La alta velocidad se acerca a Alicante**

Tercer carril en la Ronda Norte de Zaragoza · El puerto de Vilagarcía amplía instalaciones · Nace el Fondo Social de Vivienda



Avant

## FERROCARRIL

**4. En la cuenta atrás.** *La construcción del tramo de alta velocidad Albacete-Alicante afronta su fase final.*

## CARRETERAS

**12. Capacidad ampliada.** *Implantación del tercer carril y vías colectoras en la Ronda Norte de Zaragoza.*

## PUERTOS

**20. Nuevos horizontes.** *El puerto de Vilagarcía amplía sus instalaciones.*

## VIVIENDA

**26. Hay alternativa al desalojo.** *Nace el Fondo Social de Viviendas de Alquiler.*



DCE Aragón



AP Vilagarcía

## Y además...

**32. Innovador y multidisciplinar.** *Centro de Tecnologías Ferroviarias de Adif.*

**38. Referente para la competitividad.** *Observatorio Permanente del mercado de los Servicios Portuarios.*

**44. Las ventajas de optimizar.** *Proyecto Doris para reducir el consumo de combustible en aviación.*

**48. Un viejo tren con mucho futuro.** *El «Topo» cumple cien años.*

**55. Breves.**

**56. Joya del modernismo catalán.** *La Pedrera cumple un siglo de historia.*

**64. Libros.**

**Director de la Revista:** Antonio Recuero

**Edición:** Javier R. Ventosa. **Maquetación:** J. A. Laiz. **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Fotografía:** José Caballero. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti. **Portada:** Adif.
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
**Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos)
**Colaboran en este número:** Jesús Ávila Granados, Pepa Martín, Begoña Olabarrieta y Julia Sola Landero.
**Comité de redacción: Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín *(Subsecretario de Fomento).* **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez *(Secretario General Técnico).* **Vocales:**, María García Capa *(Directora del Gabinete de Prensa),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Eloísa Contín Trillo-Figueroa *(Jefa del Gabinete del Subsecretario),* Juan Antonio López Aragón (*Director del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Pedro Guillén Marina *(Director del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director de la Revista).*
**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O'Donnell, 18, 5º H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPO: 161-13-005-1

**Edita:**
Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

FOMENTO

# tienda virtual
## www.fomento.es




Estos títulos y todos los de nuestro catálogo puede adquirirlos en nuestra tienda virtual

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

# 2013

# Mapa Oficial de Carreteras®

## ESPAÑA

**Incluye:**

- ***Cartografía*** *(E. 1:300.000 y 1:1.000.000)*
- ***DVD interactivo***
  *(Windows XP, Vista y 7)*
- ***Caminos de Santiago en España***
- ***Alojamientos rurales***
- ***Guía de playas de España***

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO




**También en el DVD:**

*974 Espacios Naturales Protegidos*
*152 Rutas Turísticas*
*97 Vías Verdes*

**actualizable vía web**

**Edición 48**
*PVP: 22,40 €*

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA | CENTRO DE PUBLICACIONES



LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO DE ALTA VELOCIDAD ALBACETE-ALICANTE AFRONTA SU FASE FINAL

# En la cuenta atrás



Adif



Caballero

*Infraestructura finalizada en el tramo Caudete-Alicante y ejecución de andenes en Alicante, dos realidades de la misma obra.*

JAVIER R. VENTOSA

El tramo Albacete-Alicante del Corredor de Levante de alta velocidad, que activará la relación Madrid-Alicante con trenes AVE, afronta a buen ritmo sus últimas etapas constructivas con la mirada puesta en el próximo mes de junio, cuando el Ministerio de Fomento tiene prevista su entrada en servicio. En los meses de cuenta atrás que restan, Adif prevé culminar los trabajos pendientes y desarrollar las pruebas con trenes a lo largo de los 162 kilómetros del trazado con objeto de llevar el AVE a su segundo gran destino de la Comunidad Valenciana.

El Corredor de Levante, o línea Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia, la gran infraestructura de 955 kilómetros que extenderá la alta velocidad entre el centro y el este peninsular, llegó a Cuenca, Albacete y Valencia en diciembre de 2010 y



en junio próximo, de no mediar imprevistos técnicos, alcanzará su segundo destino mediterráneo, Alicante. Con ese objetivo, Adif desarrolla actualmente la fase final de los trabajos del tramo Albacete-Alicante, de 165 kilómetros. Compartiendo ese objetivo, en el origen del corredor se duplican las vías entre Atocha y Torrejón de Velasco (34,1 km), actuación destinada, entre otras, a dar respuesta al aumento de circulaciones hacia/desde Madrid previsto con la llegada de la alta velocidad a Alicante y Murcia.

Y es que la puesta en servicio del nuevo tramo Albacete-Alicante no solo ampliará el kilometraje operativo del Corredor de Levante y contribuirá a la vertebración territorial y cohesión social de las comunidades que atraviesa, añadiendo dos nuevos destinos (Villena y Alicante) a la lista de ciudades con conexión AVE. También activará la relación Madrid-Alicante, línea de un enorme potencial ya que enlazará el centro peninsular con un destino turístico de primer orden en poco más de dos horas. De hecho, la actual línea Madrid-Alicante (con trenes S 130) ya figura entre las de mayor demanda de Renfe (más de un millón de pasajeros en 2011).



Adif

*Plataforma con la superestructura instalada en Villena. Izda., el montaje de vía en el tramo entre Almansa y Caudete/La Encina, último en ser adjudicado, concluyó en febrero.*

Con los beneficios de mayor rapidez, seguridad y eficacia que aportará la alta velocidad, unido a la rebaja de precios prevista por Fomento para el AVE, se espera que esta línea de 486 kilómetros sea una de las más rentables de la red de alta velocidad española.

El Ministerio de Fomento tiene entre sus prioridades la finalización del tramo Albacete-Alicante, cuya inversión prevista alcanza los 1.900 M€. La apuesta por la rama alicantina del Corredor de Levante se ha concretado en los últimos años en un ritmo inversor sostenido y en la agilización de las actuaciones más atrasadas o complejas. Con este impulso, a principios de 2013, ya con todas las actuaciones contratadas, la obra presenta un nivel de ejecución muy avanzado: la infraestructura está casi concluida, los trabajos de superestructura en plena recta final y los primeros trenes de pruebas circulan ya en algunos tramos. Es este alto grado de ejecución lo que ha definido el calendario para la inauguración, fijada por la ministra de Fomento para antes de las fiestas de San Juan (24 de junio).

Las actuaciones que se llevan a cabo en los tres grandes tramos en que se divide el trazado entre Albacete y Alicante (Albacete-Almansa, Almansa-La Encina y La Encina-Alicante), son, desglosados según tipología, las siguientes:

## Plataforma

Las obras de plataforma, consistentes en la implantación sobre el terreno de una traza de 14 metros de ancho que albergará la doble vía



Adif

UIC, así como la ejecución de las estructuras (túneles, viaductos), han finalizado en todo el trazado, salvo en un punto: el acceso a Alicante, que se compatibiliza con los trabajos de superestructura. Su construcción, con una inversión superior a 800 M€, se inició en 2004 y 2005 en la provincia de Alicante y se extendió en 2008 a la de Albacete, concluyendo –salvo la excepción mencionada– a finales del pasado verano. A lo largo del trazado se han construido 27 viaductos y cuatro túneles, tres puestos de estacionamiento y adelantamiento de trenes (Chinchilla, Bonete y Monforte) y otros tres de banalización (Albacete, Las Chozas y Caudete).

Entre Albacete y el Nudo de la Encina (89,1 km), la plataforma de ancho UIC por donde circularán los trenes AVE a 300 km/h es el resultado de tres actuaciones en tres tramos consecutivos. En primer lugar, la adecuación a la alta velocidad de la plataforma convencional existente entre Albacete y la Variante de Alpera (41,4 km, concluida en septiembre de 2012). En segundo lugar, el aprovechamiento de la Variante de Alpera (23,3 km), en servicio desde 2006 y construida con geometría de alta velocidad, que solo ha requerido cambiar el ancho de vía al disponer de traviesas polivalentes. Para mantener el tráfico en estos tramos, en una fase previa se ejecutó una variante convencional de nueva construcción entre Albacete y Bonete y se reconstruyó la antigua traza en la Variante de Alpera. Y en tercer lugar, la ejecución de una nueva plataforma UIC de 24,4 kilómetros que se separa de la vía convencional, denominada Variante de Almansa. La obra de plataforma de esta variante, que discurre por un altiplano, finalizó por completo en junio.



Avant

*Boca del cajón soterrado en Alicante, estructura ya construida y actualmente en fase de equipamiento interior.*

En el Nudo de la Encina (25,6 km), punto de bifurcación y confluencia de las líneas que conectan entre sí Madrid/Albacete, Valencia y Alicante/Murcia, en marzo de 2012 finalizaron las obras de la nueva plataforma de la rama directa que conectará Madrid/Albacete con Alicante/Murcia (9,45 km), la única del nudo necesaria para activar la relación Madrid-Alicante, mientras que las otras dos ramas deberán estar finalizadas completamente al término de 2013. Una vez concluida la fase I de la plataforma de ancho UIC se continuará con la fase II, consistente en el desvío de la línea convencional para mejorar el paso por el túnel de la Enci-



Avant

*El cajón soterrado en Alicante se sitúa en paralelo a las vías que conducen a la estación de Alicante Término.*

na. Esta segunda fase tiene el proyecto aprobado.

Por último, en el tramo final, entre La Encina y Alicante (72,6 km), que se desarrolla casi íntegramente en la provincia de Alicante, las obras de plataforma, las primeras del trazado en ser adjudicadas, también fueron las primeras en concluir. Actualmente están finalizados nueve de los 10 subtramos del tramo y se trabaja en el último, la fase II (sección norte) de accesos a Alicante. La solución proyectada para el acceso a la ciudad consiste en un cajón ferroviario soterrado de 1,4 kilómetros de longitud que albergará el tráfico ferroviario (alta velocidad, Larga y Media Distancia, Cercanías) en su trazado en el entramado urbano, hasta alcanzar los andenes, que estarán en superficie, de forma similar al caso de Málaga.

## Estado del Corredor de Levante

La línea Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia o Corredor de Levante constituye el eje sobre el que se vertebrarán las conexiones de alta velocidad entre el sureste peninsular y la meseta central. Esta infraestructura será un motor para la dinamización económica y la vertebración territorial de las cuatro comunidades autónomas por donde discurre, en las que reside el 26% de la población española. La inversión prevista en su construcción, encomendada por el Ministerio de Fomento a Adif, es de 12.410 M€, de los que algo más de la mitad (6.600 M€) se han destinado a los tramos ya en servicio. Varios tramos de este eje, sobre todo los paralelos al litoral, se encuadran también en el Corredor Mediterráneo.

En la actualidad, el Corredor de Levante, de 955,4 kilómetros de longitud, tiene el 86% de su trazado en servicio o en ejecución y el resto en fase de proyecto o en estudio informativo. En concreto, 437,7 kilómetros se encuentran en servicio para la alta velocidad (los tramos Torrejón de Velasco-Valencia/Albacete, abiertos en diciembre de 2010) y otros 381,3 están en fase de obras (Cabecera Sur de Atocha-Torrejón de Velasco, Albacete-La Encina-Valencia, La Encina-Alicante y Monforte del Cid-Murcia). De estos últimos, 44,1 kilómetros se encuentran en servicio provisionalmente en ancho convencional y necesitan actuaciones posteriores en ancho UIC (tramos La Encina-Xátiva y accesos a Murcia). Cuando el próximo junio se inaugure el tramo Albacete-Alicante, de 162 kilómetros, los trenes de alta velocidad ya podrán circular por casi 600 kilómetros del trazado total del Corredor (cerca del 63%).

Del resto del trazado, 80,5 kilómetros se encuentran en fase de proyecto (Valencia-Castellón, Red Arterial Ferroviaria de Murcia y Red Arterial Ferroviaria de Valencia) y 55,9 kilómetros atraviesan la fase de estudio informativo (Murcia-Cartagena, incluida la Red Arterial Ferroviaria de Cartagena). Recientemente, el Ministerio de Fomento ha anunciado la implantación del ancho UIC en el Corredor Mediterráneo, incluido el tramo Valencia-Castellón (ya se ha licitado la instalación del tercer carril en un primer tramo entre Moncófar y Castellón).



Adif

*Línea convencional ya operativa entre Albacete y Almansa. Debajo, viaducto de Salinetas sobre la línea La Encina-Alicante, en el tramo Monóvar-Novelda.*

El cajón ferroviario está terminado en una longitud de 1,1 kilómetros y actualmente, dentro de la fase II de accesos, que abarca 1,02 kilómetros entre el puente rojo y la terminal de Alicante, se ejecutan los últimos 370 metros soterrados y otros 650 metros en superficie, en una actuación que supera el 90% de ejecución de la plataforma. En superficie está previsto instalar las cuatro vías salientes del canal de acceso, que se ramifican en una playa de vías (cuatro de ancho UIC y dos de ancho ibérico), y se ejecutan los tres andenes previstos, ubicados en el lado norte de la estación actual. Estas obras son financiadas por la sociedad Avant (Alta Velocidad Alicante Nodo de Transportes), integrada por el Ministerio de Fomento, la Generalitat Valenciana y el Ayuntamiento de Alicante, y su finalización permitirá desafectar del uso ferroviario parte de los terrenos del sector e iniciar su reordenación urbanística.

## Vía

El montaje de vía, operación inmediatamente posterior a la obra de plataforma que comprende la instalación del balasto, el carril y las traviesas que forman la doble vía de ancho UIC sobre la que circulará el AVE, así como las distintas operaciones (bateo, nivelación, alineación y perfilado) que garantizan su correcta instalación, ha finalizado en todo el trazado, salvo en el tramo final de acceso a Alicante. Para los tramos Almansa-Caudete y Caudete-Alicante, todas las operaciones de suministro de material se han realizado desde la base de montaje de Monforte del Cid (Alicante), mientras que para el tramo Albacete-Almansa se han llevado a cabo desde Albacete.

En el tramo Albacete-Almansa (63 km), la obra, adjudicada por 14,7 M€, ha consistido en el montaje de vía en la nueva variante convencional y en la adaptación, en la plataforma existente, de las vías de ancho convencional (1.668 mm) al ancho UIC (1.435 mm) mediante una sencilla operación, incluido el acondicionamiento al ancho UIC de los puestos de estacionamiento y adelantamiento de trenes de Chinchilla y Bonete. La obra de adaptación al ancho UIC está finalizada en este tramo a falta de realizar algunos ajustes de nivelación y alineación, así como de los protocolos de recepción de los desvíos.

El montaje de vía entre Almansa y La Encina/Caudete (34,3 km) ha sido el último contrato del trazado en ser adjudicado (julio de 2012, con un plazo de seis meses, por importe de 8 M€) y en iniciarse (agosto de 2012). Su ejecución concluyó a mediados del mes de febrero, cumpliendo con los plazos marcados.

Finalmente, entre Caudete y Alicante (65 km, presupuesto de 21,2 M€), la doble vía está montada en casi todo el trazado, alcanzando un grado de avance del 96%. Restan solo por montar los desvíos en ancho convencional, previstos para el segundo trimestre del año, así como el montaje de vía de los accesos a Alicante, previsto durante el primer semestre de 2013.



Adif




Caballero

*Unidades de S 130 estacionadas en Alicante. Debajo, vestíbulo de la estación de Alicante, origen y destino de la futura línea Madrid-Alicante.*

## Electrificación

El montaje de las instalaciones eléctricas en el tramo Albacete-Alicante comprende las actuaciones necesarias para garantizar el suministro de corriente alterna (2x25 kV) a la línea de alta velocidad, divididas en dos programas: el tendido de la catenaria o línea aérea de contacto, adjudicado en mayo de 2010 por 57,6 M€ (54,5 M€ para construcción y 3,1 M€ para mantenimiento); y la ejecución de las subestaciones eléctricas, centros de autotransformación intermedios y el telemando de energía, contratada en 2010 por 48,8 M€ (42,3 M€ para la construcción y 6,5 M€ para el mantenimiento). El grado de ejecución de estos trabajos es muy alto: más del 80% de las instalaciones ya están ejecutadas y puestas en tensión, con la previsión de finalizarlas en el primer cuatrimestre del año.

El programa de catenaria entre Albacete y Alicante contempla la instalación de 385,3 kilómetros de hilo de contacto sobre 4.956 postes a lo largo de 171,5 kilómetros (incluidos la vía doble, las vías secundarias y los desvíos). En la actualidad, la catenaria está ya totalmente instalada en los tramos comprendidos entre Albacete-Los Llanos y Almansa y entre La Encina (Caudete) y la estación de Alicante, en los que todas las instalaciones han sido ya puestas en tensión, continuando en marcha su montaje entre Almansa y La Encina. Los trabajos de electrificación en la estación de Alicante se iniciarán próximamente. Este programa debe estar concluido en los próximos meses.

El segundo programa, subestaciones y telemando de energía, presenta también un alto grado de ejecución. Las dos subestaciones eléctricas previstas, Campanario (Albacete) y Sax (Alicante), están finalizadas. Estas instalaciones se encargarán de transformar la energía suministrada desde otras subestaciones próximas de Red Eléctrica Española (está pendiente la construcción de la subestación adyacente a la subestación de tracción de Campanario) a los niveles de tensión y al modo (corriente alterna) que demanda el tipo de electrificación del AVE. También están acabados o en fase final de montaje los 11 centros de autotransformación interme-




Caballero



Adif

*Estado actual de los andenes y de la estructura de la futura zona de embarque de alta velocidad. Debajo, infografía del módulo de embarque completo.*

dios y los dos finales previstos. Respecto a las instalaciones de telemando, que permitirán el control y la supervisión remota del sistema eléctrico desde un puesto central de operación, su finalización está prevista en los próximos meses.

## Señalización y telecomunicaciones

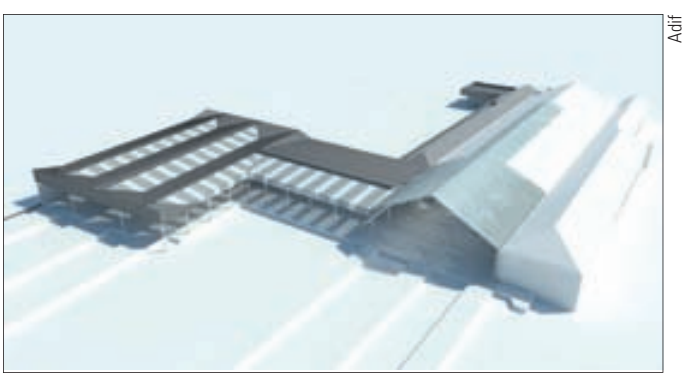
El último elemento de la superestructura del tramo Albacete-Alicante comprende los sistemas de señalización, telecomunicaciones fijas y móviles, control de tráfico centralizado, protección civil del tren, telefonía móvil GSM-R e infraestructura para operadores públicos de telefonía móvil. El contrato para su instalación y mantenimiento durante 20 años se adjudicó en octubre de 2011, por importe de 280,8 M€, a una agrupación de empresas españolas mediante la fórmula de Colaboración Público Privada (CPP). Como novedad, en este tramo se está instalando por primera vez en España el sistema de señalización Ertms nivel 2 sin respaldo del nivel 1, que permite la supervisión continua de los trenes basada en un sistema de transmisión continua (GSM-R), lo que aporta interoperabilidad al tramo, mayor seguridad y una ampliación de capacidad.

Todos los trabajos de instalaciones de control están en marcha y avanzan de acuerdo a los plazos marcados, desarrollándose actualmente la construcción de edificios técnicos, obra civil auxiliar y el tendido de cables. Idéntica situación se produce respecto a las telecomunicaciones, con los trabajos de montaje de arquetas ya concluidos, el tendido de cable de fibra en su fase final y la ejecución de la obra civil de torres, casetas y canalizaciones en desarrollo. Según el calendario, la finalización de todos estos trabajos y el inicio de la fase de pruebas tendrán lugar dentro del segundo trimestre de 2013.

## Estaciones

Los trenes AVE pararán a partir del próximo mes de junio en tres estaciones previstas en el tramo Albacete-Alicante (Albacete, Villena y Alicante), aunque el proyecto contempla una cuarta estación en Almansa, actualmente en fase de estudio informativo. De aquellas, Albacete-Los Llanos está en servicio desde diciembre de 2010 y la intermedia de Villena (tramo Villena-Sax, situada unos 6 kilómetros al sur de Villena) se construye desde el pasado mes de septiembre. Esta futura terminal ferroviaria, adjudicada por importe de 11,5 M€, que tendrá un total de 4.526 m$^2$ de superficie distribuidos en dos plantas, se enmarca dentro del modelo Estación Sostenible 360º de Adif y tendrá un acceso directo a la autovía A-31 que construirá la Generalitat Valenciana.

La tercera estación y destino final del tramo, Alicante Término, mantendrá su actual fisonomía de cara a la cita de junio, aunque adaptada y mejorada. En su lado norte se han derribado los dos viejos tinglados ferroviarios existentes para instalar en su lugar una nueva zona de embarque de alta velocidad, en forma de L y con una superficie de 3.500 m$^2$, que enlazará con el vestíbulo de la estación para facilitar el tránsito a los nuevos andenes de alta velocidad. Este módulo, que incluirá locales para prestar servicios ferroviarios, de atención al cliente y comerciales, se encuentra actualmente en fase de ejecución. ■



Adif



IMPLANTACIÓN DEL TERCER CARRIL Y VÍAS COLECTORAS EN LA RONDA NORTE DE ZARAGOZA

# Capacidad ampliada



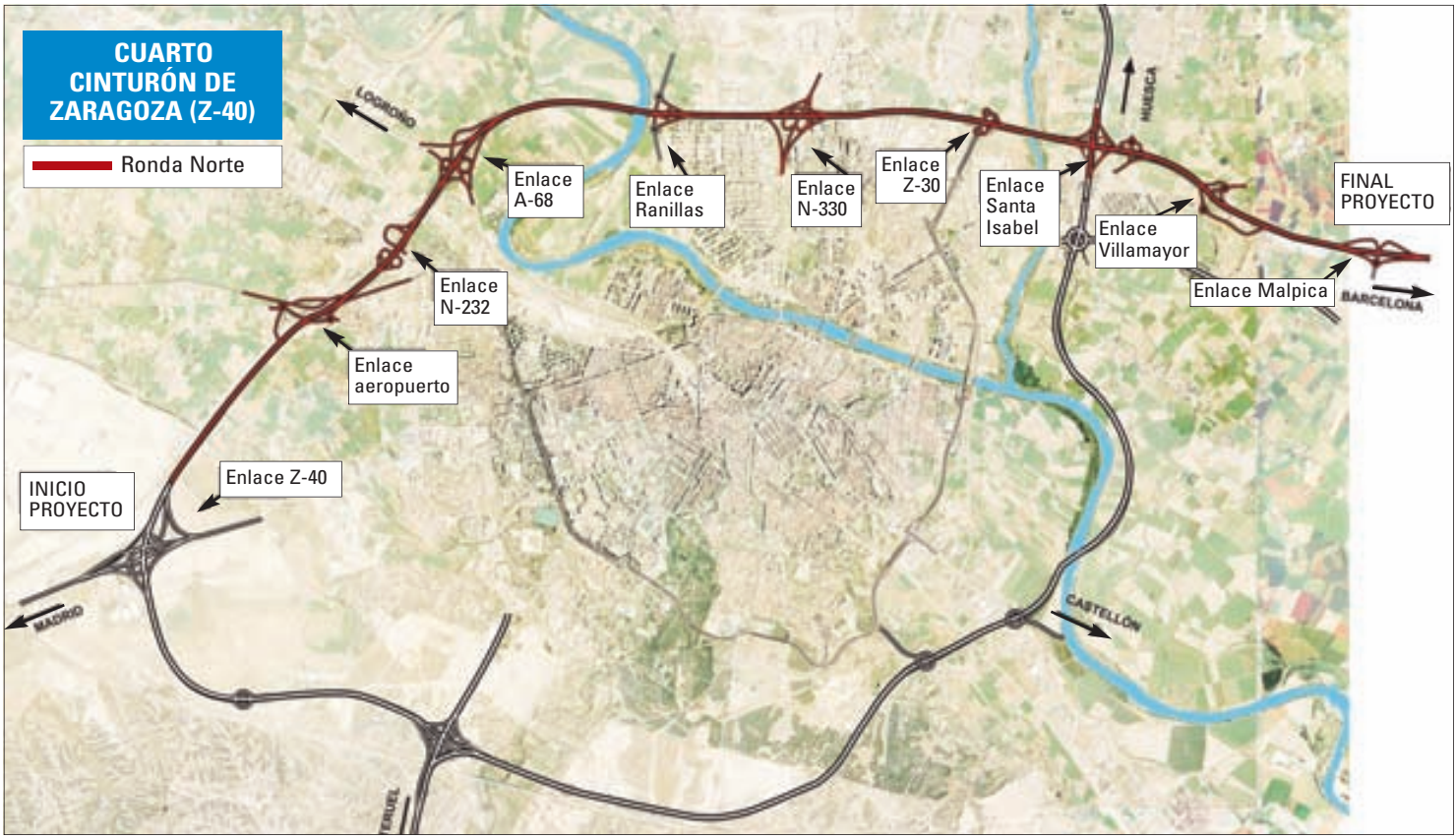


*Ampliación a la altura del enlace con la N-330, en la actualidad (foto superior) y antes de la obra (derecha).*

R.F.
Con la colaboración de Lorenzo Plaza Almeida, Jefe de Servicio de Planeamiento, Proyectos y Obras de la DCE Aragón
Fotos: DCE Aragón

La Ronda Norte de Zaragoza, el tramo con mayor volumen de tráfico de todo Aragón, ha mejorado las condiciones de explotación en sus 18,4 kilómetros con la implantación de un tercer carril por sentido, nuevas vías colectoras-distribuidoras y la mejora de enlaces, una obra ya en servicio que beneficia a diario a casi 70.000 vehículos. La actuación se ha desarrollado a lo largo de cinco años y actualmente se ejecutan diversos trabajos complementarios.

El Cuarto Cinturón de Zaragoza (Z-40), autovía de circunvalación de 35 kilómetros formado por tres rondas construidas en distintos periodos (Norte, Sur y Este), ha registrado un importante cambio de fisonomía y capacidad en las fachadas oeste y norte, correspondientes a la Ronda Norte, tras la finalización de una importante obra de ampliación llevada a cabo por el Ministerio de Fomento, que ha realizado una inversión superior a 120 M€. Esta actuación, que ha elevado un 100% la capacidad de la Ronda Norte e incrementado sensiblemente la fluidez del tráfico en la misma, es una de las mayores obras de ampliación llevadas a cabo en los últimos




años en una ronda metropolitana en España.

La ampliación ha respondido a la necesidad de mejorar las condiciones de explotación de la Ronda Norte, principal vía de comunicación por carretera de la ciudad de Zaragoza. Esta ronda, que es una parte de la autovía del Noreste (A-2), bordea la capital aragonesa por el oeste y el norte, cruzando los ríos Ebro y Gállego, y canaliza los tráficos entre Madrid y Barcelona por la mencionada A-2, conectando además con varias carreteras y autovías que confluyen en la ciudad: A-68 y AP-68 (Logroño), N-330 y A-23 (Huesca), N-125 (acceso al aeropuerto), A-123 y A-129 (carreteras autonómicas), Z-30 (Tercer Cinturón) y nuevamente la Z-40. Cuando el elevado volumen de tráfico (50.000 a 70.000 vehículos diarios, según los tramos) registrado en sus dos carriles comenzó a saturar la infraestructura, se proyectó la ampliación de su capacidad.

## Tres actuaciones

La actuación, desarrollada entre el pk 313 (enlace con la Z-40) y el pk 331 (Enlace de Malpica), ha consistido en tres obras diferentes. En primer lugar, dotar al tronco de la autovía de un tercer carril, aprovechando el espacio de la mediana o por el exterior. En segundo lugar, la construcción de nuevas vías colectoras-distribuidoras en los laterales, destinadas a independizar el tráfico de largo recorrido –que circulará preferentemente por el tronco– de los tráficos locales para no afectar a la capacidad y seguridad de la calzada principal. Y en tercer lugar, la remodelación de enlaces y, en algunos casos, la incorporación de nuevos movi-



*La remodelación del enlace de Ranillas ha incluido la construcción de dos puentes sobre el Ebro paralelos a los existentes.*



Enlace con la carretera del aeropuerto, uno de los dos de nueva construcción.

mientos. La ampliación, dependiendo del tramo, se ha realizado allí donde había espacio: por la mediana, por el exterior en ambos lados de la autovía o por un solo lado, ciñéndose a la reserva de viales del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Zaragoza.

Las obras han tenido varios condicionantes. Uno de los más destacados ha sido la heterogeneidad de la propia Ronda Norte, cuyo origen no es un solo tramo de autovía, sino que se formó por la unión de varias autopistas construidas en los años 70 del pasado siglo y otras mejoras puntuales de enlaces posteriores. Como consecuencia de ello, las características principales de la autovía eran variables, alternando tramos de medianas reducidas con otros de 12 metros de anchura, y con carriles de 3,75 y 3,50 metros de anchura. En el recorrido se localizaban un total de nueve enlaces, 32 pasos inferiores, 10 pasos superiores y dos puentes.



Vista del enlace de Santa Isabel y Montañana hasta la ronda Z-30.

Otros de los condicionantes han sido precisamente el gran número de enlaces existentes y la necesidad de compaginar el tráfico de la Ronda con las obras, lo que ha generado una gran cantidad de tajos aislados sin continuidad, dificultando la construcción y los desvíos necesarios. Estas circunstancias motivaron que las obras se realizaran por fases y que la entrada en servicio de terceros carriles, vías colectoras y enlaces remodelados haya sido progresiva. Se han contado 180 desvíos diferentes planificados, diseñados. gestionados y ejecutados durante la obra.

Además, la reposición de servicios ha sido especialmente compleja debido a la cercanía de la zona urbana y al hecho de que durante años se aprovechó

la banda de reserva para sistemas generales para instalar conducciones de todo tipo.

## Fases de la obra

La ampliación de capacidad de la Ronda Norte, dividida para su ejecución en cuatro subtramos, se ha desarrollado en tres fases diferenciadas temporalmente y, como se dijo, su puesta en servicio se ha realizado progresivamente en función de las necesidades de la propia ciudad de Zaragoza (Exposición Internacional de 2008), el tráfico y la obra. Las fases de la obra de ampliación han sido las siguientes:

■ **Antes de la Expo 2008**. Con objeto de mejorar la accesibilidad y la fluidez del tráfico creciente que la muestra internacional provocaría en Zaragoza, en la primera fase se desarrollaron trabajos en tres enlaces (al recinto de Ranillas, al aeropuerto y a Santa Isabel y Villamayor). El primer enlace, el de Ranillas, de acceso norte al recinto de la Expo, se mejoró mediante la prolongación de los ramales de entrada y de salida al mismo, lo que obligó a construir dos puentes sobre el Ebro paralelos a los existentes; asimismo, se aumentó la capacidad del tronco incrementando el número de carriles entre este enlace y la confluencia con la autovía A-68.

Se construyó un nuevo enlace que constituye la conexión de la carretera del aeropuerto con la autovía A-2 y, en suma, con la Z-40 una vez que esta se completó con la Ronda Este. Se trata de un enlace de diamante con pesas, unidas a través de una estructura de 181 metros de longitud y 26,5 de anchura, que salva la A-2 y las líneas de alta velocidad y convencional, así como otra estructura para el ramal Aeropuerto-Madrid que pasa también sobre el corredor ferroviario.





*Tramo entre la N-232 y la A-68, hoy (arriba) y antes de la obra (debajo).*

Por último, en la zona entre el enlace de Santa Isabel y el enlace de la carretera de Villamayor se mejoró el cierre del cuarto cinturón actuando sobre el enlace de Santa Isabel, y se construyó un nuevo enlace con la carretera de Villamayor, ejecutándose vías colectoras entre ambos.

■ **En servicio en 2011.** Entre 2009 y la primavera de 2011 se desarrolló el grueso de los trabajos de ampliación de la Ronda Norte, con actuaciones a lo largo de más de 14 kilómetros del cinturón metropolitano.



## LA OBRA, EN CIFRAS

| | |
|---|---|
| **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES** | |
| Longitud del tronco ampliado | 18.442 m |
| Longitud de vías colectoras | 19.600 m |
| Radio mínimo en planta | 1.000 m |
| Pendiente máxima | 2,25% |
| Enlaces nuevos | 2 |
| Enlaces reordenados | 7 |
| Estructuras nuevas | 28 |
| Ampliación estructuras existentes | 22 |
| Estructuras demolidas | 3 |
| Muros de tierra armada | 2.242 m |
| **VELOCIDAD DE PROYECTO** | |
| Tronco principal | 120 km/h |
| Vías colectoras | 80 km/h |
| **MOVIMIENTO DE TIERRAS** | |
| Excavación | 717.971 $m^3$ |
| Terraplén | 2.187.478 $m^3$ |
| **FIRME** | |
| Suelo seleccionado | 210.056 $m^3$ |
| Suelo estabilizado con cemento | 208.445 $m^3$ |
| Zahorra artificial | 146.482 $m^3$ |
| Mezclas bituminosas | 326.371 Tn |
| **ESTRUCTURAS** | |
| Hormigón | 89.326 $m^3$ |
| Acero para armar | 5.288.649 kg |
| Acero laminado | 756.619 kg |
| **SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS** | |
| Barreras metálicas | 74.155 m |
| Barreras de hormigón | 14.577 m |
| **REPOSICIÓN DE SERVICIOS AFECTADOS** | |
| Líneas telefónicas | 12.000 m |
| Líneas eléctricas | 3.358 m |
| Abastecimiento y saneamiento | 2.010 m |
| Gasoductos | 2.780 m |
| Oleoductos | 3.912 m |
| **IMPACTO AMBIENTAL** | |
| Pantallas antirruido | 2.472 m |

La parte principal la constituyó la implantación del tercer carril desde el inicio de la obra (pk 313 de la A-2) hasta el enlace de Ranillas (pk 321), con 8,3 kilómetros de los 18,4 de la actuación total. También se ejecutaron 3 kilómetros de vía colectora sentido Barcelona y 2 kilómetros sentido Madrid, independizando el tráfico de largo recorrido de los movimientos hacia Miralbueno-Aeropuerto, carretera de Logroño y A-68/AP-68. Asimismo, se construyó un nuevo ramal Barcelona-Zargoza (el Portillo) dentro del enlace de la A-68. En todo este tramo se suprimieron las entradas y salidas correspondientes a los tres enlaces existentes y se reordenaron a través de las mencionadas vías, dando lugar a una sola entrada y salida por sentido de circulación al tronco. En total, en este tramo se han construido 11 puentes nuevos y se han ampliado 15 estructuras existentes.

Al otro extremo de la ronda se construyó el tercer carril desde el enlace de Santa Isabel (pk 326) hasta el final de la obra (pk 331), a lo largo de 4 kilómetros. En este tramo se trabajó en la antigua mediana y se colocó una sola barrera de hormigón, efectiva para los dos sentidos de la circulación, para mejorar la visibilidad y el despeje de la carretera.

En la parte central de la ronda se ejecutó un nuevo tramo de tercer carril entre el enlace de Ranillas y la carretera de Huesca (N-330), a lo largo de 2 kilómetros, lo que implicó la apertura al tráfico de seis nuevos carriles al norte de los existentes. También se mejoraron varios movimientos del enlace con la carretera N-330 mediante la construcción de cuatro puentes.

Finalmente, en el tramo comprendido entre los enlaces de la Z-30 y de Santa Isabel se implantó un tercer carril a lo largo de 2.000 metros, lo que implicó la reordenación de los enlaces del tercer cinturón y cuarto cinturón-Santa Isabel, enlaces de los más conflictivos en la Ronda Norte y donde se separa mediante colectoras laterales de dos carriles el tráfico local del de largo recorrido. En este tramo se amplió el puente sobre el



*Enlace de Villamayor, uno de los dos nuevos nudos viarios construidos en la Ronda Norte. Debajo, tramo desde la A-68 hasta el origen.*

río Gállego en 12 metros de anchura por sentido, en una longitud de 520 metros.

■ **En servicio en 2012.** La implantación del tercer carril entre los enlaces de la carretera N-330 (pk 322) y de Santa Isabel (pk 325) constituyó la última fase de los trabajos de ampliación de la ronda. La actuación estuvo condicionada por la reposición de 2,5 kilómetros del oleoducto que discurre por la margen izquierda de la A-2. En total, en este tramo, conectado con los tramos contiguos en agosto pasado, se han construido 10 estructuras nuevas y se han ampliado dos más, destacando el nuevo paso sobre la avenida de la Academia General Militar. Tanto los vanos laterales como un quinto vano central de esta estructura se ejecutaron *in situ*, mientras que las piezas que salvan el vano central, prefabricadas, se colocaron y apoyaron posteriormente para no cortar el tráfico de esa avenida.

Una vez puesto en servicio este tramo, en los últimos meses de 2012 se remataron las actuaciones finales de la obra, entre ellas la singular demolición de una estructura sobre las vías de ferrocarril, y se adjudicaron trabajos complementarios relativos a la reposición de servicios afectados, mejora de sistemas de drenaje y vías colectoras, que se están llevando a cabo en los primeros meses de 2013. ■

## Menor impacto acústico

Los residentes en los aledaños de la Ronda Norte de Zaragoza se han beneficiado de la ampliación no solo en términos de mayor fluidez del tráfico, sino también de un menor impacto acústico causado por éste. El nivel de ruido en las inmediaciones de la circunvalación, de acuerdo al estudio acústico del proyecto, se ha reducido gracias a la instalación de 2.472 metros lineales de pantallas acústicas y a la propia ampliación de la plataforma de la autovía. Los niveles acústicos cumplen con lo definido en la ordenanza municipal de Zaragoza como objetivo deseable a alcanzar en las vías de circulación de la ciudad, así como con las leyes del ruido estatal y autonómica.





*Fase inicial de la demolición de la estructura sobre las vías férreas.*

# Actuación singular en horario nocturno

En diciembre pasado concluyó una de las últimas y más espectaculares obras de la Ronda Norte: la demolición de un paso superior de cuatro vanos (18+23+23+14,50 m), tipo losa postesada, sobre las líneas de alta velocidad y convencional. Esta estructura no cumplía con las características mínimas exigidas para salvar la autovía A-2 y las citadas líneas en el nuevo enlace de la carretera del aeropuerto con la ronda, por lo que se proyectó una nueva y la demolición de la existente. La singularidad de la demolición ha residido en que ha tenido que compatibilizarse con el tráfico ferroviario, por lo que, al requerirse cortes en la catenaria, los trabajos, coordinados con Adif, se tuvieron que desarrollar en horario nocturno, cuando los trenes no circulaban.



La actuación, ejecutada en seis fases, comenzó, tras las tareas iniciales y el montaje de los apeos provisionales, con el aligeramiento del peso del tablero mediante el desmontaje de los voladizos de los vanos centrales 2 y 3, cortados previamente en 24 piezas con hilo de diamante y retirados mediante dos grúas automotrices de 200 toneladas. Seguidamente se demolieron con medios mecánicos tanto los vanos extremos 1 y 4 como los cargaderos y sus respectivos pilotes. La siguiente fase consistió en el desmontaje del vano central 2, situado sobre la línea de alta velocidad, que fue previamente cortado con hilo de diamante en dos bloques de 250 toneladas y taladrados para su anclaje, siendo luego retirados cada uno de ellos por una grúa de 600 toneladas. Posteriormente se realizó la misma operación para el vano central 3, situado sobre la línea convencional. En la última fase se desmontaron las torres de apeo que ayudaron en toda la operación, se demolieron las pilas centrales y laterales, y se acondicionó el terreno. Todo ello se ha realizado en un plazo de tres meses y sin alterar la circulación del tráfico ferroviario en la zona.

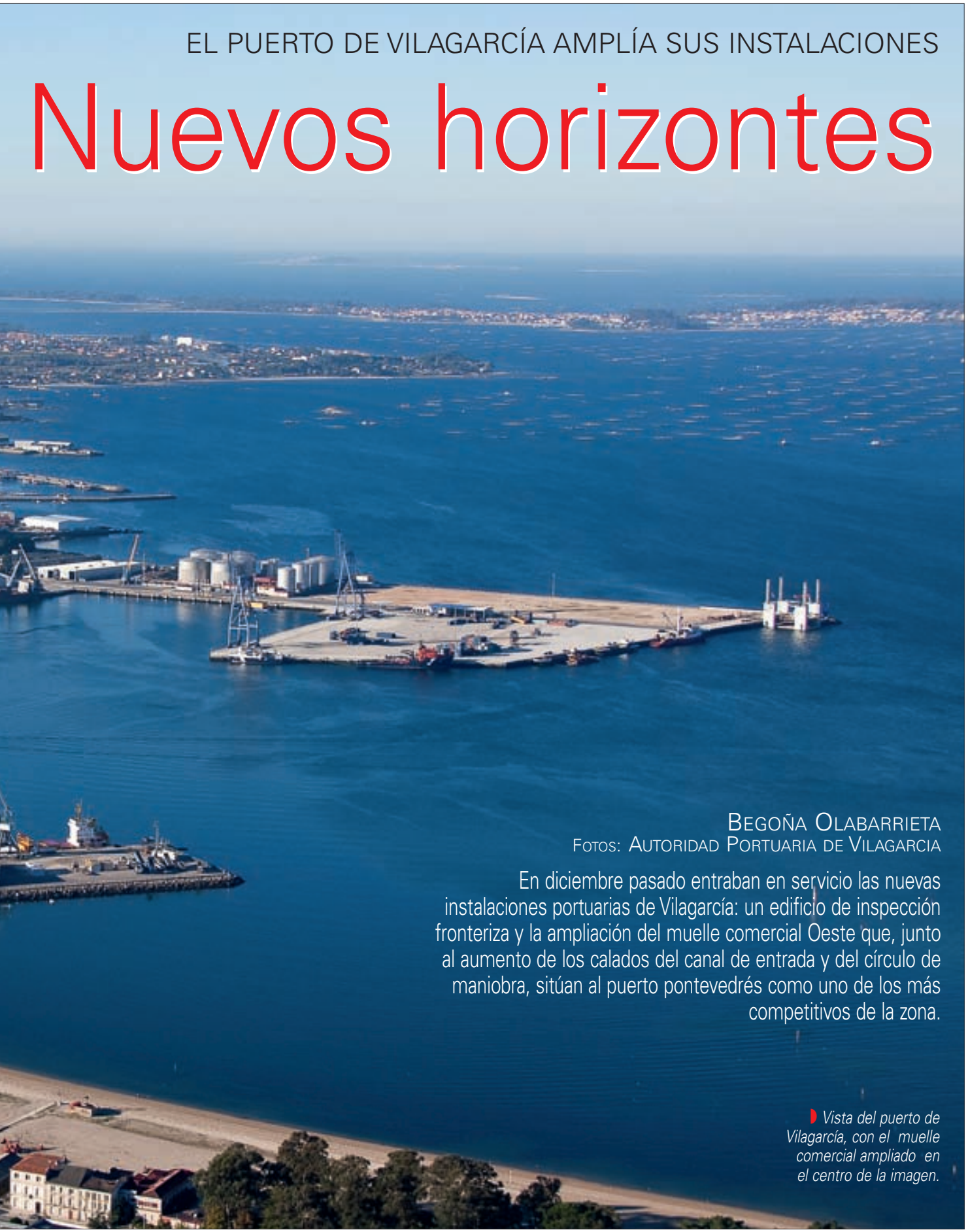


EL PUERTO DE VILAGARCÍA AMPLÍA SUS INSTALACIONES

# Nuevos horizontes

BEGOÑA OLABARRIETA
FOTOS: AUTORIDAD PORTUARIA DE VILAGARCIA

En diciembre pasado entraban en servicio las nuevas instalaciones portuarias de Vilagarcía: un edificio de inspección fronteriza y la ampliación del muelle comercial Oeste que, junto al aumento de los calados del canal de entrada y del círculo de maniobra, sitúan al puerto pontevedrés como uno de los más competitivos de la zona.



*Vista del puerto de Vilagarcía, con el muelle comercial ampliado en el centro de la imagen.*

Vilagarcía está contribuyendo al crecimiento de la riqueza y a la creación de empleo», afirmaba la ministra de Fomento durante la inauguración de las nuevas instalaciones y mejoras de las infraestructuras portuarias de esa localidad pontevedresa. Una apuesta por la modernización, con una inversión de 20,5 M€, que aumentará la capacidad del puerto y le permitirá ganar tráficos.

Para ello se le ha dotado de un nuevo puesto de inspección fronteriza (PIF) que permite aumentar y diversificar las mercancías entrantes. También se ha acometido la ampliación en el sector occidental de uno de sus muelles comerciales y se ha procedido al aumento del calado en la zona de acceso para permitir que entren en la dársena gallega buques de más capacidad. Estas dos últimas obras contaron con financiación a cargo de los Fondos de Cohesión de la Unión Europea.

Se trata de tres actuaciones encaminadas a mejorar, aún más, la marcha del puerto de Vilagarcía, que cerró el año 2012 con un movimiento de mercancías de algo más de un millón de toneladas, cifra que no se alcanzaba desde el inicio de la crisis económica.

## Más capacidad de atraque

Con la ampliación del muelle comercial se dispone ahora de 505 nuevos metros lineales de atraque a la cota -13 en las alineaciones Oeste y Norte, con lo que Vilagarcía pasa a contar con un total de 1,3 kilómetros de línea para este uso, con 13 metros de calado. También se gana superficie de almacenaje, incrementándose en 25.000 m$^2$, gracias al relleno de la zona comprendida entre el muelle antiguo y el nuevo.

Además, esta mayor capacidad se acompaña del aumento de los calados hasta 10 metros







*El nuevo puesto de inspección fronteriza (PIF) dispone de ocho muelles.*



*La ampliación del muelle comercial le ha permitido al puerto ganar 505 nuevos metros lineales de atraque.*

de profundidad en el canal de entrada y en el círculo de maniobra del puerto, y hasta los 8 metros en el acceso al muelle del Ramal, lo que permite atender nuevos tráficos y barcos de mayor tonelaje en óptimas condiciones de seguridad.

Estas intervenciones conforman el proyecto de terminal intermodal del puerto de Vilagarcía, a las que seguirá la prolongación del ramal ferroviario, en ejecución, para unir la principal dársena comercial con la red ferroviaria del Eje Atlántico de alta velocidad, lo que reducirá los tiempos de transporte de mercancías a través de accesos seguros y sostenibles.

## Inspección homologada

La tercera de las instalaciones con las que el puerto gallego se ha puesto al día es el nuevo edificio para el puesto




*Salas sanitarias diferenciadas para la inspección mercancías.*

## Nueva línea de atraque

Para la ampliación del muelle comercial Oeste en el puerto de Vilagarcía se levantó una dársena de cajones de hormigón armado cimentados a la cota -13.00 sobre una banqueta de escollera previamente enrasada con grava. La nueva línea de atraque, formada por una superestructura a modo de cantil con galería para servicios, se corona a la cota +5.00, y tiene una longitud total de 505 metros, alargando el atraque Este, al tiempo que se incrementaron en su longitud los atraques Norte y Oeste, nuevos en su totalidad.

Actuaciones de la obra:

- Dragado de fangos, arenas y roca existente para la cimentación del nuevo muelle y en la nueva fosa de atraque.
- Relleno con escollera de la zanja de cimentación y enrase de la misma con grava.
- Fabricación de cajones de hormigón armado y fondeo de los mismos.
- Construcción de la superestructura que formará la viga cantil de atraque.
- Construcción de uniones entre el nuevo muelle y el existente.
- Relleno de explanada.
- Pavimentación de la nueva explanada según sus usos.
- Instalaciones.
- Carriles para grúas.

## MÁS DE 1 MILLÓN DE TONELADAS DE MOVIMIENTO

En 2012, el puerto de Vilagarcía tuvo un aumento de tráficos del 24% con respecto al año anterior.

| Mercancías | 2011 (Tm) | 2012 (Tm) | Variación % | Variación Tm |
|---|---|---|---|---|
| Graneles líquidos | 200.102 | 205.283 | 2,59 | 5.181 |
| Graneles sólidos | 339.351 | 346.675 | 2,16 | 7.325 |
| Mercancía general | 271.763 | 455.490 | 67,61 | 183.728 |
| **Total** | **811.216** | **1.007.449** | **24,19** | **196.233** |




*Con el nuevo puesto de inspección fronteriza, el puerto de Vilagarcía está homologado por la UE para inspeccionar cualquier mercancía.*




## Aumento del calado

Los trabajos de aumento del calado en el canal de entrada y en el círculo de maniobra del puerto contaron con dos actuaciones básicas y complementarias: el dragado del material del fondo y el transporte y vertido posteriores. Para la primera se procedió a retirar el material del lecho marino en la zona en la que se pretendía aumentar el calado. Se trataba de un fondo marino constituido por dos capas diferenciadas, un sustrato más superficial de material areno-fangoso y, a continuación, un estrato de roca firme. El material a dragar se caracterizó, según las «Recomendaciones para la gestión de los materiales procedentes del dragado» publicadas por el Cedex, como de categoría I, por lo que pudo ser vertido directamente al mar de forma controlada, previa autorización de la Dirección General de Costas y de Capitanía. Esta intervención se dirigió a tres zonas diferenciadas: el canal de entrada al puerto, el círculo de maniobras y el acceso al muelle del Ramal, quedando las cotas a -10 metros en las dos primeras y a -8.00 en la tercera.

de inspección fronteriza (PIF), dotado con ocho muelles, una zona de oficinas y otra estrictamente sanitaria. En esta última se han habilitado cuatro salas diferenciadas para las mercancías a inspeccionar, dependientes del organismo que corresponda: Sanidad Exterior, Sanidad Animal, Sanidad Vegetal y Soivre (Servicio Oficial de Inspección, Vigilancia y Regulación de las Exportaciones).

Este nuevo PIF permite que del puerto de Vilagarcía entre y salga todo tipo de carga, ya que ahora cuenta con la homologación de la Unión Europea para la inspección de cualquier producto, diversificando y aumentando así su operatividad.

Con una capacidad de 1.250 $m^2$ de superficie, este puesto, en el que se han invertido 2,6 M€, cuenta además con varias cámaras de congelación, refrigeración y de temperatura ambiente para garantizar que los productos analizados se conserven apropiadamente antes de salir hacia sus destinos. ■

# Los números extraordinarios de la Revista del Ministerio de Fomento

**Ingeniería romana en España.** El sorprendente legado de la ingeniería romana en nuestro país: calzadas, puentes, acueductos... mostrado con más de 300 fotografías e ilustraciones.

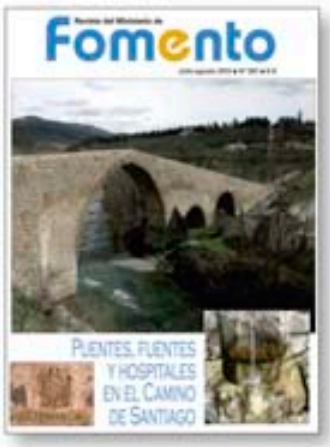



**Oferta: 3 números por 12 €**

**P.V.P EJEMPLAR SUELTO: 6 €**

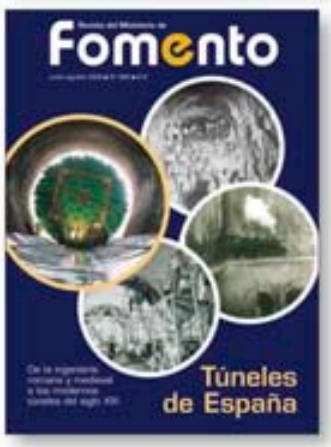
**1% Cultural. Recuperación del Patrimonio. 1985-2008.** La recuperación y puesta en valor de nuestro patrimonio histórico-artístico (catedrales, castillos, teatros, museos, etc.) a través de los programas del Ministerio de Fomento.




**Puentes, Fuentes y Hospitales en el Camino de Santiago.** Con cerca de mil años de historia, la vía medieval más importante mantiene vigoroso todo su esplendor. Una guía detallada de las pequeñas y grandes obras que la hicieron posible.

**Túneles de España.** Un recorrido por estas singulares obras de ingeniería desde la prehistoria hasta nuestros días.







**Alta velocidad en España 1992-2011.** Una aproximación al modelo que revolucionó el transporte ferroviario. Desde los primeros trenes-bala japoneses a las modernas líneas en construcción.

**Elija 2 números extraordinarios y llévese un tercero de regalo, también a elegir**

NOMBRE Y APELLIDOS ..... N. I. F. .....

DOMICILIO ..... Nº ..... LOCALIDAD .....

PROVINCIA ..... C. P. ..... TELÉFONO ..... PAÍS .....

- ☐ Ingeniería romana en España.
- ☐ 1% Cultural. Recuperación del Patrimonio. 1985-2008.
- ☐ Túneles de España.
- ☐ Puentes, Fuentes y Hospitales en el Camino de Santiago.
- ☐ Alta velocidad en España. 1992-2011.

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal, usted tiene derecho al acceso, cancelación, rectificación y oposición de los datos facilitados mediante solicitud por escrito a : Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. E-mail: cpublic@fomento.es

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE FOMENTO

**Pedidos:** 91 597 61 86. **cpublic@fomento.es** http: **www.fomento.es**
**Revista del Ministerio de Fomento.** Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid.

NACE EL FONDO SOCIAL DE VIVIENDAS EN ALQUILER

# Hay alternativa al desalojo



R. F.
FOTOS: CABALLERO

Los ministerios de Economía y Competitividad, Sanidad y Servicios Sociales y Fomento han suscrito junto al Banco de España, la Federación Española de Municipios y Provincias, la Plataforma del Tercer Sector (ONGs), patronales bancarias y 33 entidades de crédito el convenio de constitución del Fondo Social



*Las viviendas se destinan a familias que perdieron su casa desde enero de 2008 por no haber podido afrontar los pagos de la hipoteca.*

de Viviendas (FSV) destinadas al alquiler por parte de familias en situación de especial vulnerabilidad como consecuencia de haber sufrido un desalojo después del 1 de enero de 2008. La dotación inicial del Fondo será de 5.891 viviendas, aportadas por las 33 entidades de crédito adheridas al convenio.

La creación del FSV se inscribe dentro del conjunto de medidas urgentes adoptadas por el Gobierno para reforzar la protección de deudores hipotecarios, recogidas en el Real Decreto-Ley 27/2012, de 15 de noviembre. La dotación inicial del Fondo tiene carácter eventual, pues las entidades de crédito podrán incrementarlo con nuevas aportaciones. Las viviendas del FSV están destinadas a aquellas familias que hayan perdido su vivienda desde el 1 de enero de 2008 por no haber podido afrontar los pagos del préstamo hipotecario suscrito con la entidad.

## Requisitos

Las viviendas que integran el Fondo han de cumplir con los siguientes requisitos: ser propiedad de la entidad de crédito, bien directamente o a través de una sociedad en la que cuente con participación; que la vivienda no forme parte del conjunto de bienes inmuebles adquiridos o adjudicados en pago de deudas que deban transmitirse a la Sociedad de Gestión de Activos para la Reestructuración Bancaria (Sareb) conforme a lo establecido en el artículo 48.1.a) del Real Decreto 1559/2012, de 15 de noviembre, que regula el régimen jurídico de las sociedades de gestión de activos, y por último, que la vivienda reúna unas adecuadas condiciones de habitabilidad para un uso inmediato, sin que el posible arrendatario deba acometer ninguna inversión previa en ella.



*Las rentas de arrendamiento de las viviendas del Fondo oscilarán entre 150 y 400 euros al mes.*

En cuanto a la cartera total de viviendas puestas a disposición por las entidades, esta deberá atender, siempre que sea posible, el principio de proporcionalidad geográfica respecto a los municipios en que se produjeron los desalojos. Para facilitar el acceso a la información relativa a las viviendas, las entidades divulgarán los datos referidos a sus características básicas (referencia catastral, dirección y superficie) junto a su distribución por municipios y comunidades autónomas. Además, deberán facilitar información de las condiciones establecidas para acceder al contrato de arrendamiento y los términos básicos del mismo, tanto a través de sus redes de sucursales como mediante sus páginas web.

Entre las condiciones que han de reunir los potenciales arrendatarios de las viviendas del Fondo destacan las siguientes:

- Que hayan sido desalojados a partir del 1 de enero de 2008 como consecuencia de una demanda de ejecución por impago del préstamo hipotecario, iniciada por la entidad de crédito que constituye el FSV.
- Que en el momento de presentación de la solicitud, el conjunto de los ingresos de la unidad familiar no supere el límite de tres veces el Indicador Público de Renta de Efectos Múltiples, y que ninguno de los miembros de esa misma unidad familiar posea vivienda en propiedad o bajo derechos de usufructo.
- Que los potenciales arren-




*La vicepresidenta del Gobierno, los ministros de Economía y Competitividad, Sanidad y Servicios Sociales y Fomento, junto a representantes de las las entidades participantes, durante la firma del convenio de constitución del Fondo, el pasado 17 de enero.*

datarios se encuentren en algunos de los siguientes supuestos de vulnerabilidad : familia numerosa (conforme a lo establecido en la actual legislación); unidad familiar monoparental con dos o más hijos a cargo; unidad familiar con al menos un menor de tres años a cargo; unidad familiar con alguno de sus miembros con discapacidad declarada superior al 33%, o en situación de dependencia o enfermedad incapacitante de forma permanente para el desempeño de una actividad laboral; unidad familiar en la que el deudor hipotecario se encuentre en desempleo y haya agotado las prestaciones correspondientes; unidad familiar en la que convivan y estén unidas con el titular de la hipoteca cuyo impago originó el desalojo, o con su cónyuge, hasta el tercer grado de consanguinidad o afinidad; otros miembros en situación de dependencia, discapacidad o enfermedad grave que les impida, de modo temporal o permanente, realizar alguna actividad laboral, y por último, aquella unidad familiar en que se haya producido algún tipo de violencia de género.

## Contratos

El convenio regulador del FSV determina asimismo los requisitos de los contratos de arrendamiento. Así, las rentas de arrendamiento de las viviendas deberán estar comprendidas entre un mínimo de 150 euros y un tope máximo de 400 euros/mes, con un límite máximo del 30% de los ingresos netos totales de la unidad familiar. Los gastos del inmueble, como tributos y reparaciones, correrán por cuenta del propietario, conforme establece la Ley de Arrendamientos Urbanos de 24 de noviembre de 1994, mientras que los gastos de suministros (electricidad, agua, gas o teléfono) serán a cargo del arrendatario. La duración del contrato de arrendamiento se establece inicialmente en dos años con opción a uno más de prórroga, salvo que la entidad propietaria de la vivienda, tras evaluar el cumplimiento de los requisitos, considere que no se satisfacen ya las condiciones previstas en el convenio, en cuyo caso deberá comunicarlo al afectado y a la Comisión de Coordinación y Seguimiento con al menos un mes de antelación al vencimiento del plazo de dos años.

Por su parte, el arrendatario está obligado a destinar el inmueble a vivienda habitual, así como a conservarlo en las mismas condiciones de uso y habitabilidad en que le fue cedido. Además de las condiciones especiales contempladas en el convenio, los contratos de arrendamiento estarán regulados por la Ley 29/144 de Arrendamientos Urbanos.

> El Fondo parte con una dotación inicial, aunque eventual, de 5.891 viviendas aportadas por las entidades de crédito

## Asignación

En cuanto al procedimiento de asignación de las viviendas, las solicitudes deberán dirigirse a las entidades titulares de los préstamos hipotecarios cuyo impago originó el desalojo, y éstas, una vez evaluadas y admitidas las que reúnan los requisitos establecidos en el convenio, deberán valorarlas a fin de dar prioridad a cuantas presenten una mayor necesidad, ponderando de manera especial el riesgo de exclusión social de los solicitantes y circunstancias como el número de hijos menores de tres años, número de hijos menores de edad, nú-



*Las viviendas serán asignadas por las entidades de crédito titulares tras recabar informes a los servicios sociales del municipio.*

mero de personas con discapacidad, dependencia, situación de desempleo y que hayan agotado prestaciones sociales, presencia de víctimas de violencia de género, disponibilidad de viviendas en el municipio de residencia y otros análogos.

A efectos de esas valoraciones, las entidades de crédito deberán solicitar informe a los servicios sociales de los correspondientes ayuntamientos o de las diputaciones provinciales del municipio de residencia de los solicitantes, siempre que dicho Ayuntamiento o Diputación estén adheridos al convenio, con al menos 15 días de antelación al vencimiento del plazo de admisión de las solicitudes. En el referido informe, que deberá ser emitido por las entidades locales en un plazo de 15 días desde su solicitud, se valorarán las circunstancias sociales de las familias solicitantes. Las entidades de crédito podrán establecer acuerdos con ayuntamientos y diputaciones para que estos asuman la evaluación de los solicitantes. Por su parte, los servicios de atención al cliente y los defensores del cliente de las entidades de crédito deberán atender cualquier reclamación relacionada con el cumplimiento del convenio.

Desde el pasado 15 de febrero las entidades deben publicar los criterios de valoración en su página electrónica, estando a disposición de los solicitantes en las sucursales. Conforme a las solicitudes recibidas y admitidas, el próximo 31 de marzo comenzará ya la asignación de viviendas, y antes de esa fecha si los servicios sociales consideran que existen razones justificadas de carácter social. ■

## El Fondo y su funcionamiento

El Fondo Social de Viviendas en alquiler parte con una dotación inicial de 5.891 viviendas aportadas por 33 entidades de crédito y destinadas a frenar el riesgo de exclusión social de familias que hayan sufrido un desalojo.

**¿Quiénes pueden acceder al alquiler?**

Quienes hayan sido desalojados de la vivienda que ocupaban desde el 1 de enero de 2008 al no poder afrontar el pago de la hipoteca suscrita con la entidad bancaria. Deberán cumplir, además, con varios requisitos, entre otros: que el conjunto de ingresos de la unidad familiar no supere el límite de tres veces el Indicador Público de Renta de Efectos Múltiples, que ninguno de los miembros de la unidad familiar posea alguna vivienda en propiedad o usufructo, y encontrarse en situación de especial vulnerabilidad como en los supuestos de familia numerosa, familia monoparental con dos o más hijos o con un menor de tres años a cargo; también aquellas familias en que alguno de sus miembros se halle en situación de discapacidad superior al 33%, o que en la unidad familiar exista alguna víctima de violencia de género, etc.

**¿Qué organismos evaluarán las solicitudes?**

Las solicitudes deberán dirigirse a las entidades de crédito, que evaluarán que cumplen con los requisitos previstos y solicitarán el correspondiente informe a los servicios sociales de los ayuntamientos o diputaciones provinciales del municipio de residencia del solicitante, siempre que estas instituciones se hayan adherido al convenio. En el informe se valorarán las circunstancias sociales de las familias solicitantes. Las entidades de crédito podrán llegar a acuerdos de colaboración con los ayuntamientos y las diputaciones.

**¿A qué precios se podrán alquilar las viviendas del Fondo?**

El precio oscilará entre 150 y 400 euros al mes, con un límite máximo a pagar del 30% de la renta familiar.

# MUSEO DEL FERROCARRIL




www.museodelferrocarril.org

MUSEO DEL FERROCARRIL
Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Paseo de las Delicias, 61
28045 Madrid





*Laboratorio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) del CTF.*

CTF DE ADIF, UN REFERENTE MUNDIAL DE LA TECNOLOGÍA FERROVIARIA

# Innovador y multidisciplinar



PEPA MARTÍN
FOTOS: ADIF

El Centro de Tecnologías Ferroviarias (CTF) de Adif, concebido como un espacio de innovación abierto y multidisciplinar, ha ampliado su plantel con nuevos investigadores destinados a los proyectos de I+D+i aquí desarrollados, que sitúan a la entidad pública empresarial dependiente del Ministerio de Fomento como un referente mundial en el sector de la tecnología ferroviaria.

Procedentes de siete empresas situadas en la vanguardia tecnológica, el Centro de Tecnologías Ferroviarias (CTF) de Adif, en Málaga, ha incorporado a su equipo técnico 17 nuevos investigadores, que se suman a un plantel compuesto por 81 profesionales del ámbito empresarial y otros 26 pertenecientes a la empresa de infraestructuras ferroviarias dependiente del Ministerio de Fomento.




*Edificio del CTF en Málaga. Debajo, tren laboratorio Séneca de Adif.*

Todos ellos desarrollan su labor en este centro con el objetivo de hacer de él un referente en el entorno de la I+D+i ferroviaria, trabajando en soluciones que incrementen la competitividad de las empresas españolas en el mercado global, para posicionar a Adif como empresa puntera en el sector de la tecnología ferroviaria.

Al proyecto del CTF se han sumado ya 37 empresas, tras firmar un acuerdo de adhesión, y 23 de ellas han establecido equipos de investigadores en el propio centro. De este modo, Adif acoge en sus instalaciones a un conjunto de empresas situadas en la vanguardia tecnológica en campos tan diversos como las telecomunicaciones, la señalización y la superestructura ferroviaria, la construcción y la obra civil, el material rodante, la energía y la sostenibilidad.

Las empresas que mantienen equipos de investigadores en el CTF son, por orden de incorporación: Abengoa, Acciona, Tria, Ineco, Technosite, Ferrovial, Schneider, Sice, Sando, Windinertia, Alstom, Azvi, Comsa Emte, Teams y FCC. Todas estas empresas se integrarán en el *clúster* ferroviario que Adif está impulsando en el CTF de Málaga.

## Proyectos

Los proyectos que Adif lleva a cabo en el CTF siguen tres líneas especializadas de investigación: Operaciones, Sostenibilidad y Mercancías, como recoge el Programa de I+D+i 2012-2013 de la entidad. La línea de Operaciones está orientada a la mejora de las prestaciones y la eficiencia del sistema ferroviario. La de Sostenibilidad aglutina los proyectos orientados a mejorar las prácticas y procedimientos que persiguen un equilibrio entre las dimensiones económica, social y ambiental del ferrocarril. Dicho de otro modo, el objetivo de estos proyectos es conseguir una infraestructura ferroviaria más sostenible, en relación con el entorno en el que se integra. Por último, la línea de Mercancías pretende mejorar la eficiencia del transporte de mercancías y aumentar el volumen del tráfico en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG).

Todos los proyectos que se desarrollan en estas tres líneas de investiga-





*Instalaciones del Centro de Ensayos de Alta Velocidad, situado en la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona.*

ción se cruzan con cuatro objetivos estratégicos: incremento de prestaciones del sistema ferroviario, mejora de RAMS, mejora de la eficiencia energética y desarrollo del ferrocarril del futuro. Además, los proyectos de I+D+i se abordan con la expectativa de incorporar nuevas técnicas y tecnologías que hagan del ferrocarril español un sistema de transporte más seguro, eficiente, sostenible, fiable y situado en la vanguardia tecnológica.

La cartera de proyectos que Adif desarrolla actualmente en el CTF está compuesta por 46 proyectos en fase de ejecución, a los que se sumarán tres, pendientes de resolución, y otros siete más en fase de preparación.

El modelo escogido por Adif para poner en marcha su maquinaria innovadora es el *Innovation for business*, que conduce desde la generación de la idea hasta el retorno de las inversiones mediante la transferencia de tecnología. Esta visión de negocio se sustenta en una gestión de la I+D+i enfocada a la transferencia interna y externa de los resultados obtenidos en el proceso innovador.

Por otra parte, Adif ha suscrito 123 convenios de colaboración con entidades públicas y privadas, entre ellas empresas, universidades y otras instituciones. Con ello asume su papel de motor de la innovación en el sector ferroviario y agiliza los procesos de transferencia para que las tecnologías estén lo antes posible al servicio de los ciudadanos.

Desde 2008, Adif posee un sistema de gestión de I+D+i certificado por la Norma UNE 166002. De hecho, Adif ha sido la primera administración ferroviaria en el mundo en certificar su sistema de gestión de I+D+i. Para Adif la excelencia es también un va-

## Medios del CTF

El CTF dispone de varios laboratorios especializados de Adif. Entre ellos destaca el laboratorio GSM-R, para la tecnología de comunicaciones RBC-Tren y el desarrollo de ingeniería de datos para Ertms nivel 2; y el laboratorio TIC, dedicado a sistemas inteligentes de transporte y a la evolución del sistema Davinci, la solución de Adif para el control integral del tráfico ferroviario, que está operativa en los Centros de Regulación y Control de España para la alta velocidad y que se está implantando en otros países, como el Reino Unido, Lituania y Marruecos. También hay un laboratorio de andén y un banco de ensayos de catenaria rígida. La oferta de instalaciones de ensayo se completa con los trenes laboratorio de Adif, dotados de equipamiento específico para la auscultación de vía, y con las instalaciones que se gestionan desde el CTF: el Centro de Ensayos de Alta Velocidad, ubicado en el kilómetro 64 de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona; el Instituto de Magnetismo Aplicado de Las Rozas y el Laboratorio de Energía de Cerro Negro, ambos en Madrid.

El CTF tiene departamentos especializados en Formación, Vigilancia Tecnológica, Gestión de proyectos de I+D+i y transferencia tecnológica para el progreso de proyectos nacionales e internacionales propios de Adif, en cooperación o incluso destinados a terceros bajo contrato. Dispone también de una sala *demo* equipada con los medios audiovisuales más avanzados: proyecciones holográficas, recursos audiovisuales interactivos y un equipo multitáctil interactivo. Se ha concebido como un espacio exclusivo para la exhibición y demostración de tecnologías.



*Veintitrés empresas que abarcan diversos campos ferroviarios tienen actualmente destinados equipos de investigación en el CTF.*

lor que se combina con una innovación ágil y objetiva. Así lo demuestra el hecho de que la entidad pública empresarial haya superado en diciembre de 2012 la evaluación EFQM + 500, que se suma a la certificación ISO 9001 y a las demás que ya posee.

Adif también desarrolla una ingente actividad internacional, fruto de la cual la tecnología española está presente en numerosos países. Así, productos desarrollados por empresas españolas con el patrocinio o la colaboración de Adif se convierten en una fuente de ingresos adicional y ponen la tecnología española a la altura de las más vanguardistas en el mundo. Es el caso del sistema de control de tráfico Davinci, de los sistemas de información al viajero, de aplicaciones relacionadas con la gestión de incidencias de circulación o, en otras áreas, los resultados obtenidos en proyectos que estudian el comportamiento del balasto en vías de alta velocidad o la eficiencia energética.

La protección de la tecnología es un pilar fundamental de todo el esfuerzo innovador de Adif. La mayor parte de los activos intangibles generados son especificaciones técnicas, resultado del enorme caudal de conocimiento producido durante años y que es uno de sus valores más importantes. Por otro lado, Adif es titular también de una cartera de patentes y de las marcas asociadas a los distintos productos y servicios que gestiona. Todo este volumen de activos da como resultado la concesión de 20 licencias de explotación que reportan ingresos a la entidad y al mismo tiempo ponen en valor la tecnología ferroviaria impulsada desde la administración pública española.

## Proyecto Tecrail

Entre los trabajos de investigación más destacados que se realizan en el CTF figura el proyecto Tecrail, que desarrolla sistemas LTE (*Long Term Evolution*) en entornos ferroviarios como alternativa a la tecnología GSM-R. Está liderado por Alcatel-Lucent y desarrollado en colaboración con Adif, AT4 Wireless, Metro de Madrid y las universidades Politécnica de Madrid, Málaga y A Coruña,

Con un presupuesto global de 2,7 M€ y una subvención de 2,2 M€, este proyecto consiste en adaptar tecnología LTE a la señalización ferroviaria, la conducción automática de trenes y las comunicaciones tren-tierra, además de la comunicación móvil de los usuarios del ferrocarril. Para ello se realizan pruebas en el tren laboratorio *Séneca* de Adif, diseñado para la auscultación dinámica y geométrica de vía y catenaria, así como para la supervisión de los sistemas de señalización y de comunicación ferroviaria. Consiste en un vehículo principal con un receptor de señal vía satélite, capaz de recoger la información de posicionamiento en coordenadas y con visualización en pantalla.

En relación a otras tecnologías móviles, los sistemas LTE permiten mejorar las comunicaciones al facilitar un tráfico de datos de mayor calidad junto a una mejor inte-

## Reconocimientos

El esfuerzo de Adif y de la Administración Pública española por la innovación ferroviaria ha tenido una acogida excelente en la sociedad. En 2011, la Asociación de Parques Tecnológicos de España (APTE) concedió al Centro de Tecnologías Ferroviarias el premio a la infraestructura de I+D. En 2012, la Unión de Consumidores de Málaga ha concedido a Adif su premio anual de consumo por su apuesta en I+D+i, debido a la apertura del CTF, y por la inclusión de Málaga en la red de alta velocidad. Finalmente, en la primera edición de los UIC Innovation Awards, la Unión Internacional de Ferrocarriles ha distinguido el proyecto Ferrolinera® de Adif como uno de los 20 mejores en materia ferroviaria.

*En el CTF se desarrollan nuevos proyectos sobre conducción de trenes o sistemas de señalización, entre otros.*



Renfe Operadora



gración con otros servicios multimedia, por lo que ante el aumento de los volúmenes de datos tras la expansión de los móviles 3G y los *smartphones* conviene desarrollar nuevos modos orientados a mejorar la capacidad de las redes y sus costes operativos.

Estas mejoras pasan por una mayor velocidad para aplicaciones móviles en las descargas de Internet, mayor calidad de vídeo en resolución y velocidad, uso de varias aplicaciones móviles de forma simultánea y una mejora de la interactividad al ser más rápido el tiempo de respuesta.

En el entorno ferroviario, Tecrail optimizaría la gestión de calidad de servicio al permitir mejoras en el soporte de aplicaciones avanzadas para la gestión y el control de las operaciones y en la conducción automática, además del desarrollo de modelos de transmisión más eficientes para el despliegue en túneles.

## Proyectos de futuro

Buena parte de los nuevos proyectos que desarrollarán los investigadores recién incorporados al CTF corresponde a iniciativas de las empresas Thales, Ayesa, Siemens, Isolux-Corsán, Cetren, Deimos-Space y TJH2b.

Así, los proyectos de Thales se centran en desarrollos de señalización Ertms de nivel 2, con controles de pasos a nivel y sistemas de bloqueo, además de otras aplicaciones de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) ligadas al vehículo eléctrico. Ayesa, por su parte, desarrolla un sistema de auscultación de vía portable para instalarlo en vehículos comerciales, así como sistemas de localización de vehículos y desarrollo de productos en el ámbito de los sistemas inteligentes de transporte (ITS). Siemens trabaja en proyectos para optimizar rutinas de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo con metodología de diagnóstico remoto de circuitos de vía y contadores de ejes, ligados al enclavamiento Siemens Simis IS.

Isolux-Corsán desarrolla sistemas de recuperación de energía en el frenado regenerativo de los trenes y las subestaciones multitensión. También trabaja en el desarrollo de herramientas informáticas de simulación de subestaciones para todos los tipos de ferrocarril, desde alta velocidad a convencional, tranvías o metro.

En la homologación y certificación de diseños de productos novedosos contra norma o documento público, tanto en infraestructura como en material rodante, trabaja Cetren, el Organismo Notificado (NoBo) autorizado por el Ministerio de Fomento como organismo de certificación y verificación CE de acuerdo con las especificaciones técnicas de interoperabilidad. También tiene funciones de *Independent Safety Assessor* (ISA), con las que elabora los informes de seguridad independientes y colabora en la consecución del certificado de seguridad para infraestructuras y material rodante.

Deimos-Space desarrolla sistemas a medida para telegestión, mejora de accesibilidad y eficiencia energética en estaciones, prevención de obstáculos en vía mediante satélite y tecnologías híbridas, además de sistemas de gestión de equipos en tiempo real.

Finalmente, TJH2b, Analytical Services Laboratories, trabaja en nuevas herramientas de diagnóstico y prestación de servicios de laboratorio independiente; también participa como consultora especializada en las pruebas de los materiales aislantes utilizados en el equipo eléctrico de alto voltaje, especialmente en transformadores eléctricos de tracción ferroviaria. ■

CONSTITUIDO EL OBSERVATORIO PERMANENTE DEL MERCADO DE LOS SERVICIOS PORTUARIOS

# Referente para la competitividad






APBA

Pepa Martín Fotos: Caballero

El Ministerio de Fomento ha puesto en marcha el Observatorio Permanente del Mercado de los Servicios Portuarios, un órgano colegiado de carácter consultivo con el que se pretende crear un marco para la supervisión y promoción de la competencia en la prestación de servicios portuarios, y que asigna funciones concretas tanto a Puertos del Estado como a cada Autoridad Portuaria.



La creación del Observatorio, iniciativa recogida en la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante de 2003, se ha materializado en una reunión constitutiva en la que se han revisado las reglas de funcionamiento y objetivos de este organismo; se ha aprobado su reglamento interno, y se ha debatido la propuesta inicial de contenidos y el programa de trabajo para el año 2013.

Este organismo pretende convertirse asimismo en una herramienta útil para el sector de la estiba español, ya que podrá obtener y proporcionar información muy valiosa que permitirá ofrecer servicios de mayor calidad, además de más competitivos.

En la práctica, tendrá que ser capaz de ofrecer el mayor caudal posible de datos relativos a los tráficos portuarios, qué factores intervienen en ello o cómo influyen en el mercado, además de proporcionar información de los costes de los puertos españoles para analizar si somos competitivos en el sector de la estiba, en el de los remolcadores, en la ocupación del suelo o en las tasas portuarias, entre otros.

La idea es que con todo ello se pueda contribuir mejor a la captación de nuevos tráficos, y así escalar posiciones con respecto a Alemania, líder del sector en Europa, y país al que seguimos en el ránking empatados con Holanda.



*Reunión constitutiva del Observatorio*

## Funciones

Uno de los cometidos básicos del Observatorio será el de suministrar información suficiente en cantidad y calidad para elaborar estudios de detalle sobre cuestiones específicas que afectan al sector. Para ello se analizarán las condiciones del mercado en relación con los precios y la calidad de los servicios portuarios, y poder así establecer recomendaciones que quedarán recogidas en un informe anual de competitividad que Puertos del Estado elevará al Ministerio de Fomento.

Se trata de cumplir con el objetivo de que el Observatorio sea un instrumento de mejora de las políticas de competitividad en la prestación de servicios, y evitar así abusos de posición dominante o prácticas desleales, teniendo en cuenta que la Ley mantiene la destitularización de los servicios portuarios y el libre acceso reglado a su prestación en un marco de libre y real competencia entre los operadores.

Entre las medidas adoptadas en esta reunión constitutiva desta-

*El Observatorio analizará las condiciones de competencia de los puertos en relación con los precios y la calidad de los servicios portuarios.*



can también la creación de la página web del Observatorio, que ofrecerá información sobre las tarifas existentes en cada puerto y sus condiciones de aplicación, además de la elaboración de «siluetas de costes», en las que se recogerá la contribución de cada servicio al coste de la escala, e indicadores de los servicios sencillos, medibles y comparables.

## Puertos del Estado

Puertos del Estado tiene un papel fundamental en la puesta en marcha y mantenimiento de este organismo, teniendo en cuenta que es el Consejo Rector de Puertos del Estado el que determina la composición del Observatorio –en el que están representadas las organizaciones más relevantes de los prestadores, trabajadores y usuarios de los servicios portuarios– y su funcionamiento.

Como referencia clave para el fomento de las condiciones de mercado de los servicios portuarios, la Ley establece que el Observatorio deberá integrar toda la información relacionada con el sector a través de los informes y actas del Comité de Servicios Portuarios de cada puerto.

Sin embargo, junto con las incidencias, estudios y trabajos de campo que realice el Observatorio, Puertos del Estado será quien tenga la responsabilidad de elaborar el informe anual de competitividad mencionado, y todos aquellos que necesite realizar, para garantizar las mejores condiciones del mercado, tanto para las Autoridades Portuarias como para los prestatarios de servicios.

El Observatorio está facultado para ello a elaborar una base de datos de los servicios portuarios técnico-náuticos, del pasaje y de manipulación de mercancías, así como de recepción de desechos procedentes de los buques orientadas a los indicadores de costes, que recogen tarifas máximas o precios, e indicadores de calidad, ya sean rendimientos, productividades u otro tipo de variables.

Estos indicadores servirán para medir los óptimos encontrados en el sistema portuario tanto nacional como internacional, de forma que se pueda establecer una referencia de buenas prácticas que in-



*El Observatorio proporcionará información sobre competitividad en sectores como la estiba, los remolcadores, la ocupación del suelo o las tasas portuarias.*

cite a la mejora continua de los servicios, tanto en términos de precios como de calidad.

Para ello, se considera fundamental en el Observatorio establecer y acordar previamente una metodología de trabajo para desagregar cada uno de los servicios según factores que permitan hacer una comparación.

## Obligaciones

Teniendo en cuenta la labor proactiva en defensa de la competencia que tiene encomendada Puertos del Estado, entre sus obligaciones está la de dar cuenta a la Comisión Nacional de la Competencia de los actos, acuerdos, prácticas y conductas contrarios a la libre competencia. Para corregirlos, puede, con carácter preventivo, emitir circulares dirigidas a los prestadores de servicios que serán vinculantes una vez se publiquen en el *Boletín Oficial del Estado*.

Otra de sus competencias es autorizar situaciones excepcionales, como la prestación directa de un servicio por parte de la Autoridad Portuaria, o determinados convenios, pactos o acuerdos que se celebren entre dos o más Autoridades Portuarias para garantizar el marco de competencia entre puertos.

También arbitrar en los conflictos que puedan surgir entre las entidades prestadoras de servicios cuando trasciendan el ámbito geográfico de una Autoridad Portuaria, o entre dos por los servicios prestados en cada una de ellas o en ambas.

Además, Puertos del Estado tiene la responsabilidad de velar por el carácter permanente del Observatorio, de tal forma que, además de organizar la información que se genere entre todos los agentes implicados, convoque y modere las reuniones y contribuya a la puesta en común de los intereses de todos.

Las mismas labores proactivas de supervisión y fomento de las condiciones de competencia en el mercado de los servicios portuarios que tiene Puertos del Estado las tienen encomendadas las Autoridades Portuarias, aunque circunscritas a su ámbito territorial y funcional. ■

## Composición

El Observatorio está compuesto por 34 vocales y presidido por José Llorca, presidente de Puertos del Estado, organismo que cuenta con tres representantes; otros diez lo son de las Autoridades Portuarias, de los cuales seis son rotatorios y otros cuatro fijos, pertenecientes a las Autoridades Portuarias de Bahía de Algeciras, Barcelona, Bilbao y Valencia.

Por su parte, los prestadores de servicios cuentan con un representante cada uno, y corresponden a los colectivos de prácticos, amarradores, remolcadores, agentes Marpol y empresas estibadoras (Anesco). También están representados los trabajadores portuarios a través de sus sindicatos, de tal forma que Coordinadora, CC.OO. y UGT cuentan con un representante cada uno.

También están presentes representantes de las principales agrupaciones, asociaciones y federaciones de usuarios de servicios portuarios, entre otras Oficemen, Aecoc, Aeutransmer, SPC-Spain, Asociación para el Impulso de las Autopistas del Mar, Anave, Anfac, Consejo General de Colegios de Agentes de Aduanas de España, Consejo Superior de Cámaras de Comercio, Feteia, Asterquigas y la Asociación de empresas almacenistas de graneles agroalimentarios.

Revista del Ministerio de

# Fomento







# TRENES HISTÓRICOS Y TURÍSTICOS EN ESPAÑA

*Monográfico julio-agosto 2012*











GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

RESERVE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 6478 / 6449
Por fax: 91 597 61 86 (24 horas).
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

EL PROYECTO DORIS PERMITE REDUCIR LOS CONSUMOS DE COMBUSTIBLE EN LAS RUTAS AÉREAS TRANSOCEÁNICAS

# Las ventajas de optimizar



R. F. Fotos: AG Aena y Caballero

El proyecto Doris (*Dynamic Optimization of the Route in Flight*) es una iniciativa cuyo principal objetivo es la validación de las rutas más favorables a la reducción de consumos de combustible y, por tanto, de emisiones de $CO_2$, en los vuelos comerciales operados por las compañías que cruzan el Atlántico norte. Doris se inscribe en el marco más amplio de una serie de propuestas del programa Aire (*Atlantic Interoperability Initiative to Reduce Emissions*), promovido conjuntamente por la FAA (*Federal Aviation Administration*) de Estados Unidos y la Comisión Europea, con financiación de la iniciativa conjunta para el Cielo Único Europeo (Sesar *Joint Undertaking*).





*Los resultados del programa Doris demuestran que la optimización de rutas ahorra importantes cantidades de combustible y de emisiones de $CO_2$.*

El programa Aire se inició en 2007 y las primeras pruebas de validación de procesos para la optimización de las rutas oceánicas, a fin de obtener ahorros de combustible y de emisiones de $CO_2$, dieron ya comienzo en 2008. En las mismas participaron las distintas empresas y entidades que integran el consorcio responsable del proyecto Doris, compuesto por NAV Portugal y, por parte española, la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica (Senasa) e Ineco –adscritas al Ministerio de Fomento–, además de las compañías Iberia y Air Europa, a las que luego se sumaron American Airlines y Lufthansa. Por su parte, la FAA estadounidense proporcionó servicios de apoyo para facilitar el tránsito aéreo entre los centros de control de Santa María, en las Azores, y de Nueva York.

El proyecto Doris busca nuevas alternativas al uso predeterminado de rutas transoceánicas, planificadas con antelación a la salida del vuelo, en favor de otras rutas más optimizadas y eficientes en el consumo de combustible, que requieren una planificación en el tiempo real del vuelo, decidida en función de las características concretas del aparato y su adaptación a las condiciones meteorológicas imperantes durante la trayectoria.

En el proceso de optimización de las rutas ha sido esencial potenciar la flexibilidad para cambiar el rumbo de las aeronaves, principalmente en la fase de crucero, después del despegue y antes del aterrizaje. Para ello se intensificaron las comunicaciones a tres bandas entre las compañías operadoras, los centros de control de tráfico aéreo y los pilotos en cabina. Así, durante las distintas fases de pruebas, los despachadores de vuelos de las operadoras Iberia y Air Europa recalculaban un nuevo plan de vuelo computerizado con la información más actualizada posible de los vientos dominantes. Los nuevos datos de trayectoria optimizada eran transmitidos al centro de control oceánico de Nueva York y a la tripulación de la aeronave, aproximadamente cada diez grados de longitud de progresión del vuelo. El centro de Nueva York daba validez a la nueva trayectoria optimizada, confirmando que no entraba en conflicto con la de otros vuelos, y la tripulación, por su parte, aseguraba que las condiciones meteorológicas eran las previstas. Cuando por algún motivo el nuevo perfil de vuelo optimizado no era posible, bien por conflicto con otros vuelos o por condiciones meteorológicas adversas, el centro de Nueva York elaboraba soluciones alternati-




*Las pruebas de validación se realizaron en rutas aéreas comerciales a través del Atlántico norte.*





*Aire se inscribe en la modernización de las infraestructuras de control del tráfico aéreo. Derecha, terminal T4 y puesto de control aéreo del aeropuerto de Madrid-Barajas.*

vas, modificando ligeramente la ruta o la velocidad y el tiempo o la altitud del vuelo. Esas alternativas eran recibidas en cabina y en los despachos de vuelo de las operadoras, que las recalculaban a su vez en términos de costes y consumo de combustible. Se originaba así un proceso fluido de intercambio de información que facilitaba el seguimiento continuo del avión y su mejor acomodo a la ruta más óptima.

## Últimos resultados

En las pruebas participaron esencialmente modelos Airbus A330 y A340 que operan en las conexiones de Madrid con Miami, Bogotá, Caracas, San José, Cancún, La Habana, Guatemala y Santo Domingo. La última campaña de pruebas concluyó en junio del pasado año y, sobre unos 200 vuelos potenciales para las dos compañías españolas, se pudo llevar finalmente la optimización de ruta en 110 de ellos. Tras el análisis exhaustivo de todos los datos y una vez evaluados a fondo 44 vuelos, los resultados finales mostraron un ahorro medio de 995 kilogramos de combustible en cada vuelo optimizado según los procedimientos del programa Doris, lo que se traduce también en un ahorro total de 3.134 kilogramos de emisiones de $CO_2$. En conjunto, el ahorro total obtenido en cada vuelo optimizado se sitúa en torno al 2,5%, lo que en costes actuales supondría un ahorro cercano a los 1.100 euros por vuelo.

Otra conclusión importante de esas evaluaciones fue que la adopción de los nuevos procedimientos no supuso un aumento significativo en la carga de trabajo ni para pilotos ni tampoco para controladores.

Estos buenos resultados, una vez concluidas las primeras fases de pruebas, harán posible que los procesos de optimización dinámica de las rutas ensayados en Doris se hagan extensibles a otras fases de la trayectoria de las aeronaves –desviaciones verticales y regulación de la velocidad–, así como a otras compañías que cruzan el Atlántico. Con la aplicación de esas nuevas mejoras los ahorros en consumo de combustible podrían situarse o incluso superar promedios cercanos al 4%. ■

## Objetivos del programa Aire

El programa Aire, dentro del cual se inscribe la iniciativa Doris, forma parte de los acuerdos suscritos entre la Comisión de la UE y la FAA (*Federal Aviation Administration*) norteamericana para coordinar los que son hasta la fecha sus dos más ambiciosos programas de modernización en las infraestructuras de control del tráfico aéreo: el programa Cielo Único por parte europea y el programa Nextgen (*Next Generation Air Transportation System*) por parte estadounidense.

Su gran objetivo se resume en favorecer la aplicación conjunta de estrategias que hagan más sostenible el transporte aéreo y reduzcan su impacto ambiental como consecuencia de las emisiones de efecto invernadero, tanto mediante la aplicación de nuevas tecnologías en todos los ámbitos de la industria aérea como a través de la mejora de los procedimientos operacionales. Sólo por parte europea se han puesto en marcha al menos ya 18 grandes proyectos.

JULIA SOLA LANDERO
FOTOS: FUNDACIÓN DEL MUSEO VASCO DEL FERROCARRIL Y EUSKOTREN

El 5 de diciembre de 1912, el único tren transfronterizo de vía estrecha construido en España comenzó a rodar desde San Sebastián hasta Irún, y cruzaría la frontera francesa hasta Hendaya tan solo siete meses después. Aquel viejo tren, superviviente de guerras y penurias económicas, acaba de celebrar su primer centenario con muy buena salud, integrado en el servicio ferroviario vasco EuskoTren, y con una importante proyección futura.




## EL «TOPO» CUMPLE CIEN AÑOS

# Un viejo tren con mucho futuro

*Unidades de la serie 900 de EuskoTren en 2012 y automotor de los años 50, ambos en la estación de Amara, el hoy y el ayer del «Topo».*









*Puente Internacional (frontera Irún-Hendaya) e Irún, dos estaciones del trazado del «Topo».*

Con poco más de 20 kilómetros de longitud, el 28% del trazado de este ferrocarril discurre sobre cuatro grandes viaductos y por 13 túneles, uno de ellos con más de dos kilómetros de longitud, por lo que el tren se ganó el sobrenombre de «Topo». Un longevo ferrocarril que tiene entre sus méritos el de ser un auténtico precursor de los modernos tranvías europeos, puesto que en sus inicios los trenes circulaban desde la estación donostiarra de Amara hasta el centro de San Sebastián, recorriendo el casco urbano.

Su creación fue una apuesta arriesgada, porque cuando se planteó la creación de un tren de vía estrecha que llegara hasta Francia, ya existía, desde 1864, una conexión Irún-Hendaya, pero a través de un ferrocarril con ancho de vía normal (1.672 mm), que no coincidía con el estándar francés (1.435 mm), por lo que para hacerlo viable tuvieron que realizar un tendido de vías paralelas.

El proyecto para la construcción de aquel nuevo enlace comenzó a decidirse a partir de 1890. Además del ferrocarril de ancho normal, en aquellas fechas ya existían la carretera nacional-I y el tranvía San Sebastián-Rentería. A pesar de ello, se vio la necesidad de facilitar el transporte de viajeros y mercancías mediante un enlace desde el Cantábrico con el mismo ancho de vía francés, lo que evitaría hacer transbordos en la estación de Amara, que era terminal de la red de vía estrecha.

El 6 de febrero de aquel año se concedió al empresario Manuel Martí una autorización para construir y explotar una línea entre San Sebastián y Deva, pasando por Guetaria y que podría extenderse hasta Francia por el este y hasta Guipúzcoa por el oeste. Casi veinte años después, el empresario transfirió aquellos derechos a la Compañía Constructora de Obras Públicas y Fomento Industrial, empresa con la que Ferrocarriles Vascongados acordó apoyar y financiar hasta el 50% del coste de la línea.

Pero, a pesar de las exitosas negociaciones entre ambas compañías, el proyecto fue recibido con escepticismo y hostilidad por el sector ferroviario, que argumentaba que la otra línea en circulación de la compañía Ferrocarriles del Norte y el tranvía urbano de San Sebastián ya atendían la demanda del transporte de viajeros. Además, la construcción de la nueva línea se vería dificultada por la difícil orografía de la zona, que haría necesario construir numerosos túneles y viaductos. Estas trabas hicieron que se cuestionara la rentabilidad de la línea.

## Competencia

Ante la amenaza de construir la nueva línea, la Compañía de Ferrocarriles del Norte creó un servicio especial entre la capital guipuzcoana y Hendaya –el tranvía internacional de Biarritz a San Sebastián y Tolosa–, además de poner en marcha un proyecto de tranvía internacional de vía métrica con el mismo recorrido que el «Topo».

El amenazador proyecto de los Ferrocarriles del Norte hizo que los promotores de la





*Estación de Hendaya en 1951 y automotor circulando por San Sebastián en 1959.*

nueva línea diseñaran un servicio de Cercanías solo para viajeros, ya que no existían infraestructuras en las estaciones para la carga y descarga de las mercancías. Además, la red contaría con coches de tracción eléctrica, lo que la convirtió en la séptima línea electrificada en España.

Finalmente se aprobó el proyecto mediante una Real Orden el 22 de marzo de 1910, por lo que la Compañía Constructora de Obras Públicas y Fomento Industrial puso en marcha la construcción de la línea en mayo de ese año. El trazado aprovechó la parte de las obras realizadas para el ferrocarril eléctrico que llegaba hasta Hernani. Apenas tres meses después, el ya mencionado 5 de diciembre de 1912, estaba finalizada la primera sección de la línea, que llegaba hasta Irún.

La concesión del Gobierno no incluía territorio internacional, por lo que la empresa ferroviaria tuvo que negociar con las autoridades francesas la construcción del puente internacional y la implantación de sus vías métricas en la estación de Hendaya, acuerdo que fue aceptado en julio de 1912.

## Apertura de la línea

Llegó la esperada inauguración el 13 de julio de 1913, trágico día en el que dos trenes colisionaron cerca de la estación de Irún dejando en sus vagones siete fallecidos y veinte heridos graves.

Pronto llegaron las consecuencias del nuevo servicio: la Compañía del Norte perdió en diciembre de 1912 un 20% de tráfico y en enero de 2013 un 50%, por lo que en febrero redujo sus tarifas un 37% y un 48% en marzo, abril y mayo, lo que le permitió recuperar un 36% su tráfico de viajeros.

Esta lucha tarifaria se zanjó mediante un convenio aprobado el 16 de julio de 1913 por las dos compañías en el que se acordaba establecer idénticas tarifas en todo el recorrido. La Compañía del Ferrocarril de San Sebastián a la frontera francesa entregaría a la Compañía del Norte el 20% de los ingresos que generaran los viajeros en sus recorridos, y Norte reduciría sus servicios en ese tramo.

Solucionado este problema surgió el del transporte de mercancías. Se acordó y se acondicionó el ferrocarril para uso exclusivo de pasajeros por la carencia de infraestructura y de tomas de agua o puentes para el uso de locomotoras de vapor que arrastrasen el material. Para permitir este tipo de transporte, en el tramo de Irún a Hendaya se instaló un espacio destinado al transbordo de mercancías, pero tan escaso que Ferrocarriles Vascongados se negó a firmar contratos para el transporte de grandes cantidades de material.

Ante estos hechos, ambas compañías se enzarzaron en una serie de demandas judiciales. La Compañía de Ferrocarriles Vascongados fue denunciada por dejar de asumir los compromisos firmados en el convenio de 1910, por lo que se suspendió el tráfico combinado entre las dos compañías en 1916, reanudándose en 1917 ante las amenazas de Vascongados de abrir una nueva línea paralela.

Pero los litigios entre ambas compañías quedaron en un segundo plano con el estallido de la Primera Guerra Mun-








*Izquierda, imágenes históricas del «Topo» en la estación de Amara, la segunda de 1965. Arriba, el actual «Topo» es un servicio moderno, eficaz y muy utilizado de Cercanías.*

dial, que afectó al tráfico de la línea por su internacionalización en un contexto en el que Francia participaba en la contienda y España permanecía neutral.

El Gobierno francés recortó el servicio y emprendió una vigilancia estricta sobre los viajeros y las mercancías para controlar la posible entrada de espías o la huida de desertores o capitales, controles que fueron creciendo hasta el punto de llegar a prohibir la entrada al país durante un tiempo.

Al terminar la contienda bélica se normalizó la línea, que reanudó su incursión a Francia, aunque el tráfico y los ingresos habían disminuido considerablemente. Pronto, el 24 de octubre de 1923, se fundó la Sociedad Explotadora de Ferrocarriles y Tranvías (SEFT) con el objetivo de construir y explotar ferrocarriles y tranvías, disponiendo de abundantes acciones a repartir en varias compañías, de las que 6.000 se emitieron a favor del «Topo».

En aquellos años de la posguerra europea, se inauguraron nuevos tramos ferroviarios para viajeros que enlazaban Hendaya con San Juan de Luz, Biarritz y Bayona. Además, se abrió un nuevo traza-



do en 1925, que unía Hendaya con la costa, y que fue explotado por la misma compañía de ferrocarriles durante sus diez años de servicio.

El «Topo» arrastró problemas financieros desde el principio. Por una parte, la construcción de los 13 túneles de la línea la convirtió en la más cara de España –500.000 pesetas por kilómetro–. Por otra, tuvo que soportar la competencia del ferrocarril del Norte entre Alsasua e Irún electrificado en 1929, lo que redujo el tiempo de viaje a menos de la mitad de lo que tardaba el «Topo», por lo que éste empezó a sufrir pérdidas de casi 250.000 pesetas y 300.000 viajeros anuales.

## Guerra Civil

El golpe definitivo al «Topo» fue el estallido de la Guerra Civil. Desde 1936 el tren se limitó a viajar entre San Sebastián e Irún, dado que la frontera quedó cerrada para los viajeros y no se abriría hasta la finalización de la Segunda Guerra Mundial, aunque un año después el jefe del Estado, Francisco Franco, ordenó un nuevo cierre entre 1946 y 1948.

A partir de 1948 la línea fue explotada por SEFT, que a duras penas pudo soportar su cada vez más escasa rentabilidad, agudizada por el cierre del paso de los trenes por el centro de la ciudad, el incremento de gastos y el creciente protagonismo de los autobuses interurbanos.

El hundimiento de uno de los túneles en 1972 mantuvo cerrado el tramo entre las estaciones de Loyola y Herrera. Meses más tarde ocurrió lo mismo con el tramo de Gainchurizqueta y Ventas de Irún. Un desastre ya augurado por muchos que empleaban el acrónimo de la compañía como «Se Espera Fuerte Trompazo», por la notable degradación de sus infraestructuras y material móvil, producto de la precaria situación económica de la compañía.

Aquellos sucesos provocaron que el 10 de enero de 1973 la sociedad SEFT, 60 años después de su puesta en marcha, renunciara a la concesión de la línea. El 29 de enero de aquel mismo año la empresa estatal Ferrocarriles Españoles de Vía Estrecha (Feve) se hizo cargo de la línea.

Feve heredó una línea inconexa tras los hundimien-



*El «Topo» acercándose a la estación de Irún-Paseo de Colón, en una imagen histórica fechada en los años 80 del pasado siglo.*

tos ocurridos y en estado de precariedad. Pese a ello, y a pesar de las numerosas alternativas de la línea, apostó por poner en valor el tren como un eficiente servicio de Cercanías, gracias a la centralidad de sus estaciones, que pudiera competir en rapidez y fiabilidad con el transporte por carretera. Para alcanzar ese ambicioso objetivo se emprendió la reconstrucción casi total de la línea, lo que supuso, entre otras actuaciones, rehacer y sanear túneles, reforzar galerías, renovar los raíles, sujeciones, traviesas y balasto, y montar una nueva catenaria.

Reinaugurada provisionalmente en octubre de 1976, un año después se reemplazaron los antiguos trenes por otros de la serie 3500 (aún en servicio en Feve y en la línea de EuskoTren). Además, se subió el voltaje a 1.500 voltios en corriente continua, casi el triple del original. Con todas esas mejoras, la modernización de la línea concluyó el 5 de mayo de 1978.

La modernización de este ferrocarril hizo que en años posteriores se abrieran nuevas estaciones (Anoeta, Galtzaraborda, Fandería, Belaskoenea e Intxaurrondo) y se realizaran prolongaciones de la antigua línea de Lasarte que perteneció a Ferrocarriles Vascongados. Tras la transferencia del «Topo» a las instituciones autonómicas, el 1 de junio de 1979, se abrieron nuevos tramos impulsados por el Gobierno vasco, EuskoTren y Euskal Trenbide Sarea. ■

## Un tren con muy buena salud

A pesar de sus cien años, el «Topo» es un medio de transporte que disfruta de muy buena salud en las primeras décadas del siglo XXI. La línea Lasarte-San Sebastián-Hendaya, que en su larga trayectoria se ha sobrepuesto a contiendas bélicas, penurias económicas y la competencia de trolebuses y autobuses, juega actualmente un importante papel en la movilidad en las comarcas guipuzcoanas de Donostialdea (que incluye San Sebastián) y Bidasoa-Oiartzun, por donde discurre. Un total de 6,3 millones de pasajeros utilizaron la línea en 2012.

En los últimos años, el Gobierno vasco ha destinado diversas inversiones para modernizar el material móvil y la infraestructura de esta línea con objeto de mejorar el servicio que presta. Así, a partir de 2011 EuskoTren ha introducido en el servicio comercial de la línea Lasarte-San Sebastián-Hendaya las modernas unidades de la serie 900, más rápidas, seguras y accesibles. Paralelamente, Euskal Trenbide Sarea, el gestor de infraestructuras ferroviarias vasco, ha concluido en los dos últimos años el desdoblamiento de varios tramos (Fandería-Oiartzun, Lasarte-Rekalde, Rekalde-Añorga y Loiola-Herrera) en esta línea mayoritariamente de vía única, adecuando y construyendo nuevas estaciones.

Con objeto de incrementar el uso del AVE, Renfe ha implantado un sistema de tarifas, con novedades y descuentos en todas sus modalidades, que permite que un mayor número de personas utilice los servicios de alta velocidad a precios más baratos. En el primer día de comercialización de las nuevas tarifas, la operadora batió el récord de ventas en un solo día, con 110.030 billetes vendidos, un 80% más que el mismo día del año pasado.



Renfe Operadora

REBAJA DE LOS BILLETES EN TURISTA UN 11% Y DESCUENTOS DEL 70%

# Un AVE más barato

La operadora ferroviaria ha puesto en marcha desde el pasado 8 de febrero un nuevo sistema de precios flexibles en función de la demanda para todos los corredores y trenes AVE, similar al existente en las aerolíneas, con descuentos en todas las modalidades. El primer descuento dentro del nuevo sistema es el de la tarifa general, que se reduce un 11% y del que se beneficiará el conjunto de clientes de las clases Turista y Turista + del AVE.

Renfe también ha lanzado los nuevos precios Promo, los billetes más baratos de cada tren. Estos billetes, ligados a un precio con un descuento de entre un 30 y un 70%, permiten viajar en cualquier clase, fecha y horario. Aunque la anticipación en la compra multiplica la posibilidad de obtener mejores descuentos, las ofertas pueden salir a la venta en cualquier momento. Con los precios Promo es posible viajar en AVE de Madrid a Barcelona desde 32 euros, de Sevilla a Valencia desde 27,8 euros o desde Valencia a Madrid desde 21,7 euros.

Los billetes Promo están sujetos a limitaciones de cambios, anulaciones y reserva de plaza. No obstante, existe la opción de flexibilizar estas condiciones (permite anulación y cambios con gastos) y elegir asiento pagando un pequeño extra, en lo que se denominan precios Promo +.

Renfe ha puesto también en marcha un nuevo bono AVE, un abono para viajeros del tren de alta velocidad con carácter nominativo y válido para un periodo de cuatro meses. Este abono permite realizar 10 viajes en una ruta y clase seleccionada por el cliente con un descuento del 35% en cada trayecto.

## Campaña de descuentos

Renfe quiere incrementar también el uso del AVE entre los más jóvenes, Para ello ha implantado una tarjeta «virtual» que permite a los menores de 26 años viajar con un descuento del 30% en todos los billetes. Para acceder a esta tarjeta es necesario abonar una cuota anual de 20 euros más IVA. Esta cuota es inferior a la que existe en otros sistemas parecidos de otros países europeos, por lo que se amortiza con un solo viaje. Esta tarjeta entrará en vigor el próximo 1 de marzo.

Finalmente, Renfe aplicará el descuento de ida y vuelta (20% de descuento en cada trayecto) en el denominado «viaje múltiple». Esta novedad comercial, que se implantará a partir del 1 de junio, está orientada a los profesionales que se desplacen a varias ciudades de forma consecutiva (por ejemplo, Madrid-Barcelona, Barcelona-Valencia y Valencia-Madrid). El descuento adquiriendo billetes para el viaje completo será del 20% en cada trayecto.

Para los mayores se mantiene el sistema de descuentos de la Tarjeta Dorada, y para niños de hasta 13 años se mantiene también el 40% de descuento en todos los trenes.

Para facilitar el acceso a las nuevas ofertas y tarifas y a los cambios y devoluciones, Renfe Operadora ha incorporado algunas mejoras en su página web. ■



LA PEDRERA, ÚLTIMA OBRA DE GAUDÍ, CUMPLE UN SIGLO DE HISTORIA

# Joya del modernismo catalán



Jesús Ávila Granados Texto y Fotos

La Casa Milà, conocida popularmente como La Pedrera, en el corazón del Eixample barcelonés, es el edificio más emblemático de Antoni Gaudí. Esta singular construcción en chaflán, que acaba de cumplir sus primeros cien años de historia, se muestra orgullosa de ser la obra civil más sorprendente del modernismo, aunque su ejecución estuvo trufada de críticas y trabas burocráticas.



*Un ejército de guerreros de piedra parece acechar en la terraza superior. Debajo, el monumental aspecto de La Pedrera desde el paseo de Gracia.*

Fue en 1906 cuando Antoni Gaudí, que acababa de concluir la Casa Batlló (1904-1906), recibió el encargo de Roser Segimón i Artells –casada en segundas nupcias con el empresario Pere Milà i Camps– de construir un inmueble en el paseo de Gracia, esquina con la calle Provenza, en el espacio de una torre con jardín que previamente ella había adquirido, sobre una superficie de 1.835 metros cuadrados. Esta dama, de fuerte carácter, era el paradigma de la burguesía emergente barcelonesa de comienzos del siglo XX. Poseía los terrenos y el capital necesario para realizar el ambicioso proyecto, como heredera única tras la muerte de su primer marido, Josep Guardiola i Grau, acaudalado indiano de l'Aleixar (Tarragona), de quien se decía que su poder económico era tan grande que cuando quería hacía subir o bajar la Bolsa de París.



Según ciertos rumores, las relaciones entre Roser Segimón y Gaudí, pese a ser paisanos de Reus, no fueron muy cordiales debido a la diferencia de criterios sobre la construcción y los acabados, llegando al extremo de entrar en pleitos. El arquitecto proyectaba una imagen más monumental del edificio y pensaba coronar su fachada con una imagen de la Virgen del Rosario, en homenaje a la propietaria, una escultura que quedó reducida a su maqueta en escayola. Sin embargo, sí se mantuvo la inscripción *Ave gratia M plena*



Arcos lobulados en las galerías del lavadero superior.

*Dominus tecum*, que campea en el frontispicio superior, aunque también la letra M, de María, fue sustituida por una rosa.

Roser Segimón tuvo que esperar a la muerte de Gaudí –atropellado por un tranvía en 1926– para deshacerse de gran parte del mobiliario diseñado por el arquitecto, llegando incluso a mandar ocultar elementos decorativos, para redecorar su piso dentro del estilo Luis XVI. Sesenta años después, cuando Caixa de Catalunya compró La Pedrera a Cipsa (Compañía Inmobiliaria Provenza), a cuya empresa la vendió Roser en 1946, seis años después de la muerte de su marido Pere Milà, los elementos escondidos volvieron a brillar con luz propia, fruto de su restauración. La propietaria siguió habitando el piso de este inmueble hasta su fallecimiento en 1964.



Columnas fragmentadas que soportan el cosmos cromático de un paraíso natural.

## Faraónica construcción

Lo primero que llama la atención de quien admira la Casa Milá es la sensación infinita de grandiosidad espacial. En La Pedrera se ve con claridad el afán de la época por superar a los demás. Cada construcción era un reto. Y con esta obra, Gaudí rompió todos los moldes.

La construcción de la zona inferior del edificio se llevó a cabo con piedra extraída de las canteras de Garraf, mientras que la parte superior se realizó con piedra traída de Vilafranca del Penedès; en ambos casos, con labra de grano grueso, sin pulimentar.

En conjunto, el edificio



Subida de la escalera interior de la entrada por paseo de Gracia.



Chimenea con huecos de ventilación.

transmite una sensación dramática y adusta, evocando la rugosidad de la montaña de Montserrat. En esta realización su artífice, muy devota de la Virgen negra, estableció una estrecha vinculación con la religión cristiana. Pero también mitológica, porque recuerda un colosal acantilado marino, como una versión del mítico Montsalvat, donde se hallaba oculto el Santo Grial. En toda la obra la línea recta desaparece, siendo sustituida por las ondulaciones que nos llevan a la montaña sagrada, llena de oquedades, separándose, de este modo, del arte modernista.

Esta construcción, paradójicamente, fue tan aclamada, incluso por los competidores de Gaudí, que, cuando, dos años después de iniciarse las obras, el Ayuntamiento de Barcelona abrió un expediente contra La Pedrera porque el edificio había invadido el espacio de la acera, los mismos arquitectos rivales del maes-



*Patio de luz visto desde la terraza superior (arriba) e interior del mismo patio visto desde la entrada de la calle Provenza (debajo).*

tro pidieron a las autoridades que pasaran por alto esta circunstancia.

La fachada es un enorme bloque de piedra, formada por un puzle de sillares de medidas ciclópeas diseñados a tamaño natural, por lo que los picapedreros debían trabajar *in situ*; esto fue lo que daría lugar al calificativo de La Pedrera (cantera, en catalán) por parte de los vecinos de los otros inmuebles y de los transeúntes, que contemplaban con cierto asombro la grandiosidad de las obras y el descomunal ruido ocasionado por centenares de obreros trabajando la piedra al unísono.

Este monumento «geológico», como lo califican numerosos críticos de arte, iba a ser coronado en su zona más alta por una colosal estatua de la Virgen, pero Gaudí tuvo que conformarse con una rosa estilizada y un fragmento de la salutación del ángel a María cerca de la techumbre.



## Azotea sinuosa

Dominan los cielos de este colosal edificio, emergiendo de la terraza superior, unas delirantes protuberancias que enmarcan las cajas de escaleras, los depósitos de agua y las chimeneas. Al contemplar la sinuosa azotea, las nubes parecen flotar sobre este virginal monumento de piedra, que se habría elevado, según la idea original de su creador, como un desafío al mundo «profano» que se desarrolla a sus pies, a través del paseo de Gracia y el resto del Eixample.

Desde la azotea superior se puede descubrir la magia de esta formidable construcción. Bajo la terraza se extienden los lavaderos; un número interminable de ventanucos facilitaban la ventilación y el secado de la ropa lavada. Esta estancia, que ocupa toda la superficie del edificio, está cubierta por arcos parabólicos, realizados en ladrillo desnudo, cuya tonalidad rojiza pone



Nervios superiores de ladrillos desnudos que arrancan del pilar central.

una nota de calor en la estancia, a medida que los haces de nervios van abriéndose, así como los que arrancan desde los gruesos pilares maestros, también de ladrillo, creando fantasías en forma de palmeras de adobe. Es en esta estancia donde se recrea el Espai Gaudí, que facilita la comprensión de los visitantes hacia esta monumental obra, única en su género en el mundo.

La Pedrera es el ejemplo más emblemático del resumen del concepto gaudiniano de la arquitectura, porque en esta singular realización su artífice supo aplicar soluciones constructivas que superaban los cálculos matemáticos y, al mismo tiempo, los límites de la imaginación humana, como lo demuestran desde la misma fachada, que lleva a pensar que se trata de un inmenso roquedal, hasta la filigranería de las chimeneas y salidas de escaleras de la azotea, que descansan sobre un laberinto de arcos parabólicos, y tabicones catenáricos. Tampoco se puede olvidar el peso de la madera, porque la ebanistería desempeña un papel esencial en el interior de los pisos, desde los suelos (parqué) hasta las puertas y ventanas. Igualmente el mosaico, con alicatados de azulejos vidriados, y sinuoso –lo que se conoce como hidráulico–, con la estrella de mar en relieve de color verde manzana.

No se deben dejar de admirar los cielos rasos, en los cuales tampoco faltan evocaciones marianas, y enclaves que llevan a sagas mitológicas de reinos antiguos. La forja igualmente ocupa un destacado papel, que se desarrolla tanto en la rejería monumental de las puertas (paseo de Gracia y calle Provenza), como en los balcones y barandas de escaleras que recuerdan al barroco por sus retorcidas formas. Y, aprovechando los espacios intermedios de las escalinatas, donde la piedra se encuentra con el hierro y la madera besa al azulejo, aparece el mundo vegetal, como un regalo natural a la vista; un fragmento del paraíso traído a un nivel mundano, que tiene su complemento con la belleza pictórica de los techos. Y es que Gaudí fue un genio incorporando a la arquitectura elementos inspirados por la naturaleza, después de un minucioso proceso de observación de la misma.



Gaudí cuidó todos los detalles, incluida la forja de lámparas.

Gaudí, tras certificar en 1912 el final de esta genial obra, quiso encerrarse en su obrador de la Sagrada Familia, despidiéndose del mundo de la arquitectura civil con este monumento, obra capital del arte arquitectónico mundial, que domina el eje urbano del paseo de Gracia.

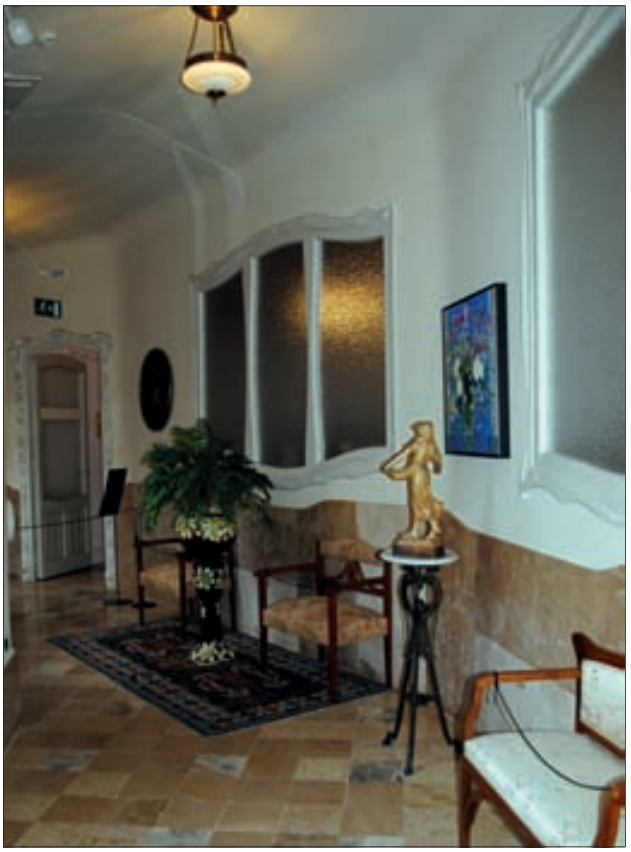
## Restauración

Debemos a Caixa Catalunya que este edificio se haya conservado tal como lo vemos hoy, porque el estado de deterioro, cuando lo adquirió a



una inmobiliaria en 1986, era considerable. Tras diversas obras de conservación y restauración, la fundación de la caja de ahorros lo convirtió en centro cultural al servicio de la ciudad y lo mantiene abierto al público para su visita, para lo que se puede entrar en la vivienda de la planta cuarta (allí se ubica el Piso de La Pedrera, inaugurado en 1997, una excelente recreación de la forma de vida de la Barcelona de comienzos del siglo XX), el desván y la azotea superior, siendo el piso principal una sala de exposiciones temporal. Las demás plantas están ocupadas por oficinas y por tres familias, que pagan alquileres simbólicos. Desde hace pocos meses, la Fundació Catalunya-La Pedrera ha recogido el testigo de la garantía de conservación de este singular edificio. ■





*Balcones superpuestos en la fachada del paseo de Gracia. Debajo, detalle interior del Piso de La Pedrera.*

## Cronología de La Pedrera

**1905.** Pere Milà i Camps encarga a Gaudí la construcción de una vivienda en el número 92 del paseo de Gracia.

**1906.** Inicio de las obras.

**1908.** Expediente del Ayuntamiento al exceder el edificio el volumen de construcción permitida.

**1909.** La Comisión del Eixample certifica el carácter monumental del edificio, por lo que no tiene que ajustarse a las ordenanzas municipales.

**1912.** Gaudí certifica el final de las obras.

**1946.** Roser Segimón vende el edificio a una inmobiliaria, que encargará la construcción de 13 apartamentos en las buhardillas del edificio.

**1962.** Inclusión de La Pedrera en el catálogo del Patrimonio Artístico de Barcelona.

**1969.** La Pedrera, declarada Monumento Histórico-Artístico de Interés Nacional.

**1984.** La Unesco inscribe a La Pedrera como Bien Cultural del Patrimonio Mundial.

**1986.** Caixa Catalunya compra el edificio e inicia su restauración para convertirlo en centro cultural.

**1987.** Se abre al público el terrado de La Pedrera.

**1992.** Inauguración del piso principal rehabilitado como sala de exposiciones temporal.

**1994.** Inauguración de los sótanos como auditorio de la Obra Social de Caixa Catalunya.

**1996.** Finaliza la restauración. Apertura del Espacio Gaudí en las buhardillas.

**1997.** Premio Nacional de Cultura de la Generalitat de Cataluña por la restauración de las buhardillas y el terrado.

**1999.** Apertura del Piso de la Pedrera, recreación de un piso de época.

**2006.** Inaugurada la reforma del Espacio Gaudí como centro de interpretación de la vida y obra del genial arquitecto.




## Descubrir la investigación de accidentes de aviación civil

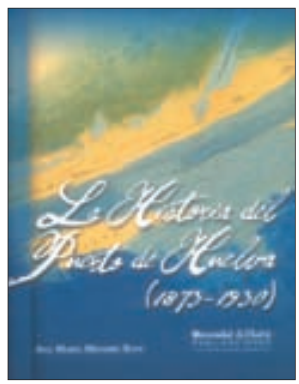
*Rosa Mª Arnaldo, Cristina Cuerno y Mª Jesús Guerrero*
*Aena Aeropuertos*

Nueva entrega de la colección Descubrir, editada por el Centro de Documentación y Publicaciones de Aena Aeropuertos, que descubre aspectos bastante desconocidos sobre la investigación de los accidentes aéreos. Sus autoras, integrantes de la CIAIAC (Comisión de Investigación de Accidentes de Aviación Civil), conocen muy de cerca todas las tareas, tecnologías y medios que se ponen en marcha cada vez que se produce un siniestro aéreo y, tal como insisten en el libro, siempre con el objetivo de obtener datos y conclusiones que puedan aplicarse y constituyan una lección importante para prevenir otros siniestros. Para ello, a lo largo de los diez capítulos del libro analizan tanto la normativa, las etapas de la investigación o la labor de los distintos profesionales implicados en los distintos procesos.

## La historia del puerto de Huelva (1873-1930)

*Ana María Mojarro Bayo*
*Universidad de Huelva*

Publicación historiográfica de casi 800 páginas, editada por el Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, que recoge de forma exhaustiva la historia del puerto onubense desde su fundación hasta finales de la dictadura de Primo de Rivera. Se trata de la tesis doctoral de la archivera del puerto de Huelva, en la que la autora presenta un completo panorama




de la estructura, funcionamiento y actividades del puerto a lo largo de esta época crucial para Huelva, para cuya designación como capital provincial tuvo mucho que ver el hecho de ser una ciudad portuaria. Este panorama lo enmarca en un contexto político, social y económico mucho más amplio, haciendo hincapié en la burguesía provincial que tuvo tanto que ver con el nacimiento del puerto y en las aportaciones de empleados y directivos.

## Salidas, llegadas y transbordos

*Varios autores*
*Ineco Tifsa*

Interesante y profundo análisis sobre el papel desempeñado por las terminales de transporte en el pasado y el presente y su proyección hacia el futuro. La obra, redactada por un equipo pluridisciplinar procedente de distintos campos del estudio y/o gestión en el ámbito del transporte, presenta un enfoque innovador que aborda todos los




aspectos de la terminal, no solo los más generales como los técnicos, relativos al esquema operativo o arquitectónico de una terminal, sino también los menos habituales como centro de actividades económicas o la funcionalidad para el pasajero. Se trata, en suma, de una referencia de obligado conocimiento de todos los profesionales del sector.

## La técnica y la industria aeroespacial española

*Fundación Aena*

Publicación que recoge el contenido de las ponencias desarrolladas en la XVI edición de las Jornadas de Estudios Históricos Aeronáuticos, organizadas por la Fundación Aena en octubre pasado. En esta ocasión, las Jornadas, abiertas al público, han abordado temas estrechamente relacionados con la navegación aérea, entre ellas la figura del ingeniero Emilio Herrera, la




evolución de la técnica espacial, la red de estaciones de la Agencia Espacial Europea para el seguimiento de satélites, la evolución de la participación española en la investigación espacial, las estaciones espaciales, los sistemas de satélites Egnos y Galileo o el derecho y comercialización de las actividades espaciales, entre otros.




## Descubrir cómo identificar los aviones

*Alejandro González Morales*
*Aena*

Reconocer el tipo de avión que vemos en un aeropuerto es una tarea complicada para los profanos del mundo de la aviación. Para facilitar ese reconocimiento, Aena ha editado esta obra de la colección Descubrir, una verdadera guía en la que se muestran las diferencias y las peculiaridades físicas que distinguen un modelo de otro semejante, mediante el uso de fotografías a todo color de los aviones o de detalles básicos de los mismos, para que cualquier persona sea capaz de distinguir, incluso a cierta distancia, un avión comercial de otro. La publicación tiene utilidad para los profesionales que trabajan en el sector aéreo y para todos los aficionados al mundo de la aviación, en especial para el creciente número de plane spotters (observadores y fotógrafos de aviones).




## Exportamos ingeniería al mundo

**En Ineco llevamos años desarrollando proyectos de ingeniería y consultoría de transporte con un único objetivo, mejorar la movilidad de los ciudadanos en cualquier lugar del mundo.**

**ineco**
**www.ineco.com**

**Soluciones integrales en transporte.**
**Aeronáutico - Ferroviario - Transporte urbano - Carreteras - Puertos**

ferrovial agroman

# Crecimiento basado en la Innovación

Ferrovial Agromán apuesta por la innovación y el desarrollo, así como por la aplicación de nuevas tecnologías en todos los ámbitos de su actividad de diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras, siendo el sector de la obra ferroviaria uno de los principales pilares de la misma.

En octubre de 2011 Ferrovial Agromán y ADIF firmaron un Convenio Marco de Colaboración para el desarrollo de actividades de I+D+i en el Centro de Tecnologías Ferroviarias de Málaga y el Anillo Ferroviario de Pruebas de Experimentación de Bobadilla en Antequera. Las líneas de investigación prioritarias a realizar en virtud de este convenio, son el desarrollo y empleo de nuevas tecnologías y materiales para la construcción de vía en placa y plataforma para vías de alta velocidad; auscultación continua y sistemas para la reducción de ruido y vibraciones en las infraestructuras ferroviarias. Asimismo se está trabajando en el desarrollo de nuevas zonas de transición vía en placa –vía en balasto mediante la utilización de modelos dinámicos que serán testados a escala real en vías en explotación–. Por último, se están desarrollando nuevas soluciones constructivas que minimizan los consumos energéticos durante la construcción de túneles garantizando, a su vez, altos niveles de calidad medioambiental en los frentes de excavación.



ferrovial agroman

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

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

Título de la obra: ***Revista del Ministerio de Fomento, nº 625, Febrero 2013***

Año de edición: ***Marzo 2013***

Edición digital:
1ªedición electrónica: ***Septiembre 2013***
Formato: ***PDF***
Tamaño: ***9 MB***

NIPO: 161-13-004-6
I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA incluido): 1,50 €

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

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



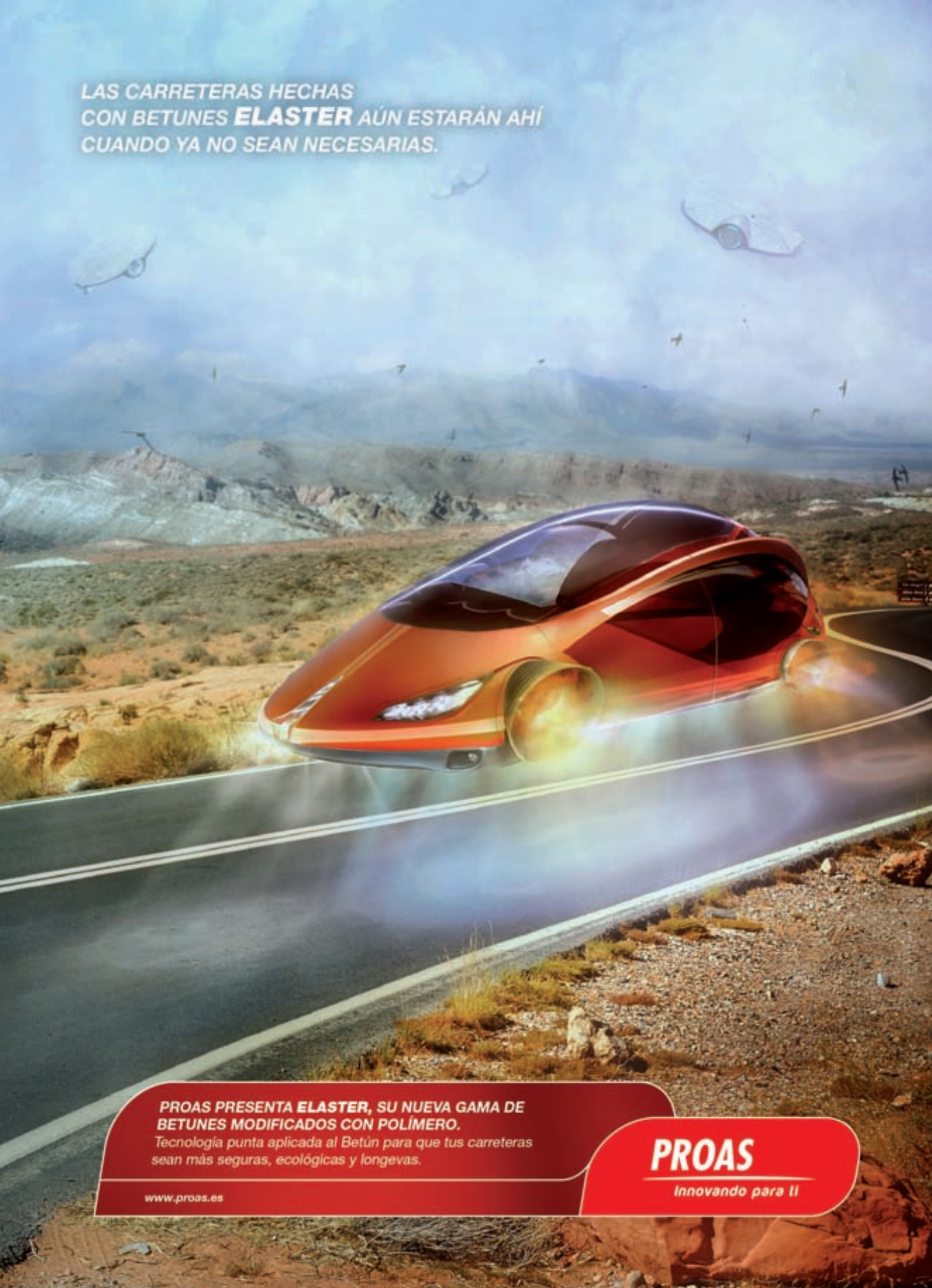
Revista del Ministerio de
Fomento

Marzo 2013 ● Nº 626 ● 3 €



# LAV Madrid-Galicia, más de 300 nuevos km en ejecución

● Tráfico portuario: crecimiento en máximos ● En servicio el segundo tramo de la SE-40 ● Salvamento Marítimo: 12.000 rescatados en 2012


LAS CARRETERAS HECHAS
CON BETUNES ELASTER AÚN ESTARÁN AHÍ
CUANDO YA NO SEAN NECESARIAS.
PROAS PRESENTA ELASTER, SU NUEVA GAMA DE
BETUNES MODIFICADOS CON POLÍMERO.
Tecnología punta aplicada al Betún para que tus carreteras
sean más seguras, ecológicas y longevas.
www.proas.es
PROAS
Innovando para ti

Revista del Ministerio de Fomento

# En este número

MARZO 2013
Nº 626



LAV Madrid-Galicia, más de 300 nuevos km en ejecución

● Tráfico portuario: crecimiento en máximos ● En servicio el segundo tramo de la SE-40 ● Salvamento Marítimo: 12.000 rescatados en 2012



Adif


## FERROCARRIL

**4. Entre Olmedo y Ourense** *El trazado de alta velocidad tiene más de 300 kilómetros en ejecución.*

## CARRETERAS

**14. La SE-40 crece.** *En servicio el segundo tramo de la circunvalación exterior de Sevilla.*

## MARINA MERCANTE

**20. Las buenas providencias.** *Salvamento Marítimo rescató de la mar una media de 33 personas cada día en 2012.*

## PUERTOS

**24. Recuperación confirmada.** *El tráfico portuario de mercancías en 2012 se acerca a niveles récord.*




DCE Andalucía Occidental



Sasemar


## Y además...

**30. Travesía suprimida.** *En servicio la variante de la N-430 en Ossa de Montiel (Albacete).*

**34. Nueva etapa.** *Los trenes turísticos serán los primeros en abrirse a la competencia.*

**38. La primera vez.** *Éxito de la operación comercial más compleja en el puerto exterior de A Coruña.*

**42. Sencilla genialidad.** *Rehabilitación del Hipódromo de La Zarzuela.*

**46. Un nuevo mundo.** *Quinto centenario del descubrimiento de Florida.*

**54. Un cumpleaños con vocación de futuro.** *Vigésimo aniversario de las vías verdes en España.*

**64. Con proyección internacional.** *La contribución de la ingeniería al progreso de Madrid, en las Arquerías.*


**Director de la Revista:** Antonio Recuero

**Edición:** Javier R. Ventosa. **Maquetación:** J. A. Laiz. **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Fotografía:** José Caballero. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti. **Portada:** Acciona Infraestructuras.
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
**Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos)
**Colaboran en este número:** Pepa Martín, Begoña Olabarrieta, Julia Sola Landero y Beatriz Terribas.
**Comité de redacción: Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín *(Subsecretario de Fomento).* **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez *(Secretario General Técnico).* **Vocales:**, María García Capa *(Directora del Gabinete de Prensa),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Eloísa Contín Trillo-Figueroa *(Jefa del Gabinete del Subsecretario),* Juan Antonio López Aragón (*Director del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Pedro Guillén Marina *(Director del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director de la Revista).*
**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O'Donnell, 18, 5º H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPO: 161-13-005-1

**Edita:**
Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.

# 2013

# Mapa Oficial de Carreteras®

## ESPAÑA

**Incluye:**

- ***Cartografía*** *(E. 1:300.000 y 1:1.000.000)*
- ***DVD interactivo***
  *(Windows XP, Vista y 7)*
- ***Caminos de Santiago en España***
- ***Alojamientos rurales***
- ***Guía de playas de España***

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO




**También en el DVD:**

*974 Espacios Naturales Protegidos*
*152 Rutas Turísticas*
*97 Vías Verdes*

**actualizable vía web**

**Edición 48**
*PVP: 22,40 €*

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA | CENTRO DE PUBLICACIONES

SANJOSE CONSTRUCTORA

OSSA OBRAS SUBTERRANEAS

# Tramo Miamán - Ponte Ambía (Orense)

**Ave Madrid - Galicia**





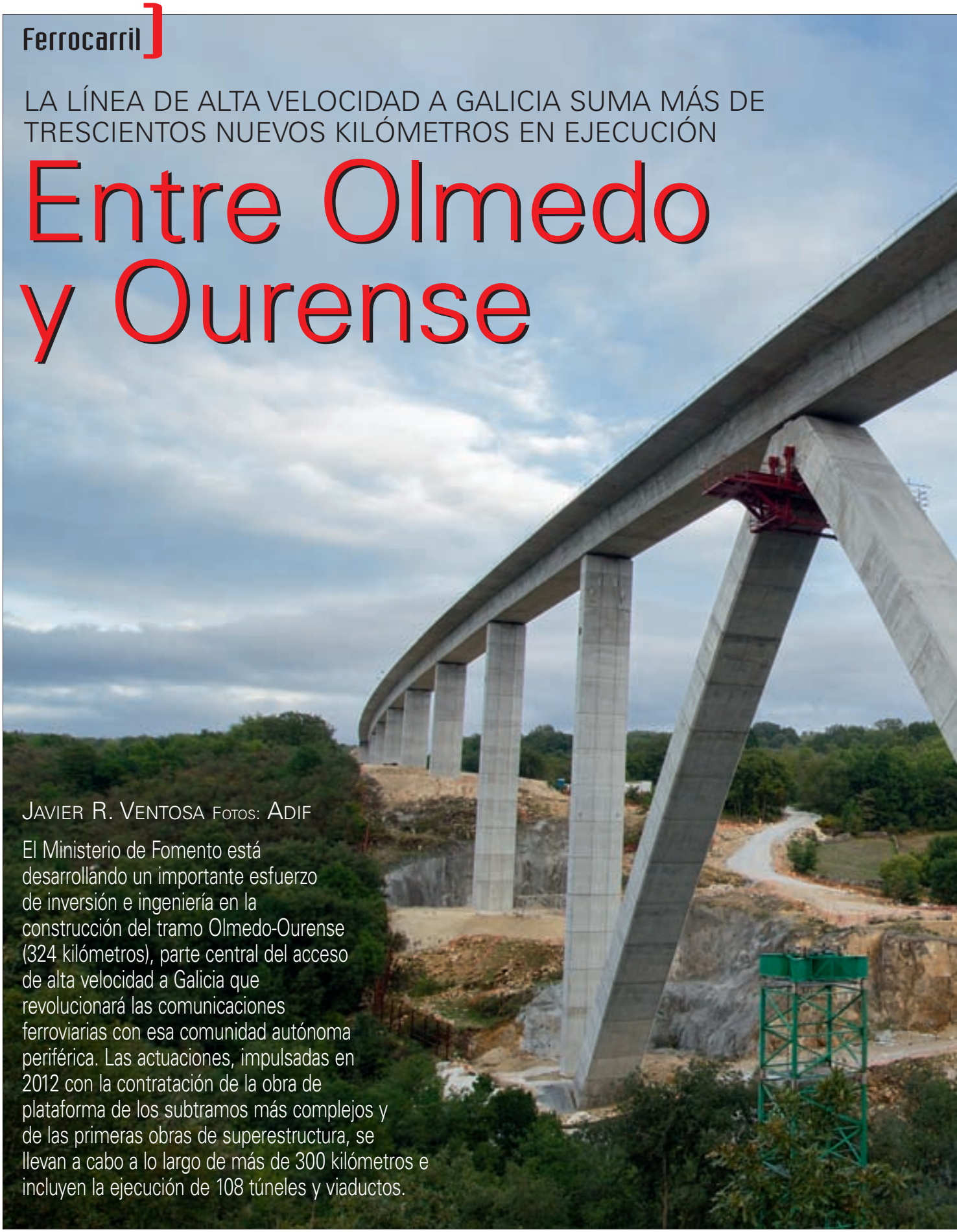






LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD A GALICIA SUMA MÁS DE TRESCIENTOS NUEVOS KILÓMETROS EN EJECUCIÓN

# Entre Olmedo y Ourense



JAVIER R. VENTOSA FOTOS: ADIF

El Ministerio de Fomento está desarrollando un importante esfuerzo de inversión e ingeniería en la construcción del tramo Olmedo-Ourense (324 kilómetros), parte central del acceso de alta velocidad a Galicia que revolucionará las comunicaciones ferroviarias con esa comunidad autónoma periférica. Las actuaciones, impulsadas en 2012 con la contratación de la obra de plataforma de los subtramos más complejos y de las primeras obras de superestructura, se llevan a cabo a lo largo de más de 300 kilómetros e incluyen la ejecución de 108 túneles y viaductos.



Chou Pesqueira

La construcción de la línea Madrid-Galicia, encuadrada en el Corredor Norte/Noroeste, constituye, tanto por el volumen de inversión, la longitud y la dificultad técnica, la actuación de alta velocidad más relevante que ejecuta actualmente el Ministerio de Fomento. Esta gran infraestructura, junto con el Eje Atlántico entre A Coruña y Vigo, está llamada a revolucionar las comunicaciones ferroviarias entre Galicia y el centro peninsular, históricamente mal enlazados, mediante la consecución de tiempos de viaje entre Madrid y Santiago de Compostela que se situarán en el entorno de las tres horas.

Esta gran línea, de unos 550 kilómetros de longitud hasta Santiago, tiene actualmente operativos 224 kilómetros –correspondientes al tramo inicial Madrid-Olmedo (132,9 kilómetros, en servicio desde diciembre de 2007) y al tramo final Ourense-Santiago (85,5 kilómetros, abiertos en diciembre de 2011), que entronca con el Eje Atlántico en servicio hasta A Coruña, además de otros dos segmentos cercanos a Olmedo que suman 5,1 kilómetros–, mientras que los 324 kilómetros del tramo central entre Olmedo y Ourense se encuentran prácticamente en su totalidad en ejecución.

*El viaducto de Arnoia (1.014 m), en el subtramo Miamán-Ponte Ambía (Ourense), es uno de los más singulares del trazado.*



Chou Pesqueira



Los túneles del trazado se ejecutan según el nuevo método austriaco.

En este tramo central se trabaja actualmente para construir un nuevo trazado que contará con doble vía electrificada con ancho UIC y señalización Ertms niveles 1 y 2, con radios mínimos de 6.000 metros y pendientes máximas de 20 milésimas, apto para una velocidad de proyecto de 350 km/h. El trazado se desarrolla por las provincias de Valladolid, Zamora y Ourense, con una altitud de 769 metros en el origen y 132 metros en el final. Tras discurrir por terrenos llanos en su parte inicial, a partir del límite entre Castilla y León y Galicia se enfrenta con un accidentado relieve, que en el pasado demoró más de un siglo la construcción de la primera línea directa entre Madrid y Galicia, por Zamora y Ourense, y que hoy está exigiendo una importante actuación de la ingeniería para doblegarlo. En total, el tramo completo incluye 40 túneles y 68 viaductos, la mayoría entre Lubián y Ourense.

## Impulso definitivo

La construcción de este tramo conlleva una inversión cercana a los 6.000 M€, y está cofinanciada por los fondos comunitarios Feder (201,2 M€ entre 2007 y 2013). Su ejecución, asumida hoy por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif), arrancó a finales de 2007 con las primeras obras de plataforma en las provincias de Valladolid y Zamora, extendiéndose posteriormente a Galicia.

Las obras de plataforma se dividieron en 40 subtramos. El impulso definitivo al proyecto llegó en el año 2012, con la licitación de los últimos siete subtramos y su adjudicación, junto a otros ocho previamente licitados, correspondientes al tramo Lubián-Porto, la parte más compleja del recorrido. También se procedió ese año a la contratación del montaje de vía y electrificación y su mantenimiento, mediante la fórmula de colaboración público-privada, en dos tercios del trazado. Entre ambos conceptos –plataforma e instalaciones ferroviarias– las adjudicaciones superaron los 1.900 M€ en 2012. Con este impulso, todo el trazado entre Olmedo y Ourense tiene en su práctica totalidad la obra de plataforma en fase de ejecución y en marcha la fase de superestructura.

La inclusión de este tramo entre las prioridades inversoras del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI) garantiza el compromiso del Ministerio de Fomento con esta infraestructura ferroviaria, para la cual el presupuesto estatal destinará una partida de 884,7 M€ en el ejercicio 2013 (incluida la extensión a Vigo). De acuerdo a



Adecuación de los andenes en la estación de Zamora. (Rover Alcisa)



Acciona Infraestructuras

Viaducto finalizado de Trabancos (875 metros) sobre la A-62 y la N-620, en el subtramo Villaverde de Medina-Villafranca de Duero (Valladolid).

las previsiones actuales, el tramo y la línea de alta velocidad Madrid-Galicia, deberán estar ya operativos en 2018.

A continuación se detalla el estado actual de las obras en los tres grandes tramos en que se ha dividido la obra: Olmedo-Zamora, Zamora-Lubián y Lubián-Ourense.

## Olmedo-Zamora

El tramo inicial (95 kilómetros) conecta desde la LAV Madrid-Valladolid cerca de Olmedo (Valladolid) hasta la ciudad de Zamora por el sur de las provincias de Valladolid y Zamora. Se trata de un nuevo trazado que discurre inicialmente en paralelo al tramo de pruebas de Adif hasta Medina del Campo y a partir de aquí separado de la línea convencional, a través de un terreno llano que no exige grandes obras de ingeniería. En el acceso a Zamora, tras salvar el río Duero, entronca con el pasillo ferroviario existente hasta la estación. Este tramo será el primero del trayecto Olmedo-Ourense en entrar en servicio.

En el tronco principal, formado por seis subtramos, la plataforma está concluida en cinco de ellos, con 92,1 kiló-

> El trazado discurre en su primera parte por terrenos llanos y luego afronta la abrupta orografía del macizo Galaico-Leonés



Tapusa/Cyes

Plataforma finalizada en el subtramo Pozal de Gallinas-Villaverde de Medina (Valladolid).

metros finalizados, y aguarda la fase de superestructura (ya están adjudicados los contratos de traviesas, balasto, carril, desvíos ferroviarios, aparatos de dilatación, montaje de vía e instalaciones de energía). Las principales estructuras ejecutadas son 20 viaductos que suman 4,66 kilómetros (entre ellos los que salvan el río Trabancos, de 875 metros, el arroyo Pitanza, de 820 metros, y el río Duero, de 620 metros), dos pérgolas y un puesto de adelantamiento de trenes en Medina del Campo. Al sur del casco urbano de esta ciudad está prevista una nueva estación, cuyo proyecto, incluido en el Plan de Racionalización de Estaciones, se está redimensionando a fin de ahorrar costes.

El sexto subtramo, el acceso a la estación de Zamora (2,9 kilómetros), contratado en septiembre de 2011, está actualmente en ejecución avanzada. Las actuaciones incluyen la remodelación de la plataforma, las vías y los andenes, con objeto de crear una configuración de tres andenes que acogerán cuatro vías de ancho UIC y una de ancho ibérico. En el andén más cercano al edificio de viajeros ya se ha montado la vía conven-



*Ejecución del viaducto sobre el embalse de Ricobayo, en el subtramo La Hiniesta-Perilla de Castro (Zamora).*

cional que relevará a la provisional, estando próxima su entrada en servicio.

La llegada del AVE no alterará la fisonomía exterior de la estación de Zamora, un edificio fechado en 1958 que está protegido como monumento histórico-artístico, aunque sí su interior y alrededores. Su remodelación consta de dos fases. La primera, ya iniciada, contempla la adecuación del vestíbulo interior para adaptarlo a los servicios de alta velocidad, con reordenación de espacios, la ampliación del aparcamiento, nuevos accesos y la urbanización del entorno. La segunda, con el proyecto concluido, prevé otra serie de actuaciones. Esta última fase ha sido incluida en el Plan de Racionalización de Estaciones con objeto de reducir los gastos de explotación de la estación y aumentar los ingresos comerciales.

Además de los mencionados subtramos, entre Olmedo y Zamora hay en marcha otras dos obras de plataforma distintas a las del tronco principal. Se trata de un subtramo ya en obras, de 7,1 kilómetros de longitud, que enlazará el puesto de adelantamiento de trenes de Medina del Campo con la futura línea de alta velocidad Medina del Campo-Salamanca; y de otro de 7,8 kilómetros, en fase de proyecto, de enlace norte-noroeste entre las líneas Olmedo-Ourense y Madrid-Valladolid.

## Zamora-Lubián

El tramo más largo entre Olmedo y Ourense, con 129 kilómetros, discurre desde el centro hasta el extremo noroeste de la provincia de Zamora, en un nuevo trazado, independiente de la línea convencional Zamora-A Coruña y al este de la misma. Tras salvar el embalse de Ricobayo, se dirige luego por terrenos llanos junto a la sierra de la Culebra. El terreno se vuelve más abrupto al acercarse a Puebla de Sanabria, con un trazado a media ladera que obliga a construir pequeños túneles en el entorno de la sierra Segundera hasta enfrentarse con la Portilla de Padornelo, que da acceso al valle de Lubián, ya lindando con Galicia. En el trazado se construyen 12 túneles (incluidos dos ecoductos), que suman 8,86 kilómetros, y 18 viaductos, que totalizan 8,77 kilómetros.

En este recorrido se distinguen dos tramos diferenciados por su grado de ejecu-

## 19 kilómetros de viaductos

Un total de 68 viaductos jalonan el trazado entre Olmedo y Taboadela, sumando 19,26 kilómetros. Entre ellos, tres superan el kilómetro de longitud (Requejo, Los Pedregales y Arnoia) y otros cuatro tienen más de 800 metros (Los Pedregales vía derecha, Trabancos, Pitanza y Misleo). Los hay construidos en zonas periurbanas (Valderaduey, en Zamora), sobre importantes cauces (embalse de Ricobayo, ríos Duero y Tera) o autovías (Trabancos, sobre la A-62), con una gran variedad de tamaños, tipologías y técnicas constructivas.

El subtramo Pedralba-Túnel de Padornelo, en Zamora, incluye los dos viaductos más largos: Requejo (2.079 metros, divididos en 40 vanos de 52 metros y con una altura máxima de pila de 30 metros, es uno de los mayores de España) y Los Pedregales (1.425 metros, con 19 vanos). Son estructuras de viga continua construidas por fases, vano a vano, mediante autocimbra.

En el subtramo Miamán-Ponteambía (Ourense) se ejecuta el viaducto de Arnoia, singular por su longitud (1.014 metros), por su sistema constructivo y por su estética. Esta estructura se divide en dos partes: una primera de 802 metros de longitud, distribuidos en 11 vanos de 55 metros, dos de 42 y 45 metros en los extremos y un arco ojival de 110 metros de luz sobre el río Arnoia, con tablero construido mediante autocimbra y altura máxima de pila de 57,3 metros; y una segunda de 212 metros, divididos en cuatro vanos de 37 metros y otros dos de 31,8 y 30 metros en los extremos, con dos pilas pórtico sobre la línea Zamora-A Coruña y tablero de vigas artesas prefabricadas ejecutado *in situ*.

La fase más compleja de la obra ha sido el abatimiento del arco ojival, procedimiento que procura el máximo respeto medioambiental. En este proceso, los dos semiarcos (de 70 metros de longitud y 1.350 toneladas de peso cada uno), construidos casi verticales y en paralelo a las pilas, y articulados al encepado mediante rótulas, son abatidos con tirantes en un proceso de descenso y retenida que requiere gran precisión, hasta encontrarse en el centro, donde se remata con la clave, que une ambas piezas con el tablero. Este sistema se empleó previamente en los viaductos de Arroyo del Valle (Madrid), Deza (Ourense) y O Eixo (A Coruña), todos en la línea de alta velocidad Madrid-Galicia.



*Ejecución de pilas del viaducto sobre el río Tera (700 metros de longitud), en el subtramo Otero de Bodas-Cernadilla (Zamora).*

ción y su complejidad. El primero, entre Zamora y Pedralba de la Pradería (110,4 kilómetros), se ha dividido en cinco subtramos, adjudicados entre octubre de 2008 y marzo de 2010, que están en avanzada fase de obra. Las principales estructuras que se ejecutan son 12 viaductos (entre ellos los de Puebla-Este, de 756 metros, río Tera, de 700 metros, y embalse de Ricobayo, de 368 metros) y dos túneles (Puebla de Sanabria de 1.498 metros, y Otero, de 1.144 metros), además de tres pérgolas, dos puestos de banalización (Montamarta y Castrón) y otros dos de adelantamiento de trenes (Tábara y Mombuey). A la salida de Zamora se adecúan dos túneles de la línea convencional Medina del Campo-Zamora (Bolón, de 441 metros, y Valorio, de 192 metros) mediante la rebaja de la rasante con objeto de lograr un gálibo mayor para los trenes AVE. Al final del tramo, en Sanabria, está prevista una nueva terminal que ha sido incluida en el Plan de Racionalización de Estaciones, por lo que su proyecto incluirá modificaciones para reducir el gasto de su construcción.

El segundo tramo, entre Pedralba de la Pradería y Lubián (30 kilómetros sumando plataformas independientes; en realidad, ambas localidades distan 18 kilómetros entre sí), con tres subtramos adjudicados en el primer trimestre de 2012, se enfrenta a la compleja orografía del macizo Galaico-Leonés, con la Portilla del Padornelo como principal obstáculo. Debido a ello, la plataforma de vía doble, de 14 metros de ancho, se transforma en la mayor parte del tramo en dos plataformas de vía única independientes, de 8,5 metros de ancho, una de las cuales aprovechará el existente túnel del Padornelo (5.978 metros) de la línea convencional Medina-Zamora-A Coruña.

En total, en este tramo se ejecutan como principales estructuras cuatro túneles (entre ellos uno gemelo al del Padornelo, de 6.400 metros, que incluirá galerías de conexión al existente, así como el de Requejo, de 2.079 metros) y seis viaductos (destaca el de Requejo, que con 2.079 metros es el más largo de todo el tramo, y el de Pedregales, de 1.425 metros). Existe un cuarto subtramo, el de acondicionamiento del túnel de Padornelo, actualmente



Chou Pesqueira

*Plataforma en el tramo Porto-Taboadela, el más avanzado en territorio gallego.*



Ejecución del tablero del viaducto de Valdemouros, en el subtramo Miamán-Ponte Ambía (Ourense).

en fase de proyecto de redacción, que se licitará una vez puesta en servicio la línea de alta velocidad, dado que será utilizado por tráficos de la red convencional.

## Lubián-Ourense

Este tramo de 99,9 kilómetros, que supone la entrada en Galicia, es el segmento geográfica y geotécnicamente más complejo del trazado, debido a la accidentada orografía que atraviesa, especialmente en los montes de Invernadeiro, lo que obliga a que gran parte del trazado discurra soterrado. Este cruza transversalmente la provincia de Ourense desde su límite con Zamora, en el sureste, discurriendo inicialmente junto al corredor ferroviario existente y la A-52 hasta A Gudiña, para dirigirse posteriormente al norte de la autovía hasta alcanzar su destino en la estación de Ourense. En el trazado están proyectados 27 túneles, que suman 70,4 kilómetros, y 28 viaductos, que totalizan 5,8 kilómetros. Casi el 78% del tramo se desarrolla mediante dos vías únicas paralelas y con contratos de plataforma independientes, por lo que los túneles más largos son bitubo (un tubo para cada vía).

Desde el punto de vista constructivo, Adif ha dividido el tramo en diversos proyectos de plataforma repartidos en tres trayectos, de los cuales los dos primeros están en ejecución y el tercero en fase de proyecto: Lubián-Porto (60,6 kilómetros), Porto-Taboadela (22,2 kilómetros) y Taboadela-Estación de Ourense (17,1 kilómetros).

El tramo Lubián-Porto es, sin duda, uno de los más complicados para la ingeniería de las líneas de alta velocidad en España, y también de los más costosos, dado que discurre por una orografía muy abrupta, entre imponente sierras y profundos valles, hasta Vilar de Barrio. El trazado discurre de forma subterránea en la mayor parte del trayecto, minimizando al máximo el impacto ambiental de la obra. En el mismo se incluyen 17 túneles, una docena de los cuales son grandes subterráneos, con más de 5 kilómetros de longitud: O Corno vía derecha (8.569 metros) y Cerdedelo-Prado vía izquierda (8.574 metros) y los túneles bitubo de Espiño (7.910 metros vía izquierda y 7.924 metros vía derecha), Prado (7.604 y 7.628 metros), La Canda (7.301 y 7.304), Bolaños (6.800 y 6.780) y O Cañizo (5.372 y 5.369). Además se ejecutan otros cinco túneles (entre ellos el de



Boca este del túnel de Portocamba (3.745 metros), en el subtramo Campobecerros-Portocamba (Ourense).

Portocamba, de 3.745 metros), una decena de viaductos y dos puestos de banalización. Entre los tramos Túnel de Cañizo y Túnel del Espiño está prevista la estación Puerta de Galicia, actualmente en proceso de redacción del proyecto básico y también incluida en el Plan de Racionalización de Estaciones.

Con el impulso dado en 2012 por el Ministerio de Fomento a la línea Madrid-Galicia, en el tramo Lubián-Porto, que tenía en obras cuatro segmentos, se adjudicaron ese mismo año los 12 subtramos que restaban para tener todo el recorrido en marcha. En once de ellos las obras arrancaron mayoritariamente en el segundo semestre, desarrollándose actualmente importantes movimientos de tierras, desmontes y el ataque a todos los túneles proyectados, mientras que el último subtramo contratado, Túnel de Prado vía izquierda (adjudicado en noviembre), iniciará próximamente los trabajos. Los grandes túneles del tramo se ejecutan mediante el sistema constructivo del nuevo método austriaco (excavación de la sección en dos partes: avance y destroza), una elección que ha permitido avanzar en el proceso de adjudicación de buena parte de los subtramos



Chou Pesqueira

*Boca del túnel monotubo de Bouzas (852 metros de longitud), en el subtramo Miamán-Ponte Ambía.*



*Ejecución del túnel de O Cañizo, de más de 5 kilómetros de longitud, en el término de A Gudiña (Ourense).*

## Trayecto bajo tierra

Casi el 82% del trazado entre Lubián (Zamora) y Porto (Ourense) discurre por túneles, lo que lo convierte en el tramo con mayor longitud soterrada de la línea Madrid-Galicia y el que concentra el mayor número de subterráneos de más de 5 kilómetros de longitud. Son 120 kilómetros (suma de la longitud de las dos vías independientes existentes en esta zona) a través del macizo Galaico-Leonés en los que se ha iniciado ya la construcción de 17 túneles, de los cuales una docena alcanza la categoría de largos: cuatro de ellos superan o rondan los 8 kilómetros (O Corno, Cerdedelo-Prado y Espiño vías derecha e izquierda), otros seis superan o se aproximan a los 7 kilómetros (Prado, La Canda y Bolaños, contando ambos tubos) y otros dos más medirán algo más de 5 kilómetros (los dos tubos del túnel de O Cañizo). A ellos se añaden otros siete subterráneos que suman 11,3 kilómetros.

La mayor parte de estos túneles ha iniciado su construcción en la segunda mitad de 2012, con plazos de ejecución entre 32 y 38 meses. La excavación se desarrolla en la mayor parte de los subterráneos según el nuevo método austriaco, con voladuras y/o medios mecánicos. Este método consiste en avances sucesivos de corta duración (de 1 a 4 metros) mediante dos fases: avance (excavación de la mitad superior de la sección del túnel o bóveda) y destroza (perforación de la mitad inferior o contrabóveda). El sostenimiento de la cavidad excavada se realiza mediante cerchas metálicas, gunitas (hormigón proyectado) y bulones (barras metálicas clavadas en el terreno para fijarlo y aumentar su estabilidad). Concluida esta fase se ejecuta el drenaje, la impermeabilización, el hormigonado de la contrabóveda y el revestimiento del túnel con una capa de hormigón reforzado con fibras. Todo el proceso generará secciones de entre 52 y 55 m$^2$, en función de la longitud del túnel, en las que se instalará una vía única y una acera para mantenimiento y evacuación. Los seis túneles más largos del trazado Lubián-Porto, como los de Padornelo en el tramo anterior, estarán unidos mediante galerías de conexión cada 400 metros.




Adif

con una mayor eficiencia y homogeneización en su coste.

El tramo Porto-Taboadela, con las obras iniciadas en sus tres subtramos entre octubre de 2010 y abril de 2011, es el más avanzado de todo el trayecto en Galicia, presentando una plataforma ya muy definida en gran parte del recorrido. Las principales estructuras en ejecución son dos túneles (Os Casares, de 3.490 metros, y Seiró, de 1.842 metros) y siete viaductos (entre ellos el de Arnoia, de 1.014 metros), además de un puesto de adelantamiento de trenes cerca de Miamán, entre otros. Algunas de estas estructuras ya están concluidas o en fase de terminación, lo que da una idea de lo avanzado de los trabajos.

Finalmente, en el último tramo, Taboadela-Estación de Ourense, los proyectos correspondientes a los seis subtramos de plataforma en que se ha dividido esta variante de 17,1 kilómetros se hallan aún pendientes de la aprobación definitiva del estudio informativo. A este respecto, el Ministerio de Fomento convocará a los representantes políticos y sociales para abordar el futuro de la integración de la alta velocidad en la ciudad de Ourense, según anunció la ministra en el Senado.



*Obras del nuevo trazado junto a la vía cerca de Taboadela (Ourense).*

La estación de Ourense-Empalme, destino final del tramo, está llamada a ser un estratégico nudo de comunicaciones ferroviarias en Galicia, ya que aquí confluirán las líneas de alta velocidad a Santiago de Compostela –como parte de la línea Madrid-Galicia– y a Lugo, así como las convencionales. El proyecto de la futura estación, incluido en el Plan de Racionalización de Estaciones, incorporará criterios de austeridad, viabilidad y eficiencia en sus fases de construcción y explotación. ■



## El camino de la innovación

Nos gustan los retos, cuanto más grandes, mejor. Empezar la jornada preguntándonos cómo podemos mejorar, forma parte de nuestra filosofía. La innovación permanente nos permite avanzar y estar a la vanguardia en sistemas de planificación y gestión económica.

www.roveralcisa.com

Rover Alcisa
CONSTRUCCIÓN





El viaducto sobre el río Guadaíra constituye, la estructura más singular del tramo.

EN SERVICIO EL SEGUNDO TRAMO DE LA CIRCUNVALACIÓN EXTERIOR DE SEVILLA

# La SE-40 crece

JAVIER R. VENTOSA
FOTOS: DCE ANDALUCÍA OCCIDENTAL

El Ministerio de Fomento ha abierto al tráfico el tramo Alcalá de Guadaíra (A-92) –Alcalá de Guadaíra (A-376) de la SE-40, autovía de circunvalación de la corona metropolitana de Sevilla. Se trata del segundo tramo en servicio de esta gran infraestructura, destinada a rodear la capital hispalense para mejorar la movilidad metropolitana y evitar el paso por el saturado anillo interior.

La autovía de circunvalación exterior de Sevilla (SE-40), la mayor actuación de ámbito metropolitano en carreteras del Ministerio de Fomento, se está configurando como segundo cinturón de la ciudad, tras la SE-30. Esta gran infraestructura con tipología de anillo y una longitud prevista de 77 kilómetros se construye con un doble objetivo: organizar y separar los tráficos de largo recorrido y los de carácter más urbano que atraviesan el área metropolitana hispalense (1,5 millones de habitantes), y descongestionar el denso tráfico de la SE-30 y de sus principales vías de penetración. Con ello se mejorará la movilidad de los automovilistas en el área metropolitana, reduciendo los tiempos de viaje y optimizando la seguridad.

## Tres sectores

El trazado de este cinturón viario, proyectado con tres carriles por sentido ampliables a cuatro, se ha dividido en tres sectores (Este, Suroeste y Norte-Noroeste), que a su vez se han fraccionado en 11 tramos, cada uno de los cuales contempla la conexión entre las principales vías de penetración de la ciudad. De esta forma, la SE-40 tendrá una docena de enlaces con las autovías A-4 (Madrid-Cádiz, sentido Madrid), A-92 (Sevilla-Almería), A-376 (Utrera), A-4 (sentido Cádiz), A-66 (Ruta de la Plata), A-49 (Sevilla-Huelva) y Acceso Norte a Sevilla, y con las carreteras A-8050 (a Coria), A-8054 (a Almensilla) y A-8077 (a Valencina). La apertura de cada



*Vista del tronco del nuevo tramo y del enlace con la autovía A-376 a Utrera.*

> La SE-40 ya tiene abiertos al tráfico dos tramos, con un total de 15 kilómetros continuados de autovía

tramo conectará entre sí dos grandes viales de penetración a la ciudad.

## El nuevo tramo

La ministra de Fomento, Ana Pastor, abrió al tráfico, el pasado 5 de marzo, el segundo tramo de la SE-40, Alcalá de Guadaíra (A-92)-Alcalá de Guadaíra (A-376), de 5,9 kilómetros de longitud. El presupuesto invertido en la obra asciende a 70,96 M€, cantidad que sumada al coste de redacción del proyecto, al importe estimado de las expropiaciones y a la asistencia técnica para el control y vigilancia de la obra arroja una inversión total de 79,93 M€. La actuación ha sido financiada por la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (Seitt).

El nuevo tramo conecta con el primero en servicio de la SE-40, La Rinconada (A-4)-Alcalá de Guadaíra (A-92), abierto en noviembre de 2011, totalizando una longitud continua de 15 kilómetros de autovía. Su apertura mejora la movilidad de los habitantes de Alcalá de Guadaíra, el tercer municipio más poblado del área metropolitana (71.000 habitantes), y favorece la comunicación de la importante zona industrial de esta localidad con la autovía A-4, contribuyendo así a potenciar el tejido industrial local.

El objetivo del Ministerio de Fomento es licitar este mismo año el tramo contiguo por el sur, Alcalá de Guadaíra (A-376)-Dos Hermanas (A-4), para cerrar cuanto antes el arco Este de la SE-40, lo que permitirá dar continuidad por autovía al tráfico que discurre por la A-4 y mejorará las comunicaciones de Dos Hermanas, segundo municipio más poblado de la provincia (120.000 habitantes).

| MAGNITUDES DE OBRA | |
|---|---|
| Excavaciones | 1.785.124 m³ |
| Terraplenes | 1.290.651 m³ |
| Suelos estabilizados *in situ* | 121.478 m³ |
| Suelo seleccionado | 359.766 m³ |
| Suelo-cemento | 74.652 m³ |
| Mezcla bituminosa discontinua en caliente | 22.699 Tn |
| Mezcla bituminosa en caliente | 105.809 Tn |
| Betún | 5.245 Tn |
| Acero corrugado B-500-S | 8.543.464 kg |
| Acero laminado S 355 J2G1W | 1.176.265 kg |
| Acero activo Y 1860 S7 | 46.470 kg |
| Hormigón | 53.243 m³ |
| Longitud vigas doble T | 8.498 m |
| Longitud vigas artesas | 1.939 m |
| Longitud de pilotes | 5.172 m |



*Vista lateral del viaducto sobre el río Guadaíra, cuyo tablero se apoya sobre pilas circulares de tipo pórtico.*

## Características técnicas

El nuevo tramo discurre íntegramente por el término municipal de Alcalá de Guadaíra. Como características geométricas principales, tiene un radio mínimo de 1.200 metros y una pendiente máxima del 2,28%, siendo la velocidad de proyecto de 120 km/h. El firme está formado por 3 centímetros de microaglomerado en capa de rodadura, 17 centímetros de mezclas bituminosas en caliente y 25 centímetros de suelo-cemento colocados sobre una explanada de material estabilizado con cemento.

El trazado tiene su origen en el pk 9+110, recogiendo las cinco calzadas que conectan por el suroeste con el enlace de la A-92, perteneciente al tramo contiguo La Rinconada (A-4)-Alcalá de Guadaíra (A-92). Las dos calzadas centrales disponen de tres carriles de 3,5 metros, arcenes exteriores de 2,5 metros e interiores de 1 metro, con una mediana central de 10 metros que permitirá en un futuro la ampliación a un cuarto carril. Ambas calzadas mantienen sus dimensiones en todo el trazado. Las dos calzadas adyacentes a las centrales en esta zona son vías colectoras-distribuidoras que recogen el tráfico de los ramales del enlace. Otra pequeña vía lateral permite el acceso a los polígonos industriales anexos al enlace, así como a la barriada Venta de la Liebre.

Las cuatro calzadas principales discurren en paralelo durante 1,5 kilómetros, atravesando en su desarrollo el futuro tranvía de Alcalá de Guadaíra y el río Guadaíra, este mediante una estructura singular debido a su anchura de 64,50 metros, con una longitud total de 408 metros. Una vez salvado el cauce del río, las dos calzadas de las vías colectoras-distribuidoras confluyen con las del tronco de la autovía, quedando con la configuración única de dos calzadas con tres carriles cada una hasta el enlace de Utrera.

El tramo finaliza en el pk 15+065, aproximadamente unos 900 metros después del enlace con la autovía A-376 a Utrera. Este enlace tiene tipología de semitrébol modi-

## Estructura singular

El tramo recién inaugurado tiene en el viaducto sobre el río Guadaíra su más singular estructura. La singularidad reside en la anchura de su tablero, de 64,50 metros, que permite albergar tanto las dos calzadas centrales de la SE-40 como las dos vías colectoras-distribuidoras que canalizan los movimientos de la A-92. Esta medida lo convierte en el puente más ancho de Europa y el segundo del mundo, tras uno situado en Canadá. Para su construcción han sido necesarios más de ocho kilómetros de vigas.

Se trata de un puente de vigas prefabricadas de 408 metros de longitud divididos en nueve vanos, con una luz máxima de 58,10 metros, que permite salvar el cruce de varios servicios (un gasoducto y tuberías de abastecimiento y saneamiento) y el cauce y riberas del río Guadaíra. Las pilas de apoyo entre vanos son de tipo pórtico, constituidas en cada caso por 12 fustes circulares de 1,5 metros de diámetro, unidas por coronación con un dintel rectangular y apoyadas en un encepado de 12 pilotes de 2 metros de diámetro. Los estribos son de tipo cargadero pilotado sobre cuña en tierra.



*En el tramo se han construido un total de 13 estructuras, tres de ellas pasos superiores para caminos.*

ficado, con lazos de cuadrantes adyacentes para los movimientos con Sevilla y círculos para los movimientos con Utrera, permitiendo todos los movimientos posibles entre la SE-40 y la A-376. Se trata de un enlace ciertamente complejo, que ha requerido la construcción de siete estructuras y vías colectoras-distribuidoras para dejar libre el tronco de la autovía de los trenzados de vehículos en los movimientos de enlace.

A lo largo del trazado se han construido un total de 13 estructuras: tres pasos superiores, cuatro pasos inferiores, tres viaductos sobre la A-376 en el enlace, dos viaductos de cruce de la SE-40 sobre otras infraestructuras y el viaducto sobre el río Guadaíra.

## Actuaciones ambientales

El presupuesto invertido en las medidas correctoras del impacto ambiental de la obra ha ascendido a 4,15 M€. Entre las principales medidas de integración ambiental puestas en marcha destacan, además del seguimiento del abundante patrimonio arqueológico existente en la zona, la restauración vegetal de taludes de terraplenes y desmontes empleando tierra vegetal e hidrosiembras, así como plantaciones de árboles y arbustos autóctonos en taludes, isletas y glorietas; la disposición de dos pantallas fonoabsorbentes en zonas muy próximas a edificaciones para garantizar la protección contra el ruido; la ejecución de dos balsas de decantación en los desagües del río Guadaíra para interceptar los posibles vertidos accidentales a sus riberas; la construcción de 14 pasos transversales de fauna y, por último, la colocación de valla de cerramiento a lo largo de la autovía para impedir el paso de fauna terrestre a la misma. ■

## Romanos en la autovía

La presencia romana en los alrededores de Sevilla (la antigua *Hispalis*) es una evidencia contrastada que las obras de la SE-40 se están encargando de corroborar. En el sector Este, las prospecciones realizadas en el tramo Alcalá de Guadaíra (A-376)-Dos Hermanas (A-4) ya sacaron a la luz una docena de yacimientos con importantes restos de villas romanas. Lo mismo ha ocurrido en el tramo ahora inaugurado, con el hallazgo de restos arqueológicos en tres zonas de la traza (Adaines II, Torrequinto y Pozo de la Culebra), que han obligado a realizar sondeos y operaciones especiales de movimiento de tierras para descubrir el material y retirarlo para su conservación. Los hallazgos corresponden a una necrópolis romana de los siglos I y II d C, con más de 120 restos de enterramientos e incineraciones, incluidos ajuares y más de 600 monedas; y a dos complejos arquitectónicos datados en los siglos I y IV, uno de ellos probablemente una explotación agraria dedicada a la producción de aceite; de uno de ellos, situado en el yacimiento del Pozo de la Culebra, se ha trasladado el *alveus* (pequeña terma romana). Todo el material recuperado ha sido puesto a disposición de la Delegación Provincial de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía.






**RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN**

*Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.*






PVP: 10 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

SALVAMENTO MARÍTIMO RESCATÓ DE LA MAR UNA MEDIA DE 33 PERSONAS CADA DÍA EN 2012

# Las buenas providencias

BEGOÑA OLABARRIETA
FOTOS: SASEMAR

Cerca de 12.000 personas rescatadas en la mar, más de 5.000 actuaciones y alrededor de 309.000 buques controlados. Son los datos del balance de actividad de la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima en 2012, un año en el que se produjo un descenso en el número de accidentes con respecto a anteriores ejercicios y en el que también se ha avanzado en la lucha contra la contaminación y la protección del medio ambiente marino.



*Los helicópteros de Salvamento Marítimo constituyen un elemento muy valioso para el rescate de personas en la mar.*



En 2012, los 20 centros de Salvamento Marítimo, organismo dependiente del Ministerio de Fomento, coordinaron un total de 5.067 actuaciones de emergencia en toda España –una media de 14 al día– en las diferentes fachadas marítimas desde las que se controla la seguridad en la mar, el tránsito de buques, la inmigración irregular y la lucha contra la contaminación.

En su mayor parte fueron intervenciones relacionadas con el salvamento de vidas, que supusieron 3.872 actuaciones, frente a las 754 dirigidas a garantizar la seguridad marítima y a las 441 de protección del medio ambiente marino.

De media, y como se refleja en el balance presentado por este organismo, los profesionales de Salvamento Marítimo atendieron el rescate de 33 personas al día, con un total de 11.917 asistidos a lo largo de 2012, un 10,3% menos que en 2011, descenso al que se suma el de fallecidos, un 9% por debajo del año anterior.

## Embarcaciones de recreo

Como en ejercicios anteriores, los buques de recreo fueron los que protagonizaron la mayoría de los casos en los que fue necesario intervenir: más del 55% del total de las 3.499 embarcaciones implicadas, con especial incidencia en Cataluña, Andalucía, Ceuta y Melilla, así como en los dos archipiélagos.



## 1.500.000 kilómetros de vigilancia

El área de responsabilidad que la Organización Marítima Internacional (OMI) ha asignado a España se extiende sobre una superficie marina tres veces superior a la del territorio nacional, lo que da a Salvamento Marítimo la supervisión y coordinación de 1.500.000 kilómetros cuadrados.

Una labor que se desarrolla desde los 19 centros repartidos en las diferentes fachadas marítimas y en los archipiélagos, a los que se suma el Centro Nacional de Coordinación de Salvamento ubicado en Madrid, trabajando para dar respuesta a todas las emergencias que puedan surgir en la mar: rescates, búsquedas, remolque, lucha contra la contaminación, evacuaciones médicas, avisos a la navegación y seguridad del tráfico marítimo.

Así, desde su creación en 1993, la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima es el organismo encargado de la salvaguarda de la vida humana en la mar, la protección medioambiental en los océanos y la ayuda al tráfico marítimo en toda su zona de competencia, que incluye los 7.880 kilómetros del litoral español.

*Arriba, rescate de una balsa de inmigrantes ilegales en aguas andaluzas. Debajo, remolque de un buque varado en la playa del Saler (Valencia).*

En total, se produjeron 1.942 intervenciones relacionadas con este tipo de embarcación, a las que siguieron en número las derivadas de la atención a pesqueros (578) –en este caso con mayor protagonismo en el litoral gallego– y a buques mercantes (487). Las 489 acciones restantes se relacionaron con otro tipo de buques o con artefactos flotantes que ponían en peligro la navegación.

Otro de los ámbitos de actuación de Salvamento Marítimo es la intervención en los casos de inmigración irregular que arriba a las costas españolas. En 2012 fue necesario intervenir en 214 emergencias de este tipo, con un total de 3.656 personas involucradas, un 13% menos que en el ejercicio de 2011.

Fueron los centros de Andalucía, en especial los ubicados en Almería y Tarifa, los que en mayor medida tuvieron que hacer frente



**RESULTADOS DE LA VIGILANCIA AÉREA Y SATELITAL EN 2012 (Sin incluir diciembre)**

| | Km2 | Barcos Vigilados | Detecciones | Infragantis | Preavisos |
|---|---|---|---|---|---|
| Vigilancia Aérea | 45,5 millones | 35.700 | 146 | 34 | 31 |
| Satélites | 23,5 millones | 30.000 | 102 | 0 | 0 |
| Total | 49 millones | 65.700 | 248 | 34 | 31 |

a estas emergencias, coordinando 194 de estas operaciones, con un total de 3.398 personas atendidas.

Además, los 20 centros de Salvamento Marítimo controlaron el movimiento de 309.157 buques en 2012, tanto a la entrada o salida de los puertos españoles (163.418), como a su paso por los Dispositivos de Separación de Tráfico ubicados en Finisterre, Tarifa y Cabo de Gata, y Canarias Oriental y Occidental (145.739) para garantizar la seguridad en la navegación.

## Contaminación

Por otro lado, el pasado año se siguió avanzando en la protección del medio ambiente marino y en la lucha contra la contaminación, utilizando para ello medios de vigilancia aérea a través de aviones y satélites, así como la aplicación de nuevas técnicas que permiten evitar episodios de contaminación.

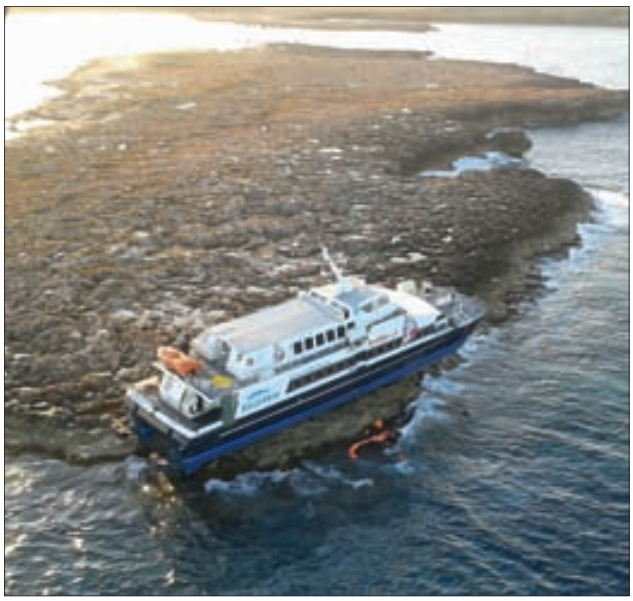
Dentro de estas últimas destacó singularmente la intervención realizada en el petrolero *Woodford*, hundido en 1937 frente las costas de Castellón, del que se extrajeron 3.500 metros cúbicos de combustible que permanecían alojados en el pecio. Fue la primera operación de estas características que se realizaba con medios propios de la Administración española, utilizando las más modernas técnicas de buceo por saturación.

Del total de actuaciones para proteger el medio ambiente marino destacan en número las 172 realizadas desde los centros de Castellón y Valencia o las 74 desarrolladas en Galicia. ■

**PERSONAS RESCATADAS EN 2012**

| Centro de Coordinación | Personas involucradas |
|---|---|
| CCS Algeciras | 132 |
| CCS Almería | 2.255 |
| CCS Barcelona | 1.195 |
| CCS Bilbao | 425 |
| CCS Cádiz | 136 |
| CCS Cartagena | 310 |
| CCS Castellón | 80 |
| CCS Finisterre | 504 |
| CCS Gijón | 349 |
| CCS Huelva | 180 |
| CCS A Coruña | 237 |
| CCS Las Palmas | 729 |
| CCS Palma | 1.089 |
| CCS Santander | 175 |
| CCS Tarifa | 2.319 |
| CCS Tarragona | 451 |
| CCS Tenerife | 463 |
| CCS Valencia | 650 |
| CCS Vigo | 160 |
| CNCS Madrid | 78 |



*Rescate en un barco a la deriva con inmigrantes. Debajo, el ferry Maverick Dos, varado en Ibiza.*

## Protección del medio ambiente marino

Una de las herramientas clave para la lucha contra la contaminación en el mar desarrollada por Salvamento Marítimo es el programa de vigilancia aérea que se realiza con aviones y satélites. Una estrategia gracias a la cual se viene observando una tendencia descendente en los episodios de contaminación de buques, debido precisamente al efecto disuasorio de las misiones de patrullaje.

Para cumplir con este objetivo, se han establecido distintas áreas de vigilancia: dos en la zona del Atlántico y el Cantábrico, seis en el Mediterráneo y cinco en Canarias. Cada una de ellas puede ser barrida en cuatro horas de vuelo por parte de los aviones, que siguen el mayor número de estelas en cada salida. Además, y como refuerzo, en 2012 cada mes se desplegaron aviones a aeropuertos diferentes de su base de operaciones para vigilar zonas alejadas de la configuración habitual, llegando al golfo de Vizcaya, al este de Baleares o Huelva.

Los resultados de este programa arrojaron en el año 2012 un número total de 3.060 horas de vuelo, lo que corresponde a cubrir una superficie de unos 23,5 millones de kilómetros cuadrados, con un total de 35.721 barcos vigilados. Gracias a todo ello se produjeron un total de 146 detecciones de contaminación marina.

Además, los aviones cuentan con el apoyo de la vigilancia desde satélites, que obtuvieron 3.890 fotografías, controlaron unos 30.000 barcos y sumaron 102 detecciones.

EL TRÁFICO PORTUARIO DE MERCANCÍAS EN 2012 SE ACERCA A NIVELES RÉCORD

# Recuperación confirmada

PEPA MARTÍN

Los datos aportados por Puertos del Estado confirman la tendencia a la recuperación del tráfico portuario en nuestro país, que al cierre provisional de 2012 alcanza un récord de movimientos que se aproxima a su máximo histórico.






*El tráfico de contenedores ha alcanzado un récord histórico en los puertos españoles en 2012, con más de 14 millones de TEUs.*



*Cerca de 135.000 buques transitaron en 2012 por los puertos españoles.*

El tráfico de mercancías del sistema portuario de titularidad estatal ha crecido más de un 3,9% al cierre provisional del pasado ejercicio, un porcentaje obtenido tras contabilizar el movimiento de 474.846.328 toneladas. Estos resultados confirman la recuperación que el sector está viviendo desde 2010, y se acercan a los obtenidos en el ejercicio 2007, cuando por los puertos españoles transitaron más de 483 millones de toneladas.

El presidente de Puertos del Estado, José Llorca, califica estos datos de «espectaculares» y adelanta que las previsiones para 2013 apuntan a que «los puertos batirán récords históricos», un hecho que permitirá una bajada de las tarifas que pagan las empresas, que ahora están congeladas. Pese a ello, los cálculos apuntan a que se pueden conseguir magnitudes del periodo precrisis y asumir bonificaciones por valor de unos 100 M€.

El grupo de mercancías que más ha crecido ha sido el de los graneles sólidos, con un incremento del 11,6%, más de 88,5 millones de toneladas, mientras que el de los graneles líquidos, que registró un crecimiento más moderado, del 2%, ha superado los 153 millones de toneladas.

El 50% del total manipulado corresponde a mercancía general, que alcanzó los 218,7 millones de toneladas, un 2,6% más. Gran parte de esta mercancía, el 74%, un porcentaje equivalente a 161 millones de toneladas, viajaron en contenedor.

Precisamente, el tráfico de contenedores alcanzó su récord histórico, con más de 14 millones de TEUs (unidad métrica de capacidad del transporte marítimo en contenedores, correspondiente a un contenedor de 20 pies de longitud). De ellos, más de la mitad lo fueron en tránsito (7,6 millones de TEUs), el 35% de importaciones y exportaciones (4,9 millones de TEUs), un 5,7% más, y el resto nacionales (1,5 millones de TEUs).

Por el contrario, el segmento de pasajeros ha visto ralentizado su crecimiento al descender un 5,3% el tráfico de cruceristas, que fueron 7,5 millones de personas del total de 26,8 millones de pasajeros.

En cuanto al número de barcos que transitaron por los puertos de nuestro país, fueron un total de 134.578 buques, un descenso del 3% con respecto al ejercicio anterior. Este dato no ha impedido el crecimiento del tráfico de mercancías debido a que la capacidad de los buques se ha incrementado hasta superar los 1.957 millones de GT.

## Rentabilidad

Puertos del Estado ha facturado 1.030 M€ durante 2012, un 4% más con respecto al año anterior, en línea con el aumento de los tráficos. El resultado bruto de explotación según los datos provisionales ascendió a 636 M€, un 13,3% más, mientras que el beneficio neto ha crecido un 44% con respecto a 2011, hasta los 236 millones.

Con los datos de este balance provisional, las previsiones apuntan a que la rentabilidad media que exige la ley a las Autoridades Portuarias –del 2,5% sobre activos– se cumpla en 2013, ya que en



*Un total de 26,8 millones de pasajeros transitaron en el año 2012 por los puertos españoles.*

2012 ha quedado algo por debajo, el 2,1%. «De esta forma –según José Llorca–, en 2014 será posible reducir las tarifas para revertir la rentabilidad en el sector privado».

La idea es rebajar las tasas que pagan las empresas a modo de dividendo para destinarlo a impulsar la actividad portuaria, una medida que iría unida a una reducción de los costes del suelo en las concesiones o los tráficos mínimos para ayudar a una mayor dinamización del sector.

A este incremento de la rentabilidad también ha ayudado la mejora de las exportaciones, que crecieron un 17% interanual, y suman un aumento del 51% desde 2008 si tenemos en cuenta cada uno de los crecimientos anuales.

Todos estos datos constatan la importancia que desempeña el sector portuario español en la economía, teniendo que en cuenta que el 80% de las importaciones y el 50% de las exportaciones se hacen por vía marítima, e incluso el tráfico interior de España alcanza el 12% frente al 3% que representa la vía ferroviaria.

## RESULTADOS PROVISIONALES 2012 (En toneladas Tn)

| Autoridad Portuaria | 2011 | 2012 | Variación (%) |
|---|---|---|---|
| A Coruña | 11.700.530 | 13.133.308 | 12,25 |
| Alicante | 2.250.952 | 2.255.243 | 0,19 |
| Almería | 4.617.671 | 5.431.706 | 17,63 |
| Avilés | 5.117.339 | 5.118.617 | 0,02 |
| Bahía de Algeciras | 82.848.726 | 88.744.994 | 7,12 |
| Bahía de Cádiz | 4.105.713 | 3.880.867 | -5,48 |
| Baleares | 11.462.555 | 11.714.349 | 2,20 |
| Barcelona | 43.881.048 | 42.463.701 | -3,23 |
| Bilbao | 32.002.547 | 29.507.186 | -7,80 |
| Cartagena | 22.733.854 | 30.411.589 | 33,77 |
| Castellón | 13.117.727 | 12.946.847 | -1,30 |
| Ceuta | 2.767.384 | 2.782.835 | 0,56 |
| Ferrol-San Cibrao | 12.067.153 | 13.714.175 | 13,65 |
| Gijón | 15.186.086 | 17.234.944 | 13.49 |
| Huelva | 26.782.042 | 28.615.303 | 6,85 |
| Las Palmas | 25.359.616 | 24.849.507 | -2,01 |
| Málaga | 5.423.148 | 5.130.529 | -5,40 |
| Marín y Ría de Pontevedra | 1.848.839 | 1.884.649 | 1,94 |
| Melilla | 894.943 | 982.952 | 9,83 |
| Motril | 2.089.895 | 2.047.899 | -2,01 |
| Pasaia | 3.252.142 | 3.100.958 | -4,65 |
| Santa Cruz de Tenerife | 14.776.779 | 14.637.039 | -0,95 |
| Santander | 5.127.133 | 5.152.129 | 0,49 |
| Sevilla | 4.619.925 | 4.591.423 | 0,62 |
| Tarragona | 31.945.482 | 33.241.576 | 4,06 |
| Valencia | 65.767.923 | 66.193.894 | 0,65 |
| Vigo | 4.329.068 | 4.066.319 | -6,07 |
| Vilagarcía de Arousa | 820.285 | 1.011.790 | 23,35 |
| **Total** | **456.896.505** | **474.846.328** | **3,93** |



*Los graneles sólidos constituyeron el segmento de mercancías que más creció en 2012, con un incremento del 11,6% respecto al año anterior.*

## Inversiones privadas

Por otro lado, Puertos del Estado ha captado inversiones privadas por importe de 700 M€, gracias a que las grandes multinacionales navieras y de logística consideran a España como un punto clave para los tráficos de tránsito, además de una plataforma para introducir mercancías en Europa.

Ejemplo de ello son las decisiones de la empresa coreana Hanjín, que ampliará su terminal de contenedores en Algeciras, la danesa Maersk, que invertirá 47 M€ para atender superbuques triple E con capacidad para 1.800 TEUs, y la mexicana Pemex, que instalará una base logística para sus petroleros en el puerto exterior de A Coruña. ■

# Prioridades logísticas

El Ministerio de Fomento tiene entre sus prioridades la conexión de los puertos con las redes viarias y ferroviarias, un objetivo con el que está previsto constituir una Unidad Logística para coordinar las infraestructuras con las diferentes redes modales y la creación de un mapa logístico del país.

La idea es que si los puertos españoles están bien conectados se puede captar mayor volumen de mercancías porque se ahorraría mucho tiempo en las operaciones con el norte de Europa. En esta iniciativa participarán las Autoridades Portuarias, expertos y empresas del sector.

En concreto, para mejorar la conectividad ferroviaria, Puertos del Estado calcula que sería necesaria una inversión en torno a 1.000 M€. Ya hay una primera actuación comprometida, el acceso al puerto de Barcelona, que tendrá un coste de unos 100 M€ a repartir entre Adif y la Autoridad Portuaria; también está redactado el proyecto de conexión ferroviaria del puerto de Ferrol (A Coruña).

A ello se suma otra medida de mejora que pasa por agilizar las tramitaciones normativas en las que interviene el ministerio a través de las «ventanillas únicas» administrativas, la aprobación de nuevas medidas en materia de seguridad y protección, las tramitaciones ambientales, la obtención y fiscalización de fondos europeos o la aprobación reglamentaria de asuntos laborales.

Según el *Logistic Performance Index 2012*, un análisis comparativo que publica el Banco Mundial, España se sitúa actualmente en el puesto 20 de este *ránking*, pese a caracterizarse por ser un mercado complejo y fragmentado, con bajos niveles de intermodalidad. Sin embargo, el mismo informe asegura que nuestro país tiene potencial para avanzar en las actividades logísticas gracias a su posición geográfica, ya que sus puertos son la entrada al Mediterráneo y al norte de África, además de un puente hacia el mercado latinoamericano, y a que sus infraestructuras son de primera calidad.

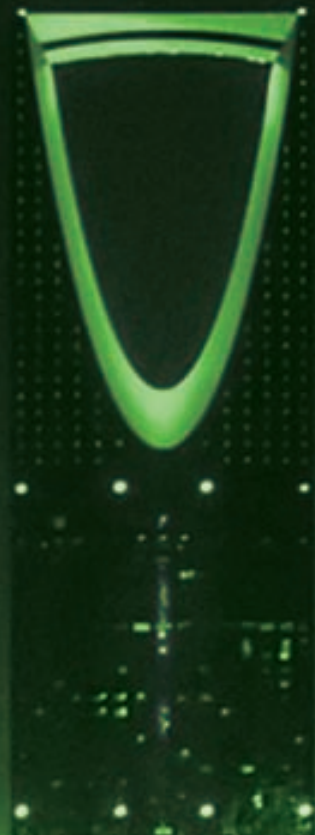
IRF

# 17º CONGRESO MUNDIAL DE LA IRF

**Líder del sector viario internacional en 2013**

Sede: Arabia Saudita

## La Asociación Española de la Carretera coordina la participación técnica y comercial española



- Presentación de resúmenes hasta el 15 de abril
- Pabellón español de 400 m²

**Riad, Arabia Saudita**
**9 - 13 de Noviembre de 2013**

**España, de nuevo referente mundial en el ámbito de las carreteras**

**Más información: 91 577 99 72 o mrodrigo@aecarretera.com**

EN SERVICIO LA VARIANTE DE LA N-430 EN OSSA DE MONTIEL (ALBACETE)

# Travesía suprimida






JAVIER R. VENTOSA FOTOS: DCE CASTILLA-LA MANCHA

La travesía por Ossa de Montiel (Albacete) del tráfico que circulaba por la carretera nacional N-430 ya es historia. El Ministerio de Fomento ha puesto en servicio una nueva variante que en pocos días ha expulsado del casco urbano a los más de 1.400 vehículos que atravesaban diariamente esta localidad manchega, incrementando los niveles de seguridad vial en la zona y devolviendo la tranquilidad a los habitantes de esta población.

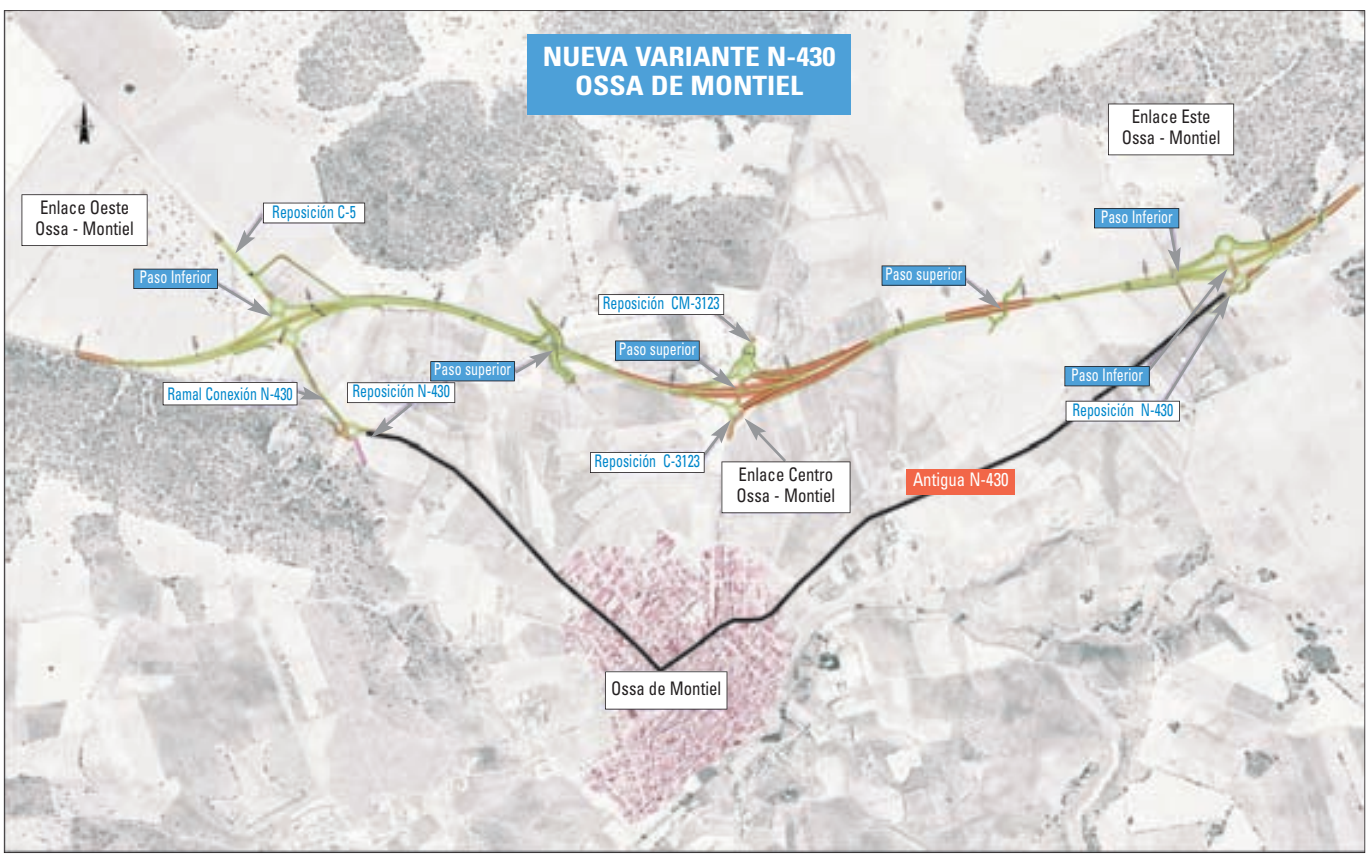
La ejecución de variantes de población es una de las actuaciones de obra pública más frecuentes en el ámbito de carreteras. Su finalidad es eliminar la travesía de una carretera por el interior de una población mediante una vía alternativa construida en el exterior de la misma que separe los tráficos de largo recorrido de los locales, lo que eleva la seguridad vial, mejora los tiempos de viaje y evita molestias a los vecinos al reducir el tráfico en el casco urbano. El Ministerio de Fomento, encargado de la construcción de variantes en la Red de Carreteras del Estado, tiene proyectadas a largo plazo decenas de ellas y ejecuta cada año varias actuaciones de este tipo. Se trata de una actuación que, aunque técnicamente sencilla y alejada del relumbrón de obras como las grandes autovías, contribuye a mejorar la vida de los vecinos de las localidades que ven desaparecer de su interior el tráfico de la carretera nacional.

Es el caso de Ossa de Montiel (2.666 habitantes), población situada en la cervantina y olivarera comarca manchega de Campo de Montiel, en el extremo oeste de la provincia de Albacete. La carretera nacional N-430, de Badajoz a Valencia por Almansa, importante eje este-oeste al sur de Castilla-La Mancha, ha discurrido durante décadas por el interior de su casco urbano, constituyendo uno de sus tramos urbanos la avenida de la Libertad. El tránsito de vehículos por esta travesía (más de 1.400 diarios de media) se veía dificultado por la existencia de curvas de radio reducido y ancho estricto de 7 metros, la carencia de arcenes, la presencia de desniveles entre calzada y aceras –lo que entorpecía el tránsito de peatones- y los numerosos accesos a la carretera desde las dis-



tintas calles que configuran la población.

Con el objetivo de terminar con esta complicada situación para la seguridad vial, el Ministerio de Fomento primero proyectó y luego ha construido la nueva variante de la N-430 en Ossa de Montiel, una carretera convencional de nuevo trazado con 5,4 kilómetros de longitud que rodea la población por el norte. Su puesta en servicio el pasado 18 de febrero, en un acto con presencia de la presidenta de Castilla-La Mancha, María Dolores de Cospedal, y la ministra de Fomento, Ana Pastor, ha logrado independizar el tráfico de largo y medio recorrido del local generado en el entorno de esta población. Con ello, como estaba previsto, se ha mejorado la seguridad, la comodidad y la velocidad para los usuarios de la N-430. «La variante -en palabras de la ministra- va a evitar problemas de circulación en Ossa de Montiel y en la comarca de Campo de Montiel». Al mismo tiempo, la nueva infraestructura ha incrementado la calidad de vida de los vecinos, que han de-





## MAGNITUDES DE OBRA

| | |
|---|---|
| Excavación en desmonte | 315.176 m³ |
| Terraplén | 387.470 m³ |
| Suelo seleccionado | 94.890 m³ |
| Suelocemento fabricado en central | 32.747 m³ |
| Mezclas bituminosas en caliente | 27.314 Tn |
| Acero activo Y-1860-S7 | 20.682 Kg |
| Acero pasivo B-500 S | 444.042 Kg |
| Hormigones estructurales | 4.050 m³ |

jado de soportar el tránsito de vehículos por la localidad, en especial los pesados.

El Ministerio de Fomento ha invertido 8,75 M€ en esta obra. Si a esa cantidad se suman el coste de redacción del estudio informativo y del proyecto, la asistencia técnica para el control y vigilancia de las obras y el importe estimado de las expropiaciones, la inversión total asciende a 10,2 M€. Esta actuación ha sido cofinanciada por la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (Feder).

### Características técnicas

La variante, con una longitud de 5.451 metros, es una nueva carretera convencional cuya sección transversal está formada por una calzada de 7 metros de anchura, en la que se alojan dos carriles de circulación de 3,50 metros de anchura y arcenes de 1,50 metros, Sus características geométricas incluyen un trazado en planta muy suave con la curva de radio menor de 900 metros y una pendiente máxima del 1,8 %, siendo la velocidad de proyecto de 100 km/h.

El firme de la carretera está constituido por 30 centímetros de suelocemento sobre plataforma de categoría E2, sobre la que se han extendido 12 centímetros de mezclas bituminosas en caliente cuya terminación se ha realizado con rodadura de microaglomerado en caliente.

El trazado se inicia en el pk 427 de la N-430, unos 600 metros al oeste de la intersección de la nacional con la carretera local C-5 hasta Tomelloso, discurriendo con una curva a izquierdas de radio 900 metros, seguida de una curva a derechas de radio 1.000 metros, pasando entre varias edificaciones y manteniendo una distancia de separación de 169 metros con un futuro polígono industrial. Este tramo se desarrolla en terraplén para permitir realizar mediante un paso inferior el primero de los tres enlaces de la variante, Ossa de Montiel-Oeste. Este enlace, con tipología de diamante con pesas, permite conectar con la carretera local a Tomelloso y con la N-430 para acceder a Ossa, además de eliminar la intersección a nivel existente con la carretera provincial.

A partir del pk 2+500 el trazado se realiza en desmonte para pasar bajo la carretera CM-3123. En esta zona el trazado en planta discurre próximo a una vaguada y viene definido por una recta de longitud 523 metros, seguida de una curva de radio 1000 metros, En el pk 2+785 se inicia el segundo enlace, Ossa de Montiel-Centro, con la misma tipología que el anterior, que conecta mediante un paso superior con la carretera autonómica CM-3123 a Villarrobledo. Superado este enlace se alcanza la pendiente máxima del tramo, del 1,80% entre el pk 2+820 y el pk 3+540, para alcanzar nuevamente la cota del terreno actual y descender hasta la carretera N-430 con una pendiente del 1,50%. En planta se ha definido una curva a derechas de radio amplio 1.000 metros, seguida de una recta de longitud 943 metros.

A partir del pk 4+270 la traza vuelve a ascender con una rampa de inclinación 1,60% para realizar el final de la variante en terraplén con objeto de afrontar el tercer enlace del tramo, Ossa de Montiel-Este, mediante un paso inferior. Este enlace, de la misma tipología que los anteriores, conecta la variante con la N-430 en el pk 431, constituyendo el final del tramo.

En total, a lo largo de la variante se han construido seis estructuras, tres correspondientes a los enlaces, dos pasos superiores de camino y un paso inferior de camino, así como alrededor de 7.500 metros de caminos para reponer los caminos agrícolas interceptados por las obras. Todo ello garantiza una adecuada permeabilidad transversal de la nueva infraestructura. ■

## Integración ambiental

La construcción de la variante de Ossa de Montiel, situada en una zona próxima a las Lagunas de Ruidera, parque natural protegido como reserva de la Biosfera, ha requerido una inversión de 485.000 euros para la adopción de medidas medioambientales. Como medidas preventivas y correctoras se han desarrollado distintas actuaciones destinadas a la protección de la calidad del aire, la erosión, los suelos y la vegetación, el sistema hidrológico y la calidad de las aguas, la fauna, el paisaje y el patrimonio cultural. Como medidas más destacadas figuran las plantaciones arbóreas y arbustivas autóctonas y las hidrosiembras, destinadas a mejorar la integración paisajística de la carretera, así como a frenar los procesos erosivos y recuperar el potencial biológico eventualmente alterado como consecuencia de las obras; el seguimiento arqueológico; el cerramiento para impedir el paso de fauna terrestre y la colocación de puertas de escape para la fauna ante una eventual entrada de la misma a la carretera, entre otros.

LOS TRENES TURÍSTICOS SERÁN LOS PRIMEROS EN ABRIRSE A LA COMPETENCIA

# Nueva etapa

R. F.

Los servicios de transporte de viajeros cuya finalidad es esencialmente turística y de ocio serán los primeros en prestarse en régimen de libre competencia a partir del próximo 31 de julio de este año. Así lo establece el Real Decreto Ley aprobado el pasado 23 de febrero, que establece un proceso ordenado y progresivo para el inicio de la liberalización del sector ferroviario.



Con el fin de avanzar en el proceso de liberalización del transporte de viajeros por ferrocarril y asegurar que el mismo se lleva a efecto de manera ordenada y progresiva, el Gobierno, a propuesta del Ministerio de Fomento, aprobó el pasado 23 de febrero un Real Decreto Ley que desarrolla algunos de los aspectos ya contemplados en el anterior Decreto Ley 22/2012, donde se establecían las primeras medidas de racionalización y reestructuración del sector ferroviario.

Así, entre esas nuevas medidas, se determina que los servicios de transporte «con finalidad primordialmente turística (que incluyen trenes turísticos), que no están definidos en la Ley del Sector Ferroviario y que actualmente presta Renfe-Operadora (y previamente RENFE-Operadora y FEVE), no son servicios necesarios para la movilidad, sino que son servicios de ocio en los que no se dan las circunstancias que aconsejen periodos transitorios en el proceso de liberalización».






*Los servicios de trenes turísticos pasarán a prestarse en régimen de libre competencia a partir del próximo 31 de agosto.*

Además de la apertura a la competencia en los servicios ferroviarios de viajeros con finalidad prioritariamente turística, el nuevo Real Decreto establece también el proceso progresivo que se seguirá a partir del 31 de julio de este mismo año para la apertura ordenada del mercado en el resto de los segmentos de transporte ferroviario de viajeros. Así, para el resto de servicios comerciales, el Consejo de Ministros determinará el número de títulos habilitantes a otorgar para cada línea o conjunto de líneas, así como el tiempo de vigencia de estos títulos. El Ministerio de Fomento será el encargado de llevar a cabo el otorgamiento de los títulos para nuevos operadores mediante el correspondiente procedimiento de licitación, que será público y deberá garantizar la efectiva competencia de todos los concurrentes. Los operadores ferroviarios que, tras dicho proceso, logren acceder a un título habilitante, podrán prestar el servicio correspondiente en régimen de concurrencia.

Finalmente, los servicios que queden sometidos a obligaciones de servicio público serán prestados en exclusiva por aquél operador ferroviario que ostente la autorización para ello, que podrá, además, recibir una compensación por tratarse de servicios deficitarios. El nuevo Real Decreto establece que, para garantizar la continuidad en la prestación de estos servicios de gran relevancia social, Renfe-Operadora continuará prestándolos en tanto se lleve a cabo el proceso de licitación de estas autorizaciones y se produzca el inicio efectivo de la prestación de estos servicios por parte de un nuevo operador.

## Traspaso

Con el fin de obtener una mayor eficiencia en la gestión de los servicios ferroviarios, el nuevo Real Decreto Ley establece el traspaso de las infraestructuras y estaciones que constituyen la red ferroviaria de titularidad estatal al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif), unificándose así titularidad y administración de la red a fin de lograr más eficacia gestora.



En el nuevo Real Decreto se establece también el compromiso del Ministerio de Fomento de proceder a la elaboración del «Catálogo de Líneas y Tramos de la Red Ferroviaria de Interés General», conforme a los criterios recogidos en la Ley del Sector Ferroviario de 17 de noviembre de 2003.

En dicho Catálogo, que deberá estar concluido en un plazo máximo de seis meses, constarán, por un lado, las líneas y tramos de interés general, y por otro, en anejo independiente, las líneas y tramos que, pese a no reunir los requisitos fijados en la Ley del Sector Ferroviario, continúen temporalmente administrados por el Estado en espera de que se determine su traspaso a aquellas comunidades autónomas que previamente lo hayan solicitado.

Asimismo y con respecto a las cuatro sociedades mercantiles resultantes de la restructuración de Renfe-Operadora prevista en el Real Decreto Ley 20/2012, la nueva disposición determina que sigan prestando «sin solución de continuidad» todos los servicios que corresponda explotar a esta última, sucediéndola en su capacidad de infraestructura necesaria. A esos efectos contarán con la licencia de empresa ferroviaria y el certificado de seguridad correspondientes a la explotación de sus servicios. No obstante, y transcurridos seis meses desde el inicio de sus actividades, deberán acreditar que satisfacen todas las exigencias previstas en la Ley del Sector Ferroviario. ■

Revista del Ministerio de

# Fomento







# TRENES HISTÓRICOS Y TURÍSTICOS EN ESPAÑA

*Monográfico julio-agosto 2012*











GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

ÉXITO DE LA OPERACIÓN COMERCIAL MÁS COMPLEJA EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA

# La primera vez








R. F.

Fotos: Autoridad portuaria de a Coruña

Como nueva infraestructura que es, en el puerto exterior de A Coruña hay una primera vez para todo. Tras las operaciones de carga iniciales en sus aguas, que han avalado la buena operatividad del puerto, ahora le ha llegado el turno al primer embarque comercial mediante grúas terrestres, una operación de gran precisión considerada como la más compleja llevada hasta ahora en Punta Langosteira.

La operación, desarrollada entre los pasados 30 y el 31 de enero, consistió en el embarque de una partida de seis pontonas, estructuras metálicas de grandes dimensiones fabricadas en el cercano polígono industrial de Sabón, a bordo del buque *BBC Vermont* para su traslado a Senegal, donde se utilizarán en la construcción de una planta de extracción de minerales en una zona de dunas costeras cerca de Dakar.

Con anterioridad ya se habían embarcado otras pontonas similares en Langosteira, en un operativo realizado mediante las grúas de los propios mercantes, pero en esta ocasión la operación ha estado totalmente condicionada por la mayor envergadura de estas estructuras, con un peso que oscilaba entre 95 y 110 toneladas (frente a las 70 toneladas de las anteriores) y unas medidas de 30 metros de longitud por 6 metros de anchura (frente a los 21,50 por 3,70 metros de las pontonas cargadas anteriormente)

Debido a ello, el operativo para cargarlas a bordo del bu-

que *BBC Vermont* fue distinto al empleado hasta ahora. Para ello se utilizaron, por primera vez en Langosteira, dos grúas terrestres móviles, que fueron habilitadas por la empresa estibadora en la explanada de operaciones del puerto exterior. Se trata de una operación que requiere de una gran precisión en la estiba, superior incluso a la que se necesita en el movimiento de contenedores. Junto a las pontonas se embarcó también un camión plataforma.

La operación, que según la Autoridad Portuaria «constituyó la operación de carga de mercancías más compleja de cuantas se hayan desarrollado desde la puesta en servicio del puerto exterior», se llevó a cabo con completa normalidad, confirmando de esta forma la operatividad y polivalencia del puerto exterior de Punta Langosteira.

Con posterioridad a esta operación se han realizado nuevas cargas de pontonas con destino a Senegal. También están previstas nuevas cargas de clínker para su traslado a Recife (Brasil), para lo cual se está procediendo al acopio de las 50.000 toneladas de este mineral que se cargarán, siguiendo una vez más las directrices medioambientales en cuanto a gestión de graneles sólidos.

## Preacuerdo y obras

Mientras se desarrollan las operaciones comerciales, en las últimas semanas se están dando nuevos pasos hacia el desarrollo completo del puerto exterior. La más relevante es el preacuerdo alcanzado entre el Ministerio de Fomento, representado por Puertos del Estado, la Autoridad Portuaria y Repsol para el inicio de las operaciones portuarias de la compañía petrolera en Punta Langosteira. Mediante este principio de acuerdo, que se concretará en los próximos meses, la multinacional muestra su intención de trasladar su terminal petrolera desde el muelle de A Coruña a la nueva dársena exterior, donde ya existe espacio reservado para ello. Repsol desarrollará a lo largo de este año los proyectos de ingeniería necesarios para iniciar lo antes posible su actividad en el puerto exterior, que determinarán las actuaciones que tendrá que acometer y la inversión que precisará para ello, así como los plazos concretos.



*El contradique es una actuación básica para abrigar y proteger la lámina de agua del puerto.*



*Traslado de las pontonas al buque mediante dos grúas móviles.*

En el capítulo de obras también se han dado avances en el proceso de configuración definitiva del puerto exterior, cuya geometría está hoy conformada por una gran dársena de 230 hectáreas delimitada por un dique de abrigo de 3,3 kilómetros y una superficie de explanada de 143 hectáreas (ampliables hasta 250). En el marco de la fase III de la obra, continúan a un ritmo superior al previsto las actuaciones de la primera fase del contradique, básico para abrigar la lámina de agua del puerto y favorecer la maniobrabilidad y la seguridad de los buques. Dentro de este proyecto, el próximo verano se construirá el espigón que protegerá la toma de agua de la central térmica de Sabón, y en las próximas semanas comenzará un nuevo desmonte que permitirá ganar otras 35 hectáreas de explanada y llegar hasta 182.

Respecto a las actuaciones restantes en el puerto exterior, la Autoridad Portuaria adjudicará entre abril y mayo, de entre las 14 ofertas aceptadas, la construcción de la galería de graneles líquidos y el canal de desagüe, actuación que protegerá las tuberías de productos petrolíferos que discurrirán a lo largo del dique de abrigo. Mientras, también prosigue a buen ritmo la ejecución de la autovía que comunicará el puerto exterior con la autovía AG-55, una obra básica para mejorar su conectividad viaria.■

# MUSEO DEL FERROCARRIL




www.museodelferrocarril.org

MUSEO DEL FERROCARRIL
Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Paseo de las Delicias, 61
28045 Madrid





REHABILITACIÓN DEL HIPÓDROMO DE LA ZARZUELA

# Sencilla genialidad



*La gran cubierta de la tribuna es el elemento más singular del hipódromo.*

R. F. Fotos: Caballero

**Es una de las grandes obras de referencia de la arquitectura y la ingeniería españolas del pasado siglo. Declarada Bien de Interés Cultural en 2009, su singularidad atrae la curiosidad de estudiantes de casi todas las universidades del mundo, que cada año la visitan para admirar en vivo la prodigiosa sencillez de unas estructuras que abrieron nuevas vía a la construcción en hormigón y que continúan sirviendo de inspiración a todo tipo de edificaciones. Sus obras de rehabilitación merecieron el premio del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid del pasado año y han ayudado a revelar detalles singulares de su historia que parecían destinados al olvido.**

El proyecto del actual Hipódromo de La Zarzuela arranca en 1934, cuando el gabinete técnico de Accesos y Extrarradio de Madrid convoca un concurso para la construcción de esas instalaciones al expirar la licencia de explotación del antiguo Hipódromo de la Castellana, en los actuales Nuevos Ministerios, donde se proyecta el nuevo ensanche urbano de la capital hacia el norte. Al concurso se presentan nueve estudios de arquitectura, resultando finalmente elegido el proyecto firmado por los arquitectos Carlos Arniches y Martín Domínguez y el ingeniero Eduardo Torroja. Las obras dan comienzo en 1935 con un presupuesto inicial de unos tres millones de pesetas y se desarrollan con gran celeridad, de modo que antes del estallido de la Guerra Civil ya estaban prácticamente concluidas todas las grandes estructuras, incluido su elemento más singular: las cubiertas laminares de hormigón de las tribunas diseñadas por Torroja, consideradas como una de las grandes aportaciones españolas a la arquitectura y la ingeniería del siglo XX.

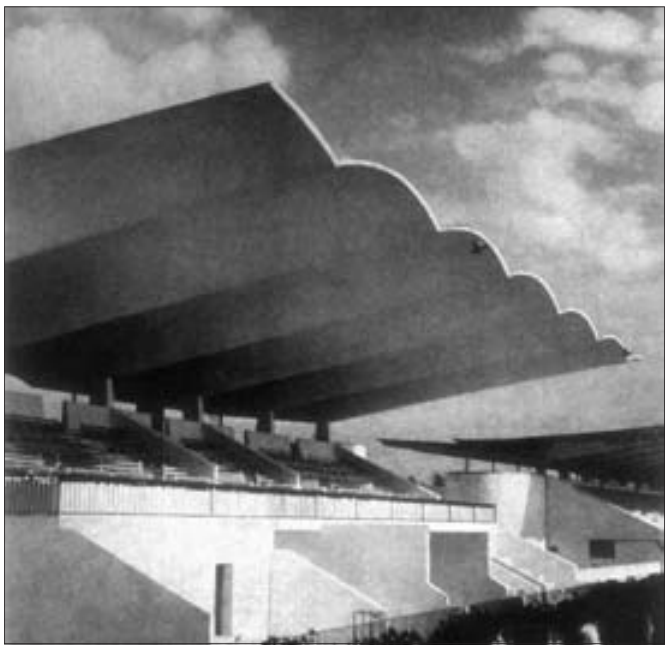
Situado en pleno frente durante la guerra, las estructuras de hormigón levantadas sufrieron numerosos impactos de artillería. Al término de la contienda, los autores del proyecto, Arniches y Domínguez, toman el camino del exilio, perdiéndose los planos de arquitectura originales que contenían todos los detalles relativos a la cobertura y distribución de los interiores. Los militares reanudaron la construcción del



*Estado actual del edificio principal tras la restauración. Debajo, dos imágenes retrospectivas de la cubierta y de una prueba de carga de la misma.*

edificio, que quedó concluido en 1941. Eduardo Torroja participó en la restauración de los daños causados a las estructuras por los obuses, y en mayo de aquel mismo año las instalaciones acogieron ya las primeras carreras.

Con posterioridad, el hipódromo ha sido objeto de diversas reformas, algunas de ellas poco respetuosas con la distribución y elementos originales, introduciendo algunos añadidos que desvirtuaban sensiblemente la funcionalidad y sencillez con que fue concebido.





## El edificio

Los autores del proyecto, Arniches, Domínguez y Torroja tuvieron la audacia de concebir el edificio del hipódromo como mera base o soporte del gran espacio en el que iba a desarrollarse la actividad principal: las tribunas y la contemplación de las carreras. Bajo las gradas y casi desapercibidas se aloja el resto de dependencias: taquillas, salas auxiliares… Todo el graderío se apoya en un pilar principal y en otro secundario que sirve también de muro dorsal para la galería de circulación de salida a la pista. En el nivel superior se aloja la gran galería interior para las apuestas, a la que se buscó una solución curva para potenciar su estética. En todo el proceso de diseño del hipódromo, y de acuerdo con el propio testimonio de Torroja, se fueron adecuando y depurando los distintos objetivos de funcionalidad, criterios estructurales y estética hasta integrarlos con la mayor coherencia, tanto en esencia como en apariencia. Muchas veces se le preguntó cómo decidió finalmente el diseño del hipódromo y en su libro *Las estructuras de Eduardo Torroja* (Ministerio de Fomento, 1999), él mismo aclara que la solución final se presentó casi de golpe cuando ya expiraba el plazo de tres meses para la presentación de los proyectos a concurso, tres meses que se habían consumido íntegramente estudiando los problemas funcionales. Formas y estructuras surgieron, pues, de un golpe de imaginación, una

imaginación que a su parecer «no puede trabajar sin éxito si no va asociada a los principios básicos que una larga experiencia de trabajo técnico creativo deja en los abismos insondables de nuestra personalidad, de tal modo que más tarde condicionan de forma inconsciente nuestro propio razonamiento intuitivo».

## La cubierta

La gran cubierta de la tribuna es sin lugar a dudas el elemento más singular de todo el proyecto y el que articula y da sentido al perfecto juego de contrapesos y tirantes de todo el conjunto. Concebida como una gran visera de 12,80 metros de vuelo, la cubierta de la tribuna, construida con láminas de hormigón armado de forma hiperboloide, va reduciendo su grosor paulatinamente desde los 65 cm en la zona de pilares hasta solo seis en los bordes exteriores. El planteamiento de la estructura es de una genial sencillez: cada módulo, con una sección en V de bordes curvos y un ancho de 5,0 metros, se apoya en un único pilar y se fija en la parte trasera mediante un tirante pasivo de acero anclado en la cubierta de la bóveda de tribunas.

Antes de la construcción, los autores tuvieron la oportunidad de trabajar y perfeccionar los cálculos necesarios mediante pruebas de carga en un prototipo a escala real en el que, además de hallar posibles puntos de rotura, pudieron ensayar los sistemas de montaje más idóneos para el encofrado.

Desde su apertura en 1941, el hipódromo, propiedad de Patrimonio Nacional, sufre diversos avatares en su explotación, cedida a distintas sociedades. En 1996, a causa de la quiebra de la concesionaria, las instalaciones permanecen cerradas hasta 2005. Antes de su reapertura se convoca concurso para su rehabilitación,



El edificio del hipódromo mantiene la funcionalidad y la sencillez originales con que fue concebido.

del que resulta ganador el estudio de arquitectura Jerónimo Junquera con un proyecto que busca potenciar todos sus valores originales mediante tres grandes líneas maestras: eliminar las adherencias a los edificios históricos, restaurar las tribunas, principal seña de identidad del Hipódromo, y adaptar la topografía y segregar las circulaciones de caballos y público de acuerdo al proyecto original de 1934.

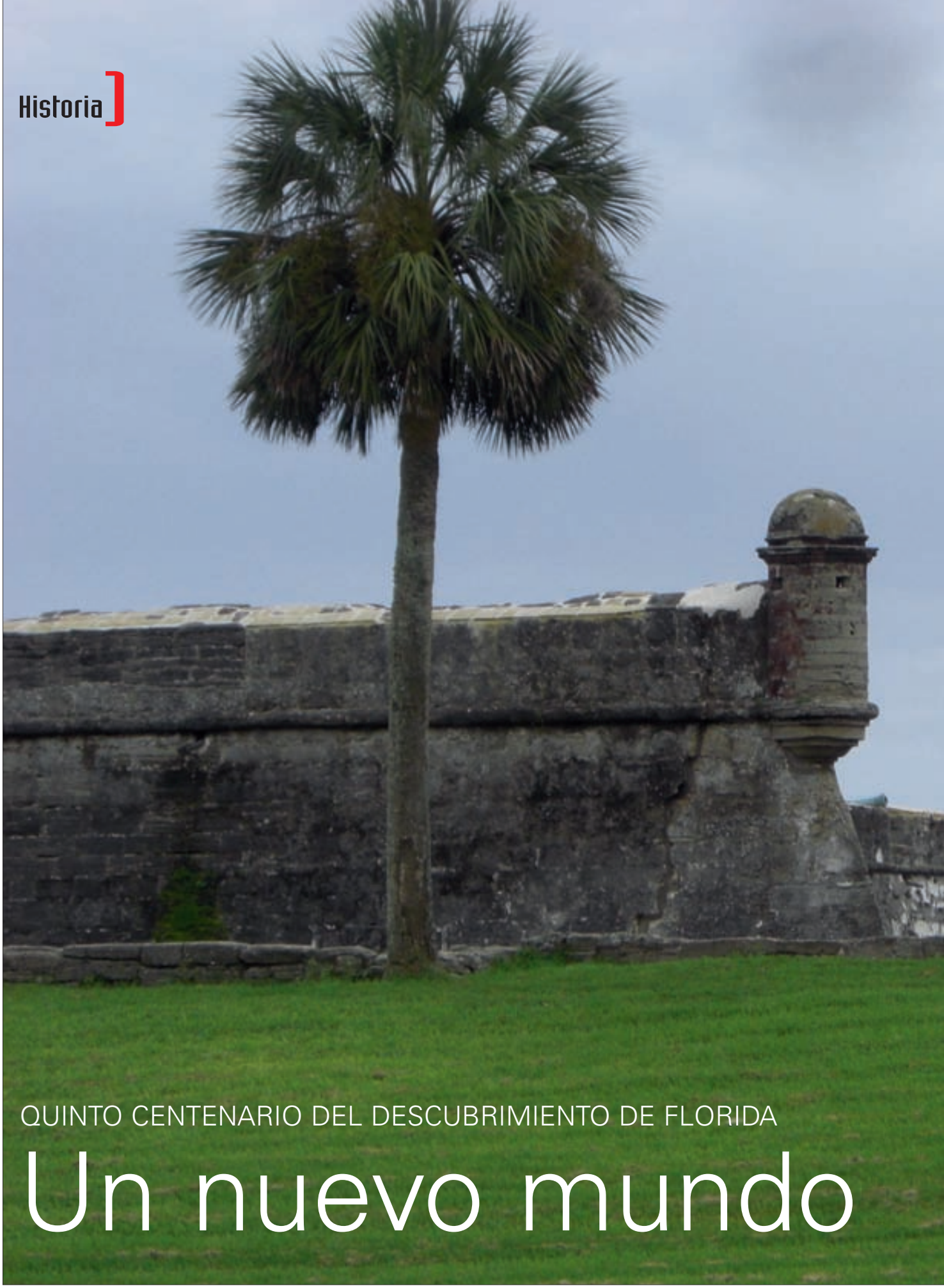
Con carácter previo al comienzo de las obras se llevó a cabo una rigurosa evaluación del estado de conservación de las cubiertas. Aunque no se apreciaron daños estructurales de importancia, sí se detectaron algunos deterioros debidos fundamentalmente a la corrosión por rotura en las capas de impermeabilización. También se efectuó un estudio de modelización de las cubiertas, pilares y tirantes con cargas de acuerdo a la normativa actual, conforme a un informe previo del Centro de Estudios y Experimentación de la Obra Pública (Cedex) del Ministerio de Fomento.

> La restauración se ha realizado con materiales y métodos de trabajo lo más fieles posibles a los originales de los años 30



Taquillas del hipódromo, situadas bajo los graderíos.

Una vez decididas las actuaciones necesarias, se procedió a llevar a cabo la restauración, para la cual se eligieron materiales, técnicas y operarios cuyos métodos de trabajo resultaran los más fieles a los de los años treinta en que se inició la construcción del hipódromo. Los trabajos de restauración en las cubiertas fueron los primeros en concluir en 2009, prosiguiendo con posterioridad en las tribunas. Las obras de remodelación, no obstante, aún no se han completado, pues la falta de presupuesto ha obligado a su interrupción en diversos momentos. ■



QUINTO CENTENARIO DEL DESCUBRIMIENTO DE FLORIDA

# Un nuevo mundo

Beatriz Terribas

El 27 de marzo de 1513, Juan Ponce de León divisó la costa de lo que consideró una isla desconocida a la que bautizó como Tierra de la Pascua Florida por ser Domingo de Resurrección. Tras cuatro intentos fallidos de colonización, por fin Pedro Menéndez de Avilés fundaría en 1565 la ciudad de San Agustín. Desde entonces y hasta 1821, momento en el que La Florida pasó a formar parte de los Estados Unidos, la bandera española ondeó por casi todos los rincones de esta provincia del extenso Virreinato de Nueva España.




Ayuntamiento de Santervás de Campos

*Baluarte del castillo de San Marcos (1672-1695), en San Agustín. Arriba, estatua de Juan Ponce de León en Santervás de Campos (Valladolid), su pueblo natal.*

Este año se conmemora el quinto centenario del descubrimiento, exploración y colonización de La Florida. Una empresa repleta de dificultades en la que perecieron cientos de españoles presa de los huracanes, los naufragios, el ataque de los nativos, las enfermedades y el hambre. Tanta desgracia, sin embargo, no consiguió doblegar el esfuerzo y el tesón de Ponce de León y de los expedicionarios que, empeñando su fortuna y su suerte, secundaron aquella aventura en viajes posteriores.

En verdad, La Florida se mostró como una tierra hostil y difícil de conocer. Hasta sus costas llegó Juan Ponce de León en marzo de 1513. Había partido de Puerto Rico con tres navíos en busca de la legendaria Tierra de Biminí para encontrar la Fuente de la Eterna Juventud, cuyas aguas, según decían los indios taínos, «tornaban mozos a los viejos», y alejarse de la isla caribeña tras ser relegado de su cargo de gobernador por el rey Fernando de Aragón.



Durante aquel viaje, la expedición recorrió las costas de la península de La Florida, descubrió algunas islas y contactó con los indígenas, que, antes de cercenar la vida de buen número de expedicionarios, les habían mostrado pequeñas piezas de oro que habían expoliado a los barcos españoles naufragados en esta zona. Abatido por las circunstancias, Ponce de León regresó a Puerto Rico, pero su piloto, Antón de Alaminos, continuó buscando la Tierra de Biminí, que encontró, descubriendo además el canal de Bahama y la corriente del Golfo, cuyas aguas reducirían considerablemente la duración del viaje de las Flotas de Indias en su retorno a España.

A pesar de las víctimas de la malograda expedición, Ponce de León regresó a La Florida en 1521 con la encomienda de conquistar y colonizar aquel territorio con 200 hombres, ganados y enseres. Tras el enfrentamiento con los nativos sólo sobrevivieron siete de ellos y Ponce de León, mortalmente herido, fue trasladado a La Habana, donde falleció.

La suerte tampoco favoreció a Vázquez de Ayllón ni a las 600 personas que le acompañaron cinco años después de la experiencia de Ponce de León. Las adversidades que padecieron y la muerte del adelantado obligaron a abandonar tan arriesgada empresa, de la que regresaron 150 hombres.

Rendirse ante las adversidades no caracterizaba a los españoles de entonces, y menos aún a Pánfilo de Narváez y a Cabeza de Vaca, que consiguieron adentrarse por primera vez en La Florida y llegar hasta la desembocadura del Misisipi, donde embarcaron, aunque una fuerte tormenta les llevó a la deriva. Mientras que la nave de Narváez desapareció en el mar, la de Cabeza de Vaca alcanzó una isla a la que pusieron el nombre de Mal Hado por los sufrimientos que allí padecieron y que sólo dejaron con vida al propio Cabeza de Vaca. Quiso el destino que, acompañado por cuatro supervivientes de la expedición, emprendiera a pie un periplo de ocho años, durante los que re-



Ebyabe

*Casa Xavier Lopez, uno de los edificios históricos de San Agustín mejor conservados.*



Panorámica del castillo de San Marcos.

Jon Zonder (Digon3)

corrió todo el sur de América del Norte, llegando hasta el Pacífico y finalmente, en 1536, a Méjico. Sus escritos nos legaron un sinfín de información geográfica, botánica y antropológica, especialmente de los indios sioux y dakota, con los que convivió y a los que llegó a profesar verdadera admiración.

Influido por su testimonio, Hernando de Soto también se aventuró en el reconocimiento de La Florida. Con 800 hombres, varias mujeres y una docena de misioneros, recorrió durante cuatro años todo el este de los actuales Estados Unidos, llegando por el norte hasta el lago Michigan y por el sureste a Tejas. Las ciénagas, los caudalosos ríos que se llevaban los puentes que construían y las emboscadas de las tribus acabaron paulatinamente con sus hombres, sorprendiéndole también a él la muerte cerca del Misisipi, cuyas aguas recibieron su cadáver.

Aquellos hombres no pudieron cumplir su propósito de evangelizar y colonizar la zona. Tampoco Fray Luis Cáncer en 1549 ni Tristán de Luna y Arellano diez años después. A pesar de haber fundado cerca de la bahía de Pensacola la primera colonia de La Florida, Santa María de Filipino, donde permaneció un año con 500 soldados y 1.000 colonos, la hambruna, las enfermedades y la destrucción del poblado por un huracán obligaron al cuarto Adelantado a regresar a La Habana.




Ebyabe

Todas las calles de San Agustín conservan los nombres españoles. Arriba, calle de Avilés.

Tanto sufrimiento había causado el interés por La Florida que Felipe II promulgó en 1561 un Real Decreto prohibiendo «ir a esas tierras malditas». Sin embargo, esta decisión duró poco tiempo, ya que era necesario que los españoles se establecieran en la zona para proteger de los corsarios las flotas de Indias que desde Méjico tornaban a España, y evitar el asentamiento de los franceses en La Florida si se mantenía en pie el fuerte Carolina, levantado por Jean Ribault en 1564.

Como España no podía fracasar de nuevo, Felipe II eligió a Pedro Menéndez de Avilés, capitán general de la Armada

de Indias, para llevar a buen término el asentamiento definitivo de los españoles en aquellas tierras y su defensa. Por primera vez, la Corona respaldaba económicamente un viaje a La Florida, imponiendo Felipe II que la colonización se hiciera en convivencia con los nativos y que se expulsara a los franceses del lugar.

El 8 de septiembre de 1565, Pedro Menéndez de Avilés llegó a La Florida, bautizando el puerto donde fondeó con el nombre de San Agustín, también compartido por la primera de las ciudades que fundó y que hoy se considera la más antigua de Estados Unidos. Once días después de su llegada tomó el fuerte Carolina, llamado desde entonces San Mateo, y tras establecer costosas alianzas con los nativos, durante los siete años que permaneció en aquellas tierras aseguró con sendos fuertes tanto el litoral para garantizar el tránsito de los navíos españoles por el Caribe, como el interior de la península desde la colonia de Santa Elena hasta la cadena de los Apalaches, en el noroeste. Paralelamente, inició el trazado del que hoy se conoce como *Old Spanish Trail*, un camino que conectaría los territorios descubiertos por los españoles desde San Agustín hasta California.



John Tuggle

Campanario de la basílica de San Agustín.

> Las 124 misiones levantadas por orden de Felipe II hasta 1702 albergaron a 30.000 indígenas y 1.500 españoles

## Sistema misional

Felipe II decretó que la colonización de La Florida se hiciera pacíficamente, poniendo esta labor en manos de jesuitas y franciscanos. El rey estableció que se levantara una cadena de misiones para evangelizar a los indígenas y evitar que otros países se instalaran en la zona. Estos complejos se organizaron como pequeñas ciudades autónomas, con su iglesia y cementerio flanqueados por los edificios destinados a colegios, talleres de oficios, hospitales y viviendas de los indios y de los españoles, quedando fuera de su perímetro los corrales y las huertas. Las 124 misiones que se levantaron hasta 1702 llegaron a albergar a más de 30.000 indígenas y 1.500 españoles, pero el esfuerzo de los misioneros no impidió que algunas desaparecieran por las adversidades climatológicas, otras por el ataque de tribus hostiles o las epidemias, siendo aniquiladas las demás entre 1656 y 1702 por los ingleses para esclavizar a muchos de los neófitos en sus plantaciones de Carolina del Sur.



Cedida por la Embajada de Estados Unidos

Estatua de Pedro Menéndez de Avilés, frente al Museo Lightner, en San Agustín.



Leonard J. DeFrancisci

*Colegio Flagler, antiguo hotel Ponce de León, construido en estilo colonial español en el corazón histórico de San Agustín.*

Sin embargo, para preservar aquel legado sociocultural, el Estado de Florida ha reconstruido la misión de San Luis de Apalache, con su templo junto a las viviendas, edificadas como antaño en madera y con cubierta vegetal, el fuerte que la protegía y el recinto ceremonial de los nativos, respetado en todas las misiones. La desaparición de estos complejos no supuso necesariamente el abandono de aquellos lugares por los supervivientes. Sus casas, granjas y huertos dieron origen a anárquicos poblados que se transformaron en villas una vez que allí se instalaban las autoridades gubernamentales.

Siguiendo los cánones urbanísticos que dictaban las *Ordenanzas de descubrimiento, nueva población y pacificación de las Indias*, aprobadas por Felipe II, los edificios civiles y eclesiásticos se levantaron en las «plazas de armas», cuadradas o rectangulares, de las que partían las calles de la ciudad donde vivirían los colonos. Este trazado ha pervivido hasta hoy tanto en las primeras poblaciones que se fundaron –San Agustín, San Luis o Pensacola, capital de La Florida occidental en el siglo XVIII–, como en las que se crearon durante esta centuria en esta parte del territorio para reforzar la presencia española.



*Estatua del padre López de Mendoza, capellán de Pedro Menéndez de Avilés, en el lugar donde el 8 de septiembre de 1565 se celebró la primera misa y cena de acción de gracias en La Florida.*

Ebyabe

Así surgieron más de una quincena de ciudades como resultado del gran proyecto de colonización de Bernardo de Gálvez, gobernador de La Florida occidental. Si bien algunas nacieron en torno a los presidios de los destacamentos militares, otras se trazaron para recibir a colonos canarios y malagueños, aunque también se poblaron con acadianos expulsados del Canadá por los ingleses y con católicos irlandeses autorizados por la Corona de España.

Estas ciudades, que llegaron a superar los 2.000 habitantes, se ubicaron, según dictaban las Leyes de Indias, a la vera de los




Ebyabe



Mapplethorpe

Placa que evoca el lugar donde estuvo la misión Nombre de Dios, en San Agustín. Castillo de San Marcos, entrada a través del puente levadizo.

ríos, en bahías protegidas y en lugares con tierras propicias para la siembra y la ganadería. Tanto las viviendas como los edificios públicos se erigían en madera y ladrillo. Las casas eran de uno o dos pisos, con corredores abiertos a la calle y cubierta de teja o madera, y para evitar la humedad del suelo se levantaban sobre pilares de ladrillo. Todavía se pueden contemplar algunas muestras de esta tipología arquitectónica en Pensacola, gracias a las restauraciones llevadas a cabo por la sociedad The Pensacola Historic Preservation Board, en Natchez o en San Agustín, capital de La Florida oriental durante 250 años. Precisamente es esta ciudad la de mayor raigambre española de Florida porque todavía conserva 24 edificios coloniales además de su basílica, que data de 1797 y el monumento a la Constitución española de 1812.

## Arquitectura militar

La buena sintonía que llegaron a mantener los españoles con numerosas tribus, al no haberles privado de sus territorios, y el despliegue de un



Leonard J. DeFrancisci

Museo del Hospital Militar Español, en San Agustín.

vasto sistema de defensas, fueron los pilares que sustentaron la soberanía española en esta provincia hasta 1821. Presidios y fuertes o castillos protegieron los puntos estratégicos de La Florida (ríos, ensenadas y bahías), las misiones, las ciudades y los caminos que las conectaban. Los primeros presidios y fuertes fueron construidos por los comandantes de las guarniciones militares y eran similares a los castillos medievales: planta cuadrada con torres de vigilancia en dos de sus ángulos y una muralla defensiva de estacas de madera. El cuerpo principal era de adobe y madera, materiales perecederos que sucumbían fácilmente ante las lluvias torrenciales y los huracanes, arruinando la construcción.

Consciente de la debilidad de estas fortificaciones y de la falta de profesionales especializados que construyeran sistemas más seguros y efectivos para adaptarse a la evolución de las armas y las características físicas y climatológicas del Nuevo Mundo, Felipe II impulsó la creación en Madrid de la Academia de Matemáticas y Arquitectura Civil y Militar, donde se impartirían los conocimientos de nuevas técnicas de construcción que favorecieron el paso de la fortificación medieval a la moderna. Otros centros similares se fundaron hasta 1711 en Castilla, Andalucía, Milán, los Países Bajos, Barcelona y Cartagena de Indias. En ellos se formó a los ingenieros militares que desarrollaron en América la «Fortificación Moderna Permanente Abaluartada». Además de remodelar, reforzar y reconstruir las fortificaciones existentes con materiales como el ladrillo o la piedra, los ingenieros militares, de acuerdo a detalladísimos proyectos de construcción, levantaron nuevas defensas más sólidas y de mayores dimensiones, caracterizadas básicamente por su planta en forma de diamante, pentagonal o cuadrangu-



Daniel Schwen

*La bandera con la Cruz de Borgoña ondea en el fuerte Matanzas en homenaje a su pasado español.*

lar, muros más densos y con mayores cimentaciones, prominentes baluartes poligonales que sustituyeron a las torres de vigilancia para alojar baterías de cañones y resistir la onda expansiva de los proyectiles enemigos, dispositivos de evacuación de aguas y fosos perimetrales de gran anchura y profundidad.

Uno de los mejores ejemplos de estas fortalezas es el castillo de San Marcos, levantado entre 1672 y 1695 en la bahía de San Agustín para defender la ciudad, custodiada con anterioridad y sucesivamente por nueve fuertes de madera, y proteger las flotas de Indias que regresaban a España por el canal de Bahama. Fue diseñado por Ignacio Daza y en la obra participaron soldados y colonos españoles y cubanos, nativos norteamericanos y esclavos negros.

Es una soberbia fortificación de cerca de 100 metros de perímetro y planta estrellada, con muros que superan los 9 metros de altura y 5 metros de espesor y están flanqueados por cuatro baluartes en las esquinas coronados por garitas. Su solidez se debe a los bloques de coquina con los que se construyó, material más duro que la piedra y capaz de absorber sin deteriorarse los proyectiles de los enemigos, que se obtenía al machacar y fundir las conchas de los moluscos recogidos en la vecina isla de Anastasia. En su interior todavía se conservan las salas que alojaban a la soldadesca, las armas, el polvorín y la despensa de alimentos y material médico.



Poco a poco

*Entrada a la ciudad de San Agustín por una de las puertas de la muralla que la protegía.*

Circundado por un foso de 12 metros, que se salva por varios puentes en su día levadizos, el castillo de San Marcos está catalogado desde 1924 como monumento nacional, al igual que el fuerte Matanzas, levantado en 1743 para proteger la entrada a San Agustín a través del río Matanzas. De menores dimensiones y planta cuadrada, se caracteriza por su gran torre de vigilancia y por el parapeto amurallado de su frente sur, donde se disponía una batería de cinco cañones.

Tras varias restauraciones llevadas a cabo en ambas fortalezas en el siglo XIX por el Gobierno estadounidense, hoy se conservan como auténticas reliquias en las que, por respeto a su historia, sigue ondeando como antaño la Cruz de Borgoña. ■


1993
2013
20 años
VIAS VERDES
2.000 km

VIGÉSIMO ANIVERSARIO DE LAS VÍAS VERDES EN ESPAÑA

# Un cumpleaños con vocación de futuro

JULIA SOLA LANDERO
FOTOS: FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES

Las vías verdes españolas cumplen 20 años en 2013. Dos productivas décadas desde que en 1993 se inaugurara la de Carriles Olot Girona, primera plataforma ferroviaria en desuso reconvertida en un espacio ideado para el paseo, el desplazamiento no motorizado, y el turismo ecológico y alternativo. A aquella primera vía verde han seguido otras 101 y entre todas suman ya casi 2.000 kilómetros repartidos por toda la Península, 70 antiguas estaciones ferroviarias rehabilitadas y 143 M€ invertidos.



Las vías verdes tienen un denominador común: sus suaves pendientes, su discurrir alejado del tráfico rodado y su vocación de accesibilidad para personas con movilidad reducida, lo que las hace adecuadas para ser recorridas a pie, en bici, en patines, en silla de ruedas o a caballo. Una sugestiva oferta para todos los públicos a la que se suma la posibilidad de acceder a parajes recónditos, a veces imposibles de recorrer de otra manera, o de descubrir las espectaculares obras de ingeniería que hubo que construir en su momento para salvar las adversas orografías de las zonas montañosas. Un atractivo que corroboran las 200.000 visitas de la cordobesa Vía Verde de la Subbética, o los 1.500.000 usos contabilizados en las Vías Verdes de Girona, por poner un ejemplo.





*Viaductos y puentes de distintas tipologías y dimensiones salpican las vías verdes. En la imagen, viaducto en la Vía Verde del Río Oja.*

La idea de reciclar el valioso patrimonio ferroviario español abandonado y convertirlo en este tipo de ejes de movilidad ligera comenzó a gestarse en 1992, año en el que había más de 7.600 kilómetros de vías férreas abandonadas, por el antiguo Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (MOPTMA) dentro del Plan Director de Infraestructuras 1993-2007, y en colaboración con Renfe, Ferrocarriles de Vía Estrecha (Feve), comunidades autónomas, diputaciones y ayuntamientos.

La iniciativa siempre ha contado con el viento a favor de una Europa preocupada por las consecuencias del cambio climático y las emisiones de $CO_2$, y cada vez más interesada en el desarrollo de infraestructuras que fomenten formas de ocio sostenibles y saludables en zonas de interior. Pero también que promuevan la creación de empleo en torno a la actividad que generan, entendiendo esto como una forma de fijar población en áreas rurales.

> Las vías verdes parten de un análisis de 98 líneas férreas en desuso en España, que sumaban un total de 5.764 kilómetros



*Túnel en la Vía Verde del Ferro i Carbó, en Girona.*

El programa de Vías Verdes encierra toda una filosofía que tiene que ver con la sostenibilidad y la educación ambiental, pero también suma una notable dimensión social y económica, dado que reactivan social y económicamente las zonas por donde discurren y que la actividad que generan fomenta el empleo local relacionado con el sector de hostelería, servicios de alquiler de bicicletas, centros de información turística, medioambiental y cultural, o tiendas especializadas en productos gastronómicos locales, entre otros.

## Un plan de largo recorrido

Cuando en 1992 comienza a elaborarse el proyecto, casi todas las viejas vías férreas abandonadas se encontraban



*Los viejos trazados hoy reconvertidos (en la foto, Vía Verde del Eo) atraviesan parajes recónditos a veces difíciles de observar de otra manera.*

anegadas por vegetación y escombros, con algunos de los túneles hundidos, las instalaciones desmanteladas y las estaciones en ruinas. Se trataba en su mayoría de ferrocarriles vinculados en su día a explotaciones mineras e industriales de finales del siglo XIX o principios del siglo XX que habían finalizado su producción, o de líneas dedicadas al servicio de transporte público que habían perdido operatividad.

El proyecto de su reconversión fue desarrollado por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (FFE), que se encargaría desde 1995, y mediante el Convenio de Colaboración para el desarrollo del Programa Español de Vías Verdes, de la coordinación y promoción del programa tanto a nivel nacional como internacional. Además, el convenio establecía un presupuesto anual por parte del ministerio y se nombraba a



*Las vías verdes tienen vocación de accesibilidad universal.*

Renfe y Feve como las portadoras de infraestructuras en desuso para su conversión en vías verdes.

La idea no era nueva en Europa, Canadá o Estados Unidos, países que por aquellos años ya disfrutaban de *greenways* con las que se ejercitaban las teorías sobre sostenibilidad y respeto medioambiental que imponían los nuevos tiempos. Experiencias muy útiles que la FFE tomó como referencia tanto en lo relativo a filosofía como a diseño.

La red ferroviaria estudiada por la FFE, desde que se abrió la primera línea española en 1848, había llegado a sumar más de 18.000 kilómetros en la década de los años 50, por lo que el MOPTMA le encargó la creación de un inventario de todas las líneas en desuso para su conversión progresiva en vías verdes. En ese estudio se analizaron un total de 98 ferrocarriles dependientes de Renfe, Feve y



*Las vías verdes discurren alejadas del tráfico rodado y generalmente en plena naturaleza. En la imagen, detalle de la Vía Verde del Urola.*

FFE, que sumaban 5.764 kilómetros y que incluían 501 túneles y 1.070 puentes y viaductos. Además de las líneas dependientes de estos organismos públicos, se analizaron otras 89 líneas mineras e industriales que sumaron 1.920 kilómetros más.

## Colaboración institucional

Poco a poco, y desde 1993, se empezaron a presentar proyectos aprobados por los gobiernos locales y autonómicos, que vieron en ellos una importante oportunidad de desarrollo para sus regiones. Todos los proyectos de acondicionamiento de las vías férreas han seguido la máxima de obtener la mayor eficacia al mínimo coste pero sin descuidar la accesibilidad, seguridad y comodidad para los visitantes. En su ejecución se han utilizado tanto el asfaltado como la tierra compactada, y se han creado nuevas pasarelas, muros de contención, barandillas y otras infraestructuras para asegurar su disfrute con la máxima seguridad.




*Señalización en la Vía Verde de la Camocha.*



*Viaductos rehabilitados en la Vía Verde del Urola.*

Aún quedan cerca de 6.000 kilómetros de vías en desuso, todos susceptibles de acondicionarse como nuevas vías verdes, y a día de hoy el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente ha puesto en marcha tareas de construcción o ampliación en las vías verdes del Eresma (Segovia), Chipiona (Cádiz), Santander-Mediterráneo (Burgos) y Plazaola (Navarra).

Para celebrar su vigésimo aniversario y certificar su vocación de futuro, las vías verdes han estado presentes en la Feria Internacional del Turismo en España (Fitur), y se esperan diversos actos conmemorativos adicionales a lo largo de todo el año, principalmente actividades promovidas por diversos colectivos, empresarios y promotores en las que se pretende una activa participación ciudadana. ■




LA CONTRIBUCIÓN DE LA INGENIERÍA AL PROGRESO DE MADRID, EN LAS ARQUERÍAS

# Con proyección internacional

R. F. Fotos: Caballero

Coincidiendo con los actos de la II Semana de la Ingeniería en Madrid, la sala de exposiciones del Ministerio de Fomento, en Las Arquerías de Nuevos Ministerios, acogió, entre los días 5 y 22 de marzo, la muestra «Madrid en progresión con los ingenieros de Caminos», todo un acercamiento a las aportaciones de estos profesionales al desarrollo de la ciudad.

La muestra, en palabras del decano de la Demarcación de Madrid del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Miguel Ángel Carrillo, ha sido resultado de una planificación y elaboración minuciosas, «porque cada detalle busca el acercamiento de la profesión de ingeniero de Caminos a la sociedad de una manera didáctica, clara y amena». Para lograr ese acercamiento, César Lanza, comisario de la ex-



*Maqueta del depósito del Canal de Isabel II en Madrid.*



*La exposición muestra las aportaciones de la ingeniería a ámbitos como las redes de transporte o de energía con el apoyo de las tecnologías de la información.*

posición, se formuló como punto de partida dar respuesta a la pregunta: «¿qué significa Madrid desde el punto de vista de los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, de su acción profesional y del servicio que prestan a la sociedad?».

Conforme a su historia y sus transformaciones más recientes, César Lanza considera que Madrid es hoy una realidad compleja en la que los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, desde la creación de la primera Escuela de Caminos en España, allá por 1802, en la desaparecida sede del Casón del Buen Retiro, han desempeñado un papel crucial.

## Compleja realidad

En la complejidad del Madrid actual convergen al menos tres grandes realidades que le dotan de entidad: su condición de gran metrópoli, el gran área urbana que acoge la actividad de más de seis millones de personas; su entorno territorial, caracterizado por espacios de gran valor paisajístico surcado por vías de transporte –carreteras, líneas de ferrocarril– que conectan con otras zonas del país, y por último, su condición de espacio económico, otro núcleo de identidad si cabe más complejo que los anteriores pues en él concurren otros muchos sustratos: la capacidad de crear e innovar, transformar recursos y energía, etc.




*Los retos del abastecimiento y la depuración del agua en Madrid conforman uno de los grandes temas de la exposición.*

La exposición «Madrid en progresión con los ingenieros de Caminos» se acerca a esas tres grandes realidades, revelando cómo la intervención de la ingeniería y de los ingenieros las han ido configurando en el pasado, en el momento actual y cómo lo harán también en el futuro.

Como gran homenaje a los ingenieros que dejaron huella en la ciudad, la exposición



*La exposición ilustra sobre los procesos de transformación futura de Madrid, como refleja esta maqueta de la prolongación de la Castellana.*

y su catálogo recogen la semblanza de todos aquellos nombres propios de la ingeniería de Caminos a los que Madrid correspondió con el honor de dedicarles calle. Un hermoso texto de Amaya Sáenz, investigadora del Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (Cehopu), repasa la trayectoria y aportaciones de esos grandes ingenieros al desarrollo de la capital, desde Agustín de Betancourt (1758-1824), el gran padre fundador de la moderna ingeniería civil española, a Juan Benet (1927-1993), en su doble condición de ingeniero y escritor, o Leonardo Torres Quevedo (1852-1936), Juan de la Cierva (1895-1936) o Esteban Terradas (1883-1950), el gran impulsor de la Escuela Superior de Aeronáutica y del INTA.

En el interior de la sala, por su parte, la muestra se organiza en torno a cuatro grandes apartados que mediante paneles, infografías y otros recursos visuales muestran al visitante las aportaciones de la ingeniería en la resolución de los retos que plantea la condición de gran metrópoli de Madrid: el abastecimiento de agua, su captación y conservación atendiendo a las distintas fases de ciclo integral; las redes de transporte, su planificación y gestión, como respuesta a las necesidades de movilidad de una población de más de seis millones de personas; las redes inteligentes de energía y servicios, los progresos registrados en los últimos tiempos y los que serán una pronta realidad en la transformación gracias al uso intensivo de las tecnologías de la información, y por último, los procesos de transformación de Madrid, sus expectativas de crecimiento en las próximas décadas, su papel como como centro difusor de conocimiento y muy especialmente su repercusión en la internacionalización de la ingeniería española y de las empresas del sector que desarrollan algunos de los proyectos de mayor envergadura a nivel mundial, como la línea de alta velocidad La Meca-Medina, la ampliación del Canal de Panamá, el parque eólico de Duddon Sands en Gran Bretaña o la primera autopista inteligente en Texas. ■

> La muestra busca acercar la profesión de ingeniero a la sociedad de una forma didáctica, clara y amena



Bienvenido|Benvingut|Ongi etorri|Benvido|Benvingut|Welcome

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

FOMENTO

# tienda virtual
## www.fomento.es




Estos títulos y todos los de nuestro catálogo puede adquirirlos en nuestra tienda virtual

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

# Impulso europeo a las mercancías por el Corredor Mediterráneo

La ministra de Fomento, Ana Pastor, firmó el pasado 11 de marzo en Bruselas, en el marco del Consejo de Ministros de Transportes de la Unión Europea, un acuerdo con sus homólogos de Francia, Italia, Eslovenia y Hungría mediante el que se impulsa el transporte ferroviario de mercancías a través del Corredor Mediterráneo en el marco de la UE.

La ministra reiteró el compromiso «incuestionable» del Gobierno con este corredor, como lo demuestra la licitación de las obras de implantación de ancho UIC, así como el presupuesto consignado en las cuentas de 2013, que asciende a 1.079 M€. «Estamos muy satisfechos por haber podido por fin marcar un importante hito para que este corredor de mercancías pueda ser una realidad», dijo la ministra.

El acuerdo crea la Comisión Ejecutiva del Corredor Ferroviario de Mercancías nº6, cuya ruta inicial (definida en el Reglamento (UE) nº 913/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre una red ferroviaria europea para un transporte de mercancías competitivo) comprende los siguientes tramos: Almería-Cartagena-Murcia-Alicante-Valencia-Castellón-Tarragona-Barcelona; Madrid-Zaragoza-Lleida-Barcelona; y Barcelona-Marsella-Lyon-Turín-Milán-Verona-Padua/Venecia-Trieste/Koper-Liubliana-Budapest-Zahony (frontera Hungría-Ucrania). Esta Comisión definirá los objetivos del corredor de mercancías, además de elaborar un plan de implantación y de inversiones y ejercer una función supervisora.

El Reglamento nº 913/2010 establece normas para la creación y la organización de corredores ferroviarios internacionales de transporte ferroviario de mercancías con vistas al desarrollo de una red ferroviaria europea para un transporte de mercancías competitivo.

En el Consejo de Ministros de Transportes de la UE se abordó la propuesta de directiva sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario en la UE, dentro del 4º paquete ferroviario, que supone la apertura a la competencia del mercado interior de viajeros, nuevas medidas de gobernanza y separación de la gestión del administrador de la red y para proveedores de servicio.



*La ministra de Fomento, junto con sus homólogos de Francia, Italia, Eslovenia y Hungría, firmantes del acuerdo.*

## Inversión de 345 M€ en la conservación y explotación de carreteras

El Gobierno autorizó el pasado 8 de marzo al Ministerio de Fomento la contratación de diversas operaciones de conservación y explotación de carreteras en diferentes puntos de España, por un valor conjunto de 344,8 M€. Los contratos se refieren a tramos de la Red de Carreteras del Estado situados en Andalucía (provincias de Cádiz, Córdoba y Sevilla), Aragón (Huesca), Asturias, Cantabria, Castilla-La Mancha (Albacete y Toledo), Castilla-León (Palencia, Salamanca y Valladolid), Cataluña (Barcelona y Lleida), Comunidad de Madrid y Comunidad Valenciana (Valencia).

Los contratos de servicios de asistencia técnica para la ejecución de operaciones de conservación y explotación tienen como objetivo mejorar el servicio que se presta a los usuarios de las carreteras, incrementando la seguridad vial. Entre los trabajos figuran los servicios de comunicaciones y de vigilancia, atención a accidentes, mantenimiento de los elementos de la carretera, mantenimiento de instalaciones de suministro de energía eléctrica, alumbrado, señalización variable y semaforización.

## Fomento del empleo en el extranjero de ingenieros

La ministra de Fomento firmó el 7 de marzo un protocolo de colaboración con el presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Juan Antonio Santamera, con el fin de promocionar el empleo en el extranjero de estos profesionales.

El acuerdo pretende promover las mejores condiciones de trabajo posibles en los países donde se desarrollen proyectos de obra pública y compitan empresas españolas. Asimismo, se apoyará la promoción de la imagen de la ingeniería civil española fuera de las fronteras, así como la exportación de conocimientos y tecnología de la ingeniería civil española y el reconocimiento de títulos en el extranjero. En este sentido, a través de la colaboración del Colegio de Ingenieros, ya se está impulsando la contratación de ingenieros españoles demandados por el Gobierno de Panamá.

El protocolo también establece que el ministerio comunicará las peticiones de profesionales del sector recibidas de autoridades, administraciones públicas o empresas extranjeras para cubrir puestos de trabajo vacantes. Por su parte, el Colegio de Ingenieros operará como intermediador laboral y facilitará a los demandantes una propuesta con los colegiados que mejor se adapten a los requerimientos y necesidades.




# MONOGRÁFICO ESPECIAL DE LA REVISTA DEL MINISTERIO DE FOMENTO

La construcción de puentes, presas y puertos; los caminos de postas y el transporte; el desarrollo urbano; la cartografía y la astronomía; la construcción de buques y la navegación..., todas las grandes realizaciones de la ingeniería en la España de los siglos XVI y XVII contadas con amenidad e ilustradas con más de 300 imágenes y grabados de época.




**2ª EDICIÓN**

P.V.P. : **10 €**

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

TRAFIC

SALÓN INTERNACIONAL DE LA SEGURIDAD VIAL Y EL EQUIPAMIENTO PARA CARRETERAS

15 - 18 **OCTUBRE 2013**

MADRID-ESPAÑA

ORGANIZA

IFEMA Feria de Madrid

*TU ENCUENTRO*




# TRAFIC2013

PROMUEVEN

MINISTERIO DE FOMENTO

MINISTERIO DE INTERIOR

COLABORAN

Trànsit

www.trafic.ifema.es

**LINEA IFEMA**

LLAMADAS DESDE ESPAÑA

INFOIFEMA 902 22 15 15

EXPOSITORES 902 22 16 16

LLAMADAS INTERNACIONALES (34) 91 722 30 00

FAX (34) 91 722 57 90

IFEMA Feria de Madrid
28042 Madrid
España

trafic@ifema.es

ferrovial
agroman



Ave Madrid-Sevilla.
Tramo: El Emperador-Ciudad Real.



Ave Madrid-Barcelona. Tramo: Lleida-Barcelona.
Subtramo IIIA. Martorell.



Línea de Alta Velocidad León-Asturias.
Túneles de Pajares.



AVE Madrid-Valencia.
Tramo: Villalgordo del Júcar-La Gineta.



Corredor Norte-Noroeste.
Tramo: Túnel de Padornelo-Lubian.

## FERROVIAL AGROMÁN CONECTA ESPAÑA

Llevamos 20 años abriendo nuevas vías de futuro, como los nuevos corredores de Alta Velocidad, en los cuales Ferrovial Agromán ha participado ejecutando más de 706 Km de vía. Desde la primera línea Madrid-Sevilla hasta el día de hoy, en el que seguimos trabajando en el Corredor Norte-Noroeste de España: Madrid-Galicia.

Porque creemos en conectar lugares y personas, porque creamos el futuro.

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:

**www.fomento.gob.es**

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

Título de la obra: ***Revista del Ministerio de Fomento, nº 626, Marzo 2013***

Año de edición: ***Abril 2013***

Edición digital:
1ªedición electrónica: ***Octubre 2013***
Formato: ***PDF***
Tamaño: ***10 MB***

NIPO: 161-13-004-6
I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA incluido): 1,50 €

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

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARIA GENERAL TECNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Revista del Ministerio de
Fomento

Abril 2013 ● Nº 627 ● 3 €



# Plan Estatal de Vivienda 2013-2016

● Abierto el tramo Las Dueñas-Muros del Nalón de la A-8 ● La alta velocidad avanza entre Valladolid y Burgos ● Proyecto ALMA, más cerca del cosmos


LAS CARRETERAS HECHAS
CON BETUNES ELASTER AÚN ESTARÁN AHÍ
CUANDO YA NO SEAN NECESARIAS.
PROAS PRESENTA ELASTER, SU NUEVA GAMA DE
BETUNES MODIFICADOS CON POLÍMERO.
Tecnología punta aplicada al Betún para que tus carreteras
sean más seguras, ecológicas y longevas.
www.proas.es
PROAS
Innovando para ti

Revista del Ministerio de Fomento

# En este número

ABRIL 2013
Nº 627



Abril 2013 ● Nº 627 ● 3 €

**Plan Estatal de Vivienda 2013-2016**

● Abierto el tramo Las Dueñas-Muros del Nalón de la A-8 ● La alta velocidad avanza entre Valladolid y Burgos ● Proyecto ALMA, más cerca del cosmos




## VIVIENDA

**4. Por un modelo dinamizador.** *Plan Estatal de Vivienda 2013-2016, destinado a facilitar el acceso a la vivienda y a modernizar el parque residencial español.*

## CARRETERAS

**14. Un paso relevante.** *En servicio el tramo Las Dueñas-Muros del Nalón de la autovía del Cantábrico (A-8), con el viaducto más alto de Asturias.*

## FERROCARRIL

**24. Por la ancha Castilla.** *Ejecución de la plataforma de alta velocidad del tramo Valladolid-Burgos.*

## I+D+i

**40. Descifrando el cosmos.** *La participación de España en el proyecto ALMA, el mayor observatorio radioastronómico del mundo.*




UTE Venta de Baños



ALMA Observatory


## Y además...

**34. Doble calzada entre barrancos.** *En servicio el tramo Puerto Rico-Puerto de Mogán de la autopista GC-1 en Gran Canaria.*

**48. Alerta temprana en el Estrecho.** *En marcha el proyecto Sampa.*

**54. Preservar el pasado.** *Cochera-taller para material ferroviario histórico de Móra la Nova.*

**60. Una joya, de nuevo pulida.** *Rehabilitación de la estación de Aranjuez.*

**66. Un ahorro contundente.** *Plan de Eficiencia Energética del puerto de Alicante.*


**Director de la Revista:** Antonio Recuero

**Edición:** Javier R. Ventosa. **Maquetación:** J. A. Laiz. **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Fotografía:** José Caballero. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti. **Portada:** Caballero
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
**Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos)
**Colaboran en este número:** Jaime Arruz, Pepa Martín, Begoña Olabarrieta, Beatriz Rodríguez López y Julia Sola Landero.
**Comité de redacción: Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín *(Subsecretario de Fomento).* **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez *(Secretario General Técnico).* **Vocales:**, María García Capa *(Directora del Gabinete de Prensa),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Eloísa Contín Trillo-Figueroa *(Jefa del Gabinete del Subsecretario),* Juan Antonio López Aragón *(Director del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Pedro Guillén Marina *(Director del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director de la Revista).*
**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O'Donnell, 18, 5º H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPO: 161-13-005-1

**Edita:**
Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

# Centro virtual de publicaciones

Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales




SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

www.fomento.gob.es

# Soluciones de desbroce EMSA para conservación vial y forestal



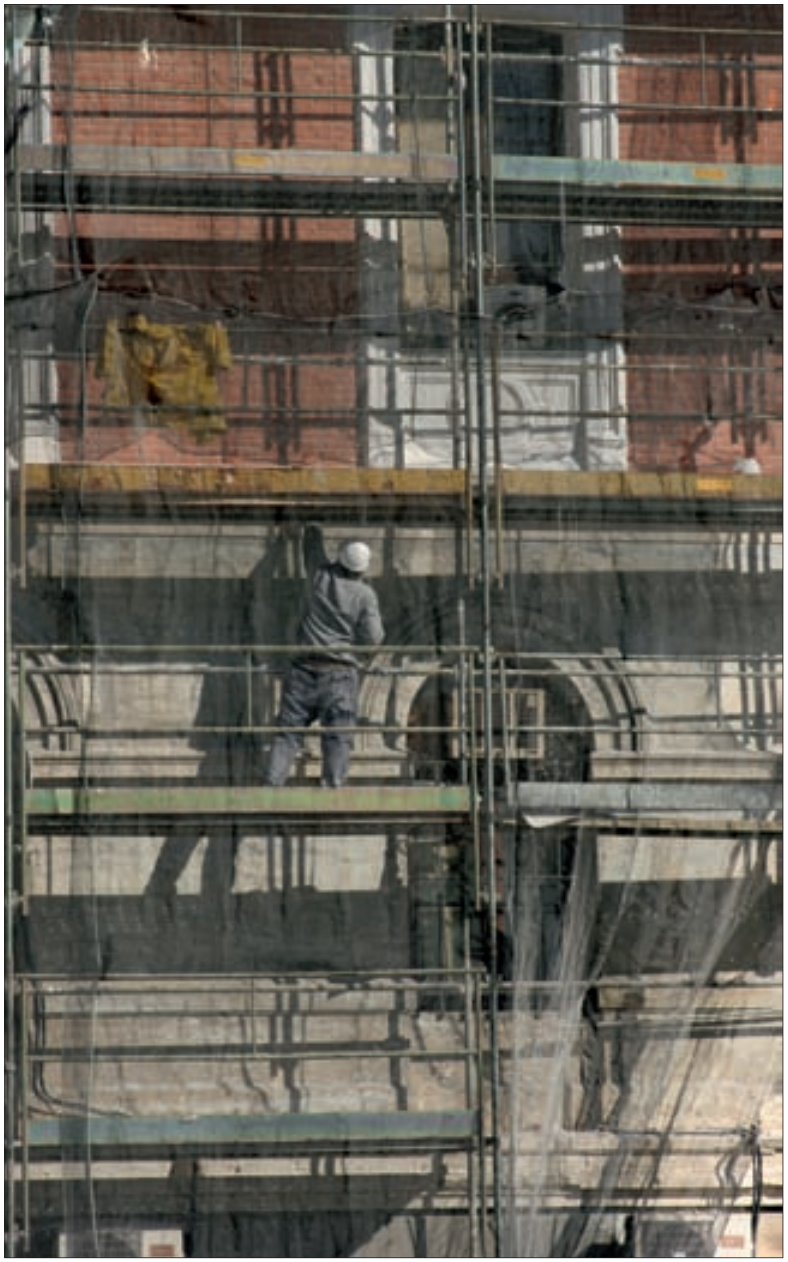


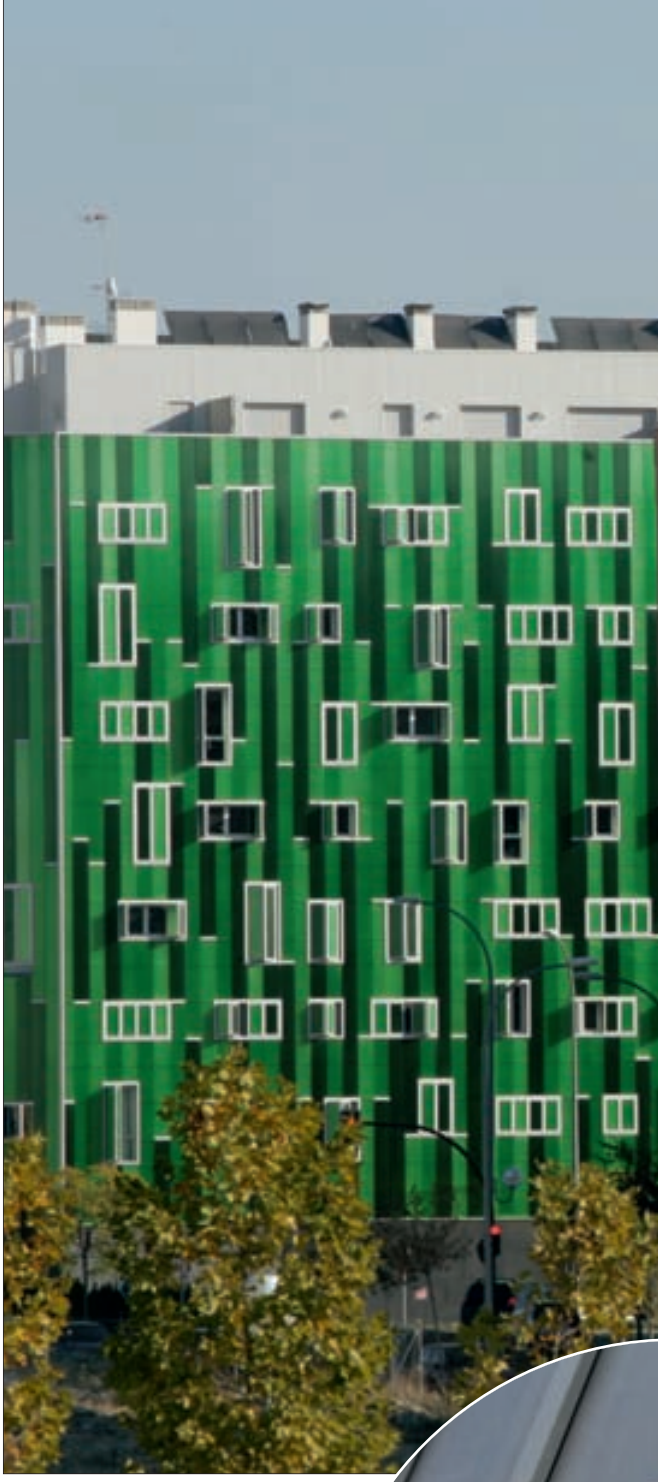





DIRECCIÓN COMERCIAL / TÉCNICA
Crta. de la Marañosa Km. 0,8 • A-4 Salida Km. 20 • 28320 Pinto (MADRID)
tel. 91 307 81 33 - fax 91 357 47 62 - www.emsa-machinery.net

El camino más firme





*El nuevo paquete de medidas del Gobierno supone un cambio de modelo en la política de vivienda en España.*

PLAN ESTATAL DE VIVIENDA 2013-2016

# Por un modelo dinamizador







R. F. Fotos: Caballero

A propuesta del Ministerio de Fomento, el Consejo de Ministros aprobó el pasado 5 de abril un amplio paquete de medidas cuyos objetivos prioritarios son dar respuesta, en un plazo de tiempo lo más inmediato posible, a los dos problemas más acuciantes que en la actualidad tiene planteados el mercado de la vivienda en España: las dificultades de acceso a una vivienda digna para los sectores de población más desfavorecidos, por un lado, y la regeneración y actualización del parque de viviendas más antiguas –especialmente en sus condiciones de accesibilidad y eficiencia energética–, por otro.

Esas nuevas iniciativas se articulan en torno al proyecto de Ley de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas y el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas 2013-2016 que, junto al Proyecto de Ley de medidas de flexibilización y fomento del mercado del alquiler de viviendas, ya en trámite parlamentario, impulsarán un nuevo modelo más dinamizador en las políticas de vivienda, según su-



*La rehabilitación de edificios es una de las prioridades de las nuevas politicas de vivienda.*

## Programa de Fomento de la Rehabilitacion Edificatoria

**OBJETO**

Impulso de las actuaciones de intervención en edificios e instalaciones para mejorar su estado de conservación, garantizar la accesibilidad y mejorar la eficiencia energética. Los inmuebles deberán tener una antigüedad anterior a 1981 y al menos el 70% de su superficie debe tener uso residencial de vivienda y constituir el domicilio habitual de sus propietarios o arrendatarios.

**BENEFICIARIOS**

Comunidades de propietarios, agrupaciones de comunidades o propietarios únicos de edificios de viviendas.

**AYUDAS**

- Hasta 4.000 € por vivienda para conservación.
- Hasta 2.000 € por vivienda para mejora de la eficiencia energética (5.000 € si se reduce en un 50% la demanda energética del edificio).
- Hasta 4.000 € por vivienda para mejora de accesibilidad.
- Límite: la cuantía no podrá superar el 35% del presupuesto; excepcionalmente en el caso de mejora de la accesibilidad el 50% y en todo caso11.000 € como máximo por vivienda.

brayó la ministra de Fomento, Ana Pastor, durante su presentación. A ello se sumará también la transposición de dos directivas europeas orientadas a promover una mayor eficiencia energética en viviendas y edificios, así como la activación de líneas específicas de ayudas del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y de créditos a interés reducido del ICO (Instituto de Crédito Oficial).

## Necesidad de cambio

Prácticamente casi todos los estudios de alcance del sector de la vivienda en España concluyen con unanimidad en que tres de sus principales problemas en la actualidad son la dificultad de acceso a la vivienda para los sectores más vulnerables de la sociedad; el escaso relieve porcentual que aún representa el mercado del alquiler – frente a un 83% de inmuebles censados en régimen de propiedad, los de alquiler sólo alcanzan un 17% , muy lejos aún del referente europeo, donde la vivienda en propiedad se sitúa en torno al 62% y la de alquiler significa el otro 38% -, y el envejecimiento del parque de viviendas, pues de los cerca de 25 millones de viviendas que hay en nuestro país, unos 6 millones tienen más de 50 años y casi otros 13 millones más de 30 años.

Una aproximación aún más detallada incrementa los datos preocupantes: cerca de dos millones de viviendas se encuentra en un mal estado de conservación, muchas de ellas situadas en zonas urbanas degradadas. Asimismo, de los 10,7 millones de viviendas alojadas en edificios con cuatro o más plantas, alrededor de 4 millones no disponen de ascensor ni rampas o salva-escaleras mecánicas que faciliten el acceso a personas con alguna discapacidad.

Otra consecuencia adversa




*Las nuevas medidas facilitarán ayudas económicas para crear un parque público de vivienda protegida destinado al alquiler.*

del alto grado de envejecimiento del parque de viviendas es que en torno al 60% se construyó sin tener en cuenta patrones de eficiencia energética. Se estima que los hogares españoles concentran cerca del 17% del total de la energía consumida a nivel nacional y que desde el año 1990 el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero ronda el 20%. Esa falta de eficiencia energética es percibida como un problema y hace que el 38% de los españoles no se sienta satisfecho con el aislamiento de sus hogares contra el calor y el frío, así como que el 42% considere que tampoco dispone de buen aislamiento frente al ruido, de acuerdo con una encuesta realizada por el Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS) en 2010.

## Impulso a la rehabilitación

El nuevo proyecto de Ley de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas busca homologar nuestro marco normativo con los modelos vigentes en la UE, eliminando buena parte de las trabas que hoy lastran la dinamización del sector y estimulando su reactivación económica en sintonía con los objetivos de mejora en la eficiencia y ahorro energéticos, de sostenibilidad en la edificación y de regeneración de los tejidos urbanos, entre otros.

Así, conforme a los dos grandes objetivos trazados por la Unión Europea en su agenda "Energía y Cambio Climático" en el horizonte de 2020, que señala para los 27 estados miembros una reducción obligatoria de al menos el 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero y una proporción del 20% de los consumos energéticos basados en energías renovables, el nuevo Proyecto de Ley busca abonar el terreno y facilitar el cumplimiento de esos compromisos, especialmente a través de los incentivos introducidos a la rehabilitación en el sector residencial. Es en este sector, y sobre todo en cuanto concierne a mejora del rendimiento y la eficiencia energética de los edificios más envejecidos, donde más largo y desigual es el camino a recorrer. Si nos comparamos con los países de nuestro entorno, el subsector de la rehabilitación en España se sitúa como uno de los más rezagados de la zona euro, representando apenas el 28% sobre el total del sector de la construcción, mientras que por término me-

> El parque residencial ha envejecido: casi 19 de los 25 millones de viviendas tienen más de 30 años





*Las comunidades de propietarios se beneficiarán del programa de rehabilitación de edificios.*

## Programa de Fomento del Parque Público de Vivienda de Alquiler

**OBJETO**

Creación de un parque público de vivienda protegida para alquiler sobre suelos o edificios de titularidad pública.

**AYUDAS**

- Máximo de 250 € por m² útil de la vivienda en proporción a la superficie de la misma.
- Límite: 30% del coste de la edificación con un límite máximo de 22.500 € por vivienda.

**DOS TIPOS**

- VIVIENDA DE ALQUILER EN ROTACION: para unidades de convivencia con rentas hasta 1,2 veces el Iprem. El precio del alquiler no podrá superar 4,7 € mensuales/m² útil.
- VIVIENDA DE ALQUILER PROTEGIDO: para unidades de convivencia con ingresos entre 1,2 y 3 veces el Iprem. El precio del alquiler no podrá superar 6 € mensuales/m² útil.

**BENEFICIARIOS**

- Administraciones públicas, organismos públicos, fundaciones y asociaciones declaradas de utilidad pública, ONG's y empresas privadas con derecho de superficie.

dio la rehabilitación supone en la UE un 41,7%.

Por todo ello, además de la creación de mecanismos que hagan posible la potenciación de la rehabilitación y la renovación y regeneración urbanas, la nueva Ley se marca también entre sus objetivos prioritarios la creación de un marco normativo que propicie la reconversión y reactivación del sector de la construcción, así como fomentar todas aquellas actuaciones orientadas a mejorar la calidad, sostenibilidad y eficiencia energética en edificaciones, acorde con las demandas del ordenamiento europeo.

En concreto, esos objetivos quedan claramente definidos en el artículo 3 del proyecto, donde se establecen los fines comunes de las políticas públicas para un medio urbano más sostenible, eficiente y competitivo. Entre esos fines, los poderes públicos deberán desarrollar las políticas de su respectiva competencia al servicio de un medio urbano que:

**1)** Posibilite el uso residencial en viviendas de domicilio habitual en un contexto urbano seguro, salubre, accesible y de calidad adecuada, provisto del equipamiento y materiales necesarios, por aplicación de las mejores tecnologías disponibles a precio razonable, que eliminen o minimicen las emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero, los consumos de agua y energía y generación de residuos.

**2)** Favorezca la ocupación de viviendas vacías o en desuso.

**3)** Mejore la calidad y funcionalidad de las dotaciones, infraestructuras y espacios públicos al servicio de los ciudadanos, junto a la de los servicios generales más eficientes económica y ambientalmente.

**4)** Favorezca el estableci-



*Las viviendas con más de 50 años de antigüedad deberán superar a partir de 2019 un Informe de Evaluación de los Edificios.*

miento de actividades económicas generadoras de empleo estable, especialmente las vinculadas a investigación y nuevas tecnologías.

**5)** Garantice el acceso universal de los ciudadanos a las infraestructuras, equipamientos y servicios, favoreciendo la movilidad.

**6)** Integre en el tejido urbano cuantos usos resulten compatibles con la función residencial, favoreciendo la aproximación de servicios, la integración y cohesión social.

**7)** Fomente la protección de la atmósfera y el uso de materiales, productos y tecnologías limpias.

**8)** Mejore el uso turístico responsable.

## Informe de Evaluación

Una de las grandes novedades del Proyecto de Ley es la introducción de un Informe de Evaluación de los Edificios (IEE), que sustituirá a la Inspección Técnica de Edificios (ITE), hoy ya insuficiente para garantizar el compromiso de cumplimiento, en el horizonte de 2020, de la Estrategia Europea de Sostenibilidad en el sector residencial, de manera especial en cuanto concierne a accesibilidad, eficiencia y ahorro energético.

Inicialmente el IEE será exigible sólo para aquellos edificios de bloque (no viviendas unifamiliares) que tengan más de 50 años. Desde el momento en que el edificio supere esa antigüedad, sus propietarios dispondrán de un plazo máximo de cinco años para realizarlo. Además de una evaluación del estado de conservación del edificio, el IEE contendrá la evaluación de las condiciones básicas de accesibilidad, determinando si el edificio es susceptible o no de realizar ajustes razonables para satisfacerlas conforme a la normativa vigente. Contendrá, asimismo, la certificación de la eficiencia energética del edificio, que también se ajustará a los correspondientes parámetros normativos. Los IEE deberán estar suscritos tanto por técnicos facultativos capacitados como por las entidades de



*Las nuevas medidas aprobadas promueven actuaciones de mejora en barrios, centros y cascos históricos.*

*Los proyectos de ahorro y eficiencia energética en los hogares son uno de los ejes de la nueva política de rehabilitación.*



inspección registradas y autorizadas por las comunidades autónomas, siempre que cuenten con dichos técnicos. Está previsto que el IEE tenga una periodicidad mínima de 10 años, pero las comunidades autónomas y los ayuntamientos podrán aminorar ese plazo.

Otra novedad importante contemplada en el Proyecto es la regulación de las actuaciones de rehabilitación en edificios, así como en materia de regeneración y renovación urbanas. Además de concretar la legitimidad de los distintos sujetos que podrán intervenir en esas actuaciones, se les habilitan nuevos instrumentos de participación tendentes a facilitar la gestión y cooperación interadministrativa. Así, en el Proyecto de Ley se amplían las facultades reconocidas a las comunidades de vecinos, agrupaciones de propietarios y cooperativas de viviendas para actuar en el mercado inmobiliario con plena capacidad jurídica para todas las operaciones, incluidas las crediticias, relacionadas con las actuaciones de rehabilitación. Se suma a ello la búsqueda de mecanismos que pretenden facilitar el acceso a la financiación para la rehabilitación, como la memoria de viabilidad económica que debe acompañar a esas actuaciones y con la que se otorgará legitimidad a reglas excepcionales que permitan obtener nuevos ingresos para sufragar la actuación, como los vinculados a incrementos de edificabilidad o densidad edificatoria.

A fin de incrementar las posibilidades de financiación de las actuaciones de rehabilitación, en el proyecto se contempla otra serie de mecanismos específicos. Entre ellos cabe destacar el establecimiento de convenios entre las administraciones públicas actuantes, los agentes responsables de la gestión y los propietarios. Esos acuerdos podrán incluir desde la explotación conjunta del inmueble en todo o en alguna de sus partes a distintos tipos de contratos o convenios de colaboración, entre ellos: la cesión en arrendamiento a cambio del pago aplazado de los costes correspondientes a los propietarios de las fincas; la permuta o cesión de terrenos y/o parte de la edificación a rehabilitar por determinada edificación futura; el arrendamiento o cesión de uso del local, vivienda u otro elemento del edificio durante un plazo determinado a cambio del pago por el arrendatario de impuestos, tasas, cuotas de la comunidad, gastos de conservación y/o mantenimiento, etc.

Para facilitar la cooperación interadministrativa y el acceso a las ayudas estatales vigentes, el Proyecto determina las actuaciones con cobertura de la Administración General del Estado, entre ellas las que tengan por objeto, en primer lugar, la conservación, la rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbanas definidas por la Ley e incluidas en los correspondientes planes estatales. En segundo lugar, aquellas que tengan por fin la elaboración y aprobación de los instrumento necesarios para la ordenación y la gestión de las actuaciones reguladas en el Proyecto de Ley, de manera especial las referidas a ámbitos urbanos degradados o desfavoreci-

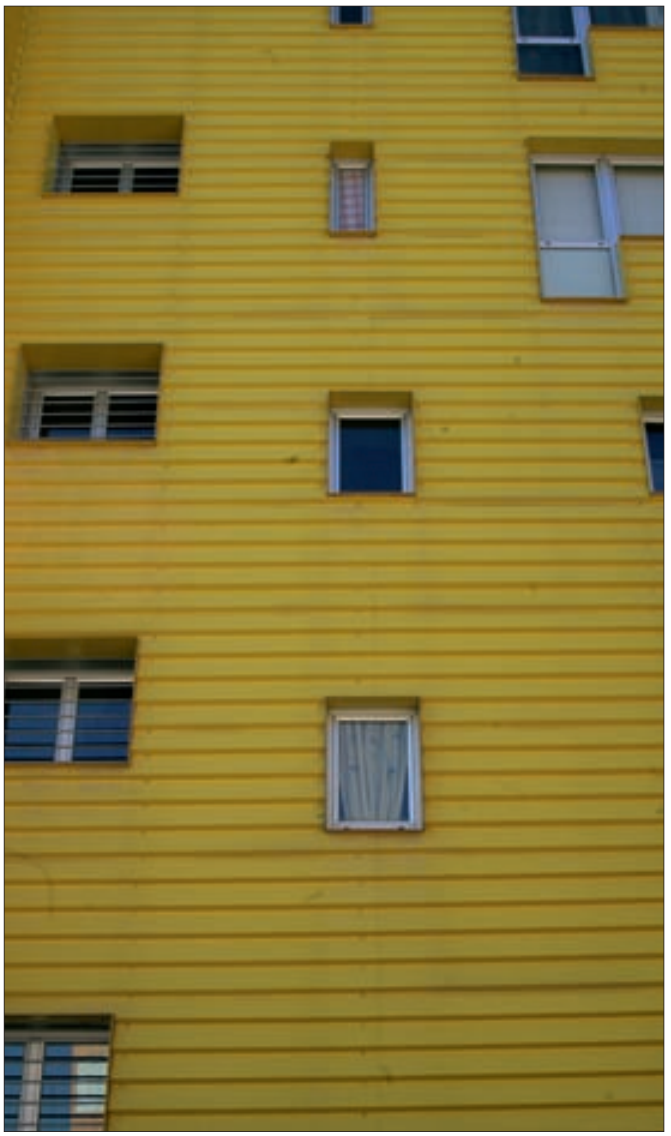




*El Plan Estatal de Vivienda 2013-2016 tiene asignado un presupuesto de 2.421 millones de euros.*

dos. Y por último, en tercer lugar, aquellas otras actuaciones, que bien en ámbitos de gestión aislada o conjunta, tengan como fin eliminar infravivienda, garantizar la accesibilidad universal o mejorar la eficiencia energética de los edificios.

Por último, en el Proyecto se recogen también una serie de disposiciones adicionales tendentes a facilitar el establecimiento de un sistema informativo general e integrado que contenga la información necesaria relativa a las políticas de rehabilitación y sostenibilidad urbanas, facilitando la necesaria coordinación entre las distintas administraciones, así como las distintas modificaciones que se introducirán sobre otras leyes hoy en vigor, como la Ley del Suelo o la Ley de Propiedad Horizontal.



## Plan de Vivienda 2013-2016

Dotado con un presupuesto de 2.311 millones de euros, el nuevo Plan Estatal de Vivienda 2013-2016 busca facilitar el acceso a una vivienda digna a los colectivos sociales más desfavorecidos intensificando la rentabilidad de los recursos disponibles e intentando hacerlos llegar al mayor número posible de ciudadanos. En concreto, las personas afectadas por procedimientos de desahucio tendrán preferencia para acceder a las ayudas al alquiler.

Con el nuevo Plan se busca, además, dinamizar la economía y estimular la creación de empleo. Se ha calculado que durante sus cuatro años de vigencia, el Plan contribuirá a la creación de unos 32.000 puestos de trabajo a través de la asignación de ayudas directas y un total de 105.000 gracias a la inversión productiva total. En concreto, por cada 1.000 euros de ayuda directa destinada a rehabilitación, se genera una inversión productiva de otros 3.300 euros.

El nuevo Plan, que busca reforzar los mecanismos de colaboración entre las distintas administraciones públicas, se ha elaborado tras un amplio proceso de participación en el que han estado presentes las comunidades autónomas y las asociaciones y entidades representativas del sector. Para el mejor cumplimiento de los objetivos el Plan se ha estructurado en siete programas: subsidiación de préstamos convenidos, ayudas al alquiler, fomento del parque público de viviendas, fomento de la rehabilitación edificatoria, fomento de la regeneración urbana, apoyo a la implantación del Informe de Evaluación del Edificio y fomento de ciudades sostenibles.

## Ayudas

El programa de subsidiación de préstamos convenidos se marca como objetivo prioritario mantener las ayudas a los cerca de 250.000 beneficiarios que en la actual las tienen con-




*Facilitar el acceso a una vivienda digna a los colectivos más desfavorecidos es uno de los objetivos del Plan Estatal de Vivienda.*

cedidas en virtud de los planes anteriores, de modo que puedan hacer así frente a las obligaciones contraídas.

El otro gran programa de ayudas lo configuran las destinadas al alquiler, que busca facilitar el acceso y la permanencia en una vivienda en régimen de alquiler a todas aquellas personas en dificultades económicas y, de manera especial, a los afectados por procedimientos de desahucios. Podrán ser beneficiarios de estas ayudas todas las personas mayores de edad con un límite de ingresos inferior a 3 veces el IPREM, modulable según el número de miembros y composición de la unidad de convivencia. El alquiler mensual debe ser igual o inferior a 600 euros y las ayudas podrán alcanzar hasta el 40% de la renta, con un límite de 2.400 euros anuales por vivienda y un plazo máximo de 12 meses prorrogable hasta el final del Plan.

El programa de fomento del parque público de vivienda en alquiler busca promover la creación de un parque público de vivienda protegida en alquiler sobre suelos o edificios de titularidad pública. Dichas viviendas podrán ser en alquiler de rotación, destinadas a unidades de convivencia con rentas de hasta 1,2 veces el IPREM, cuyo precio de alquiler no podrá superar 4,7 euros/mes/m2 útil, y de alquiler protegido, para unidades de convivencia con ingresos entre 1,2 y 3 veces el IPREM, a un precio que no podrá superar 6 euros/mes/m2 útil. Los beneficiarios serán administraciones y organismos públicos, incluidas fundaciones y asociaciones declaradas de utilidad pública, ONG,s y empresas privadas con derecho de superficie. Las ayudas podrán alcanzar un máximo de 250 euros por m2 útil de la vivienda en proporción a la superficie de la misma o el 30% del coste de la edificación con un límite máximo de 22.500 euros por vivienda.

## Otras medidas adicionales

**LINEA ICO REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS Y EDIFICIOS 2013: dentro de la línea «ICO empresas y emprendedores 2013»**

■ Objetivo: atender las necesidades de financiación de particulares y comunidades de propietarios, para acometer proyectos de rehabilitación o reforma de viviendas y edificios.

■ Dotación: 1.000 M€. Tipo fijo/variable (Euribor 6 meses) más diferencial:

● 2% para operaciones plazo inferior a 1 año, o

● 2,30% en plazo superior.

**LINEA IDAE. Programa de ayudas a proyectos integrales de ahorro y eficiencia energética en edificios de viviendas**

■ Objetivo: incentivar la realización de actuaciones integrales de ahorro y mejora de la eficiencia energética, así como la utilización de energías renovables (renovación de ventanas, fachadas, cubiertas, calderas, equipos de aire acondicionado, incorporación de equipos para la medición individual de consumos de calefacción y agua caliente sanitaria, sustitución de energía convencional por biomasa, o por energía geotérmica, etc…). Dotación: 100 M€ (provenientes de la tarifa eléctrica, con cargo al presupuesto del Plan de acción de ahorro y eficiencia energética).

● Ayudas públicas directas: actuaciones sobre la envolvente y las instalaciones térmicas de los edificios podrán obtener una ayuda de un 20% del coste de la actuación.

● Préstamos reembolsables: en actuaciones que incorporen biomasa o geotermia se podrá financiar entre un 60 y un 100% de la actuación.

**PROYECTO CLIMA. Impulsa una economía baja en carbono. Convocada 15 marzo 2013**

10 M€ para la compra de reducciones de $CO_2$ en el sector residencial, para proyectos que afecten a energías renovables, medidas de reducción de consumo de energía fósil, etc.

> Las personas afectadas por procedimientos de desahucio tendrán acceso preferente a las ayudas al alquiler

El programa de fomento de la rehabilitación edificatoria tiene como objetivo impulsar las actuaciones de mejora del estado de conservación y la actualización en edificios antiguos, especialmente en aquellos que ofrecen deficiencias en cuanto a sus condiciones de accesibilidad y eficiencia energética. Los inmuebles deberán tener una antigüedad anterior a 1981 y el 70% de su superficie dedicado a uso residencial como domicilio habitual de sus propietarios o arrendatarios. Las ayudas del programa podrán alcanzar hasta 4.000 euros por vivienda para obras de conservación, hasta 4.000 euros también para mejora de la accesibilidad, y hasta 2.000 euros por vivienda para mejora de la eficiencia energética (5.000 euros si se reduce un 50% la demanda energética del edificio). Las ayudas irán dirigidas sobre todo a comunidades de propietarios, agrupaciones de comunidades y propietarios únicos de edificios de viviendas.

El programa de fomento de la regeneración urbana tiene como objeto impulsar la financiación de las actuaciones conjuntas de rehabilitación en edificios y viviendas, así como las de urbanización o reurbanización del espacio público o de edificación en sustitución de edificios demolidos dentro de un ámbito delimitado que deberá comprender, salvo excepciones -cascos históricos o núcleos rurales-, un mínimo de cien viviendas. Las ayudas alcanzarán hasta un máximo del 35% del presupuesto con los siguientes topes: hasta 11.000 euros por vivienda rehabilitada, hasta 30.000 euros por vivienda construida en sustitución de otra demolida y hasta 2.000 euros por vivienda para la obra de urbanización. A ellas se podrán añadir otros 4.000 euros anuales por unidad de convivencia a realojar.



*El programa de regeneración urbana impulsará las actuaciones de rehabilitación en edificios y viviendas.*

El programa de apoyo a la implantación del Informe de Evaluación de los Edificios busca favorecer su uso extensivo, que beneficiará a los propietarios y arrendatarios de viviendas que inviertan en mejoras de accesibilidad y eficiencia energética y deseen ponerla en venta. Las ayudas, que alcanzarán hasta el 50% del coste del Informe, van destinadas a propietarios únicos, comunidades de vecinos y agrupaciones de comunidades que lo realicen antes de que finalice 2016.

Finalmente, el programa para el fomento de ciudades sostenibles y competitivas tiene como principales objetivos persigue promover las actuaciones de mejora en barrios, centros y cascos históricos, sustitución de infraviviendas, eco-barrios y zonas turísticas. Las ayudas pueden alcanzar hasta un 40% del presupuesto con los siguientes topes: hasta 11.000 euros por vivienda rehabilitada, hasta 30.000 euros por vivienda construida en sustitución de otra demolida y hasta 2.000 euros por la obra de urbanización. ■

# EN SERVICIO EL TRAMO LAS DUEÑAS-MUROS DEL NALÓN DE LA AUTOVÍA DEL CANTÁBRICO (A-8)



# Un paso relevante

JAVIER R. VENTOSA
FOTOS: DCE ASTURIAS / FCC CONSTRUCCIÓN

El Ministerio de Fomento ha puesto en servicio el tramo Las Dueñas-Muros del Nalón, penúltimo segmento de la autovía del Cantábrico (A-8) en el Occidente asturiano, que mejora las comunicaciones en esta zona y da continuidad a esta carretera de gran capacidad durante más de 170 kilómetros en el Principado. En el trazado se inserta el singular viaducto de la Concha de Artedo, el más largo y más alto de Asturias y de toda la autovía



*El viaducto de la Concha de Artedo es la estructura de mayor altura de pilas construida en Asturias.*

El nuevo tramo, en servicio desde el pasado 15 de marzo, constituye un paso muy relevante en el proceso de construcción de la autovía del Cantábrico (A-8), infraestructura de gran capacidad destinada a canalizar el tráfico de largo recorrido desde Galicia hasta la frontera francesa, vertebrando a su paso las cuatro comunidades autónomas litorales que atraviesa (Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco). Por esta razón, su finalización tiene un carácter prioritario para el Ministerio de Fomento y está contemplada en el programa de inversiones del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI) 2012-2024.

Con la apertura del recorrido Las Dueñas-Muros del Nalón se ha finalizado uno de los tramos técnicamente más complejos y de presupuesto más elevado de la A-8. Su puesta en servicio amplía la



*Viaducto de Santa Olaya y boca del túnel de Somao, con la carretera nacional N-632 a la izquierda.*

longitud en servicio de la autovía en Asturias hasta 206 kilómetros, de los 233 totales, con lo que casi el 90% del recorrido por el Principado ya está abierto al tráfico. El nuevo tramo, en fin, es el penúltimo esfuerzo para cerrar esta infraestructura en la parte occidental de Asturias, a falta del recorrido Otur-Villapedre, y permite la circulación ininterrumpida por autovía durante más de 170 kilómetros entre los concejos de Llanes (cerca del límite con Cantabria) y Valdés (en la parte central del Occidente asturiano).

El tramo Las Dueñas-Muros del Nalón es una alternativa de gran capacidad a la carretera convencional N-632 (Ribadesella-Canero), que en esta zona costera presenta un trazado sinuoso, discurriendo en gran parte a media ladera y con existencia de varias intersecciones con las carreteras de acceso a los núcleos costeros, factores que



*Conexión del nuevo tramo con el contiguo Novellana-Las Dueñas.*

determinan velocidades medias inferiores a 65 km/h. Con la flamante infraestructura, los usuarios ganan en comodidad, seguridad y reducen los tiempos de viaje, dejando atrás las caravanas de la nacional entre Lamuño y Muros del Nalón, particularmente debidas al enlace de Muros de Nalón, con un volumen de tráfico de los más elevados de Asturias, sobre todo en época estival. Desde la inauguración, antes de Semana Santa, el tráfico de largo recorrido ha optado por el nuevo trazado de autovía, mejorando la fluidez en la zona y dejando la veterana carretera N-632 para los tráficos locales. La intensidad media de vehículos prevista para la nueva infraestructura supera los 16.000 diarios.

El Ministerio de Fomento ha invertido en la ejecución del nuevo tramo de autovía 132,2 M€, cantidad que sumada al presupuesto de redacción del proyecto (2,2 M€),

al control y vigilancia de la obra (2,3 M€), al importe estimado de las expropiaciones de terrenos (13,5 M€) y a la partida del 1% Cultural (1,3 M€), arroja una inversión total de 151,6 M€.

## Características y trazado

El tramo es una autovía de nuevo trazado de 8.308 metros de longitud, con radios mínimos de 800 metros y pendiente máxima del 3,8%, siendo la velocidad de proyecto de 100 km/h (90 km/h en los túneles). Consta de dos calzadas independientes con sección transversal constituida, para cada calzada, por dos carriles de 3,5 metros de anchura, arcén exterior de 2,5 metros, interior de 1 metro y bermas de 1 metro, salvo en la parte inicial, donde se amplía un carril adicional de 3,5 metros debido al enlace de Muros del Nalón. La sección del firme está formada por 20 centímetros de mezclas bituminosas sobre 20 centímetros de suelo-cemento.

El nuevo recorrido está situado entre los enlaces de Lamuño, final del tramo Novellana-Las Dueñas de la A-8, y de Muros del Nalón, correspondiente al tramo contiguo Soto del Barco-Muros del Nalón. Ambos enlaces, que estaban en servicio parcialmente, han sido completados mediante la ejecución de los respectivos ramales de conexión. El tramo se desarrolla mayoritariamente por el concejo de Cudillero y en menor medida por el de Pravia, discurriendo en su totalidad en las cercanías y sensiblemente en paralelo a la carretera N-632 a la que reemplaza, al sur de la misma.

El trazado discurre inicialmente junto a la N-632 y afronta poco después el principal obstáculo del recorrido, un profundo valle que es salvado mediante el viaducto de la Concha de Artedo, que cruza sobre el río Uncín, la carretera N-632a, la carretera CU-6 de acceso a Lamuño y el ferrocarril de vía estrecha existentes, en paralelo al viaducto de la N-632. Superado el viaducto, la traza, ya separada de la N-632, al sur de la misma, asciende con un 3,8% de pendiente hacia el monte de Santa Ana, donde se han ejecutado desmontes de 20 metros de altura. Una vez rebasada esta zona, la pendiente se suaviza a un 2,2% hasta alcanzar el enlace de Cudillero, primero y único del tramo.

El trazado salva a continuación el viaducto de Santa Ana, construido para evitar afecciones a la vaguada existente. Más adelante, frente al núcleo de San Juan, la traza salva consecutivamente el arroyo de San Roque mediante el viaducto de San Juan, atraviesa el túnel de San Juan y cruza a su salida sobre un nuevo viaducto que cruza sobre el arroyo de Piñera. En esta zona la pendiente máxima es del 3,3%

A partir de este punto, la autovía se aproxima a la carretera N-632, con alternancia de terraplenes y desmontes de altura moderada. Antes de alcanzar la población de Somao, salva el arroyo de Santa Olaya mediante un do-



*Vista del nuevo viaducto de la autovía desde el existente en la carretera nacional N-632.*



*Trazado de la autovía a su paso por el núcleo de Somao.*

## MAGNITUDES DE OBRA

| | |
|---|---|
| Excavación en desmonte | 2,1 millones de m³ |
| Rellenos de terraplén | 1,7 millones de m³ |
| Acero para armar | 17.800 Tn |
| Acero pretensado | 926 Tn |
| Hormigón | 186.000 m³ |
| Mezclas bituminosas en caliente | 92.000 Tn |
| Pilotes | 4.600 m |
| Suelo estabilizado-Est3 | 45.000 m³ |
| Suelo cemento | 24.300 m³ |
| Zahorra artificial | 31.100 m³ |

ble viaducto, siendo a partir de este punto la pendiente de bajada del 3% hasta el final del tramo. Poco después atraviesa en túnel bajo el núcleo de Somao mediante dos tubos independientes. El tramo finaliza en el pk 8+100, conectando con el contiguo Muros de Nalón-Soto del Barco de la A-8.

## Estructuras

A lo largo del trazado se han construido cinco viaductos, que totalizan una longitud conjunta superior a los 3 kilómetros. Entre ellos destaca poderosamente el de la Concha de Artedo, singular por sus magnitudes, su técnica constructiva, su coste y su innegable atractivo visual (ver recuadro adjunto). Los otros cuatro viaductos son de una menor entidad y presentan tipologías y métodos constructivos similares.

El viaducto de Santa Ana, impuesto por la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) para evitar afecciones a la vaguada del arroyo de San Juan, está formado por dos estructuras independientes, una para cada sentido de circulación, de 12 vanos de longitud variable, con una luz máxima de 75 metros. Así, cuenta con 11 pilas de diferentes alturas, siendo la más alta de 103 metros, lo que eleva la altura máxima de la rasante hasta 107 metros. Su trazado en planta se desarrolla mediante curva y contracurva, con un radio mínimo de 825 metros. La rasante tiene pendiente descendente del 3,80% en casi todo el trazado.





*Ejecución de pilas del viaducto y colocación de dovelas mediante cimbra autolanzable.*

A continuación se describe el proceso constructivo de los cuatro elementos del viaducto:

● **CIMENTACIÓN.** El terreno de construcción presenta una gran complejidad derivada de una geología dispar y la presencia de zonas inundables, lo que ha condicionado las distintas técnicas constructivas empleadas para ejecutar las pilas y los estribos. Así, las cimentaciones del estribo 2 y de las pilas 12 a 16 son directas, estando formadas por zapatas apoyadas sobre la roca. Por el contrario, las cimentaciones de las pilas 5 a 10 son indirectas, estando formadas por pilotes de hormigón armado (16 en cada cimentación) hincados a una profundidad de hasta 43 metros. También son indirectas las cimentaciones del estribo 1 y de las pilas 1 a 3, estando formadas por pilotes de 2 metros de diámetro. Finalmente, las pilas 4 y 11 tienen cimentación mixta, combinando el apoyo directo con el empleo de micropilotes.

● **ESTRIBOS.** Formados por un muro de suelo reforzado posterior que

## El gigante de Artedo

En el valle de la Concha de Artedo, con el azul marino junto a la playa a un lado y el verde valle de las Luiñas al otro, en paralelo a la estructura de 830 metros de longitud de la N-632, aunque unos 40 metros más arriba, se alza majestuoso, sobre varios cauces y carreteras, el nuevo viaducto de la Concha de Artedo. Lo abrupto del valle ha condicionado la singularidad de la estructura, la más larga y con mayor altura de pila de Asturias. Sus 1.188 metros de longitud se dividen en 17 vanos de longitud variable, con una luz máxima de 75 metros. Así, cuenta con 16 pilas de diferentes alturas, siendo la más alta de 103 metros, lo que eleva la altura máxima de la rasante hasta 107 metros. Su trazado en planta se desarrolla mediante curva y contracurva, con un radio mínimo de 825 metros. La rasante tiene pendiente





*Ampliación del tablero del viaducto mediante carro porta-encofrados y prueba de carga del viaducto con camiones.*

turas gemelas, con una longitud de 145 metros, distribuida en tres vanos y con tipología de tablero de cajón postesado de 2,7 metros de canto. La cimentación es directa en todos sus apoyos, construyéndose mediante cimbra apoyada al terreno.

Los viaductos de San Juan sobre el arroyo de San Roque y de Piñera sobre el arroyo del mismo nombre son estructuras casi idénticas. Cada viaducto consiste en dos estructuras gemelas de 365 metros de longitud, distribuida en siete vanos, altura máxima de pila de 41 metros y tipología de tablero de cajón postesado de 2,7 metros de canto, ejecutado mediante cimbra autolanzable. En ambos casos la cimentación es directa en todos sus apoyos, salvo en el estribo 1 del primero, donde va pilotada.

Finalmente, el viaducto de Santa Olaya está formado por dos estructuras independientes de 160 (calzada norte) y 180 (calzada sur) metros de longitud, divididas en cuatro y cinco vanos respectivamente, con altura máxima de pila de 44 metros, siendo los tablero de cajón postesado de 2,7 metros de canto, ejecutado mediante cimbra autolanzable. En ambos casos la cimentación es directa en todos sus apoyos, salvo en el estribo 1 del primero, donde va pilotada.

contiene las tierras del trasdós y frontalmente por dos pantallas que reciben las reacciones del tablero. Estas pantallas reciben los aparatos de apoyo del tablero y sobre las mismas se inserta un espaldón prefabricado.

● **PILAS.** Son de hormigón armado, de sección rectangular y huecas. El ancho de su sección es constante (8,5 metros), pero varía desde los 8,9 m en la base hasta los 5,50 metros en el capitel. Se han construido por tramos de 5 metros de altura mediante encofrados trepantes especiales de pila. Para el suministro de materiales a las pilas centrales (las más altas) se emplearon grúas-torre ancladas a la pila que iban «trepando» a la vez que se construía la misma.

● **TABLERO.** El último elemento, sobre el que discurre la calzada, es de hormigón postesado y ha sido construido mediante el sistema de dovelas conjugadas prefabricadas en central y colocadas mediante cimbra superior autolanzable por el método de avance en voladizos sucesivos. Este sistema produce una mínima afección al entorno. El núcleo del tablero está formado por 599 dovelas, piezas de hormigón armado de entre 57 y 75 toneladas de peso que, una vez fabricadas en un cercano parque de prefabricación, se izan hasta el tablero mediante un pórtico móvil. Para su posicionamiento definitivo se utilizó una cimbra autolanzable. Para cada pila se colocó una dovela 0 y luego se avanzó simétricamente en ambos sentidos hasta formar una T, cerrando los vanos mediante la dovela de cierre. Una vez finalizada la colocación de las dovelas de un vano, el núcleo central del tablero es ampliado hasta la anchura final de 22,80 metros mediante el hormigonado *in situ* de los voladizos laterales, empleando para ello un carro portaencofrados. Los voladizos, a su vez, se apoyan cada dos dovelas mediante jabalcones de hormigón armado, que dan una especial belleza a la solución constructiva adoptada.





*Origen del tramo, con el viaducto de la Concha de Artedo en paralelo al de la N-632. Debajo, enlace de Cudillero, único del tramo.*

bleros, de 13,30 metros de anchura, de tipología de cajón postesado de 2,7 metros. La cimentación es directa en todos sus apoyos, salvo los estribos 1 y pilas 1 de ambas calzadas, y de la calzada derecha de la pila 4 y el estribo 2, resueltos mediante pilotes.

En el apartado de obras de fábrica, el nuevo tramo incluye cinco pasos inferiores que dotan a la infraestructura de la permeabilidad territorial adecuada, así como cinco muros. Por otro lado, se han construido ocho obras de drenaje transversal, seis de las cuales corresponden a marcos de 2x2 metros y las dos restantes son caños de 1,80 metros de diámetro.

## Túneles y enlace

En el tramo se han construido dos túneles dobles, cuya excavación se ha llevado a cabo mediante medios mecánicos, dividiendo la misma en las fases de avance y destroza, aplicando cuatro secciones de sostenimiento.

El túnel más largo es el Somao (500 metros en cada tubo), constituido por una sección circular diseñada para tres carriles. La calzada de cada tubo tiene 12,50 metros de anchura entre aceras y se garantiza un gálibo mínimo de 5 metros de altura en toda la calzada. Entre ambos tubos se ha construido una galería de conexión de 38,4 metros de longitud, destinada a la evacuación peatonal.

El segundo túnel, el de San Juan, también está formado por dos tubos de 280 metros de longitud cada uno. La sección geométrica de ambos tubos es igual y comprende una calzada de 10,5 metros de an-



*Túnel de San Juan, de 280 metros de longitud, uno de los dos construidos en el trazado. Debajo, viaducto de Piñera.*

chura formada por dos carriles de 3,5 metros, arcén interior de 1 metro y arcén exterior de 2,5 metros.

Ambos subterráneos están equipados con modernos sistemas de seguridad, como sistemas de detección antiincendios, ventilación, megafonía, control de accesos y control de tráfico. Todos los parámetros de ambos túneles son monitorizados permanentemente desde un centro de control, situado en las proximidades de la intersección de la N-632.

El único enlace del tramo se encuentra cerca de Cudillero. Se trata de un enlace completo con tipología de trompeta que finaliza con una intersección en glorieta, donde confluyen los ramales de enlace, la actual N-632 y la carretera CU-3 de acceso a la capital del concejo de Cudillero. En otra glorieta cercana confluye la carretera de acceso a Villademar. Con estas dos actuaciones se resuelven todos los flujos de la autovía con la carretera N-632 y con la población de Cudillero.



## Actuaciones ambientales

Un total de 2,1 M€ se han destinado a las actuaciones destinadas a corregir o minimizar el impacto de la obra de la autovía en el entorno. Las más destacadas han sido la revegetación de los taludes de terraplén y desmonte mediante tierra vegetal; la ejecución de 539.000 $m^2$ de hidrosiembras; la plantación de casi 129.000 árboles; la ejecución de 2.400 $m^2$ de pantallas acústicas y la colocación de 17,2 kilómetros de valla de cerramiento a lo largo de la autovía para impedir el paso de fauna terrestre.

Especialmente singular ha sido una actuación desarro-







*Secuencia de fases de la construcción del viaducto de la Concha de Artedo.*

llada en la zona del enlace de Cudillero para evitar afecciones a la recarga hídrica de la Turbera de las Dueñas, un ejemplo de humedal repleto de turba, raro por la zona costera donde se encuentra, que fue declarado monumento natural en el año 2002. Para ello, en la cimentación del terraplén del enlace (de 15 metros de altura) se han ejecutado una serie de costillas o zanjas drenantes que posibilitan que la circulación freática de la rasa costera no sufra alteraciones, por lo que se mantiene la alimentación hídrica de la turbera, tal como estaba contemplado en la DIA.

> La intensidad media de vehículos prevista para el nuevo tramo de autovía supera los 16.000 diarios

También ha sido cuidadosa la reposición del Camino de Santiago, que en esta zona tiene dos cruces con el nuevo trazado de la autovía, resueltos mediante sendos pasos inferiores, ejecutados mediante estribos de tierra armada y vigas prefabricadas doble T. Esta reposición se ha llevado a cabo siguiendo las indicaciones del Departamento de Patrimonio Histórico y Cultural del Principado de Asturias.

Un último aspecto reseñable del respeto medioambiental que ha presidido la obra es la elevada cantidad de elementos singulares en el trazado (cinco viaductos, dos túneles y cinco pasos inferiores), lo que hace que disponga de permeabilidad absoluta en el 36% de su longitud total. ■

## Avistando el final

Canalizar los tráficos de largo recorrido entre Galicia y la frontera francesa, vertebrando a su paso las cuatro comunidades litorales del norte peninsular, es el gran objetivo de la autovía del Cantábrico (A-8), eje que discurre entre Basauri (Bizkaia) y Baamonde (Lugo) como alternativa de gran capacidad a las carreteras N-634 y N-632. Ese objetivo está cada vez más cerca, ya que cerca del 86% de los 485 kilómetros del trazado de la A-8 está ya en servicio, restando 69,8 kilómetros para cerrarlo, correspondientes a siete tramos en obras en tres comunidades autónomas. En Galicia, el itinerario de 85,8 kilómetros de la autovía está completo a falta de los tramos Mondoñedo-Lindín y Lindín-Careira (14,8 kilómetros en conjunto), actualmente al 75% de ejecución, que según el calendario oficial entrarán en servicio este año. En Asturias, la A-8 tiene 206 de sus 233 kilómetros abiertos al tráfico, restando para su finalización tres tramos en ejecución: en Occidente, el Otur-Villapedre (9,4 km), y en Oriente, los trayectos Pendueles-San Roque del Acebal (5,6 km, con apertura prevista para el próximo otoño) y Unquera-Pendueles (11,6 km). Y en Cantabria, la A-8 tiene operativos 113 de sus 141 kilómetros, restando para su cierre los 28 kilómetros de los tramos Solares-La Encina y La Encina-Torrelavega, donde recientemente se han reanudado las obras. El Ministerio de Fomento invertirá este año 132,6 M€ en esta infraestructura.

IRF

# 17º CONGRESO MUNDIAL DE LA IRF

**Líder del sector viario internacional en 2013**

Sede: Arabia Saudita

## La Asociación Española de la Carretera coordina la participación técnica y comercial española



- Presentación de resúmenes hasta el 15 de abril
- Pabellón español de 400 m²

**Riad, Arabia Saudita**
**9 - 13 de Noviembre de 2013**

**España, de nuevo referente mundial en el ámbito de las carreteras**

**Más información: 91 577 99 72 o mrodrigo@aecarretera.com**

UTE Venta de Baños



Puentes y Calzadas Infraestructuras



*El haz de vías de Venta de Baños se ha desplazado al oeste para alojar la nueva plataforma de alta velocidad. Arriba, viaducto sobre un meandro del río Pisuerga, al que salva por dos veces, en el subtramo Nudo Norte de Valladolid-Cabezón de Pisuerga.*

EN EJECUCIÓN LA PLATAFORMA DE ALTA VELOCIDAD DEL TRAMO VALLADOLID-BURGOS

# Por la ancha Castilla



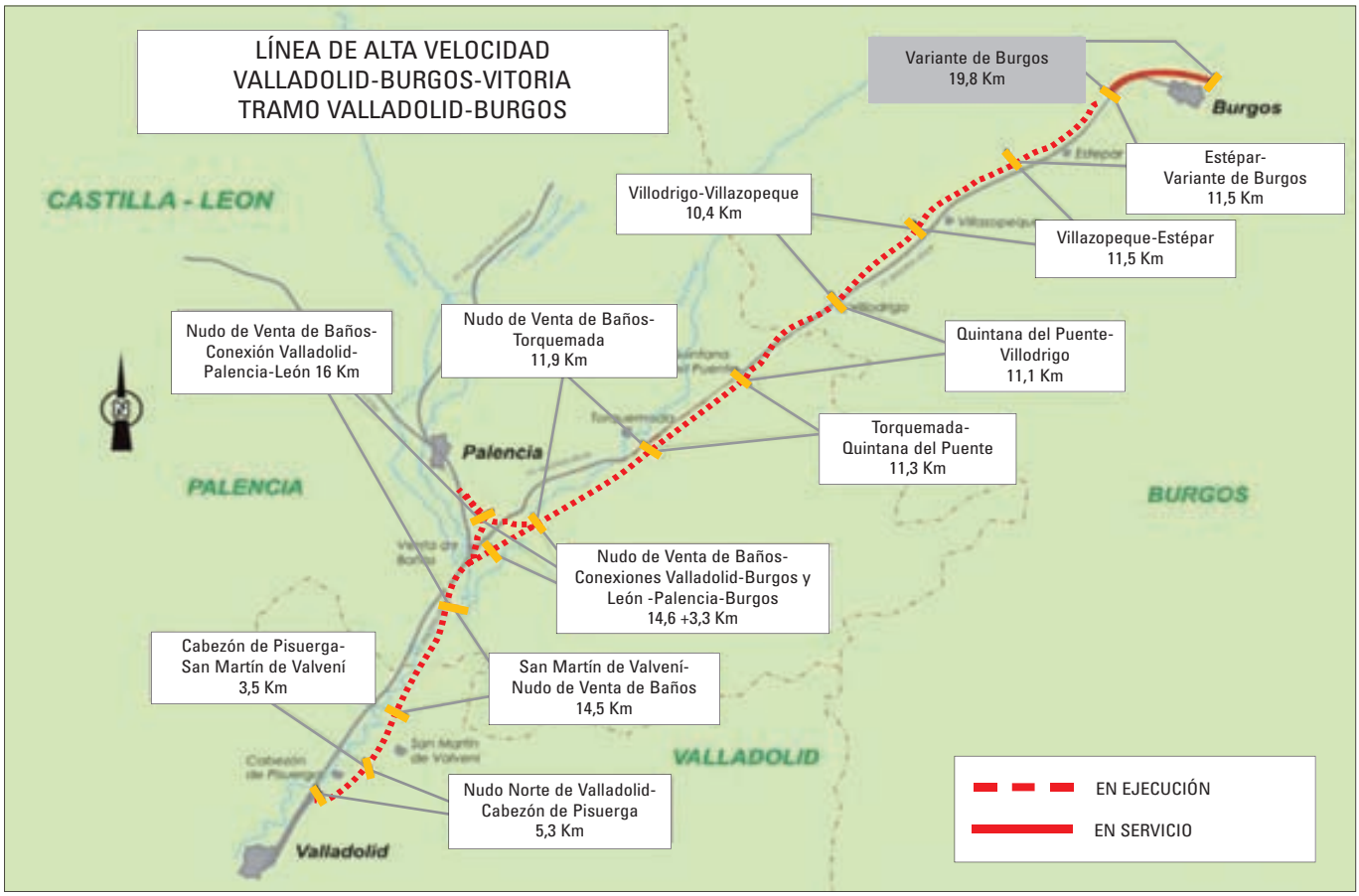
R. F. Fotos: Adif

JAVIER R. VENTOSA

El Ministerio de Fomento, a través de Adif, construye actualmente la plataforma de alta velocidad entre las ciudades de Valladolid y Burgos, un tramo que forma parte de la línea Valladolid-Burgos-Vitoria. Los trabajos se desarrollan por terrenos llanos de la Submeseta Norte, incluido el paso por la localidad de Venta de Baños, y presentan un alto grado de ejecución, con varios subtramos ya finalizados.

La línea Valladolid-Burgos-Vitoria, integrada en el Corredor Norte de alta velocidad, es el eslabón que prolongará la línea Madrid-Valladolid (en servicio desde finales de 2007) hasta enlazar con la línea Vitoria-Bilbao-San Sebastián/Frontera Francesa o Y vasca (en fase de ejecución), lo que permitirá la segunda conexión de las redes de alta velocidad española y gala. A escala comunitaria forma parte del Proyecto Prioritario nº 3 del Eje Atlántico Ferroviario Europeo, de las Redes Transeuropeas de Transporte (RTE-T), razón por la cual tendrá acceso a la financiación comunitaria entre 2014 y 2020.

Esta infraestructura, con una longitud aproximada de 233 kilómetros, cruza diago-




nalmente el territorio castellanoleonés, discurriendo por las provincias de Valladolid, Palencia y Burgos, y se adentra en su parte final en la provincia de Álava. En estos terrenos llanos de la Submeseta Norte se construye una plataforma de 14 metros de anchura, con pendientes máximas de 25 milésimas por metro, sobre la que se montará una doble vía de ancho UIC (1.435 mm), electrificación de 2x25 kV de corriente alterna y sistemas de señalización Ertms niveles 1 y 2, elementos que permiten velocidades máximas de 350 km/h. Diseñada para tráfico de pasajeros, la infraestructura reducirá en 21 kilómetros el trazado del ferrocarril Madrid-Hendaya entre Valladolid y Vitoria, además de incrementar la seguridad, capacidad y regularidad.

La futura línea está contemplada en el programa de nuevas inversiones en alta velocidad del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI) 2012-2024. El presupuesto estimado para toda la infraestructura supera los 3.000 M€, de los que algo más de la mitad corresponde a la plataforma ferroviaria (sin incluir los accesos a Valladolid y Vitoria). La UE aporta, mediante las ayudas RTE-T, 40,3 M€ para obras, estudios y proyectos de la línea. Hasta ahora, el Ministerio de Fomento ha adjudicado obras de plataforma por casi 700 M€ entre Valladolid y la Variante de Burgos, lo que ha permitido que los 12 subtramos del trazado estén actualmente en fase de ejecución. Para el ejercicio 2013 el presupuesto estatal destina 141 M€ a este tramo.

Adif, organismo al que el Ministerio de Fomento encomendó en diciembre de 2006 la ejecución de la infraestruc-



Adif

*Prueba de carga del viaducto de Hormazuela, en el subtramo Villazopeque-Estépar (Burgos).*

## Integración en Valladolid

La operación de integración del ferrocarril en Valladolid, coordinada por la sociedad Valladolid Alta Velocidad (Ministerio de Fomento, Ayuntamiento y comunidad autónoma), «se desarrollará en paralelo a las capacidades de las administraciones». Esta máxima, pronunciada ante el Consejo de Administración de la sociedad por el secretario de Estado de Planificación e Infraestructuras del Ministerio de Fomento, Rafael Catalá, el pasado enero, es la que marca el futuro de toda la operación. Actualmente se aguardan las conclusiones de un estudio sobre el valor de los terrenos liberados del uso ferroviario en el centro urbano, una de las bases de la operación, para determinar cuál será el nivel de financiación y, por tanto, el grado de revisión de las actuaciones proyectadas. De estas, en 2012 entraron en servicio el doble túnel del subtramo Río Duero-Pinar de Antequera, a la entrada de la ciudad, y la plataforma de alta velocidad del Nudo Norte de Valladolid (2,3 kilómetros), a la salida de la misma. También continúan a buen ritmo, en el páramo de San Isidro, las obras del nuevo complejo ferroviario, ubicadas en la futura Variante Exterior de Valladolid, adonde se trasladarán el Taller Central de Reparaciones (TCR) y otras instalaciones situadas en el centro urbano, y del ramal mixto de acceso desde el Nudo Norte de Valladolid. Ambas estarán concluidas después del verano. En todo caso, las obras de integración en su totalidad no comenzarán hasta que no se completen tanto el traslado de instalaciones hasta el nuevo complejo ferroviario como la construcción de la variante exterior.



Ferrovial Agromán

*Plataforma y boca del túnel de Peña Rayada, en el subtramo Cabezón de Pisuerga-S. Martín de Valvení (Valladolid).*

tura, ha dividido la línea en dos grandes tramos. El primero, Valladolid-Venta de Baños-Burgos, de 115 kilómetros, inició la fase de ejecución de plataforma entre 2009 y 2010, y conecta a su finalización con la Variante Ferroviaria de Burgos (19,8 kilómetros), en servicio desde diciembre de 2008 en ancho ibérico. El segundo, Burgos-Miranda de Ebro-Vitoria, de unos 98 kilómetros, tiene los proyectos de construcción de la plataforma en avanzado estado de redacción.

A continuación se describe el estado de las obras en el tramo Valladolid-Venta de Baños-Burgos, que incluyen la puesta en marcha de diversas medidas correctoras destinadas a minimizar su impacto en el entorno. Para su construcción se ha dividido en dos tramos: Valladolid-Venta de Baños y Venta de Baños-Burgos.

### Valladolid-Venta de Baños

El primer tramo, Túnel Urbano de Valladolid-Nudo de Venta de Baños, se desarrolla entre la capital pucelana y el nudo ferroviario, discurriendo por las provincias de Valladolid y Palencia. El trazado, que conecta en su parte inicial con el tramo de integración del ferrocarril en Valladolid, abandona el casco urbano por el pasillo ferroviario existente y discurre en dirección noreste siguiendo el corredor del río Pisuerga, al este del mismo. Posteriormente asciende hasta el páramo de Bárcena, que salva mediante un túnel. Hacia la mitad del recorrido ingresa en la provincia de Palencia y salta a la otra orilla del Pisuerga antes de entrar en Venta de Baños, finalizando poco después al inicio del nudo ferroviario.

Con una longitud de 39,3 kilómetros, este primer tramo lo compartirán las líneas de alta velocidad Valladolid-Burgos y Valladolid-Palencia-León. Para su ejecución, Adif lo ha dividido en cinco subtramos (Túnel Urbano de Valladolid-Nudo Norte de Valladolid, Nudo Norte-Cabezón de Pisuerga, Cabezón de Pisuerga-San Martín de Valvení, San Martín de Valvení-Nudo Ven-



UTE Venta de Baños

*Playa de vías de la estación de Venta de Baños (Palencia). Junto a la hilera de edificios se advierte la nueva plataforma de alta velocidad.*

ta de Baños y Nudo Venta de Baños-Conexión Valladolid/Palencia/León), adjudicados a lo largo de 2009. Los cuatro primeros ya están concluidos.

En esos subtramos iniciales la traza intercepta el río Pisuerga, varios cauces menores, carreteras locales y caminos agrícolas, que se salvan mediante cuatro viaductos (el más largo, sobre el Pisuerga, de 1.308 metros), nueve pasos superiores y un paso inferior, todos ya construidos y con la prueba de carga realizada. También está finalizado el túnel de Peña Rayada, único del tramo, que discurre bajo el páramo de Bárcena. Se trata de un túnel monotubo de 2 kilómetros de longitud, sección libre de 85 m$^2$ (apta para una doble vía de alta velocidad) y una galería intermedia para mantenimiento y evacuación. El subterráneo se ejecutó a través de terrenos arcillosos según el nuevo método austriaco (avance y destroza), siendo luego impermeabilizado y revestido con hormigón. Su construcción concluyó a principios de 2012.

> El tramo entre Valladolid y Burgos enlaza en su parte final con la Variante de Burgos, ya en servicio



UTE Venta de Baños

*Trabajos de montaje de vías convencionales en la estación de Venta de Baños.*

## Nudo de Venta de Baños

El quinto subtramo, Nudo de Venta de Baños-Ramal Venta de Baños/Palencia, constituye el primer lado del triángulo ferroviario que conectará las líneas de alta velocidad Valladolid-Burgos y Valladolid-Palencia-León, permitiendo todos los movimientos posibles entre Valladolid, Palencia y Burgos. Se trata de la actuación más compleja y costosa del trazado hasta Burgos, tanto por las estructuras que incluye como por una notable obra que se ejecuta en Venta de Baños. También es el tramo más largo, con 16 kilómetros, divididos en 7,8 kilómetros de la línea Valladolid-Burgos, 6,9 del ramal de conexión Valladolid-Palencia y 1,3 del ramal Palencia-Burgos.

En el capítulo de estructuras, este tramo en fase de ejecución incluye la construcción de cuatro viaductos (sobre el



Ferrovial Agromán

*Ejecución del tablero del viaducto sobre el río Pisuerga (1.128 metros) en el ramal Valladolid-Burgos del Nudo de Venta de Baños (Palencia).*

Pisuerga, la A-62 y dos sobre la N-620), una pérgola sobre la línea Madrid-Hendaya y un túnel artificial en Villamuriel de Cerrato (500 metros de longitud, 14,4 de anchura y 9,9 de altura, ya ejecutado mediante carros de encofrado) que conduce al tercer vértice del triángulo ferroviario (ramal Palencia-Burgos). De ellos están finalizadas todas las estructuras.

En Venta de Baños (Palencia) se desarrolla la última fase de la reordenación del recinto ferroviario, consistente en el desplazamiento hacia el oeste del haz de vías para dejar espacio, en el lado de la estación, a un nuevo corredor para la plataforma de alta velocidad. Superada la estación, la anchura de este corredor se duplica para dar cabida a dos nuevas vías, hasta un total de cuatro, que configurarán un puesto de adelantamiento de trenes (PAET). En los dos últimos años se ha procedido al desmontaje de vías, catenaria, postes y sistemas de señalización, seguridad y comunicaciones convencionales situadas a lo largo de dos kilómetros para su traslado varios metros hacia el oeste, así como a la construcción de andenes y la reordenación de servicios, todo ello manteniendo las circulaciones de mercancías y trenes de viajeros en el recinto. Una vez concluidas estas actuaciones, se está procediendo a construir la plataforma de ancho UIC, obra que terminará a mediados de año.

También esta prevista la remodelación de la estación de Venta de Baños y la mejora de la integración urbana. El proyecto ha sido incluido en el Plan de Racionalización de Estaciones, por lo que actualmente se analiza la posible reducción de actuaciones o su división en fases.

## Cinco veces sobre el Pisuerga

El río Pisuerga es el compañero inseparable del trazado por las provincias de Valladolid y Palencia. Desde la capital pucelana, la traza discurre en su mayor parte al este del cauce fluvial, cruzándolo hasta en cinco ocasiones mediante los principales viaductos del recorrido. Cerca de Cabezón de Pisuerga se alza el primero, de 1.308 metros, ya finalizado, que salva el río en dos ocasiones debido al meandro que dibuja el cauce, conformando una estructura con tres partes: dos correspondientes a sendos saltos sobre el agua (resueltos con sendas estructuras hiperestáticas de 185 y 132 metros) y una tercera por el interior del meandro, de 991 metros (resuelto mediante estructura isostática de vigas prefabricadas). Unos cuatro kilómetros antes de llegar a Venta de Baños la traza intercepta de nuevo al Pisuerga, salvándolo mediante otro viaducto de 610 metros. Finalmente, el nudo de Venta de Baños se sitúa parcialmente en otro meandro del río, por lo que para cruzarlo se están ejecutando dos viaductos: uno para la conexión Valladolid-Burgos, de 1.128 metros y trazado curvo, apoyado sobre 25 pilas y dos estribos, con tablero hiperestático de vigas prefabricadas (en fase de montaje mediante carro lanzador de vigas); y otro para el ramal Burgos-Palencia, de 1.330 metros, sustentado sobre 24 pilas de altura variable (4,5-19,3 metros) y dos estribos (en fase de ejecución) y con un tablero continuo de hormigón postesado. Este viaducto de planta curva, el más largo del trazado, también salvará la autovía A-62, la carretera N-620a, la línea convencional y el canal de Alfonso XIII. En todos los casos, el cauce del Pisuerga está protegido como zona LIC (Lugar de Importancia Comunitaria), contemplándose medidas preventivas para evitar la afección a la calidad de las aguas y mantener el entorno del río como corredor faunístico.

### Venta de Baños-Burgos

El segundo tramo de la línea se desarrolla a lo largo de 75,7 kilómetros entre el Nudo de Venta de Baños y la Variante Ferroviaria de Burgos, por las provincias de Palencia y Burgos. El trazado, aún más acentuado hacia el noreste,



Cimentación del viaducto sobre el Pisuerga y la A-62, en el Nudo de Venta de Baños.

Adif



completa inicialmente los dos ramales restantes del nudo ferroviario y se sitúa al este del río Pisuerga, salvando el LIC Montes de Cerrato mediante un túnel y accediendo luego al valle del Arlanzón. En su mayor parte se desarrolla junto a la línea Madrid-Hendaya y la autovía A-62, primero al este y luego al oeste de las mismas, por terrenos de regadío de orografía suave aunque con alguna zona de mayores pendientes. En su parte final discurre por el pasillo de la línea férrea y la A-62, ocasionalmente en terraplén, descendiendo por la margen izquierda del río Arlanzón hasta conectar con la Variante de Burgos cerca de San Mamés de Burgos.

El trazado se ha dividido para su construcción en siete subtramos, cuya ejecución arrancó mayoritariamente en 2010. En tres de ellos la plataforma ya está concluida (Torquemada-Quintana del Puente, Villodrigo-Villazopeque y Villazopeque-Estépar), mientras que los otros cuatro aún están en fase de ejecución (Nudo Venta de Baños-Conexión Valladolid-Burgos y León-Palencia-Burgos, Nudo Venta de Baños-Torquemada, Quintana del Puente-Villodrigo y Estépar-Variante Ferroviaria de Burgos). Como innovación, en uno de los tramos concluidos, Villodrigo-Villazopeque (10,3 km), Adif ha empleado en la capa de subbalasto una mezcla bituminosa en caliente (mezcla asfáltica), un proyecto de innovación conjunto con el Cedex cuyo objeto es analizar si este material rinde como alternativa más económica al tradicional subbalasto granular empleado en las líneas de alta velocidad en España.

Como principales estructuras, el trazado incluye una decena de viaductos. Los dos más relevantes, ambos en fase de ejecución, salvan el río Pisuerga (1.330 y 1.128 metros) en el nudo de Venta de Baños, pero también son notables los que cruzan los ríos Hormazuela (380 metros) –concluido–, Arlanza (294 metros) y Arlanzón (180 metros). Igualmente destacables son las pérgolas, ya finaliza-

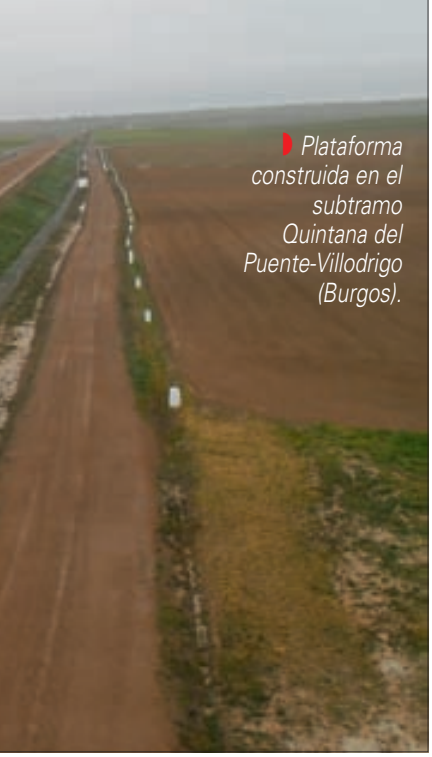
## La segunda parte

El tramo Burgos-Miranda de Ebro-Vitoria, de unos 98 kilómetros, constituye la segunda parte de la línea Valladolid-Burgos-Vitoria y permitirá enlazar al final con la línea en ejecución Vitoria-Bilbao-San Sebastián/Frontera Francesa, dando continuidad a la alta velocidad desde Madrid. En este tramo que discurre mayoritariamente por la provincia de Burgos están previstas dos operaciones de integración del ferrocarril: una en Miranda de Ebro (Burgos) y otra en Vitoria (Álava). El recorrido ha sido subdividido por Adif en 13 subtramos, encontrándose en una fase muy avanzada la redacción de los proyectos de plataforma, salvo el de integración en Vitoria. Según el estudio informativo, el tramo incluirá 19 viaductos (los mayores, de 2.040 y 1.260 metros de longitud), ocho túneles (los mayores, de 4.360, 3.020 y 2.250 metros), ocho pérgolas y un PAET en Cubo de Bureba. El subtramo Pancorbo-Ameyugo, de 8,2 kilómetros, que cruzará el desfiladero de Pancorbo, se perfila como el más complejo, ya que discurrirá soterrado en un 80%.



Ferrovial Agromán

Pérgola de bifurcación en el Nudo de Venta de Baños.



Plataforma construida en el subtramo Quintana del Puente-Villodrigo (Burgos).

Aldesa Construcciones



Azvi

Boca del túnel del Almendro, que salva el LIC Montes de Cerrato (Burgos).



Azvi

Ejecución en la fase de destroza del túnel del Almendro, en el subtramo Nudo de Venta de Baños-Torquemada.

das, en el nudo de Venta de Baños (161 metros) y en el subtramo Quintana del Puente-Villodrigo (211 metros, con un gran esviaje que obligó a utilizar vigas prefabricadas de doble T). También se han construido la mayor parte de los 17 pasos superiores y ocho inferiores previstos, así como un PAET en Revilla Vallejera.

En el apartado de túneles, ya está concluido el que por exigencias medioambientales discurre bajo el LIC Montes de Cerrato, cerca de Torquemada. Se trata de un subterráneo monotubo de 838 metros de longitud y 110 m$^2$ de sección, construido en mina, que incluye largos emboquilles para evitar afecciones al exterior. Y en el subtramo final, el último en adjudicarse, se ejecuta actualmente el túnel de Las Calbezadas, que con 904 metros será el más largo del recorrido. La solución constructiva de este túnel, inicialmente en mina y finalmente artificial, se modificó debido a razones de seguridad y de costes.

El tramo en construcción enlaza a la altura de San Mamés de Burgos con la Variante Ferroviaria de Burgos, de 20,7 kilómetros de longitud (19,8 kilómetros en ancho UIC), en servicio desde diciembre de 2008. La plataforma, construida con un ancho capaz de albergar tres vías, está equipada en la actual fase con dos vías de ancho convencional con traviesas polivalentes, pero en el escenario final se prevé implantar dos vías de ancho UIC para la alta velocidad y una para ancho convencional. Esta variante, que rodea la ciudad por el norte y ha eliminado la anterior travesía urbana, incluye la estación Burgos Rosa de Lima, que actualmente presta servicio a los trenes S 130 con origen/destino en/a las tres capitales vascas y que en el futuro lo hará también con los trenes AVE. ■

## Proyectos de superestructura

Ante el avanzado estado de las obras de plataforma del tramo Valladolid-Venta de Baños-Burgos, Adif ya prepara la siguiente fase, la de superestructura (montaje de vías, electrificación e instalaciones ferroviarias). Ya se encuentran redactados la mayor parte de los proyectos constructivos de la superestructura: montaje de vías y acopio de balasto, instalaciones de línea aérea de contacto y sistemas asociados, subestaciones eléctricas y centros de autotransformación asociados, telemando de energía, telemando Venta de Baños-Burgos, telecomunicaciones móviles GSM-R (tramo Venta de Baños-Burgos) y subestación eléctrica de tracción de Buniel y centros de autotransformación. Se encuentran en fase de redacción los proyectos básico y constructivo de las instalaciones de señalización, telecomunicaciones fijas, control de tráfico centralizado, protección y seguridad y sistemas de protección, así como el proyecto básico de la base de Villodrigo (Burgos). En la actualidad se está estudiando si toda la superestructura de la línea se licita por el método de colaboración público-privada.

VIAS VERDES

FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES

1993 2013 20 años VIAS VERDES 2.000 km



**2.000 kilómetros de Vías Verdes repartidos en más de 100 itinerarios que discurren sobre antiguos trazados ferroviarios por toda España ... ¿Aún no las conoces?**



- Visita www.viasverdes.com. Una dinámica web con cerca de 4 millones de paginas vistas/ año, con detallada información de todas las vías verdes, visor cartográfico, excursiones organizadas, ...
- Noticias y novedades a través del Boletín Info Vías Verdes, mensual y gratuito. Ya lo reciben más de 24.000 suscriptores. ¡No te lo pierdas!



- Y mucho más : seminarios, documentación técnica, otras publicaciones, enlaces de interés, ...



- 90 Vías Verdes y sus alrededores descritas con todo detalle en 3 volúmenes de la Guía de Vías Verdes (ed. Anaya Touring)
- Únete y síguenos en Facebook (más de 9.000 amigos) y Twitter (1.800 seguidores)



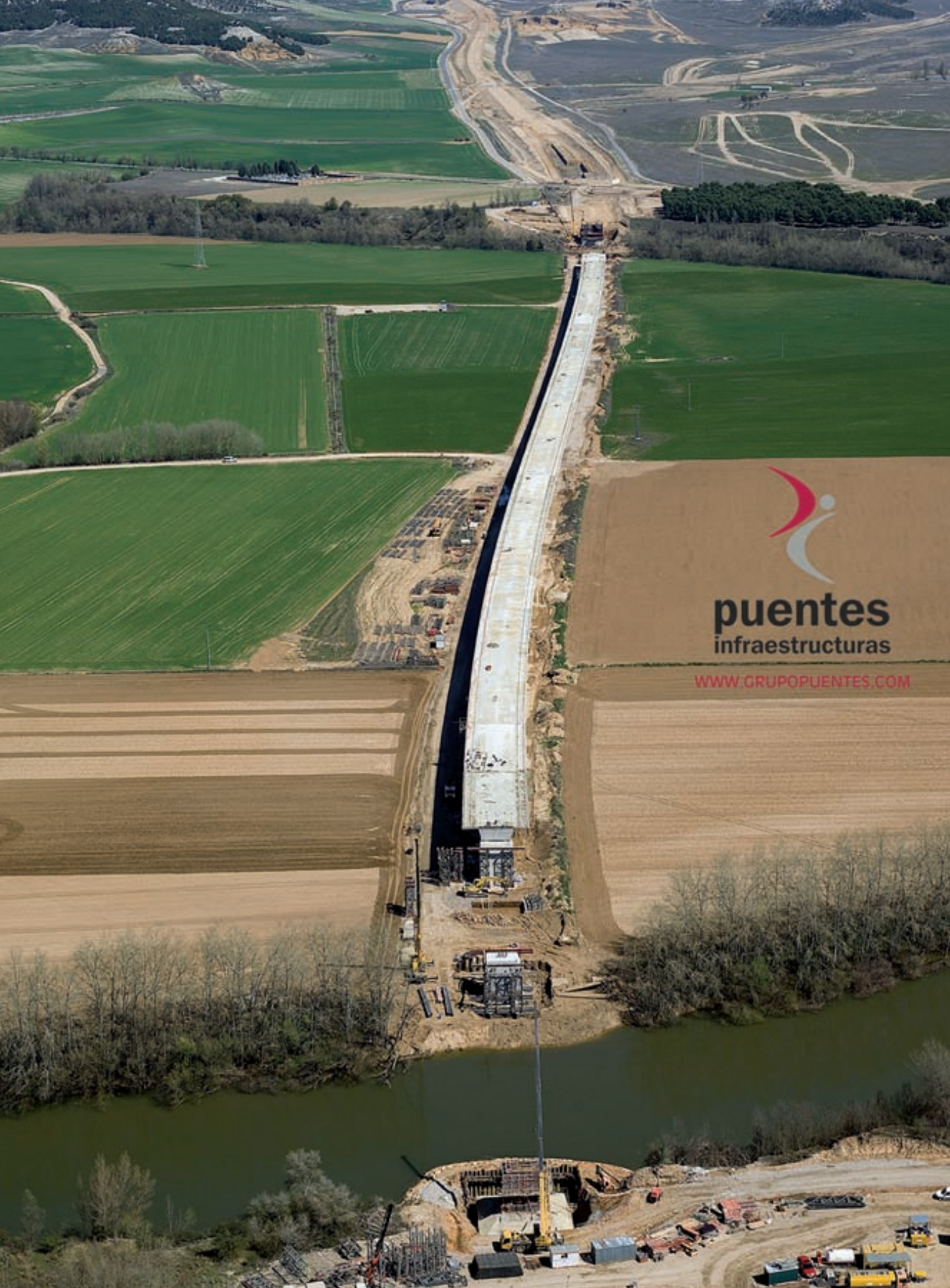


- Magníficos videos en el canal Vive la Vía en YouTube, que registra casi 500.000 visitas

## ¡ Vive la Vía !



www.viasverdes.com


puentes
infraestructuras
WWW.GRUPOPUENTES.COM



EN SERVICIO EL TRAMO PUERTO RICO-PUERTO DE MOGÁN DE LA AUTOPISTA GC-1 EN GRAN CANARIA

# Doble calzada entre barrancos

JAVIER R. VENTOSA FOTOS: FCC CONSTRUCCIÓN, ISOLUX CORSÁN Y PETRECAN

Mejorar la conectividad de una alejada zona turística del sur de Gran Canaria con la capital de la isla y aumentar la seguridad vial son los dos objetivos del tramo Puerto Rico-Puerto de Mogán de la autopista GC-1, recientemente puesto en servicio. La implantación de una doble calzada en una zona de barrancos, que discurre en su mayor parte soterrada, ha sido financiada por el Ministerio de Fomento en el marco del convenio de carreteras suscrito con el Gobierno de Canarias.

*Enlace de tipo trompeta en el barranco de Taurito, entre las bocas de los túneles de Tauro y Taurito. Debajo, vista inferior del viaducto final del tramo.*



La autopista GC-1, o del Sur de Gran Canaria, es el principal eje de comunicación entre la capital, Las Palmas de Gran Canaria, y las poblaciones del este y sur de la isla. Su trazado se desarrolla en paralelo a estas dos fachadas marítimas de la isla a lo largo de cerca de 70 kilómetros, dando servicio a cinco de las diez mayores poblaciones de la isla y al aeropuerto de Gran Canaria, y soportando intensidades de tráfico que oscilan entre los más de 130.000 vehículos/día cerca de la capital y los 80.000 entre el aeropuerto y Maspalomas, en el sur.

Esta infraestructura de gran capacidad, que hasta ahora

*Los túneles del tramo están equipados con los mayores avances en seguridad. Debajo, viaducto del barranco de Tauro y boca del túnel del mismo nombre, y estructura y boca del túnel de Mogán.*

concluía en Puerto Rico, acaba de sumar 6,5 nuevos kilómetros a su trazado con el tramo Puerto Rico-Puerto de Mogán, puesto en servicio el pasado 25 de marzo por la ministra de Fomento, Ana Pastor, junto al presidente del Gobierno de Canarias, Paulino Rivero, y el ministro de Industria, Energía y Turismo, José Manuel Soria.

Con esta prolongación se acerca este importante municipio turístico al aeropuerto y a la capital insular (el trayecto Mogán-Las Palmas se hace ahora en unos 45 minutos). Pero también se gana en seguridad vial y se evitan congestiones de tráfico al reemplazar entre Puerto Rico y Puerto de Mogán a la carretera GC-500, que cuenta con numerosas curvas, travesías semaforizadas y un elevado tránsito peatonal y ciclista, sobre todo en los núcleos turísticos de Tauro, Playa del Cura y Taurito. Su apertura, según la ministra de Fomento, «es una necesidad, una obligación y un elemento de riqueza que mejorará la movilidad de vecinos y turistas», así como la seguridad. Se calcula que más de 20.000 vehículos circularán a diario por el nuevo recorrido, más seguro, más rápido (se recorre en cuatro minutos, con un ahorro de 15 minutos respecto a la carretera GC-500) y más cómodo para los usuarios.

La construcción del tramo Puerto Rico-Puerto de Mogán, iniciada en octubre de 2008, ha requerido de una inversión global de 145 M€, financiados por el Ministerio de Fomento. Su ejecución, que ha corrido a cargo de una UTE formada











por tres empresas bajo la dirección de la Consejería de Obras Públicas, Transporte y Política Territorial del Gobierno de Canarias, se enmarca en el convenio de colaboración en materia de carreteras suscrito en 2006 entre ese Gobierno autonómico y el Ministerio de Fomento, que estará vigente hasta el año 2017.

## Características

El nuevo tramo consiste básicamente en la prolongación de la autopista GC-1 desde el barranco de El Lechugal (pk 61 de la GC-1) hasta el cruce de Mogán con el puerto (carretera GC-200, en el pk 67 de la GC-1). El trazado, que se desarrolla íntegramente en el término municipal de Mogán, discurre por un terreno muy accidentado formado por una sucesión de barrancos y montañas, lo que ha obligado a construir cuatro parejas de túneles para implantar la doble calzada. En total, de los 12.600 metros de autopista (6.300 en cada dirección), 9.378 discurren de forma subterránea, lo que representa más del 70% del total del trazado. Uno de estos túneles, Taurito, con 2.454 metros de longitud en su mayor tubo, es el subterráneo en servicio más largo existente en Canarias. Otros 617 metros del trazado discurren sobre viaductos.

La sección transversal de la autopista está formada por dos calzadas con dos carriles de 3,5 metros de anchura cada uno, arcén exterior de 2,5 metros e interior de 1,5 metros, siendo la mediana de anchura variable. La velocidad de proyecto del tramo es de 80 km/h.

A lo largo del trazado, además de los túneles, se han construido un total de tres viaductos dobles para salvar diversos barrancos de la zona: el viaducto del barranco de Mogán, formado por dos tableros de 288 metros de longitud, vanos máximos de 33,5 metros y una



*A la salida del túnel de Mogán se encuentra el enlace final del tramo, con varias estructuras a distinto nivel para conectar con la carretera GC-200.*

sección maciza con aligeramientos postesada; el viaducto del barranco del Cura, de dos tableros de 85 metros de longitud en ambas calzadas; y el viaducto del barranco de Tauro, formado por dos tableros de diferentes longitudes.

En el trazado a cielo abierto del tramo se han dispuesto tres enlaces a distinto nivel. El primero, en el origen del tramo, está situado en el barranco de El Lechugal, tiene tipología de trompeta y permite todos los movimientos. El segundo, ubicado en el barranco de Taurito, también tiene forma de trompeta y permite solo los movimientos en sentido Puerto Rico-Taurito y viceversa, dado el poco espacio existente entre las bocas de los dos túneles donde se sitúa Tauro y Taurito). Y el tercero, al final del tramo, está situado en el cruce de Mogán con el puerto, en la carretera GC-200, y permite todos los movimientos a través de diferentes pasos a distinto nivel tipo pórtico.

Para garantizar la permeabilidad del terreno interceptado por la nueva infraestructura se han ejecutado cuatro pasos inferiores, construidos *in situ* con sección rectangular de hormigón armado, en los barrancos del Lechugal y Taurito. Asimismo, se han realizado tres encauzamientos en los barrancos de Candelaria, Tauro y Mogán, ejecutados en escollera, además de cuatro obras de drenaje transversal en los barrancos del Lechugal, Candelaria, Taurito y Mogán. ■

> Más del 70% del trazado discurre de forma subterránea a través de cuatro túneles dobles, entre ellos el más largo de Canarias

## 9,3 kilómetros bajo tierra

Candelaria (565 y 574 metros en cada tubo), Tauro (1.046 y 1.050 metros), Taurito (2.432 y 2.454 metros) y Mogán (611 y 636 metros), con una longitud total de 9.372 metros, son los cuatro túneles por los que discurre más del 70% del tramo Puerto Rico-Puerto de Mogán de la GC-1. Se trata de ocho tubos, con una anchura interior de 12 metros en los del lado mar que albergan dos calzadas, arcenes y aceras, finalizando en ell exterior con emboquilles de entrada y salida, siendo el más largo de 60 metros. La excavación de los subterráneos, iniciada en mayo de 2009 y concluida en mayo de 2011, se ha abierto paso a través de terrenos volcánicos de la Formación Traquítico-Riolítica, constituida por apilamientos de oleadas de ignimbritas, algunas coladas traquibasálticas y otras riolíticas, terrenos que han tenido un buen comportamiento. La construcción, ejecutada en mina por métodos convencionales (explosivos y medios mecánicos), se ha desarrollado en una sola fase trabajando a sección completa, logrando una media de 14,5 metros/día. A medida que se avanzaba se ha ejecutado el sostenimiento. El revestimiento está formado por una capa de hormigón proyectado con un espesor de 6 centímetros, aplicada en la bóveda y paramentos. Además, en los paramentos se colocaron paneles reflectantes para mejorar las condiciones de visibilidad. Como hechos reseñables, se han impermeabilizado tres zonas donde aparecieron humedades y se ha utilizado un diseño innovador a base de cajas sifónicas conectadas mediante un tubo colector para la captación de vertidos peligrosos.

El equipamiento interior de los túneles, que ha requerido un elevado presupuesto, incorpora las más modernas medidas de seguridad y control, entre ellas galerías de evacuación presurizadas entre tubos, nichos de postes SOS cada 150 metros, ventilación con detectores de $CO_2$ y anemómetros, circuito cerrado de televisión, red contraincendios, grupos electrógenos de emergencia y sistema de alimentación ininterrumpida para momentos críticos, entre otros.

# Inaugurada la Autopista GC-1

## Tramo: Puerto Rico - Mogán







**EMPRESA CONSTRUCTORA:**
U.T.E. GC-1 PUERTO RICO - MOGÁN

FCC Servicios Ciudadanos

ISOLUX CORSÁN
CORSÁN - COVIAM

petracon

**ASISTENCIA TÉCNICA:**
U.T.E. MOGÁN

SISTEMA INGENIERIA

GEOCONTROL

I+D+i

ESPAÑA PARTICIPA A TRAVÉS DEL IGN EN EL PROYECTO ALMA, EL MAYOR OBSERVATORIO RADIOASTRONÓMICO DEL MUNDO

# Descifrando el cosmos



Pepa Martín Fotos: Alma Observatory

Ya está en marcha en el norte de Chile el observatorio radioastronómico ALMA, el más grande y complejo del mundo, en el que participan más de una veintena de países, entre ellos España. Descifrar los misterios del Universo, el origen del cosmos o la formación de los planetas y las estrellas son solo algunos de los objetivos de este gran complejo, cuyo uso también permitirá el desarrollo de nuevas tecnologías.

En el Llano de Chajnantor (Chile), a 5.200 metros de altitud, se ubica ALMA (*Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array*), el mayor complejo astronómico del mundo. Fruto del trabajo conjunto del Observatorio Europeo Austral (ESO) –organismo del que España forma parte desde julio de 2006–, el Observatorio Radio Astronómico Nacional de Estados Unidos (NRAO) y el Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ), en la construcción de este gran complejo se han invertido más de 1.100 M€ .

Está compuesto por 66 radiotelescopios –54 de 12 metros de diámetro y los 12 restantes de 7 metros– capaces de moverse al unísono para apuntar directamente hacia el centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea. Estas antenas funcionan como un interferómetro gigante –un conjunto de radiotelescopios que actúan conjuntamente para simular una antena que tenga el diámetro de las distancias entre ellas, lo que le permite funcionar como una colosal antena de 16 kilómetros– para observar las señales a longitudes de onda milimétricas y submilimétricas.



*Antenas del complejo ALMA desplegadas en el Llano de Chajnantor.*

## Aplicaciones de la radioastronomía

La astronomía es una ciencia que progresa a pasos agigantados con los últimos desarrollos tecnológicos. Si durante sus primeros 4.000 años de existencia se dedicaba a la observación del cosmos, que se limitaba a la observación visual, el desarrollo del telescopio gracias a Galileo, en 1609, abrió nuevas puertas al conocimiento del Universo. Y hoy, la interpretación de los objetos astronómicos a través del proyecto ALMA ha dado un salto cualitativo tan colosal como el de esos 4.000 años.

La radioastronomía es una ciencia joven, surgida a principios del pasado siglo, cuando se descubrió que los objetos astronómicos eran también emisores de ondas electromagnéticas a frecuencias radio que no pueden captar nuestros ojos. Se inició entonces, a finales de los 50 y primeros 60, la construcción de grandes radiotelescopios, como los de Jodrell Bank (Reino Unido) o Arecibo (Puerto Rico), y se elevó la capacidad de los receptores, con sensibilidades de frecuencias cada vez más altas. Se desarrollaba así una tecnología que luego se aplica en multitud de ámbitos, desde la medicina a la telemetría o las comunicaciones.

Por otra parte, hay observaciones de frecuencias que no son posibles desde la Tierra, y se envían satélites para observar desde fuera de la atmósfera en otras frecuencias que permiten el desarrollo de tecnologías que sirven para otros campos. Por ejemplo, los amplificadores de radio o televisión se desarrollaron en observatorios de radioastronomía y el escáner surgió también para fotografiar el cielo mediante rayos X.




Esta característica les permite trabajar de día y de noche y penetrar incluso en las nubes de polvo, donde en muchas ocasiones los telescopios ópticos no pueden hacerlo. La información que captan sus antenas se combina y se procesa en el llamado correlacionador, un ordenador gigante considerado el más potente del mundo en su género, con una capacidad similar a la de tres millones de computadores normales, y cuya puesta en marcha ha supuesto todo un desafío tecnológico.

Para desarrollar este instrumento de altísima precisión se han combinado de forma rigurosa técnicas de vanguardia en construcción de antenas con fibra de carbono, en ingeniería de microondas, en sistemas de comunicación de altísima velocidad o en equipos de bajísimo ruido operando en regímenes criogénicos, entre otras, que dotan al complejo de un poder de resolución angular –capaz de captar detalles que no había sido posible percibir antes– y de una sensibilidad sin precedentes.

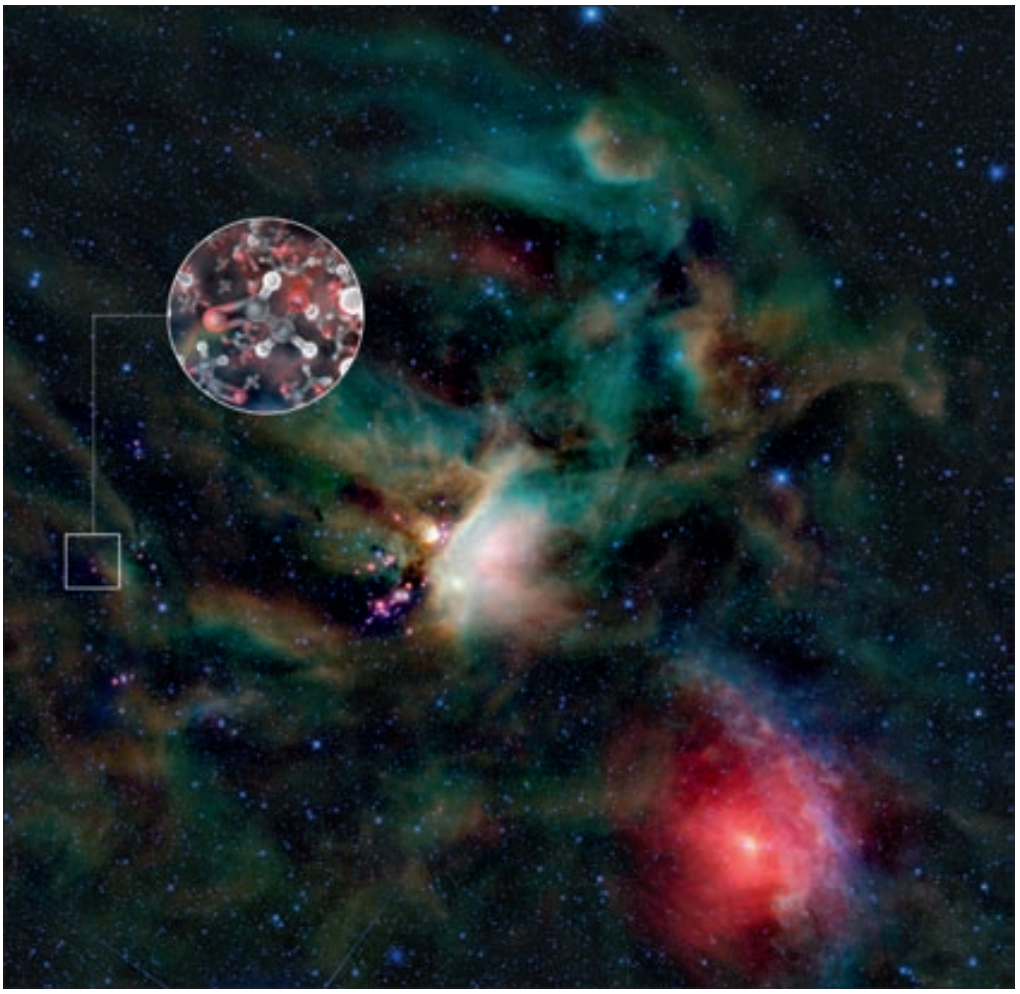
Todo ello no sería posible sin su ubicación –el Llano de Chajnantor es el desierto más elevado y árido del mundo–, elegida por su extrema sequedad, ya que el vapor de agua absorbe parte de las ondas milimétricas y submilimétricas y distorsiona las señales que llegan del espacio. Todo ello, junto al hecho de que se encuentra en el hemisferio sur, desde donde la Vía Láctea puede observarse mucho mejor, convertía a este lugar en el más adecuado del mundo.

Con este complejo, el territorio chileno concentra el 60% de la capacidad de observación del Universo desde la Tierra, teniendo en cuenta que en el país andino ya operan actualmente otros grandes observatorios, como La Silla y Paranal, ambos del ESO, que también tiene en proyecto la construcción del E-ELT, otro telescopio de espejo gigante que se levantará en el desierto de Atacama.

### Participación española

En diciembre de 2002, el Consejo de Ministros aprobó el plan de financiación para la participación de España en ALMA, cifrada en el 7,5% de la contribución europea, que a su vez aporta el 37,5% del total del coste del proyecto, aproximadamente 1.100 M€.





*Izquierda, un vehículo especial traslada la primera antena, de 115 toneladas de peso, a su ubicación definitiva en Chajnantor. Arriba, moléculas de azúcar en el gas que rodea a una joven estrella de tipo solar.*

A través de los ministerios de Fomento y de Ciencia y Tecnología (hoy integrado en Economia y Competitividad), nuestro país firmó con el Observatorio Europeo Austral (ESO) el acuerdo que sustenta esta participación. La adhesión a este organismo, una de las tres instituciones que ha financiado y supervisado este proyecto representando a Europa, supuso la gestión conjunta de España con el resto de los socios europeos, e incluía la coordinación, el seguimiento y el análisis de las contribuciones nacionales al proyecto, así como los retornos científico-tecnológicos hacia España.

Previamente a nuestra integración en el ESO, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) había realizado algunas aportaciones para desarrollar el proyecto ALMA. Por ello, aunque el acuerdo para la contribución española se hizo conjuntamente entre ambos ministerios, se firmó una encomienda de gestión al IGN para que se encargara de esa colaboración y se responsabilizara de coordinar las actividades con ALMA a través del organismo europeo, así como de proporcionar la infraestructura y el personal de la Oficina Técnica Española. De hecho, el IGN ha enviado expertos a comités científicos para realizar pruebas con prototipos de antenas en Estados Unidos, e incluso uno de sus astrónomos participó en la construcción del complejo ALMA durante tres años en Chile.

Desde entonces, España ha contribuido con la fabricación de una parte importante de componentes electrónicos y mecánicos de alta tecnología que han sido utilizados para equipar tanto el prototipo de antena europeo como todas las antenas definitivas de ALMA. Entre ellos figuran amplificadores refrigerados a temperaturas criogénicas de muy alta sensibilidad y muy bajo ruido, sistemas electrónicos de supervisión y control, o sistemas mecánicos de alta precisión para la calibración del instrumento.

> Se espera que el proyecto ALMA ayude a comprender la formación de planetas, estrellas y galaxias

El Centro de Desarrollos Tecnológicos del IGN –cuyos ingenieros de radiocomunicaciones tienen un reconocido prestigio en las técnicas de la radioastronomía milimétrica–, junto con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), han creado algunas de estas piezas. Esto ha



supuesto que se hayan otorgado contratos a la industria nacional por un total de 17 M€, a los que hay que sumar otros 13 M€ que fueron asignados a compañías de nuestro país en relación con el proyecto antes de que España se convirtiera en Estado miembro del ESO.

## Orígenes del proyecto

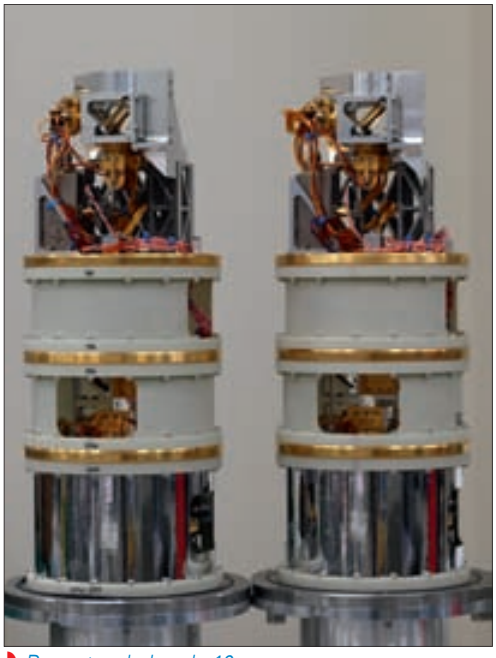
En 2003 se inició la construcción de ALMA, una iniciativa que surgió en los años 80 a partir de dos proyectos separados de europeos y norteamericanos, que confluyeron en los años 90 y se concretaron a principios de la década anterior. En 2009 se instaló la primera antena y en octubre de 2011 se iniciaron las primeras operaciones científicas formales con un tercio de su capacidad operativa, que ya es casi plena desde el pasado mes de marzo.

En los años 70 se inició el desarrollo de la radioastronomía con longitudes de ondas milimétricas, que eran las frecuencias más altas a las que era posible observar entonces. Por un lado, haciendo radiotelescopios de antena única, formados por una sola parábola, de gran tamaño, como una de 30 metros, en Pico Ve-

## Participación de empresas españolas

Los amplificadores criogénicos de bajo ruido para las bandas de observación 7 y 9 de ALMA, las llamadas bandas europeas, se diseñaron y desarrollaron enteramente en el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Sus laboratorios en el Observatorio de Yebes participaron también en la construcción de los receptores de las bandas 7 y 9 .

Los receptores de la banda 7 han estado liderados por el Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM), formado por el CNRS de Francia, el Max Planck de Alemania y el IGN español, y los de la banda 9 por NOVA, de Holanda.



Receptor de banda 10.

El diseño, desarrollo, pruebas, demostración y caracterización de los amplificadores criogénicos de la frecuencia intermedia se han realizado enteramente en Yebes, igual que todos los amplificadores criogénicos de frecuencia intermedia (IF) del instrumento HIFI del Herschel Space Observatory.

La fabricación industrial de los amplificadores, varios centenares, para la banda 7 de ALMA se transfirió a una empresa española, TTI Norte, mientras que la construcción de los amplificadores criogénicos para la banda 9 se realizó en el propio Observatorio de Yebes.

El mayor contrato de una compañía española como proveedor principal del proyecto ALMA está suscrito con TSK Electrónica y Electricidad, encargada del sistema de generación de energía de multi-combustible, mientras que la empresa con la mayor participación en un contrato es Asturfeito, una pyme de Avilés (Asturias) que convenció a los técnicos del ESO de su idoneidad para construir las antenas de ALMA (hasta un total de 1.500 toneladas de componentes y estructuras).

Otras empresas españolas con un destacado papel en el proyecto han sido las siguientes: NTE-Sener (diseño y fabricación de 70 unidades del brazo robótico dedicado a calibraciones de amplitud), Index Servicios de Ingeniería (escáneres de rayos), DAS Photonics (módulos de prueba de sintetizador de referencia), Fundación General de la Universidad de Alcalá (participante en el desarrollo de los amplificadores criogénicos), TTI Norte (amplificadores de bajo ruido) y Fractal SNLE (desarrollos de *software*).



Vista panorámica del Llano de Chajnantor, donde se ubica el complejo ALMA.

leta (Sierra Nevada, Granada), que es hoy uno de los más grandes del mundo capaz de trabajar a dos milímetros de longitud de onda, y que pertenece al instituto hispano-franco-alemán IRAM, del que el IGN es uno de sus socios.

Por otra parte, también se habían desarrollado los interferómetros, que son un conjunto de radiotelescopios que actúan conjuntamente, con la ventaja de que permiten simular una antena que tenga el diámetro de las distancias entre las antenas. El mayor que había en aquel momento era el de los Alpes franceses, en el Plateau de Bure, cerca de Grenoble, que tiene seis antenas de 15 metros de diámetro capaces de trabajar a longitudes de onda de hasta un milímetro, y que también pertenece al IRAM.

Sin embargo, a nivel técnico se hacía necesario avanzar y desarrollar un interferómetro mucho mayor que el del Plateau de Bure, idea en la que trabajaban tanto Europa como Estados Unidos y Japón. Decidieron entonces aunar esfuerzos para dar un paso más en una iniciativa que diera respuesta a todas aquellas dudas que todavía hoy en día mantenemos en torno a la formación de los sistemas planetarios y del propio Universo.



Los trabajos en el correlador de ALMA,a 5.000 metros de altitud, se realizan con apoyo de oxígeno (instalado en la mochila).

Surgió entonces el proyecto ALMA, la construcción de un interferómetro con más sensibilidad, capaz de captar señales más débiles al tener más antenas distribuidas en una superficie mayor, que permitiera ganar más de un orden de magnitud en la capacidad de resolución para obtener imágenes más precisas de una radiofuente y así poder conocerlas con mayor detalle.

Se concretó entonces la construcción de hasta 66 antenas para que el interferómetro tuviera más sensibilidad –entre 2 y 3 órdenes de magnitud más altos que los de cualquier otro telescopio o interferómetro de los operacionales–; y por otro lado se daría otro paso en el sentido de que se podrían alcanzar frecuencias todavía más altas, lo que se llama longitudes de onda submilimétricas, es decir, menores que un milímetro incluso.

Para observar a esas frecuencias tan altas era necesario que ese nuevo interferómetro se situara a una gran altitud, porque a longitudes de onda milimétricas y submilimétricas la atmósfera empieza a no ser transparente, pero a mayor altura la atmósfera que hay por encima tiene menos vapor de agua y es más transparente a la radiación. Otro condicionante era que tenía que estar en el hemisferio sur, desde donde se ve mejor el centro de nuestra galaxia que desde el hemisferio norte. El desierto de Atacama, en Chile, una meseta a gran altitud, plana y extensa, fría y seca, ubicada en el hemisferio sur, cumplía con todos los requisitos.

## Arranque

La primera fase de este gran proyecto se inició en 1999, y estuvo centrada en la construcción de tres antenas prototipo de factura europea, norteamericana y japonesa, hasta que en noviembre de 2003 se puso la primera piedra del complejo en el desierto chileno. Entonces, corría el año 2004, un equipo de astrónomos e ingenieros comenzó las pruebas de esos tres prototipos, que se habían instalado en Nuevo México (Estados Unidos), con el fin de detectar posibles fallos, entre ellos que las parábolas de las antenas no podrían desviarse más de unas 20 milésimas de milímetro de la



*El correlador de ALMA, uno de los supercomputadores más potentes del mundo, es un componente clave del sistema de radiotelescopios.*

forma de una parábola perfecta, precisión que debía mantenerse en condiciones climatológicas extremas, que son las que existen en el Llano de Chajnantor. Para conseguirlo se fabricaron con materiales rígidos y ligeros, como la fibra de carbono y el aluminio.

Las antenas definitivas apuntan con una precisión mejor que 0,6 segundos de arco, y están preparadas para poder apuntar a gran velocidad para realizar observaciones rápidas del cielo. Esta característica se ha conseguido dotando a las antenas de una velocidad de hasta seis grados por segundo para quedar posicionadas con un error menor de tres segundos de arco.

ALMA no solo es el mayor observatorio radioastronómico del mundo. También es único teniendo en cuenta que algunos de sus desarrollos (como receptores o *software*) están distribuidos en laboratorios, observatorios e institutos de investigación de muchos países en los que también se han construido sus 66 antenas a nivel industrial.

Esto ha supuesto un gran reto técnico ya que todas ellas son las más sofisticadas que existen y están preparadas para funcionar en condiciones climatológicas excepcionales y muy exigentes (se ubican a 5.000 metros de altura a baja temperatura y en un ambiente extremadamente seco) hasta 950 GHz de frecuencia o 0,32 mm de longitud de onda.

Se trata, además, de equipos muy novedosos, ya que cuentan con una sofisticada metrología, con radiómetros para la continua caracterización de la atmósfera situada frente a cada antena y un sistema de calibración muy avanzado, características a las que se une la posibilidad de instalar simultáneamente diez receptores distintos y la gran calidad de la superficie colectora metálica.

## Funcionamiento

Con su capacidad para abordar estudios en una gran variedad de campos de la astrofísica, se espera que ALMA contribuya de forma importante en todos ellos, aunque muy especialmente en cuestiones referentes a la formación de los planetas, las estrellas y las galaxias. En este sentido, para el IGN tiene mucha importancia desde el punto de vista de la radioastronomía, ya que reúne una componente instrumental para el desarrollo de la tecnología de las telecomunicaciones tan importante o más como la observacional, y es que la exploración científica en astronomía va ligada muy estrechamente a los avances tecnológicos.

Una vez que el proyecto ALMA esté ya en plena fase de utilización científica, los astrónomos españoles podrán utilizar el tiempo de observación asignado a través de un concurso de propuestas en que la calidad de las mismas será determinante para disponer de periodos de observación más o menos largos.

Al respecto, hace unos meses, con 16 radiotelescopios funcionando, ya se dio un tiempo de observación a los radioastrónomos europeos. España consiguió sacar adelante cinco de sus propuestas —cuatro eran del IGN, tres lideradas y la otra participada–, un resultado similar al de Francia o Alemania, países cuya contribución al ESO es mucho mayor con respecto a su PIB, y que confirma la excelencia española que hay en este campo. ■



*Un operador controla el traslado de una antena a Chajnandor.*

# 2013

# Mapa Oficial de Carreteras®

## ESPAÑA

**Incluye:**

- ***Cartografía*** *(E. 1:300.000 y 1:1.000.000)*
- ***DVD interactivo***
  *(Windows XP, Vista y 7)*
- ***Caminos de Santiago en España***
- ***Alojamientos rurales***
- ***Guía de playas de España***

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO




**También en el DVD:**

*974 Espacios Naturales Protegidos*
*152 Rutas Turísticas*
*97 Vías Verdes*

**actualizable vía web**

**Edición 48**
*PVP: 22,40 €*

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES



APBA

*El sistema Sampa despliega cuatro boyas para obtener mediciones, dos de ellas en aguas de la bahía de Algeciras.*

EL PROYECTO SAMPA, TRAS TRES AÑOS DE TRABAJO, YA ESTÁ EN MARCHA

# Alerta temprana para el Estrecho



Caballero

Begoña Olabarrieta

Los puertos de Bahía de Algeciras y Tarifa y la zona del estrecho de Gibraltar, una de las áreas con mayor intensidad de tráfico marítimo del planeta, disponen ya de un sofisticado sistema de medición, predicción y alerta de alta resolución que permite conocer con mayor exactitud y antelación las condiciones océano-meteorológicas de la zona, con objeto de prever temporales y minimizar riesgos de operación y navegación.

Tres años han hecho falta para diseñar y poner en marcha en el estrecho de Gibraltar el Sistema Autónomo de Medición, Predicción y Alerta (Sampa), un sofisticado modelo de monitorización que posibilita un mejor conocimiento de las condiciones de una de las zonas marítimas más singulares del mundo.

Con 1,2 M€ de presupuesto, el proyecto Sampa es hoy una realidad gracias al trabajo conjunto del Área de Medio Físico del Organismo Público Puertos del Estado, la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras –puerto piloto para la implantación del sistema– y el Grupo de Oceanografía Física de la Universidad de Málaga, que han contado con la colaboración de la Agencia Estatal de Meteorología, la Universidad de Cádiz y el Instituto Hidrográfico de la Marina.




Caballero

*El Sampa, desplegado en los puertos de Algeciras y Tarifa (arriba), aporta al usuario datos muy relevantes para las actividades portuarias.*

Se ha tratado, por tanto, de una labor coordinada que ha permitido dar un salto cualitativo con respecto a los mecanismos de estudio y seguimiento que se venían desarrollando hasta ahora.

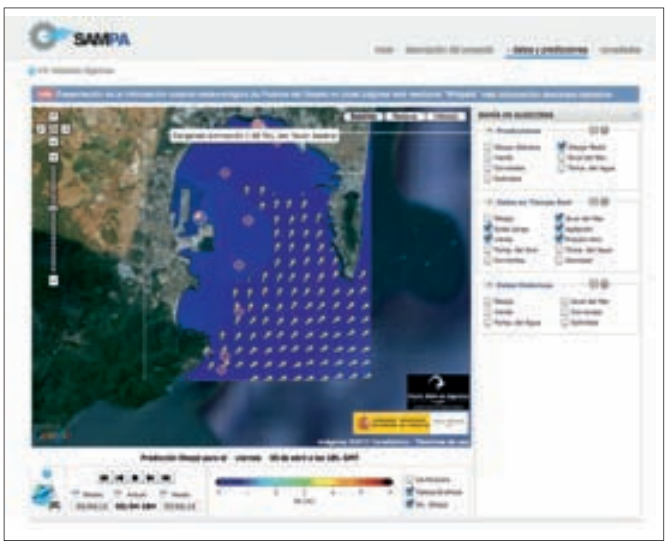
Básicamente, lo que posibilita el sistema Sampa es la puesta en marcha de un sistema de predicción de alta resolución, diseñado específicamente para su aplicación en la zona del Estrecho y en los puertos de Bahía de Algeciras y Tarifa, conectado a un sistema de alerta temprana que ofrece información más exacta, y con antelación, de las condiciones del viento, las corrientes, las olas y el nivel del mar.

Una aparente simplicidad que ha conllevado un complicado desarrollo, basado en altas tecnologías y en complejas mediciones. Todo ello para conseguir el mejor conocimiento del medio marino y atmosférico, algo esencial en la seguridad del tráfico marítimo y en las operaciones portuarias.

## Tres módulos principales

Para su funcionamiento el sistema Sampa tiene tres módulos principales: un sistema de medición permanente, otro de predicción basado en modelos numéricos y un último de alerta temprana que detecta y envía información a tres días vista sobre situaciones adversas. El sistema tiene múltiples utilidades para el sector marítimo-portuario y también para el ciudadano, ya que buena parte de los datos que reporta la monitorización de las variables es accesible en tiempo real a través de un portal web de libre acceso (http://sampa-apba.puertos.es/) y a través de una aplicación específica para dispositivos móviles denominada IMAR.

Además, frente a otros sistemas, Sampa incluye todos los forzamientos relevantes, incluidas las mareas, que, como




*Predicción de oleaje en la interfaz gráfica de Sampa.*

## IMAR: una *app* para móviles

El pasado 16 de marzo, la ministra de Fomento, Ana Pastor, presentó en el puerto de Algeciras el sistema Sampa, y junto a él una nueva aplicación que permite el acceso desde dispositivos móviles a la información océano-meteorológica generada por Puertos del Estado. Es IMAR, una *app* gratuita ya disponible para Android y iPhone que permite el acceso a los datos clave desde cualquier lugar, algo necesario ya que las actividades operacionales en los puertos exigen a menudo disponer de los datos a pie de dique. Esta aplicación viene a complementar el cuadro de mando ambiental de Sampa, al que se accede a través de Internet, y las alertas vía *e-mail* y SMS que se generan desde el propio sistema, enviando advertencias de forma inmediata a los distintos usuarios de la autoridad portuaria.



APBA

Despliegue en aguas de la bahía de Algeciras de un correntímetro perfilador (ADCP), destinado a medir las corrientes marinas.

explica José Carlos Sánchez Garrido, miembro del Grupo de Oceanografía Física de la Universidad de Málaga, «es un forzamiento que comúnmente no es considerado en modelos de oceanografía operacional similares por el alto coste computacional que supone resolverlas».

## Seguimiento de variables

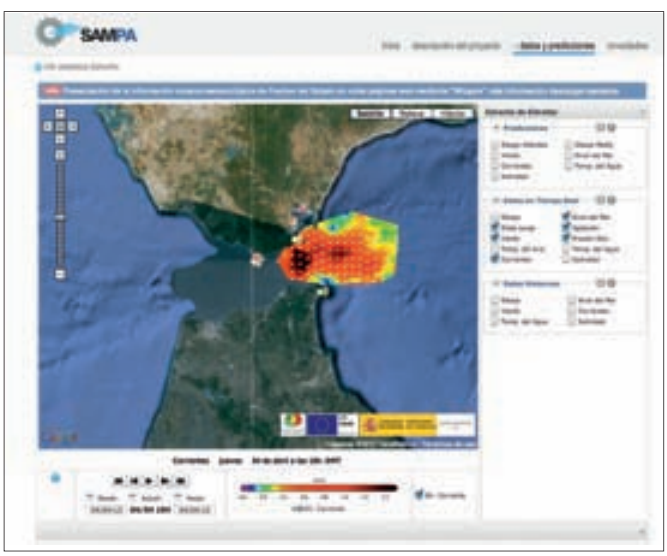
Uno de los objetivos perseguidos por el proyecto Sampa en su desarrollo fue disponer de una red de medida permanente en la zona de estudio para mejorar el conocimiento del medio, obteniendo registros temporales de larga duración para su análisis estadístico y monitorizando las variables en tiempo real.

Para ello se diseñó un sistema cuyos datos se integran en las redes de las que dispone el Organismo Público Puertos del Estado, que establece las mediciones a través del despliegue de una serie de elementos de obtención de la información. Boyas oceanográficas, estaciones del nivel del mar y meteorológicas y correntímetros aportan, en tiempo real, los datos sobre las condiciones del mar y la atmósfera necesarios para establecer las predicciones, además de ser utilizados en la calibración y validación de los modelos numéricos.

En total, Sampa cuenta con cuatro modelos de alta o muy alta resolución relativos a atmósfera, oleaje, corrientes, nivel del mar y apoyo contra la contaminación, que en su totalidad constituyen el sistema de modelados en 3D.

«Los modelos son básicamente una colección de algoritmos numéricos para resolver las ecuaciones que gobiernan el movimiento del fluido», explica Sánchez Garrido. Son operaciones complejas que requieren grandes equipos de supercomputerización para que puedan ser resueltas en periodos razonables de tiempo y que se resuelven en una serie de puntos, cuyo conjunto se denomina malla.

Esta es una de las grandes aportaciones de Sampa frente a otros sistemas anteriores, ya que la mayor exactitud de las predicciones descansa en una malla tridimensional de más de dos millones de puntos que cubren, además, el mar de Alborán y el golfo de Cádiz.




Mapa de corrientes en el estrecho de Gibraltar.

## Intercambio de datos

Cada uno de estos modelos numéricos está especializado en la representación de determinados agentes y, aunque son independientes, interaccionan entre sí ya que intercambian datos para mejorar sus predicciones.

Por ejemplo, el modelo usado para simular las condiciones de oleaje se servirá de los datos de viento que aportan los modelos atmosférico y de nivel del mar, al igual que el de las corrientes utilizará las aportaciones de los cambios en los vientos.

## Operando en un entorno complejo

Una de las particularidades del Sistema Autónomo de Medición, Predicción y Alerta (Sampa) «no sólo atañe al modelo en sí, sino al reto que supone modelar la compleja dinámica del Estrecho», comenta José Carlos Sánchez Garrido, miembro del Grupo de Oceanografía Física de la Universidad de Málaga.

Hay pocos lugares con una dinámica tan particular como la que se da en la frontera sur de España, en la que conectan las aguas del mar Mediterráneo con las del océano Atlántico, provocando fenómenos hidrodinámicos complejos derivados de las diferencias en la salinidad y temperatura entre estas dos cuencas.

A este factor se unen además las particulares condiciones atmosféricas y de oleaje, derivadas de la compleja topografía de la zona, que genera velocidades muy altas en los vientos, por los frentes que vienen de Atlántico y el Mediterráneo que crean oleajes cruzados superpuestos al generado por el viento local.

Todo ello hace del Estrecho una de las zonas del planeta más especiales desde el punto de vista océano-meteorológico. Un espacio gestionado desde la Autoridad Portuaria de Bahía de Algeciras, cuyo puerto registra un tráfico anual de mercancías superior a los 83 millones de mercancías, y una intensa circulación de buques que, según todas las previsiones, aumentará en los próximos años.

APBA



Además, en este sistema de modelado se ha usado la técnica de anidamiento, que consiste en la realización de una especie de *zoom* numérico que permite obtener resultados de mayor resolución en zonas de alto interés y de menor en otras, según sea necesario.

Así, a través de estos cuatro modelos se puede disponer de una predicción meteorológica local de calidad para predecir, entre otros, el oleaje específico de un área tan compleja como el Estrecho, que se ve influenciada por los frentes procedentes del Atlántico y el Mediterráneo. Una singularidad que también afecta a las características hidrodinámicas que se tuvieron en cuenta en el diseño del modelo de corrientes.




*Predicción de nivel (mapa de residuo meteorólogico).*

Para el modelo que informa sobre el nivel del mar se generaron dos tipos de predicción: una para ser empleada en los sistemas de alerta y otra para la operativa general de la Autoridad Portuaria de Bahía de Algeciras.

Por último, estos modelos numéricos implantados permiten analizar y predecir de manera continua toda clase de variables océano-meteorológicas en zonas portuarias y cercanas, lo que sirve para evaluar y minimizar el impacto que las actividades de los puertos pueda tener en el medio ambiente.

### Datos en tiempo real

Todo este entramado culmina en un sistema de alerta temprana que es posible gracias a los datos de medición aportados por los distintos instrumentos desplegados en la zona y a las predicciones de los modelos. Se generan así sistemas de alerta de peligros



APBA



APBA



*Los instrumentos de medición (derecha) son uno de los elementos del sistema Sampa, que ofrece información en tiempo real sobre las condiciones de navegación en el Estrecho.*

## Instrumentos de medición

El sistema de medición permanente de Sampa se consigue a través del despliegue de una serie de instrumentos en la zona:

✔ 2 boyas en la bahía de Algeciras, una en punta Carnero y otra en Campamento. Una de ellas es de mayor tamaño y complejidad que las que se suelen utilizar en la red costera.

✔ 3 estaciones meteorológicas en la bahía de Algeciras y 1 en Tarifa.

✔ 1 mareógrafo basado en tecnología radar en la bahía de Algeciras y 1 en Tarifa.

✔ 1 correntímetro perfilador (ADCP) que mide las corrientes en la columna de agua de la bahía de Algeciras.

potenciales para la gestión y la operatividad de la Autoridad Portuaria de Bahía de Algeciras y para las aguas que desde ella se gestionan.

Toda esta información se ofrece a través del denominado cuadro de mando ambiental, un sistema de visualización específico, en una interfaz gráfica disponible en Internet, simulando semáforos que indican los distintos niveles: naranja para las situaciones de amenaza y roja para las de peligro.

Estos indicadores, organizados por parámetros, alertan de situaciones de oleaje, viento o nivel del mar que superen los umbrales adecuados, del rebase de instalaciones portuarias, de oscilaciones rápidas de los niveles o de combinaciones adversas de los distintos parámetros del sistema de alerta temprana.

A esto se unen los mapas generados dinámicamente, que permiten visualizar las ubicaciones donde surgen las alertas.

Se trata, por consiguiente, de un complejo sistema que tiene su base de pruebas en los puertos de Algeciras y Tarifa, que aplica los últimos avances científicos en los campos de la investigación oceanográfica y atmosférica, y que gracias a la puesta en marcha de una nueva iniciativa denominada Samoa (Sistema de Apoyo Meteorológico y Oceanográfico de las Autoridades Portuarias) podrá ser implantado en un futuro en otras zonas costeras españolas. ■

INAUGURADA LA COCHERA-TALLER PARA MATERIAL HISTÓRICO FERROVIARIO DE MÓRA LA NOVA (TARRAGONA)

# Preservar el pasado

JAIME ARRUZ FOTOS: FEDERACIÓN PARA LA PRESERVACIÓN DEL PATRIMONIO FERROVIARIO INDUSTRIAL

El pasado 6 de marzo se inauguró la cochera y nave de mantenimiento del Centro de Interpretación del Ferrocarril de Móra la Nova (Tarragona), una instalación destinada a la restauración y estacionamiento de material histórico ferroviario preservado. El Ministerio de Fomento ha aportado fondos a la construcción de este nuevo edificio, que forma parte de un proyecto para un nuevo tren turístico por las tierras del Ebro.







Las nuevas instalaciones para la restauración y el estacionamiento de material histórico ferroviario están formadas por una nave de 3.520 metros cuadrados. En ella se han ubicado tres vías, recicladas del propio Centro de Interpretación del Ferrocarril, y una cuarta, de nueva construcción. Esta última, de 250 metros, incluye un foso de 75 metros de longitud dividido en tres partes: un foso simple, un foso *bajabogies* –estructura móvil para facilitar la sustitución de los *bogies* o ejes de un vehículo ferroviario– y un último tramo con la vía elevada sobre pilotes para la visita integral de los bajos de los trenes.





*Locomotoras de vapor 241F-2238 Bonita (arriba) y 141F-2316 Mikado, en la cochera de Móra la Nova. Izquierda, locomotora diésel 10820 con los antiguos colores de Renfe, denominada Ye-yé.*








Rubén Moreno

*De arriba abajo, las cuatro vías que conducen a la cochera, torre de enclavamiento y autoridades sobre un tren durante la inauguración.*

Las obras contaron con una inversión de 580.000 euros, aportados por el Ministerio de Fomento, los fondos Feder de la Unión Europea, la Generalitat de Cataluña, la Diputación de Tarragona, el Ayuntamiento de Móra la Nova y la Federación para la Preservación del Patrimonio Ferroviario Industrial (FPPFI), que reúne a aficionados a los ferrocarriles y vincula a cinco comarcas, dos ayuntamientos y la Cámara de Comercio de Reus (Tarragona).

La FPPFI gestiona el Centro de Interpretación y su director, Jordi Sasplugas, ha sido el encargado del diseño de la nueva cochera y nave de mantenimiento, como arquitecto municipal de Móra la Nova. Los voluntarios de la FPPFI fueron los responsables del montaje de la cuarta vía instalada en la nave, mientras que el resto de los trabajos los llevaron a cabo profesionales contratados por el Ayuntamiento de Móra la Nova, responsable de la ejecución del proyecto.

## Inauguración

Las nuevas instalaciones del Centro de Interpretación de Móra la Nova fueron inauguradas el pasado 6 de marzo en presencia del subsecretario del Ministerio de Fomento, Mario Garcés, y del presidente de la Generalitat de Cataluña, Artur Más, así como de otras autoridades regionales y locales entre las que estaban Jacques Daffis, vicepresidente de la Federación Europea de Museos y Ferrocarriles Turísticos (Fedecrail). Esta entidad agrupa a 616 ferrocarriles turísticos de 27 países europeos,



*La nueva cochera-taller es una nave de 3.250 m² de superficie donde se estacionan y rehabilitan los trenes históricos.*

que mueven 25 millones de turistas al año. La FPPFI es una de las tres entidades españolas miembro de Fedecrail, junto al Tren dels Llacs de Lleida y la Asociación Zaragozana de Amigos del Ferrocarril y Tranvías (Azaft).

Las obras de la cochera de Móra la Nova arrancaron en septiembre de 2011 y finalizaron un año después. Algunos de los trabajos necesarios para hacer realidad la nueva cochera y nave de mantenimiento fueron el soterramiento de una línea eléctrica de 700 metros de longitud o el dar forma a un conducto de drenaje bajo las vías para desviar el agua de lluvia hacia un barranco, alejado 300 metros. También fue necesario acometer una traída de aguas de la red de riegos para dar servicio al taller de la cochera.

En total, se empleó el hormigón de 250 camiones-hormigoneras, ya que fue necesario crear una losa continua en la que incluir tanto las vías como el suelo de trabajo practicable en toda la superficie. Las paredes de la nave disponen de unas capas prefabricadas de hormigón de 20 centímetros de espesor. La cubierta es de tipo *sándwich*. Además de asumir la instalación de la cuarta vía en el suelo de la nave, los aficionados de la FPPFI de Móra la Nova dotaron de electricidad a la nave mediante la instalación de las tomas de corriente y de fuerza y los puntos de luz en el techo. Asimismo, pusieron en marcha la red de aire comprimido.

Las nuevas dependencias del Centro de Interpretación del Ferrocarril de Móra la Nova han sido levantadas sobre una parcela de 9.900 metros cuadrados arrendada al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif), con derecho a edificación y por un periodo de 20 años. El convenio suscrito incluye la solicitud para crear una consigna que conecte las cuatro vías de la nave a la Red Ferroviaria de Interés General. El documento para aprobar este proyecto y poder ejecutarlo está pendiente de ser emitido por Adif.

> Voluntarios de la FPPFI han participado en la ejecución de obras auxiliares de la nueva cochera-taller de Móra la Nova

Todo el patrimonio ferroviario que acoge el Centro de Interpretación de Móra la Nova, tanto el material preservado como el que está en fase de restauración, se encuentra ya en las nuevas instalaciones. La única excepción es la locomotora *Memé*, que se custodia en la primera cochera-taller que tuvo la FPPFI en unas pequeñas naves situadas junto a la torre del enclavamiento del complejo.

Esta cochera y nave de mantenimiento será complementada próximamente con



una segunda fase que incluye la construcción de un módulo anexo a la nave, un edificio de servicios de 200 metros cuadrados y dos alturas destinado a vestuarios y almacén. Las obras, con un presupuesto de 105.000 euros, también las ejecutará el Ayuntamiento de Móra la Nova.

## Proyecto ambicioso

La cochera del Centro de Interpretación del Ferrocarril de Móra la Nova forma parte de una iniciativa ambiciosa y muy atractiva: el proyecto ferroturístico del Tren de las Tierras del Ebro, destinado a unir las Tierras del Ebro con la Costa Dorada. En paralelo, se convertiría la nueva nave en un centro de formación para personal de mantenimiento ferroviario, con un programa reglado con los itinerarios formativos de Formación Profesional.

Todo ello forma parte del proyecto global de creación del Centro de Interpretación del Ferrocarril de Móra la Nova, que se inició con la recuperación de la torre del enclavamiento original de la estación para transformarla en un museo. Junto a ella se ubicó, en unas pequeñas naves del antiguo depósito de la estación, el primer taller de preservación del material histórico ferroviario, que fue llegando desde diversas procedencias, en gran medida gracias a las cesiones de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles. También entró en funcionamiento una plataforma giratoria para facilitar la movilidad del material.

*Plataforma giratoria para facilitar la movilidad de los trenes. Debajo, locomotora de maniobras de la serie 301, conocida como Memé.*




El 22 de mayo del año 2010 se inauguró esa primera fase del Centro de Interpretación con la apertura al público de la restauración y musealización del edificio del enclavamiento, una torre de tres plantas y 180 metros cuadrados que, cuando entró en servicio en 1928, fue la primera de enclavamientos electro-mecánicos de Europa. Un hito que hoy perdura y se pone en valor gracias a todo el conjunto del Centro de Centro de Interpretación del Ferrocarril de Móra la Nova.■

Revista del Ministerio de

# Fomento







# TRENES HISTÓRICOS Y TURÍSTICOS EN ESPAÑA

*Monográfico julio-agosto 2012*











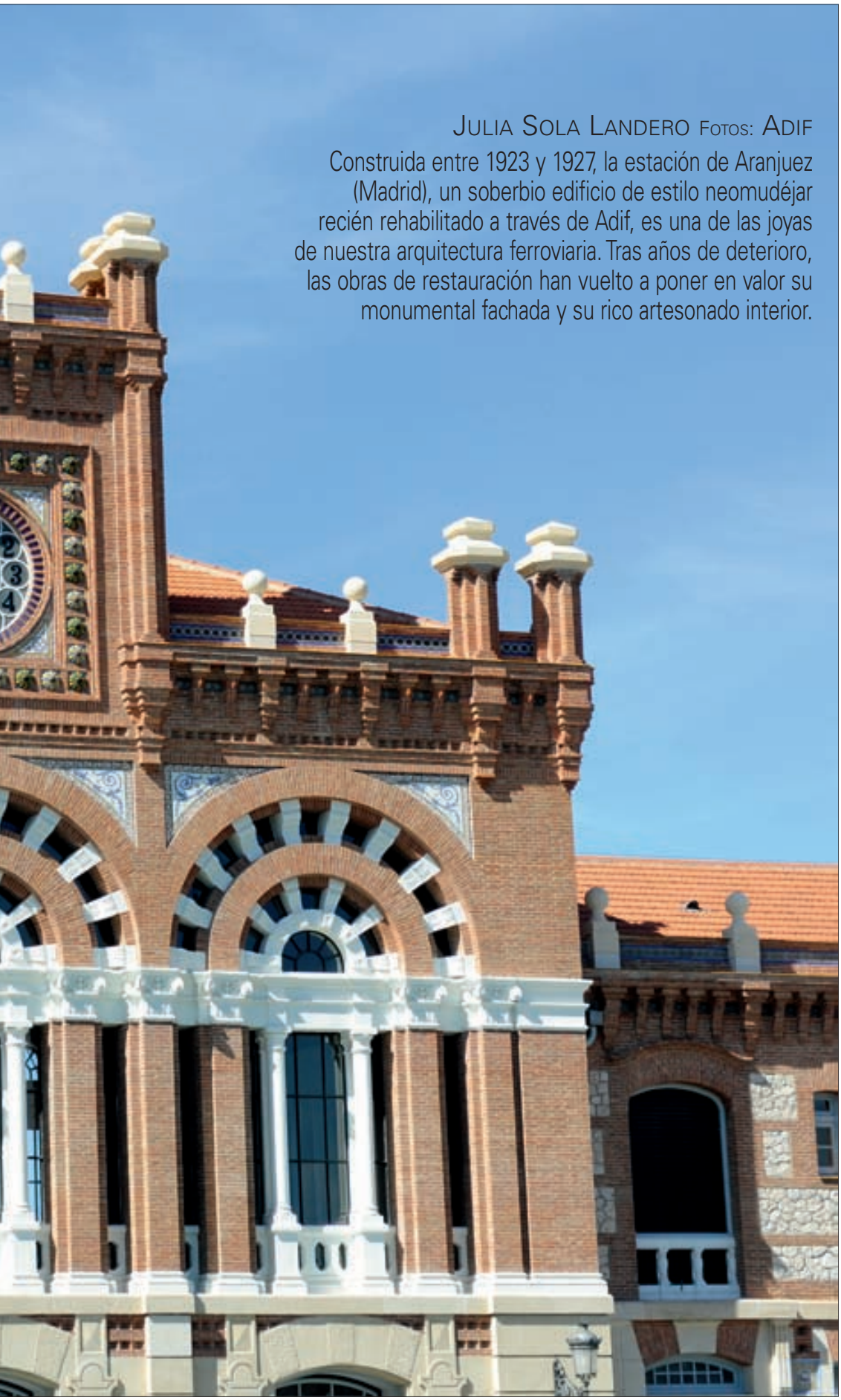
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

REHABILITACIÓN DE LA ESTACIÓN DE ARANJUEZ

# Una joya, de nuevo pulida





*La renovada fachada de la estación de Aranjuez, de estilo neomudéjar.*

JULIA SOLA LANDERO FOTOS: ADIF

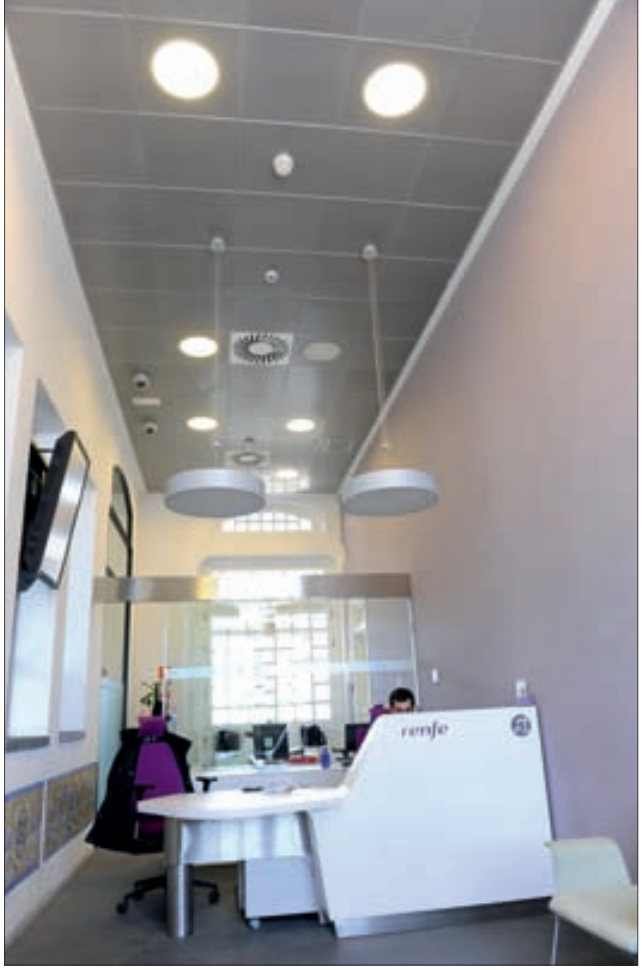
Construida entre 1923 y 1927, la estación de Aranjuez (Madrid), un soberbio edificio de estilo neomudéjar recién rehabilitado a través de Adif, es una de las joyas de nuestra arquitectura ferroviaria. Tras años de deterioro, las obras de restauración han vuelto a poner en valor su monumental fachada y su rico artesonado interior.

La actual estación no es el primer edificio ferroviario levantado en el Real Sitio. Para conocer sus antecedentes hay que remontarse al 9 de febrero de 1851, cuando llegó el primer tren a la flamante estación situada en las cercanías del Palacio Real, tras recorrer los 48 kilómetros que separan Madrid de Aranjuez. Aquel tren había salido a las 12 del mediodía desde la estación de Atocha, con la reina Isabel II a bordo, acompañada por las máximas autoridades civiles, eclesiásticas y militares del Estado, y por cientos de invitados. El convoy, engalanado con gallardetes, coronas y guirnaldas de flores, llegó una hora después a su destino, siendo recibido por bandas de música y una muchedumbre entusiasta.

El acontecimiento, todo un alarde de modernidad, causó gran sensación, porque el engalanado tren era el primero que circulaba por tierras madrileñas. Aquel primer tramo ferroviario, que luego seguiría trayecto hasta Alicante, era la segunda línea férrea de la península Ibérica, detrás la Barcelona-Mataró, inaugurada en 1848; y la tercera contando con el ferrocarril La Habana-Güines, en la Cuba española, abierta en 1837.

Al día siguiente del viaje inaugural, en una época en la que comenzaba a despegar la actividad ferroviaria en España, la línea se abrió al transporte de viajeros y mercancías. José María de Salamanca y Mayol, marqués de Salamanca, fue el promotor de aquel ferrocarril, que habría de llegar hasta Alicante, y que pretendía dar salida a través del Mediterráneo a las mercancías procedentes de Madrid, Aranjuez y Albacete.





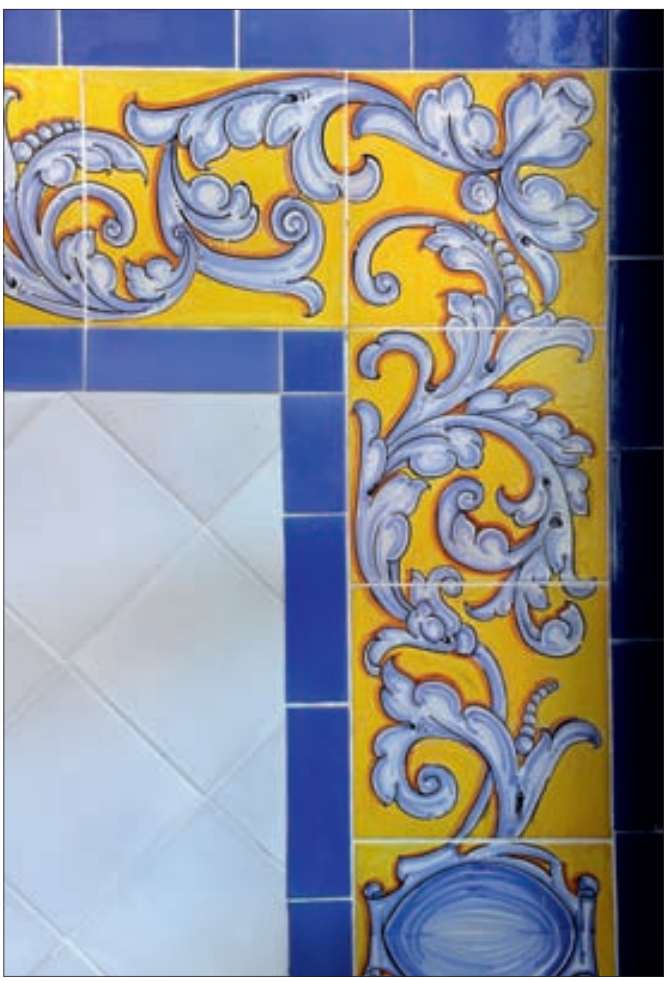



*Las máquinas expendedoras de billetes y la nueva zona de atención al cliente conviven con la rica azulejería original del vestíbulo.*

El afamado hombre de negocios intentó que el tren que acercaba Madrid a la corte de verano llegase hasta las mismas puertas del Palacio Real de Aranjuez, algo que no consintió el administrador del patrimonio por temor a que las obras pudieran dañar el edificio. De modo que aquella primera estación que recibió a la reina se erigió en 1848 frente a la plaza de Armas del Palacio Real y dispuso de un ramal exclusivo para la Corona, que llegaba hasta la puerta de Damas del palacio.

Una segunda edificación se levantó 35 años más tarde, en el sudoeste de la ciudad, para atender, siquiera de manera provisional, las ampliaciones de la línea, cada vez con mayor actividad, que pasaba por Tembleque, Alcázar de San Juan, Almansa y Albacete hasta Alicante, y que enlazaría con Andalucía, Levante y Cuenca.

La notable importancia que estaba adquiriendo el nudo ferroviario de Aranjuez hizo



que aquellas infraestructuras resultaran insuficientes y poco operativas. Para ello se planteó la construcción de una nueva estación que debería tener tantas vías y andenes como fueran necesarios para atender las crecientes necesidades de los viajeros.

## La nueva estación

Por fin, tras varios años estudiando el proyecto, entre 1923 y 1927 y en el límite oeste del núcleo urbano, se construyó el soberbio edificio de estilo neomudéjar que alberga desde entonces la estación actual y que acaba de ser rehabilitada. El proyecto, firmado por el arquitecto Narciso Clavería (autor también de las estaciones de Toledo y Algodor, construidas en el mismo estilo), vio subrayada su importancia con la visita, durante las obras, de los reyes de España, Alfonso XIII y Victoria Eugenia, y de Italia, Víctor Manuel III y Elena de Montenegro.





*La rehabilitación ha renovado el aspecto interior y exterior de la estación de Aranjuez, construida hace casi 90 años.*

El edificio, realizado en fábrica de ladrillo con doble planta y con cerca de 80 metros de longitud y 12 de anchura, está formado por una nave rectangular y alargada, con un cuerpo central elevado que alberga la entrada principal, y un altísimo y luminoso vestíbulo artesonado del que cuelgan cinco lámparas anulares de hierro forjado.

La composición es la misma en ambas fachadas, coronadas por una cornisa con dentículos, excepto el motivo central que preside la fachada orientada al patio de viajeros: el hastial que acoge un reloj sobre tres arcos animados con parteluces y una serie alternativa de claves huecas y macizas que dejan pasar abundante luz al vestíbulo central. A ambos lados del cuerpo central se levantan dos naves más bajas, con dos pabellones en los extremos que se elevan sobre éstas para subrayar las fachadas laterales. Y todo, rodeado con azulejos decorativos y con un zócalo de piedra que recorre la planta baja.

Al margen del edificio, la estación cuenta con tres andenes protegidos por sendas marquesinas sostenidas por columnas de hierro, y cada uno de ellos cuenta con dos entradas enrejadas por las que se accede a un paso inferior por el que los viajeros pueden cambiar de andén.

## Deterioro

La imponente estación, además del deterioro debido al riguroso paso del tiempo, sufrió bombardeos durante la Guerra Civil que afectaron a la marquesina y a la cubierta. En aquellos años, el paso inferior fue habilitado como refugio antiaéreo a base de una gruesa carga de tierra, muros de ladrillo y una losa de hormigón, que durante décadas ocultaron unos primorosos mosaicos obra del artista italiano Mario Maragliano –que también adornan el vestíbulo principal de la estación–, y que fueron descubiertos durante unas obras de rehabilitación realizadas en 1990.

Los años sumaron achaques al longevo edificio: humedades, grietas, cubiertas deterioradas y suciedad acumulada en todos sus resquicios. Esta situación llevó al Ministerio



La fachada de la estación ha sido sometida a una limpieza en seco y se han recuperado o sustituido los elementos en mal estado.

de Fomento a proyectar una rehabilitación integral realizada a través de los fondos del 1% Cultural, programa dirigido a trabajos de enriquecimiento y conservación del patrimonio cultural español.

## La rehabilitación

Las obras, promovidas y ejecutadas por Adif a través de sus Direcciones de Estaciones y Patrimonio, se han desarrollado entre abril de 2011 y las primeras semanas de 2013, con una inversión de 2.047.326 euros. Con ellas se ha afianzado la estructura vertical de los cuerpos que componen el edificio, se han saneado las cubiertas eliminando el óxido y protegiendo de nuevo las superficies, e instalado nuevos faldones en las cubiertas a base de acero galvanizado en la estructura principal y laterales, y un aislamiento mediante planchas de zinc y plomo. Las tejas que se encontraban en buenas condiciones han sido reutilizadas para vestir estos faldones de las alas laterales, que terminan en unos nuevos canalones de zinc ocultos detrás de los petos, que también han sido renovados en piedra natural.

La fachada se ha limpiado en seco utilizando un sistema de microproyección a baja presión que ha conseguido eliminar pinturas existentes sobre la piedra, además de fijar o retirar elementos que habrían podido desprenderse. En las cornisas, impostas o remates se han recuperado los que se encontraban en mal estado y se han repuesto los que faltaban mediante su construcción a base de piedra natural. Superficies, entablamentos, ménsulas y decoraciones en el arco del cuerpo central han sido recuperados, al igual que los pináculos que rematan los hastiales.



Detalle de la azulejería de la estación de Aranjuez.

Otros elementos que han sido recuperados y han dotado al edificio de mayor seguridad son las impostas, cornisas y suelos de los balcones, que se han recubierto de una lámina de plomo que favorece la evacuación del agua y los daños producidos por la escorrentía de aguas.

En el cielorraso del imponente vestíbulo de la estación se ha restaurado la decoración de la capa pictórica, un trabajo en el que ha sido necesaria la consolidación y reposición. Además, se han limpiado y recuperado sus grandes lámparas de hierro. En esta nave también se han saneado los paramentos mediante microproyección y se han aplicado morteros de restauración en capiteles, entablamentos, pilastras y otros elementos decorativos.



Los nuevos acabados conviven con la recuperación de pavimentos originales y la rica azulejería de la fábrica sevillana Mensaque Rodríguez, como la que se ha conservado en los zócalos y frisos de la cafetería, el contiguo comedor y la antigua sala de espera de primera clase. También se han recuperado numerosas puertas con hojas de grandes cuarterones y un fijo superior acristalado.

Todas las instalaciones de servicios han sido renovadas: sistema eléctrico, fontanería, instalación de paneles solares para la producción de agua caliente, climatización, megafonía, cuartos técnicos e instalación contra incendios y nuevos aseos con instalaciones funcionales y accesibles a personas con discapacidad.

Y para ganar comodidad, las antiguas taquillas, que daban servicio a través de los tres huecos centrales del vestíbulo, situados en el lado norte, han sido sustituidas por una zona de atención al cliente. ■

*En el altísimo vestíbulo se han saneado los paramentos y se han restaurado los elementos decorativos, incluidas sus grandes lámparas de hierro.*

## Línea Aranjuez-Alicante

La primera idea de establecer un ferrocarril en la capital, concretamente la línea Madrid-Aranjuez para unir las dos residencias reales, surgió en 1829 de la mano del alcalde de Madrid, Joaquín Vizcaíno –marqués de Pontejos–, pero la iniciativa fracasó por el escaso impulso económico que tenían los proyectos ferroviarios.

Casi 15 años más tarde la idea se plasmó en un proyecto firmado por el ingeniero Pedro de Lara y Meliá para la compañía Ferroviaria de Caminos de Hierro de María Cristina, que obtuvo la licencia para construir la línea férrea el 6 de abril de 1845. Once meses después comenzaron las obras, que, tras varios contratiempos, fueron retomadas por el marqués de Salamanca hasta su inauguración el 9 de febrero de 1951.

Pero el proyecto del marqués de Salamanca iba más lejos. A esas alturas del siglo, el conocido hombre de negocios sabía que el futuro pasaba por el ferrocarril; para constatarlo sólo hacía falta mirar los beneficios de los ferrocarriles ingleses o franceses. De modo que el 21 de junio de 1851 solicitó una concesión para ampliar la línea hasta Almansa (Albacete), que le fue otorgada.

Un año después, el marqués de Rioflorido obtuvo la concesión del tramo que se prolongaría hasta Alicante, ciudad con uno de los puertos más activos de España pero que realizaba el transporte de mercancías con la capital mediante carruajes por penosos caminos. Finalmente, en 1857, el ferrocarril llegó hasta Almansa, y un año después se inauguró todo el tramo Madrid-Alicante.

Paralelamente a la ampliación de la línea, en 1956 nació una de las dos grandes empresas ferroviarias españolas: la Compañía de los Ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y Alicante (MZA), que explotaría 3.670 kilómetros de líneas férreas. La compañía se adjudicó la explotación de las líneas Madrid-Zaragoza y Madrid-Alicante, de la que se hizo cargo hasta 1941, cuando fue integrada en la recién creada Renfe.

Al margen del servicio ferroviario habitual, desde hace años la línea rememora los primeros viajes que inauguraron su recorrido, abriendo durante los meses de primavera, y los fines de semana y festivos de otoño, el servicio turístico del Tren de la Fresa: una locomotora de vapor Mikado y vagones de madera que recorren el trayecto Madrid-Aranjuez recreando su original ambiente decimonónico.



EL PUERTO DE ALICANTE REDUCE SU CONSUMO ENERGÉTICO GRACIAS A SU PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

# Un ahorro contundente



Beatriz Rodríguez López
Fotos: Autoridad Portuaria de Alicante

La Autoridad Portuaria de Alicante ha acumulado desde 2010 un ahorro de su consumo energético propio del 63% gracias al Plan de Eficiencia Energética, que le ha permitido reducir 2.409 toneladas en emisiones de $CO_2$ y sus costes derivados, sin alterar la calidad del servicio. El objetivo del Plan, con vigencia hasta 2014, es gestionar de manera eficiente el consumo eléctrico y alcanzar un ahorro energético de entre el 20 y el 40%

El puerto de Alicante se está configurando como un nuevo escenario de eficiencia energética gracias al ahorro en consumo eléctrico propio que ha conseguido desde el año 2010. Si en 2009 las instalaciones portuarias generaron un consumo de 5,1 GWh, en 2012 apenas fue de 1,8 GWh. Esto se traduce en un ahorro energético propio acumulado del 63%, cifra que la Autoridad Portuaria de Alicante valora en 386.000 euros.

El responsable de este hito es el Plan de Eficiencia Energética, cuya aplicación ha permitido alcanzar el mencionado ahorro manteniendo la calidad del servicio. Su objetivo es doble: por un lado, lograr una gestión eficiente del consumo eléctrico y, por otro, alcanzar un ahorro energético de entre el 20 y el 40%, cumpliendo así con la directiva europea 2006/32/CE.

El Plan de Eficiencia Energética deriva de la política medioambiental contemplada desde febrero de 2009 en el Plan de Integración Urbana de la Autoridad Portuaria de Alicante. Se articuló tras la realización de una auditoría energética destinada a conocer la curva de consumo y la demanda energética del puerto. Tras identificar y evaluar los factores que inciden en el consumo energético, se ordenaron las posibilidades de ahorro de energía disponibles, en función de su rentabilidad, y se trazaron las líneas de actuación, cuyos objetivos han incidido en la optimización de la factura eléctrica y en la implementación de tecnologías de ahorro y control del consumo.

Desde su puesta en marcha en el primer trimestre de 2010, se han llevado a cabo distintas actuaciones destinadas a reducir el consumo energético portuario, con una inversión global de 257.000 euros hasta 2012, de los cuales



55.000 fueron subvenciones de la Agencia Valenciana de la Energía (AVEN).

En 2010, primer año de vigencia del Plan, en el capítulo de tecnologías de ahorro y control del consumo, se instalaron en el puerto más de 300 tubos LED, 250 lámparas de bajo consumo y detectores de presencia, además de 150 balastros electrónicos reguladores, cinco equipos reductores de flujo para luminarias en viales, siete cuadros de mando y control de alumbrados y ocho contadores analizadores de energía.

Buena parte de las inversiones se desembolsaron en 2011, mientras que en 2012 se llevaron a cabo actuaciones por importe de 97.184 euros. Entre las medidas de ahorro implementadas en 2012 figura dos principales. En febrero se instaló un sistema de control para ahorro energético en el alumbrado de las explanadas de los muelles 13, 15 y 17 del puerto, que permitió una gestión eficiente del nivel de alumbrado de las 12 torres de 30 metros, en función de la actividad desarrollada en estos muelles. Y en diciembre se sustituyó el sistema de alumbrado en diferentes viales de las instalaciones portuarias, una actuación sobre 287 puntos de luz traducida en una considerable reducción del consumo eléctrico sin alterar la calidad del servicio.

El balance del Plan, al término del pasado ejercicio, constató que las medidas implementadas hasta entonces habían supuesto un ahorro energético del 26% durante 2011 y del 37% a lo largo de 2012, completando un acumulado del 63% en esos dos años. Para la Autoridad Portuaria, los resultados del Plan de Eficiencia Energética son óptimos.

Tras la puesta en marcha del Plan, que tendrá vigencia hasta el año 2014, la política ambiental del puerto de Alicante ha sido distinguida con la inclusión de la Autoridad Portuaria de Alicante en el Club Empresa Verde de Coepa (Confederación Empresarial de la Provincia de Alicante), reconocimiento que sólo reciben empresas respetuosas con su entorno y que, por su actividad, tienen un mayor potencial contaminante.



*Dos imágenes de los muelles y las explanadas del puerto de Alicante iluminados.*

**LAS CIFRAS DEL PLAN**

| | |
|---|---|
| Energía consumida en 2009 | 5,1 GWh |
| Energía consumida en 2012 | 1,8 GWh |
| Ahorro energético desde 2010 | 63% |
| Inversión | 257.000 euros |
| Subvenciones (AVEN) | 55.000 euros |
| Valoración del ahorro | 386.000 euros |
| Emisiones $CO_2$ evitadas a la atmósfera | 2.409 toneladas |

## Sostenibilidad

En el marco de las iniciativas amigables con el medio ambiente llevadas a cabo por el puerto, recientemente se celebraron unas jornadas sobre sostenibilidad, dirigidas a las empresas portuarias, logísticas y de transporte marítimo de la comunidad portuaria alicantina. En este encuentro se presentó el Plan Ambiental del Puerto de Alicante 2012-2015, actualmente en desarrollo, que establece las futuras actuaciones en materia de sostenibilidad para mejorar la eficacia y la integración con el entorno urbano.

También se abordó en esa ocasión la marcha del Plan de Integración Urbana (PIU) del puerto, en funcionamiento desde 2009, que garantiza el respeto al medio ambiente mediante el programa "Un puerto limpio". El PIU, que evalúa los riesgos existentes, implanta actuaciones correctoras en las actividades portuarias y establece medidas para convertir el puerto en un referente de integración con la ciudad.

Además, en esas jornadas se presentaron todas las medidas en materia de sostenibilidad y medioambientales que actualmente ya se aplican en el puerto de Alicante, entre ellas la limpieza de viales y zonas de servicio, controles de calidad de las aguas, gestión de residuos y buena calidad del aire. Se han implantado igualmente medidas correctoras, como filtros, barreras cortavientos, atomizadores de agua, barreras vegetales, reducción de $CO_2$, sistemas lavarruedas o sistemas de alerta por vientos. ■



# Control System Seasa

## SISTEMAS DE SEGURIDAD

**Más de 25 años instalando y manteniendo en España y en el extranjero sistemas de seguridad en edificios con proyectos llave en mano**

Pero también protegemos plataformas petrolíferas, plantas de energía solar y eólica, plantas industriales, naves de almacenaje…

Y todo aquello que requiera el servicio de especialistas en sistemas de seguridad integral

**Control System Seasa**
Virgen de Lourdes, 4
28027 Madrid (España)
Tel.: 91 326 70 66
css@controlsystemseasa.com
www.controlsystemseasa.com

Registrada y autorizada por la Dirección General de Seguridad con el nº 2329

Autorizada por la Dirección General de Industria como Instalador con el nº IPCI 270

Autorizada por la Dirección General de Industria como Mantenedor con el nº MPCI 267

Registrada en la Dirección General de Armamento y Material del Ministerio de Defensa con el nº 5362



ferrovial
agroman

## FERROVIAL AGROMÁN CON LA L.A.V. VALLADOLID-BURGOS

Llevamos años abriendo nuevas vías de futuro, como el AVE de Valladolid a Burgos, en el cual Ferrovial Agromán ha participado con la ejecución de los tramos: Cabezón de Pisuerga-San Martín de Valvení, Nudo de Venta de Baños y Conexiones Valladolid-Burgos y León-Palencia-Burgos. Porque creemos en conectar lugares y personas, porque avanzamos hacia el progreso.







Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:

**www.fomento.gob.es**

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

Título de la obra: ***Revista del Ministerio de Fomento, nº 627, Abril 2013***

Año de edición: ***Mayo 2013***

Edición digital:
1ªedición electrónica: ***Octubre 2013***
Formato: ***PDF***
Tamaño: ***10 MB***

NIPO: 161-13-004-6
I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA incluido): 1,50 €

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

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARIA GENERAL TÉCNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Revista del Ministerio de
Fomento

Mayo 2013 ● Nº 628 ● 3 €



# Estructuras singulares en el eje de alta velocidad Vitoria-Bilbao

● El aeropuerto de Gran Canaria gana capacidad ● El ferrocarril europeo en el horizonte de 2050 ● Eficiencia energética en Madrid-Barajas

# Soluciones de desbroce EMSA para conservación vial y forestal










DIRECCIÓN COMERCIAL / TÉCNICA
Crta. de la Marañosa Km. 0,8 • A-4 Salida Km. 20 • 28320 Pinto (MADRID)
tel. 91 307 81 33 - fax 91 357 47 62 - www.emsa-machinery.net

El camino más firme

Revista del Ministerio de Fomento

# En este número

MAYO 2013
Nº 628




**Estructuras singulares en el eje de alta velocidad Vitoria-Bilbao**

● El aeropuerto de Gran Canaria gana capacidad ● El ferrocarril europeo en el horizonte de 2050 ● Eficiencia energética en Madrid-Barajas




## FERROCARRIL

**4. La hora de la ingeniería.** *Estructuras singulares en el eje Vitoria-Bilbao de la Y vasca de alta velocidad.*

## AEROPUERTOS

**16. Nueva capacidad.** *Concluida la primera fase de la ampliación del aeropuerto de Gran Canaria.*

## INGENIERÍA

**24. Un paso sobre el Danubio.** *Finaliza la construcción del puente Vidin-Calafat..*

## AEROPUERTOS

**30. Un ahorro que vale por dos.** *Plan de Eficiencia Energética del aeropuerto de Madrid-Barajas.*









## Y además...

**34. Más lugares, más asequibles.** *Nuevos itinerarios y ofertas de los trenes turísticos de Renfe.*

**38. Una alternativa al queroseno.** *Programa Itaka para el desarrollo de biocombustibles para aviación.*

**42. El inicio de una red.** *150 años del ferrocarril en Bizkaia.*

**48. El futuro pasa por el ferrocarril.** *Estrategias para convertir el ferrocarril en el eje del espacio único europeo del transporte en el año 2050.*

**54. Singularidades de un récord.** *Presa romana de Consuegra.*

**60. Breves.**


**Director de la Revista:** Antonio Recuero

**Edición:** Javier R. Ventosa. **Maquetación:** J. A. Laiz/Aurelio García **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Fotografía:** José Caballero. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti. **Portada:** Obras Subterráneas (OSSA).
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
**Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos)
**Colaboran en este número:** Jesús Ávila Granados, Jaime Arruz, Pepa Martín, Begoña Olabarrieta y Julia Sola Landero.
**Comité de redacción: Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín *(Subsecretario de Fomento).* **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez *(Secretario General Técnico).* **Vocales:**, María García Capa *(Directora del Gabinete de Prensa),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Eloísa Contín Trillo-Figueroa *(Jefa del Gabinete del Subsecretario),* Juan Antonio López Aragón *(Director del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Pedro Guillén Marina *(Director del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director de la Revista).*
**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O'Donnell, 18, 5º H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPO: 161-13-005-1

**Edita:**
Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.

# 2013

# Mapa Oficial de Carreteras®

## ESPAÑA

**Incluye:**

- *Cartografía (E. 1:300.000 y 1:1.000.000)*
- *DVD interactivo (Windows XP, Vista y 7)*
- *Caminos de Santiago en España*
- *Alojamientos rurales*
- *Guía de playas de España*

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO




**También en el DVD:**

*974 Espacios Naturales Protegidos*
*152 Rutas Turísticas*
*97 Vías Verdes*

**actualizable vía web**

**Edición 48**
*PVP: 22,40 €*

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA | CENTRO DE PUBLICACIONES

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

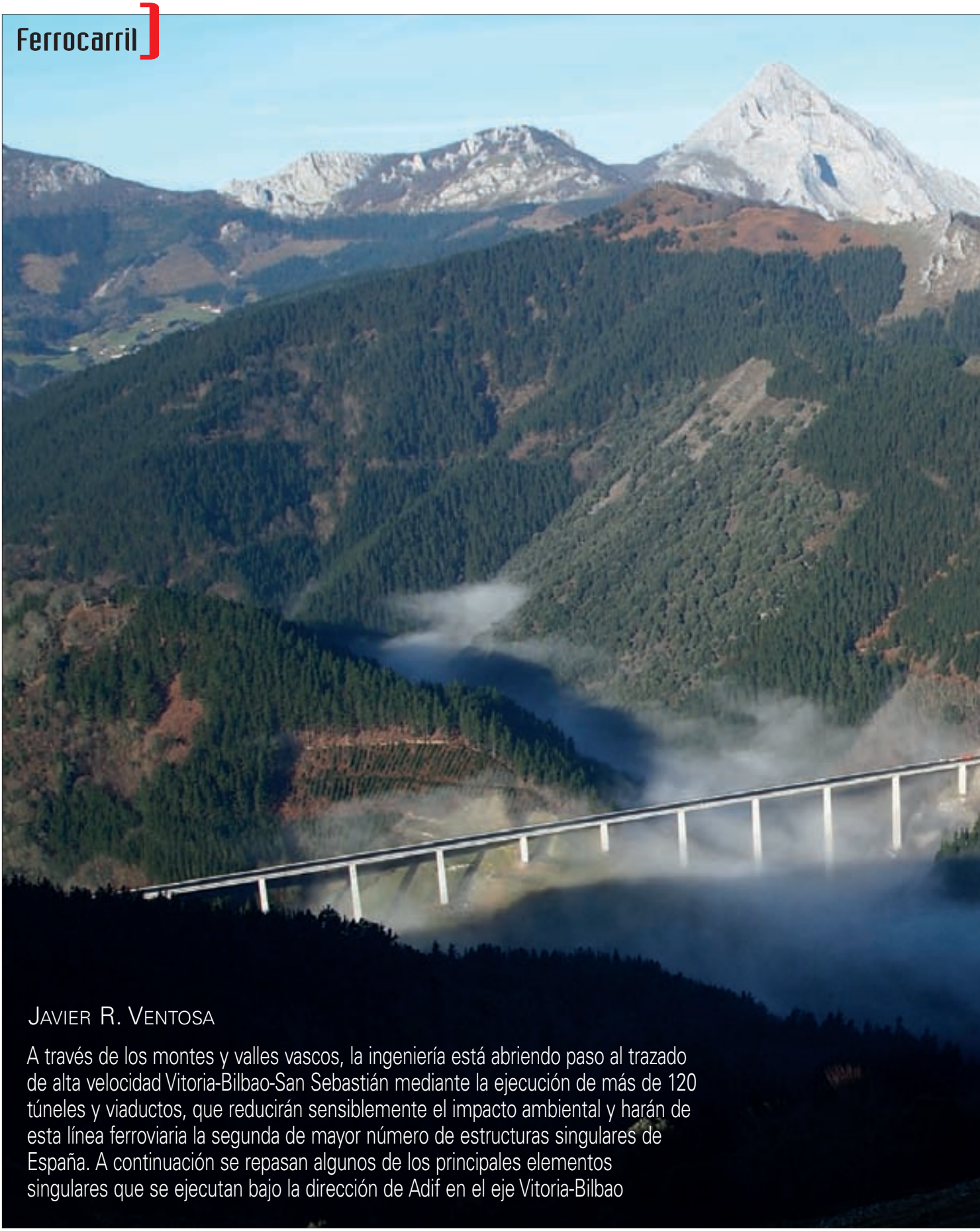
# Centro virtual de publicaciones

Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales




SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

www.fomento.gob.es



JAVIER R. VENTOSA

A través de los montes y valles vascos, la ingeniería está abriendo paso al trazado de alta velocidad Vitoria-Bilbao-San Sebastián mediante la ejecución de más de 120 túneles y viaductos, que reducirán sensiblemente el impacto ambiental y harán de esta línea ferroviaria la segunda de mayor número de estructuras singulares de España. A continuación se repasan algunos de los principales elementos singulares que se ejecutan bajo la dirección de Adif en el eje Vitoria-Bilbao

*Viaductos sobre la A-2620 y de Echeverri, a ambos lados del túnel de Achetarri, en el tramo Aramaio-Mondragón.*



Sacyr

ESTRUCTURAS SINGULARES
EN EL EJE DE ALTA VELOCIDAD
VITORIA-BILBAO

# La hora de la ingeniería



Obras Subterráneas (OSSA)

*Ejecución del viaducto de Gabaundi, con tres tableros, en el tramo Mondragón-Elorrio.*

Por su magnitud, su extensión territorial y su volumen de inversión, la línea de alta velocidad Vitoria-Bilbao-San Sebastián-frontera francesa, la denominada Y vasca, es la mayor obra de ingeniería civil construida en el País Vasco. Esta infraestructura conectará las tres capitales vascas entre sí y propiciará el segundo enlace en alta velocidad con Francia mediante un nuevo trazado en forma de Y a través de las tres provincias vascas, que actualmente ejecutan Adif en Álava y Bizkaia y el gestor de infraestructuras vasco (con cargo al Cupo vasco) en Gipuzkoa.

En la construcción de este nuevo trazado ferroviario, que atraviesa la difícil orografía vasca y discurre por parajes de gran valor natural, el respeto por el medio ambiente es un factor de primer orden. Prueba de ello es que más del 60% del recorrido será invisible al proyectarse en túnel, la solución que menos afección causa al entorno. Otro 10% discurrirá sobre viaductos y el resto lo hará en superficie. Los más de 120 túneles y viaductos que incluye harán de la Y vasca la segunda línea de alta velocidad española con mayor número de estructuras singulares, tras la línea Madrid-Galicia.

## Eje Vitoria-Bilbao

El eje Vitoria-Bilbao, encomendado por el Ministerio de Fomento a Adif, fue el primero de los dos ramales en arrancar. Sus 90,3 kilómetros se dividieron para la obra de plataforma en 20 tramos. Cinco de ellos están ya finalizados (Arrazua/Ubarrundia-Legutiano I y II, Aramaio-Mondragón, Mondragón-Elorrio y Abadiño-Durango), nueve se encuentran en ejecución (Legutiano-Escoriatza I y II, Escoriatza-Aramaio, Elorrio-Atxondo, Durango-Amorebieta/Etxano, Amorebieta/Etxano-Amorebieta/Etxano, Amorebieta/Etxano-Lemoa, Lemoa-Galdakao y Galdakao-Basauri), uno se iniciará en breve (Atxondo-Abadiño) y dos más están en fase de estudio (accesos a Vitoria y Bilbao). Este año, además, se licitarán los tres tramos del nudo de Bergara, que no son necesarios para activar la relación Vitoria-Bilbao. En total, dos tercios del eje tienen la plataforma acabada (19,1 km) o en obras (39,3 km) y el resto en estudio (31,9 km)

En este recorrido, que atraviesa en su parte inicial los Montes Vascos, se han proyectado un total de 23 túneles y 51 túneles artificiales, que suman 32.359 metros, lo que hará que el 52% del trazado



Adif

*Inicio de la excavación del túnel de Aduna.*



Obras Subterráneas (OSSA)

*Revestimiento del túnel de Udalaitz, segundo más largo del eje Vitoria-Bilbao, en el tramo Mondragón-Elorrio.*

en obras discurra bajo tierra. Este porcentaje de soterramiento, no obstante, es inferior al proyectado en el ramal guipuzcoano. También se están construyendo 43 viaductos y puentes, con una longitud total conjunta de 10.848 metros, lo que supone el 17% del trazado en obras entre Vitoria y Bilbao. Casi el 70% del trazado en ejecución, por tanto, discurre por estructuras singulares.

## Los túneles

El trazado entre Vitoria y Bilbao (excluidos los accesos a ambas ciudades) contempla la ejecución de 32,3 kilómetros de línea soterrada (sin incluir las galerías de evacuación), repartidos entre túneles –que suman 29.212 metros– y falsos túneles –3.146 metros–. De los 23 túneles proyectados solo uno tiene una longitud cercana a 5.000 metros (Albertia), seis miden más de 1.000 metros y los 19 restantes son menores de 1.000 metros. Actualmente están en distintos grados de avance, con una decena ya finalizados.

El diseño y ejecución de los túneles se lleva a cabo de acuerdo a criterios de Adif, que responden tanto al estado de la técnica como a la experiencia acumulada. Así, en cuanto al diseño, los túneles se ejecutan con una sección libre de 85 m$^2$ para los 22 monotubo (apta para dos vías de ancho UIC) y de 52 m$^2$ para el único bitubo (con capacidad para una sola vía en cada uno). La pendiente mínima aceptable es del 0,5% y la máxima para viajeros, del 2,5%, mientras que los radios deben ser lo más amplios posible. Los subterráneos, además, deben evitar puntos bajos de acumulación de agua.

En el apartado de seguridad, en los túneles se ejecutan salidas o galerías de evacuación al exterior si la longitud

> El ramal Vitoria-Bilbao discurre en un 52% del trazado por túneles y en un 17% sobre viaductos y puentes

## Trazado bajo tierra en Gipuzkoa

Si el eje que ejecuta Adif en Álava y Bizkaia es pródigo en trazado soterrado, aún lo es más el que el gestor de infraestructuras vasco ETS construye en Gipuzkoa: el 66% discurrirá en túnel, un 10% sobre viaductos y el 24% restante en superficie. De momento, en la parte del eje en fase de plataforma, comprendida entre Bergara y Astigarraga (59,1 kilómetros, todos en ejecución), se construyen 25 túneles y 11 falsos túneles, que totalizan una longitud conjunta de 48,1 kilómetros (79% del trazado). Los más destacados son el bitubo de Zumárraga (5.308 y 5.291 metros) y los de doble vía de Aduna (4.719 metros) y Kortatxo Sakon (3.706 metros). Por otro lado, en este eje se ejecutan 31 viaductos y puentes, que suman 8.856 metros (15% del trazado). Los más relevantes por su longitud son el de Hernani (1.025 metros, con el vano central atirantado) y los que salvan los ríos Deva (900 metros) y Urumea (801 metros).



Obras Subterráneas (OSSA)

*Todos los túneles de la Y vasca se ejecutan según el nuevo método austriaco. En la imagen, excavación en avance del túnel de Udalaitz.*

del subterráneo es mayor de 1.000 metros y galerías transversales de conexión al otro tubo en el caso del único bitubo (Albertia). En el capítulo de protección frente al fuego, se debe garantizar la estructura de hormigón interior y la estabilidad de los materiales durante un tiempo determinado. Asimismo, se contemplan distintas medidas para el suministro de agua al interior en función de la longitud del subterráneo. La ventilación, por último, es objeto de estudio en cada caso.

El proceso constructivo, condicionado por los terrenos a excavar y por la longitud de la estructura, también es análogo en los 23 túneles. Todos ellos se construyen en mina y con medios convencionales (voladuras controladas y medios mecánicos), siguiendo el sistema del nuevo método austriaco en tres fases: avance (excavación de la zona superior de la sección), destroza (excavación de la zona inferior hasta completar la sección) –aplicando los sostenimientos necesarios según cada caso– y ejecución de la contrabóveda de hormigón. Luego se procede a la impermeabilización (una lámina de geotextil, otra de PVC y un tubo para el drenaje principal) y al revestimiento (un anillo de hormigón encofrado en todo el perímetro) que generará la sección definitiva, como paso previo para otros trabajos de obra civil.

## El túnel de Albertia

Este subterráneo que discurre bajo el macizo de Albertia y el cerro Maroto, con una cobertera máxima de 350 metros, es el más singular del ramal por varias razones. Por un lado, su longitud (4.875 metros en la vía izquierda y 4.865 metros en la derecha) lo convierte en el túnel más largo entre Vitoria y Bilbao y en el segundo de la Y vasca tras el de Zumárraga (5.308 y 5.291 metros). Por otro, se trata del único bitubo del ramal, con dos tubos paralelos de 57 m$^2$ de sección libre separados 25-30 metros entre sí. Además, su construcción abarca dos tramos consecutivos, Legutiano-Escoriatza I y II, en cada uno de los cuales se ha ejecutado la mitad de los dos tubos (2.769 metros en la vía izquierda y 2.768 en la derecha para el tramo I, y 2.106 metros en la vía izquierda y 2.097 metros en la derecha para el tramo II).

La excavación se inició desde ambos frentes en abril de 2009 por medios convencionales. El avance de la perforación se realizó en condiciones geotécnicas desfavorables, debido a la presencia de facies sulfatadas (anhidritas y yesos que al hidratarse producen el hinchamiento de las paredes, lo que incrementa la presión sobre el sostenimiento del túnel) y a procesos de fluencia, dos problemas solventados mediante una solución rígida



Adif



Adif

*Vertedero del túnel de Zarimutz, durante la obra y después de la misma, un ejemplo de integración ambiental.*

## Minimizar el impacto de los túneles

La elección de un trazado en gran parte subterráneo para la Y vasca supone una mejora medioambiental, ya que se minimiza la afección paisajística y la fragmentación de hábitats faunísticos, además de evitar la visión del tren desde los núcleos urbanos junto a los que discurrirá. La ejecución del medio centenar de túneles proyectados está sometida a una Declaración de Impacto Medioambiental que fija medidas de protección muy exigentes para reducir el impacto de la obra. Así, cada túnel dispone en su boca de dispositivos de tratamiento y depuración para aguas residuales procedentes del interior, potencialmente contaminadas (balsas de decantación, corrector de pH, sistema de floculación-espesador). Para proteger las aguas subterráneas se clasifican como zona excluida las áreas de alta permeabilidad hidrogeológica (el trazado Vitoria-Bilbao intercepta el sistema hidrogeológico protegido de Udalaitz, para el que se establecen medidas para evitar la entrada de sólidos arrastrados por la escorrentía y reponer los caudales) y se impermeabilizan las zonas destinadas a las instalaciones auxiliares. Una vez terminada la construcción del túnel se limpian los terrenos ocupados por las balsas de decantación. Por último, dentro del programa de integración ambiental de las obras (cuyo coste ronda el 10% del presupuesto del proyecto), buena parte de los túneles incluyen en sus bocas túneles artificiales de longitudes variables (de 12 a 180 metros) con los que, una vez revegetados con árboles y arbustos autóctonos, se logra una mejor inserción de la infraestructura en el entorno.



Comsa Emte

Bocas del túnel de Albertia, único bitubo y más largo del eje, en el tramo Legutiano-Eskoriatza I.



Adif

Boca del túnel de Luko, en el tramo Arrazua/Ubarrundia-Legutiano I, tras su integración ambiental.



Obras Subterráneas (OSSA)

Sección definitiva de 85 m² del túnel de Udalaitz.

y actuaciones de refuerzo, respectivamente. Durante la excavación se han construido galerías de comunicación (de 2,5x2,5 metros) entre ambos túneles cada 400 metros, hasta un total de 11, así como otra específica para instalar un centro de transformación. La excavación finalizó en julio de 2011, procediéndose desde entonces a la impermeabilización, revestimiento y demás obra civil. En las bocas se han construido túneles artificiales



Grupo Azvi

Ejecución con cimbra autoportante del viaducto sobre el río Ibaizabal, en el tramo Amorebieta-Amorebieta.



Obras Subterráneas (OSSA)

Viaducto de Gabaundi, con una inusual disposición de tres tableros, en el tramo Mondragón-Elorrio.

de 180 metros de longitud en el tramo I y de 17 metros en el tramo II, destinados a mejorar la integración ambiental.

Tras el de Albertia, los principales túneles del ramal Vitoria-Bilbao son, por su longitud, los monotubo de Udalaitz (3.185 metros), Induspe (2.224 metros), Galdakao (1.826 metros), Ganzelai (1.379 metros), Olabarrie (1.102 metros) y Mendigain (1.050 metros), construidos según el mismo patrón. El de Udalaitz, en el tramo Mondragón-Elorrio, se topó durante el avance con abundancia de fallas y presencia de manantiales al atravesar una zona kárstica, lo que dificultó los trabajos, ya concluidos. En el de Mendigain, en el tramo Abadiño-Durango, se puso de manifiesto el compromiso de los túneles de la Y vasca con el medio ambiente al alterar el proyecto inicial para evitar afecciones a un rodal de roble que bordea unas plantaciones de pino en la boca este y a una repoblación de robles en la boca oeste.

> El túnel de Albertia es el más largo y el único bitubo del eje Vitoria-Bilbao, abarcando dos tramos consecutivos para su construcción

## Los viaductos

El trazado entre Vitoria y Bilbao incluye 43 viaductos y puentes (se excluyen los pasos inferiores y superiores), que suman conjuntamente 10.848 metros. De ellos solo cuatro son mayores de 500 metros (A-2620, Kinatol, San Antonio-Malaespera y Mañaría), 17 tienen entre 200 y 500 metros y otros 22 son de menos de 200 metros. Respecto a la cota sobre el terreno, la altura de los viaductos no es muy elevada, aunque dos de ellos (A-2620 y Kinatol) tienen alguna pila de más de 80 metros de altura. Son frecuentes las estructuras situadas entre dos túneles. Al menos una veintena de los viaductos proyectados ya están finalizados.

Al igual que los túneles, los



Sacyr

*Viaducto sobre la carretera A-2620, en el tramo Aramaio-Mondragón, de 1.392 metros de longitud y altura máxima de pilas de 83 metros.*

viaductos del eje Vitoria-Bilbao siguen criterios prácticamente uniformes de Adif sobre diseño, seguridad y procedimientos constructivos. En cuanto al diseño, la tipología más utilizada es el tablero hiperestático de hormigón (con mejor comportamiento en el frenado), de 14 metros de ancho, apto para dos vías de ancho UIC. Para vanos inferiores a 30 metros se opta por secciones transversales del tablero con losa aligerada de hormigón pretensado, mientras que para vanos de más de 30 metros la solución elegida es el tablero de hormigón pretensado con secciones transversales en cajón con voladizos (canto fijo o variable). Para luces pequeñas se utilizan vigas artesas prefabricadas. Ocasionalmente se instalan pantallas de reducción de colisión de aves. Respecto a la cimentación de pilas, las soluciones adoptadas (superficial o profunda)están condicionnadas por el terreno sobre el que se ejecuta.

El proceso constructivo de los viaductos de la Y vasca depende generalmente de los obstáculos que deben salvar. La mayoría se construye mediante cimbra convencional o porticada, encofrando el tablero por fases. Para los de gran longitud e importante altura de pilas se recurre a la autocimbra autolanzable, consistente en el hormigonado del tablero por tramos sucesivos sin apoyo en el suelo (viaductos sobre la A-2620, Kinatol, Zarimutz, Uriarte, Mañaría). También se recurre al empuje de dovelas de hormigón mediante gatos (San Antonio-Malaespera, Marín). Para los viaductos con luces que exceden el rango de utilización de las autocimbras y no permiten proceder al empuje del tablero se emplea el avance en voladizo, consistente en la construcción del tablero avanzando de manera simétrica por dovelas desde las pilas con la ayuda de carros de avance (río Nervión).

## Viaductos singulares

De entre todos los viaductos del eje Vitoria-Bilbao sobresale por su longitud el construido sobre la carretera A-2620 en el término municipal alavés de Aramaio, en el tramo Aramaio-Mondragón. Con 1.392 metros distribuidos en 26 vanos



*Ejecución del viaducto (438 metros) sobre el río Nervión, la línea férrea Castejón-Bilbao y la carretera BI-625, en el tramo Galdakao-Basauri.*

(45+2x56+2x45+19x56+45+36) es el más largo de la Y vasca. Esta estructura insertada en un entorno montañoso salva la carretera que le da nombre, el arroyo Aramaiona y el río Aramaio mediante un tablero de 14 metros de anchura que se apoya sobre 25 pilas de alturas entre 13 y 83 metros, incluida la pila 9 en forma de A. El tablero está formado por un cajón monocelular pretensado con canto de 3,50 metros, los estribos son cerrados con muro vuelta y la cimentación de pilas y estribos se ha realizado mediante zapatas. La ejecución concluyó en septiembre de 2012 y ya se ha realizado la prueba de carga.

También por su longitud destacan los viaductos de Kinatol (880 metros y altura máxima de pilas de 80 metros, en ejecución), en el tramo Elorrio-Atxondo; San Antonio-Malaespera (840 metros, con 23 pilas –una central en forma de delta– y vanos de hasta 39 metros, en fase de ejecución del tablero), en el tramo Amorebieta/Etxano-Amorebieta-Etxano, recorrido que discurre hasta en un 35% por estructuras elevadas; Mañaría (572 metros, con 12 vanos de 34 a 52 metros, altura máxima de pilas de 32 metros, ya terminado) en el tramo Abadiño-Durango; y de Marín sobre la GI-3343 (482 metros, con luces máximas de 50 metros y altura de pilas máxima de 60 metros, finalizado) en el tramo Escoriatza-Aramaio.

Por la amplitud de luces (distancia entre vanos) sobresale especialmente el viaducto sobre el río Nervión, en el tramo Galdakao-Basauri, ya cerca del final del eje. Esta estructura recién terminada, formada por un cajón monocelular de hormigón postesado de canto variable, se desarrolla a lo largo de 438 metros sobre la carretera provincial BI-625, la línea Castejón-Bilbao, el cauce fluvial y el ramal de accesos a Zarátamo y Arrigorriaga, mediante seis vanos con luces 68+92+115+64+58+41, a una altura máxima de 13 metros. Dada la magnitud de luces sobre el río y la dificultad técnica y medioambiental de apoyarse en el cauce, se ha ejecutado mediante dos métodos: carros de avance para los vanos largos y cimbra convencional para los cortos.

Otros viaductos con luces importantes son el que salva la carretera A-3002, la N-1 y el río Zadorra en el tramo alavés Arranzua/Ubarrundia-Legutiano I, de 466 metros

## En pleno desarrollo

La línea Vitoria-Bilbao-San Sebastián (Y vasca) es una infraestructura de alta velocidad que forma parte de la rama atlántica del Proyecto Prioritario nº 3 de la UE, dando continuidad en territorio español a la conexión Madrid-Valladolid-Vitoria. Esta línea unirá por alta velocidad las tres capitales vascas entre sí y acercará el País Vasco al resto de la Península y a Francia. Cuando esté en servicio, los tiempos de viaje entre las capitales vascas se reducirán entre el 60 y el 80%, mientras que entre Euskadi y Madrid disminuirán entre un 40 y un 50%.

Para el Ministerio de Fomento, esta infraestructura, con un coste superior a 4.100 €, es clave para la vertebración territorial autonómica, nacional y europea. Este carácter prioritario, contemplado en el Plan de Infraestructuras y Vivienda (PITVI), se ha traducido en los últimos ejercicios en importantes dotaciones presupuestarias. En 2013 el Gobierno invertirá 540 M€ en la línea, de los cuales 190 M€ proceden del presupuesto estatal y 350,7 M€ serán aportados por el Estado con cargo al cupo regulado en el Concierto Económico con la Comunidad



Grupo Azvi

*Viaducto de San Antonio-Malaespera, en el tramo Amorebieta-Amorebieta. Debajo, ejecución por empuje del tablero del viaducto de Marín.*

(65+86x2+78+86+65), con un perfil ondulante que trata de minimizar el impacto medioambiental en la zona, cuya ejecución también se ha realizado mediante dos procedimientos constructivos diferentes; el viaducto sobre el río Ibaizábal en el tramo Lemoa-Galdakao, de 458 metros, con luces de 55 a 83 metros para salvar, entre otros, el área de peaje de la A-8; su homólogo del tramo Amorebieta-Etxano, de 394 metros, con luz máxima de 75 metros



Adif

para salvar el valle, la carretera BI-365 y la línea de Euskotren (se trata de uno de los vanos de mayor dimensión de España para tableros ejecutados con autocimbra); o los de Zarimutz y Uriarte en el tramo Eskoriatza-Aramaio, de 262 y 282 metros respectivamente, con luces máximas de 60 metros.

Especialmente singular por la tipología es el viaducto de Gabaundi sobre el río del mismo nombre, ya finalizado, en el tramo vizcaíno Mondragón-Elorrio. Se trata de una estructura que destaca por una inusual disposición de tres tableros: el central, de 14 metros de ancho, corresponde a la doble vía hacia Bilbao, y los dos laterales, de 8,5 metros, incluirán una vía única para los ramales de bifurcación a San Sebastián. Cada tablero se apoya sobre cuatro pilas con una altura máxima de 41 metros. El viaducto está terminado y con la prueba de carga superada. ■

Autónoma del País Vasco. «Esto supone que la Y vasca va a recibir cerca de un 15% de las inversiones de alta velocidad que se van a ejecutar en 2013», declaró recientemente en el Congreso la ministra de Fomento, Ana Pastor.

La línea, de 176 kilómetros de longitud, se ha dividido en dos ramales, ambos en pleno desarrollo: Vitoria-Bilbao (90,3 kilómetros), que ejecuta Adif, y Bergara-Río Bidasoa (85,4 kilómetros), que construye el gestor de infraestructuras vasco ETS con cargo al Cupo vasco. La rama Adif, dividida en 20 tramos, tiene cerca del 65% del trazado en obras o finalizado (cinco tramos acabados y nueve en ejecución), mientras que en el resto (seis tramos) próximamente arrancarán las obras del tramo Atxondo-Abadiño y se iniciará el proceso de licitación del nudo de Bergara, según anunció la ministra, quedando para más adelante los accesos a Bilbao y Vitoria. En la rama guipuzcoana, también dividida en 20 tramos, han finalizado dos y otros 15 se encuentran en fase de obra. Los accesos a San Sebastián e Irún y la conexión Astigarraga-frontera francesa se encuentran en fase de estudio informativo.

Revista del Ministerio de

# Fomento







# TRENES HISTÓRICOS Y TURÍSTICOS EN ESPAÑA

*Monográfico julio-agosto 2012*











GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

RESERVE SU EJEMPLAR EN TELF.: 91 597 6478 / 6449
Por fax: 91 597 61 86 (24 horas).
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

CONSTRUCCIONES MOYUA

BALZOLA Azvi







Tramo Abadiño-Durango

3.520 m

2 viaductos
779 m

3 túneles
1.815 m

Tramo Amorebieta/Etxano-Amorebieta/Etxano

5.030 m

5 viaductos
1.770 m

5 túneles
1.750 m





## LAV "Y VASCA" - RAMAL VITORIA-BILBAO

AMPLIACIÓN DEL AEROPUERTO DE GRAN CANARIA

# Nueva capacidad




*El edificio terminal del aeropuerto se ha ampliado en 11.200 nuevos metros cuadrados de superficie.*

PEPA MARTÍN FOTOS: AG AENA

El aeropuerto de Gran Canaria crece con la ampliación de su edificio terminal, un proyecto en el que el Ministerio de Fomento va a invertir 170 de los 200 M€ destinados a la mejora de la infraestructura aérea insular, y del que ya se ha ejecutado la primera de sus tres fases.



Prestar un servicio a los usuarios de mayor calidad, incrementar la oferta comercial y ofrecer una imagen más moderna del edificio terminal son los objetivos de las obras de ampliación del aeropuerto de Gran Canaria, la actuación más relevante que acomete actualmente Aena Aeropuertos y una de las prioridades del Plan Canarias de Infraestructuras Aeroportuarias.

El proyecto se desarrolla en tres fases: la primera, ya operativa, consiste en la ampliación de las áreas de llegadas y salidas hacia el sur; la segunda prevé la prolongación hacia el norte para dar acceso a una nueva zona de embarque, y la tercera contempla la expansión hacia el oeste de la terminal actual, cuya fachada se adelantará aprovechando el hueco existente entre este edificio y el aparcamiento para lograr un vestíbulo de facturación más grande y mayor luminosidad natural en los espacios interiores, así como para construir un nuevo vial de salidas.



Aerogenerador para el autoabastecimiento de energía eléctrica.






## Primera fase

De momento, la parte ya ejecutada del proyecto ha supuesto una ampliación de la superficie total construida de la terminal de 11.200 $m^2$ en tres plantas, actuación en la que se han invertido 26,7 M€. Además, se ha remodelado el edificio, así como la central eléctrica y las subestaciones de distribución.

En la primera planta del edificio terminal se ha ubicado una amplia sala de embarque con dos nuevas entradas, mientras que las tres que ya existían se han reformado. Las cinco puertas conforman un conjunto destinado principalmente al tratamiento de vuelos a terceros países, pero con la flexibilidad suficiente para tratar vuelos de la Unión Europea, a los que se suman tres puestos dobles de control de pasaportes. En esta planta está prevista la instalación de 132 mostradores de facturación, 36 de ellos nuevos.

La planta baja se ha destinado a la zona de llegadas, que da prioridad a vuelos internacionales, con tres nuevos hipódromos y tres cintas de recogida de equipajes internacionales, más una para equipajes especiales. También acoge las instalaciones de aduana y control de pasaportes, además de nuevas dependencias para sanidad exterior y policía. En este sentido, se ha doblado el número de puestos de control de seguridad, que llegará hasta 20, y aumentan también los de control de pasaportes, tanto en salidas como llegadas, pasando de 18 a 24.

En cuanto a la central eléctrica y las subestaciones de distribución en media tensión, se han remodelado y se han segregado, por un lado, la central eléctrica del lado tierra, que distribuye la energía a los diferentes centros de transformación del aeropuerto, y por otro, la central eléctrica del lado aire, que controla el suministro ininterrumpido de los sistemas de ayudas visuales de aproximación e iluminación de las pistas de aterrizaje. Estos sistemas se han ubicado en edificios diferentes aunque contiguos e intercomunicados.

En esta primera fase también se ha sustituido la tensión de distribución interna de energía en el aeropuerto de 6 a 20 kW, y se ha reforzado la línea eléctrica que alimenta a esta infraestructura, así como la capacidad de suministro mediante grupos de emergencia propios. De esta forma se garantiza una distribución energética eficiente, segura y adaptada a las necesidades de la infraestructura ampliada.



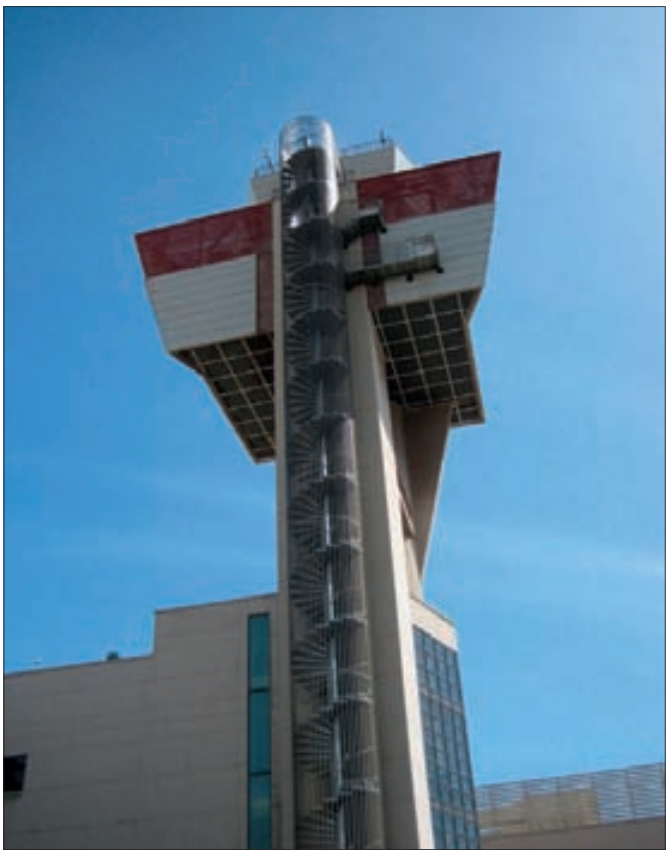
Nueva sala de llegadas en el dique Sur. Debajo, hall de facturación.



Una vez ejecutadas la totalidad de las actuaciones, el aeropuerto grancanario habrá crecido en 58.000 m², pasando de los 105.000 m² actuales a 163.000 m², con lo que se calcula que podrán transitar por las instalaciones hasta 16,5 millones de pasajeros al año, frente a los 12,5 millones actuales.

## Segunda fase

Con la segunda fase, que contempla la ampliación hacia el oeste, el objetivo es disponer de mayor espacio en las zonas de facturación de la primera planta de la terminal, y en la de llegadas de la planta baja, mientras que en la zona



Torre de control del aeropuerto grancanario.

## Quinto aeropuerto de España

Situado a 18 kilómetros de la capital, Las Palmas de Gran Canaria, en la costa este de la isla, y a 25 de los centros turísticos, el aeropuerto de Gran Canaria es la quinta infraestructura aeroportuaria más importante de España por número de pasajeros –9,9 millones en 2012–, después de los de Madrid, Barcelona, Palma de Mallorca y Málaga. Sin embargo, su importancia relativa es mayor si comparamos la población de las ciudades que albergan los dos aeropuertos más importantes, Madrid y Barcelona, que es diez veces mayor que la de la capital grancanaria. A esto se añade que el flujo de pasajeros a lo largo del año es constante en el aeropuerto de Gran Canaria, con picos de incremento en los meses de verano y de invierno, mientras que el de Palma de Mallorca concentra su tráfico en los meses estivales y el de Málaga es el aeropuerto de referencia en el sur del país.

Su ubicación, a 23 metros de altura sobre el nivel del mar, unido a las óptimas condiciones meteorológicas de la isla, contribuye a que tenga una consideración de aeropuerto muy seguro. Esto permite operar aquí las 24 horas del día durante los 365 días del año, una garantía para que las aerolíneas realicen sus operaciones sin la desventaja de una meteorología adversa.

Entre sus infraestructuras cuenta con dos pistas paralelas de 3.100 metros de longitud y 45 de anchura, que permiten 53 operaciones por hora. Se trata de la 03L/21R, con sistemas ILS CAT I en ambas cabeceras, que se suele utilizar para despegues y aterrizajes, y la 03R/21L, sin ILS. Ambas son empleadas de forma simultánea para aterrizajes y despegues, tanto de aviones civiles como militares.




*El aeropuerto de Gran Canaria tiene un flujo de pasajeros constante a lo largo del año, con picos en los meses de verano y de invierno.*

central del edificio se ejecutará un nuevo filtro de seguridad y se remodelarán las zonas comerciales, convirtiendo la actual multitienda en una tienda pasante.

También se está construyendo un nuevo aparcamiento frente a la terminal de carga de Iberia, con una superficie de 26.760 m$^2$, distribuidos en cinco plantas, dos de ellas soterradas, con capacidad de 934 plazas, incluidas 19 reservadas para personas con movilidad reducida.

El proyecto cuenta con dos rampas para el tránsito de los vehículos, una de subida en la fachada norte y otra de bajada en la sur. Para el acceso a pie a los vehículos estacionados los usuarios dispondrán de dos núcleos de ascensores, dos con capacidad para 26 personas en la fachada oeste y otro para 13 en la este.



*Pasillo comercial del aeropuerto en la sala de embarque.*

Al quedar la planta primera del parking a nivel del viario exterior y la planta baja enterrada, el edificio no se muestra como volumen sino como una plataforma de estacionamiento en el que ciertos elementos, como las marquesinas de protección de los vehículos estacionados, las cajas de ascensores o los cuartos técnicos son los únicos elementos arquitectónicos que se manifiestan en el entorno exterior. Las cubiertas metálicas propuestas son de fácil desmontaje en previsión de una posible ampliación en altura del edificio.

Por otro lado, se están mejorando los accesos y se construirá un nuevo vial elevado en la zona de salidas, cuya cubierta y fachada será la prolongación de la del nuevo *hall* de salidas, y reforzando parte del aparcamiento actual para convertirlo en un nuevo vial y aparcamiento de autobuses, además de



*Nueva sala de llegadas en el dique Sur, en la planta baja, con cintas para la recogida de equipajes.*

remodelarse todos los viales de entrada y salida del edificio terminal y de entrada norte a la plataforma y urbanización de la zona.

## Tercera fase

La conexión del edificio terminal con la ampliación hacia el norte, que se ejecutará en una tercera fase, afecta de forma temporal mientras se realizan las obras a la actual zona de embarques interinsulares. Con el fin de no penalizar la operativa del aeropuerto se

> En la primera fase de ampliación se han remodelado el edificio terminal y las instalaciones eléctricas

han habilitado para el tráfico interinsular las antiguas zonas de embarque y recogida internacional, que desde la entrada en funcionamiento del nuevo dique Sur se encuentran ubicadas en esta zona del edificio terminal.

En esta tercera fase está previsto también construir un nuevo dique retranqueado respecto a la fachada actual. Esta mejora permitirá a los usuarios disponer de nuevas salas de facturación, embarque, llegadas y recogida de equipajes, y se podrá embarcar por pasarela en aeronaves tipo E, que son los aviones de gran tamaño (Boeing 747, Airbus 330 o 340). De esta forma, con las dos nuevas pasarelas el aeropuerto sumará un total de 13.

También está previsto ampliar la plataforma de estacionamiento de aeronaves, que permitirá aumentar el número de posiciones de estacionamiento para este tipo de aviones, así como adecuar las calles de rodaje, ya que estos aviones necesitan más espacio. Se adecuarán las distancias mínimas con respecto a la pista y se adaptará el espacio restante al estacionamiento de aeronaves de categoría similar a las que actualmente lo hacen; también se homogeneizará el sistema de iluminación para adaptar la señalización a la nueva configuración de puestos de estacionamiento.

El proyecto se completa con una nueva planta para oficinas y la construcción de un nuevo edificio de seguridad para la Guardia Civil, que consta de un solo nivel de 1.100 m² y actualmente es-

## LAS CIFRAS DE LA AMPLIACIÓN

| | Actual | Ampliación | Final |
|---|---|---|---|
| Superficie terminal | 105.000 m² | 58.000 m² nuevos<br>55.000 m² remodelación<br>7.200 m² nuevos viales | 163.000 m² |
| Mostradores de facturación | 96 | 36 | 132 |
| Hipódromos equipajes salidas | 10 | 4 | 14 |
| Hipódromos equipajes llegadas | 16 | 8 | 24 |
| Controles de seguridad salidas/llegadas | 10 | 10 | 20 |
| Controles pasaportes llegadas | 18 | 6 | 24 |
| Pasarelas de embarque | 11 simples | 2 simples | 13 |
| Terminal pasajeros/hora | 5.172 | —- | 7.759 |
| Terminal pasajeros/año | 12.500.000 | —- | 16.500.000 |



*El aeropuerto grancanario registró en 2012 un movimiento de 9,9 millones de pasajeros y más de 100.000 operaciones aéreas.*

tá en servicio en la zona del aeropuerto junto a los accesos a la base aérea.

## Diseño

La terminal ha sido diseñada pensando en el pasajero, con una arquitectura representativa y singular, contemporánea, caracterizada por el uso de tecnologías avanzadas, configurando los espacios teniendo en cuenta su funcionalidad y flexibilidad para adaptarse a las demandas futuras y utilizando nuevos materiales elegidos con el fin de preservar el medio ambiente.

También se ha tenido en cuenta en el diseño facilitar la orientación al pasajero, que encontrará espacios tanto desde el punto de vista de la iluminación como de la climatización muy cómodos, además de superficies reservadas para tiendas y servicios de restauración que hagan sentir al visitante que se encuentra en un lugar de ocio y encuentro. Esa búsqueda del máximo confort para los usuarios también se dirige al personal que trabaja en las instalaciones, y se ha cuidado que el edificio sea accesible para personas con minusvalías, suprimiendo todo tipo de barreras arquitectónicas.

Se trata de un diseño sostenible en el que se han tenido en cuenta los objetivos de ahorro energético y conservación del medio ambiente para conseguir una gestión eficaz de los recursos energéticos. En este sentido, los materiales propuestos para la construcción son naturales y reciclables, con una calidad acorde con la durabilidad, garantía y fiabilidad que se exige a un edificio público de esta envergadura. ■

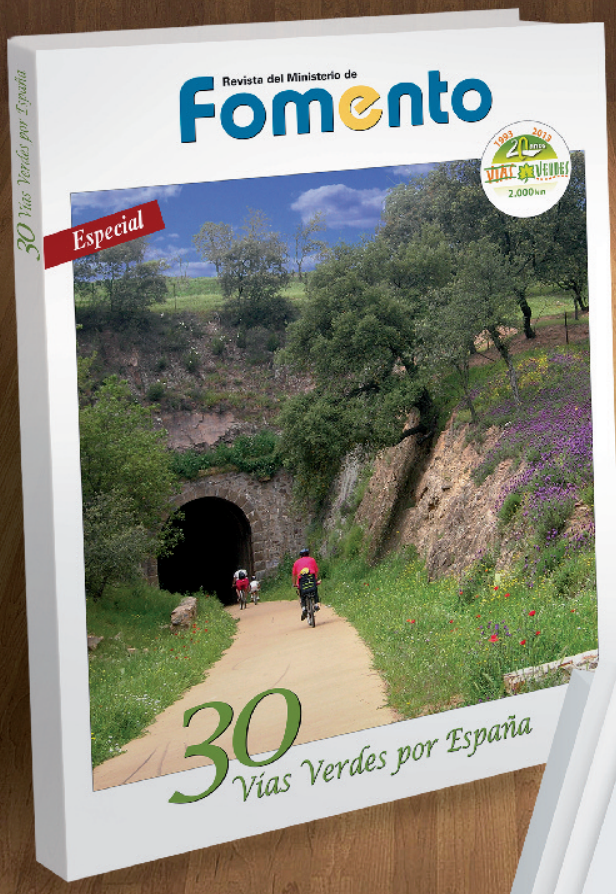


*La terminal se diseñó pensando en el pasajero, con espacios flexibles para adaptarse a la demandas futuras.*

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

Centro virtual de publicaciones
Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales

# PROMOCIÓN ESPECIAL DEL 25% DE DESCUENTO
# PARA SUSCRIPTORES DE LA REVISTA DEL MINISTERIO DE FOMENTO




**RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN**

1993 2013 20 años VIAS VERDES 2.000 km

**Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico a través de 30 rutas accesibles para todos.**



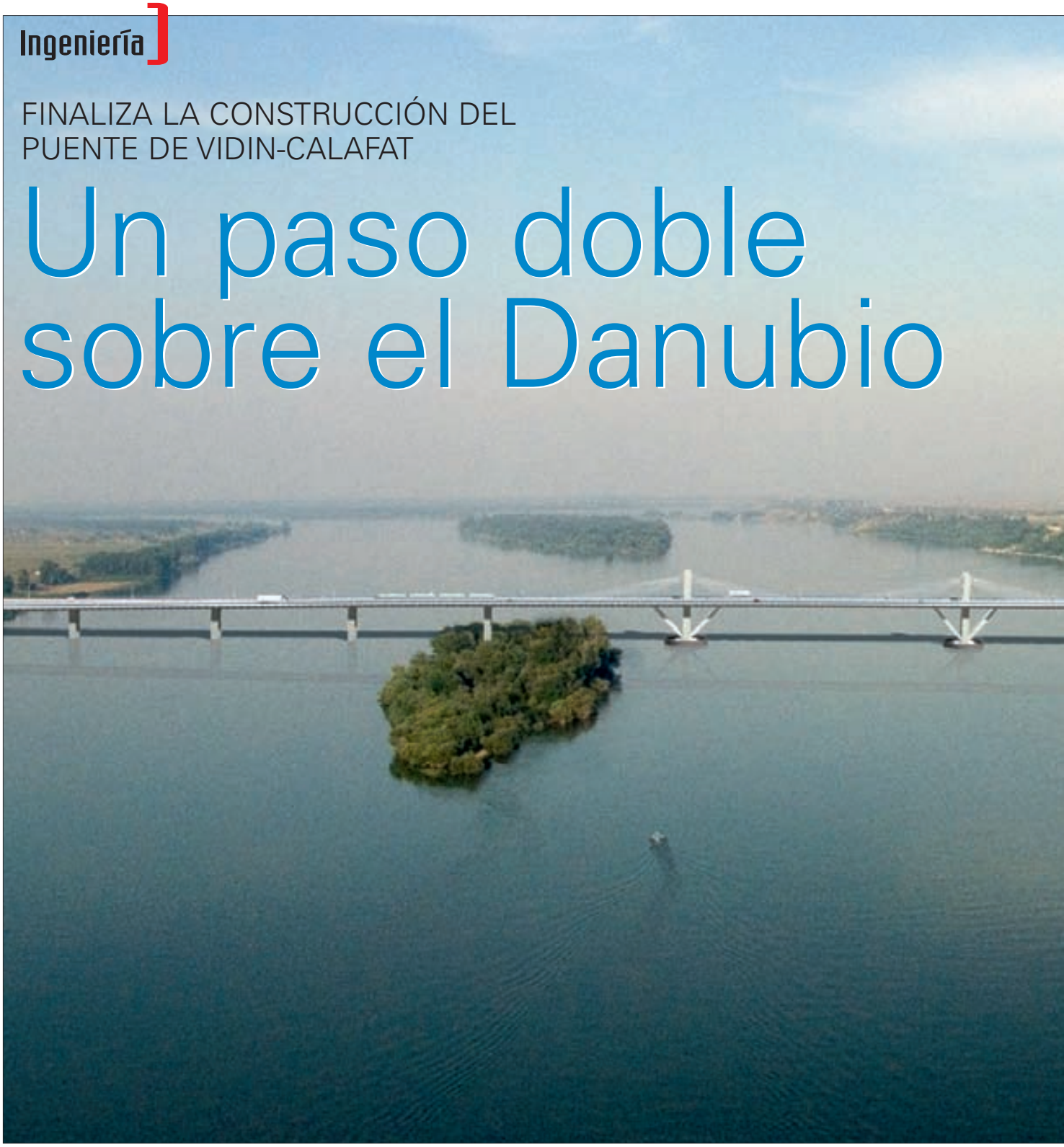

**PVP: 10 €**

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

www.fomento.gob.es

FINALIZA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE DE VIDIN-CALAFAT

# Un paso doble sobre el Danubio



R. F. Fotos: FCC Construcción

A mediados del mes de junio está prevista la apertura oficial al paso de vehículos y trenes del puente de Vidin-Calafat, una colosal obra de ingeniería que desde el proyecto a la ejecución lleva sello español.

El nuevo puente sobre el Danubio que une las localidades de Vidin, en el lado búlgaro, y Calafat, en el rumano, es una de las piezas estratégicas esenciales del corredor IV paneuropeo, fundamental para la mejora de las comunicaciones entre el centro y el este de Europa, con prolongaciones más allá de los Balcanes, hasta Grecia y Turquía.

La construcción de un puente sobre el Danubio responde a una vieja necesidad histórica que se remonta a las



legendarias desapariciones de los puentes de Trajano y Constantino, de los que se cree que fueron destruidos en los primeros siglos de nuestra era para detener las invasiones bárbaras. El único puente operativo en la zona se sitúa a unos 300 kilómetros corriente abajo del Danubio, en la localidad rumana de Rouse. Terminado en 1954 con ayuda de la Unión Soviética, es una estructura cuyo deficiente estado de conservación, junto a las de las carreteras en la zona, la hacen muy poco utilizada por el tráfico.



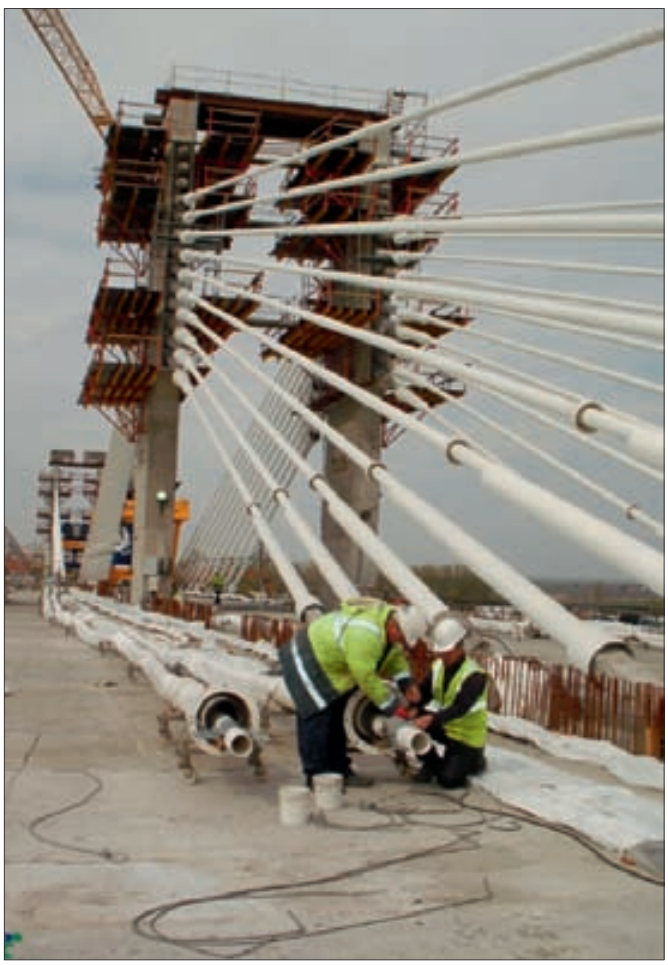




*Tres imágenes de la ejecución del tablero y las pilas del puente.*







*Avance del tablero, traslado de dovela y montaje de tirantes.*

La unión de los tráficos de ferrocarril y carretera en un único puente evita la ejecución de una segunda estructura sobre el río

Las obras de construcción del puente Vidin-Calafat fueron adjudicadas a comienzos de 2007 a la empresa española FCC, tras un proceso de licitación internacional. Y unos pocos meses después lo fueron también las infraestructuras de acceso, tanto por carretera como por ferrocarril.

Financiado en su mayor parte con fondos ISPA de la Unión Europea (unas ayudas previas a la adhesión para los países del Este), préstamos del Banco Europeo de Inversiones y el Ministerio de Transportes de la República de Bulgaria, las obras del puente han sido de una gran complejidad y han supuesto un gran reto por la superación de enormes dificultades en todos los órdenes: político, técnico, climático (heladas en la temporada invernal, inundaciones y fuertes crecidas del río), suministro de materiales, coordinación de los equipos de trabajo, etc.

## Diseño integrador

El diseño del puente es obra de los ingenieros Javier Manterola, Juan A. Navarro y Antonio Martínez Casado, de la empresa Carlos Fernández Casado S.L., junto a José L. Álvarez Poyatos de FCC, que



optaron por un único puente mixto de carretera y ferrocarril. A juicio de los proyectistas esta solución ofrece múltiples ventajas, entre otras: la unión de los dos tráficos en una sola estructura evita la construcción de otro puente; la distribución de la carga del ferrocarril a lo largo del eje del puente evita desequilibrios transversales de carga, y se origina menos impacto ambiental y una mejor integración de la obra en el entorno.

El puente sobre el Danubio tiene una longitud total próxima a los 1.731 metros, distribuida entre el paso principal sobre el río y las zonas de aproximación. La obra se articula en tres zonas bien diferenciadas: el cruce del brazo principal del río, el cruce sobre el ramal secundario, con

uno de los apoyos en la isleta central, y el puente ferroviario.

El brazo principal del río es también su zona navegable, por lo que una de las condicionantes del proyecto era permitir el paso de embarcaciones al menos por tres canales de anchura media estimada en torno a los 150 metros. Partiendo de ello, los proyectistas españoles barajaron las distintas posibilidades de salvar el cauce, decantándose finalmente por la opción de tres vanos principales con una luz libre de 180 metros que, además de permitir la navegación con la capacidad requerida, refuerzan la estética y plasticidad de la estructura.

Respecto al tablero se diseñó un canto constante de 4 metros, integrado por una viga cajón de 7,2 metros de anchura,



*Últimos retoques en el puente y grúa para el traslado de bloques.*

sobre la que se instaló la plataforma ferroviaria y las dos calzadas laterales fijadas con puntales inclinados. Para poder salvar los 180 metros de luz en los tres vanos del brazo principal reservado a la navegación, el tablero se soporta también con la ayuda de un sistema de atirantamiento extradorsal de poca altura, instalado en la separación entre la carretera y el ferrocarril, sobre las pilas de apoyo del dintel. Para evitar problemas de fatiga debidos al atirantamiento y a las oscilaciones de las cargas por el tráfico ferroviario se dispuso de dos puntales inclinados en la parte inferior.

En el ramal secundario del río, en el lado búlgaro, la luz entre pilares es de 80 metros y no hace necesaria la instalación de sistema de atiranta-



miento. Los proyectistas se decantaron por esa luz tanto por razones estéticas y de armonía en toda la estructura, manteniendo la linealidad y congruencia de diseño, como por el abaratamiento razonable de los costes que comporta.

Para el paso del ferrocarril sobre el ramal principal, plataforma de vías y carretera utilizan el mismo tablero. Es a partir de la isla cuando la carretera desciende hacia el lado búlgaro en pendiente y el ferrocarril comienza un progresivo ascenso sobre una estructura de 8,6 metros de ancho soportada en vigas, conformando un segundo viaducto que va elevándose gradualmente desde el tablero de hormigón pretensado y sobrepasa el cruce de la carretera para volver luego a su cota.

## Superando dificultades

Como sistema de construcción del puente principal se utilizó el de lanzamiento por voladizos sucesivos con dovelas prefabricadas. En los accesos se optó por sistemas *in situ* de hormigonado.



*Vista de la plataforma mixta (arriba) y trabajos de cimentación en el río (debajo).*

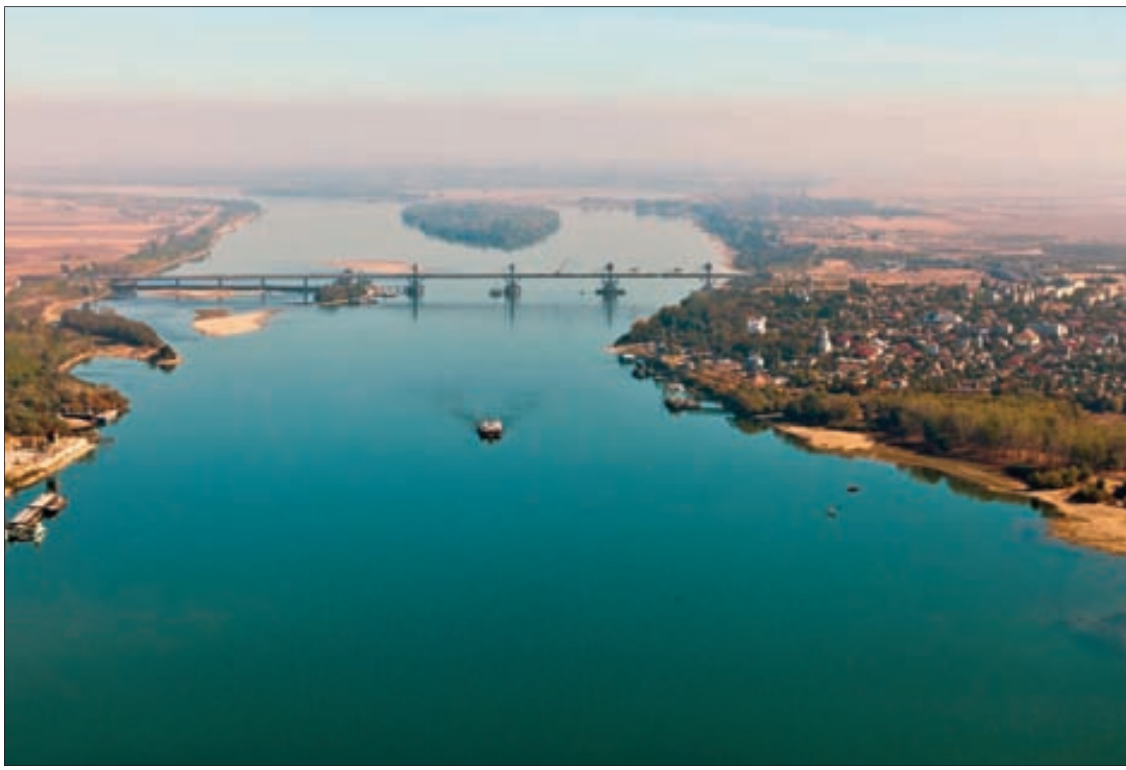
## Reto tecnológico

La construcción del puente de Vidin-Calafat ha supuesto un enorme desafío en todos los órdenes. De especial dificultad han sido los trabajos de cimentación, que además de satisfacer las más altas exigencias técnicas han debido superar adversidades meteorológicas de todo tipo, desde fuertes tormentas eléctricas a heladas, lluvias torrenciales y grandes crecidas del Danubio. Uno de los mayores retos lo supuso la ejecución de las cuatro pilas en la zona navegable, para la que se hizo necesario recurrir a una flota de embarcaciones y que obligó a una rigurosa planificación de los trabajos, tanto para fijar con la máxima precisión toda la maquinaria a utilizar –grúas, vibrohincadores, de perforación y extracción de lodos, etc.– como para asegurar que todo el proceso de hormigonado se efectuaba sin la más mínima interrupción una vez iniciado. Así, en algunos momentos, para asegurar la continuidad de los trabajos de cimentación, el dispositivo en obra estuvo integrado por 45 trabajadores, ocho grúas de hasta 120 toneladas, dos equipos de perforación y tres sistemas de perforación RT3, 3 vibradores de alta frecuencia y un equipo más para la hinca de pilotes.

Los sustratos arenosos del lecho del río han requerido una meticulosa ejecución de la cimentación. Muchas y arduas han sido las dificultades a superar. A fin de asegurar los resultados más óptimos, con carácter previo a los trabajos *in situ* se efectuaron todo tipo de ensayos: de carga estática, dinámica, de control, *Cross-hole* (para detectar vibraciones en el terreno) en todos los pilotes ejecutados, etc.

De especial dificultad fueron los trabajos de cimentación en la zona navegable del Danubio. Requirieron de distintos tipos de embarcaciones, desde pontonas a remolcadores, plataformas de transporte para personal y equipos, o barcos-depósito para suministros y materiales. La larga duración de los trabajos en cada pilote, cuya ejecución no podía interrumpirse durante el armado y hormigonado, hizo necesaria la utilización de dos pontonas y de dos equipos completos de trabajo durante las 24 horas del día. En cada pontona se instalaron dos grúas totalmente intercambiables en funciones, evitando cualquier posible suspensión de los trabajos por averías u otro imprevisto.

La cimentación se realizó en un encepado único por pila, sobre 24 pilotes de 2.000 milímetros de diámetro y una profundidad máxima de 80 metros. Como sistema de ejecución se optó por el de camisa perdida hincada mediante vibrador. Las camisas, soldadas en tierra y suministradas de una pieza, permitieron asegurar el empotramiento al máximo de profundidad en el estrato de arcillas. No obstante, la extrema variabilidad en los caudales del río y de los consiguientes niveles de cota obligó en muchas ocasiones al corte de las camisas para hacer posible la utilización de las herramientas de perforación, así como a su posterior soldado nuevamente a fin de proseguir las fases de desarenado y hormigonado.







*Vista general, montaje de vías y trabajos en el tablero del puente.*

Asimismo, para contrarrestar la carencia de referencias fijas de la posición en las pontonas, se hizo necesaria una asistencia topográfica continua mediante sistemas GPS. Todas las coordenadas suministradas se comprobaban a posteriori por métodos tradicionales para garantizar la máxima precisión en los trabajos.

Rigurosos controles de calidad fueron también necesarios en todas las fases de armado y hormigonado debido a la gran variabilidad meteorológica y de las condiciones de humedad y temperatura, con registros en invierno inferiores a los –20º. A tal efecto se crearon hormigones especiales de la más alta resistencia y se diseñaron sistemas de protección específicos para asegurar el control de temperatura y que los trabajos de soldadura se efectuaran en todo momento con las máximas garantías. ■




EL PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PERMITE A MADRID-BARAJAS AHORRAR 2,2 M€ EN 2012

# Un ahorro que vale por dos




R. F. Fotos: AG Aena/Caballero

**Desde la inauguración de sus nuevas terminales el aeropuerto madrileño se esfuerza en mantener los máximos niveles de excelencia en la prestación de sus servicios. Un compromiso que también alcanza a la preservación del medio ambiente y de los recursos naturales. El sistema de gestión ambiental desarrollado por el aeropuerto y su plan de eficiencia energética son dos instrumentos esenciales en el logro de esos objetivos.**

El aeropuerto de Madrid-Barajas consiguió ahorrar 20.447.171 kWh en 2012 en sus consumos de energía eléctrica. Esta cifra equivale al consumo anual de unos 1.947 hogares tipo, habitados por entre 4/5 personas, de acuerdo con las estimaciones del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), o al consumo anual de una población de unas 8.000 personas, como la del municipio madrileño de Loeches, situada a escasos kilómetros del propio aeropuerto.








*Las medidas han afectado tanto al interior de los terminales como a las calles de rodadura.*

La reducción del consumo eléctrico en las instalaciones aeroportuarias se ha traducido a su vez en un ahorro económico de 2.249.189 euros. Y ha supuesto también una importante aportación a la mejora medioambiental del entorno, pues con ella se ha evitado la emisión de 6.849 toneladas de $CO_2$.

## Examen continuado

Prácticamente desde el estreno de sus nuevas terminales hace ya más de una década, el aeropuerto madrileño viene desarrollando y aplicando un exigente sistema de gestión ambiental basado en la evaluación continua de los parámetros de sostenibilidad y reducción de consumo de recursos naturales, obligándose a la mejora anual de objetivos.

Dentro de esa línea, la mejora continua de la eficiencia energética es uno de los objetivos clave del sistema de gestión ambiental. Para lograrla, la implantación de nuevas tecnologías y la formación y concienciación del personal que presta sus servicios en el aeropuerto han sido dos de las herramientas más esenciales.

Respecto a la introducción de nuevas tecnologías, las actuaciones emprendidas en el aeropuerto se han extendido desde tiempo atrás a un ambicioso frente de zonas y fases de consumo. Una de las primeras en aplicarse fue la implantación de estabilizadores de energía, a fin de lograr flujos uniformes de corriente, regulando niveles de iluminación y evitando las sobrecargas puntuales que ocasionan daños en equipos de encendido e iluminación. En la actualidad hay unos 25 equipos estabilizadores de energía distribuidos por todo el recinto

*También se han logrado ahorros en el SATE y las escaleras y pasillos rodantes.*



aeroportuario. También se comenzaron a sustituir sistemas de refrigeración por otros más eficientes y de menor consumo energético.

Se han instalado asimismo fotocélulas y relojes programados que permiten desconectar automáticamente el alumbrado cuando detectan suficiente claridad procedente de luz natural. En la actualidad, las tres terminales cuentan con estos equipos. También en las escaleras y pasillos móviles se instalaron hace ya tiempo detectores de presencia para activar sus mecanismos sólo durante el tránsito de personas. Y, en cuanto a los puntos de luz, las luces halógenas y de otros tipos de mayor consumo, se han ido sustituyendo por otras lámparas de menor consumo. Y por lo que concierne a los balizamientos y las calles de rodadura en pista, también se adaptaron los circuitos y se sustituyeron las lámparas por otras de menor consumo y más eficaces.

## Punto por punto

Así, entre las medidas concretas adoptadas y en las que se impuso un mayor control y seguimiento a lo largo de 2012, cabe destacar: la instalación de detectores de presencia para regular el alumbrado en todas las zonas de tránsito y ocupación eventuales de pasajeros en las terminales T1, T2 y T3; en muchas áreas de esas terminales se ha implantado asimismo tecnología LED de bajo consumo, desde farolas a rótulos luminosos y monitores de vídeo y televisión, cafeterías y salas VIP, aseos, etc.

Se ha extendido también el apagado para zonas habitualmente sin uso o con alumbrado ornamental, como en el procesador y dársenas de la T4. En los puntos de esta misma terminal iluminados con fluorescentes, se ha rebajado la potencia de estos de 58W y 36W a 51W y 32 W respectivamente. Por último, se han introducido una serie de adaptaciones y mejoras en la programación de los equipos de gestión informática del Sistema de Transporte Automático de Equipajes (SATE) con las que se han conseguido ahorros cercanos al 10% sobre los consumos anteriores.

> Las medidas de eficiencia energética han evitado la emisión de 6.849 toneladas de $CO_2$ a la atmósfera en 2012



A lo largo de 2012 se continuó la introducción de nuevas mejoras en los equipos de alimentación energética, principalmente de nuevos puntos de abastecimiento de energías renovables, en especial de paneles solares, cuyos frutos empezarán a notarse en estos próximos meses. Gracias a todos estos esfuerzos, el aeropuerto madrileño ha obtenido el nivel 2 del programa Airport Carbon Acreditation, impulsado, entre otros organismos internacionales, por Naciones Unidas –a través de su programa para conservación del medio ambiente (PNUMA)–, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y Eurocontrol. ■

RENFE INTRODUCE NUEVOS ITINERARIOS Y OFERTAS DE VIAJE EN SUS TRENES TURÍSTICOS




# Más lugares, más asequibles

R. F. Fotos: Renfe

Desde principio de año los servicios de Feve son operados por Renfe, también la flota de trenes turísticos. Coincidiendo con la nueva temporada, Renfe ha ampliado su oferta introduciendo los «Productos mini» en el Transcantábrico y el Al Andalus, paquetes que permitirán viajar en estos trenes por menos días pero a precios más baratos. El Al Andalus ha ampliado también su oferta de itinerarios con dos nuevas rutas: el llamado itinerario ibérico, por tierras de Castilla, La Rioja, Navarra y Aragón, y el del Camino de Santiago, por las principales ciudades de esta gran vía histórica.







*El Transcantábrico, el Transcantábrico Gran Lujo y el Expreso de la Robla ofrecen nuevos itinerarios para esta temporada.*

Llegar a más público y a más territorios, estos son los dos grandes objetivos de la nueva campaña de trenes turísticos que ha asumido Renfe Operadora y que fue dada a conocer en Ferrol por la ministra de Fomento, Ana Pastor, y por Julio Gómez Pomar, presidente de la compañía, durante un acto celebrado a finales del pasado mes de abril.

Para alcanzar esos objetivos, los trenes Al Andalus, Transcantábrico Gran Lujo, Transcantábrico Clásico y Expreso de La Robla circularán desde la primavera y has-



El tren Al Andalus abandona Andalucía para recorrer nuevos itinerarios en el norte peninsular.

ta el otoño, algunos de ellos con nuevas rutas y propuestas de viaje. Así, a las tradicionales ofertas de 8 días/7 noches, el Transcantábrico y el Al Andalus ofertarán viajes de 2, 3 o 4 noches a un precio menor. Por ejemplo, en el Transcantábrico Clásico se podrá elegir un paquete de 4 días/3 noches con salida de Santiago de Compostela y llegada a la localidad asturiana de Arriondas a un precio de 675 euros por persona. Y en el Al Andalus será también posible viajar durante 3 días/2 noches entre Sevilla y Granada por 890 euros por persona.

## Todo incluido

Los nuevos paquetes incluirán en todos los casos el alojamiento en el tren; los desplazamientos en autocar para las excursiones, siempre guiadas por expertos en el arte y la historia de los lugares a visitar, y la rica oferta gastronómica tanto a bordo de los trenes, preparada por cocineros de contrastado prestigio, como en los restaurantes de las ciudades en que los trenes hacen escala.




El Expreso de la Robla inaugura en verano la ruta «Paraíso Infinito».

El Al Andalus, que con sus cuatro coches salón y siete coches *suite* es el de más larga composición de los trenes turísticos, sumará dos nuevos itinerarios en los meses de verano: el Ibérico, con salidas desde Madrid o Zaragoza y escala en ciudades monumentales de Castilla y León –Segovia, Ávila, Salamanca y Burgos, con visita al yacimiento prehistórico de Atapuerca–, La Rioja y Navarra, y el del Camino de Santiago, que comprende viaje en AVE de Madrid a Zaragoza, para continuar ruta, ya a bordo del tren, hacia Haro, León, Santiago de Compostela, Pontevedra y Vigo.

Excepto en los meses de julio y agosto, en que se desplazará al norte para efectuar esos recorridos, el tren Al Andalus estará operativo en la ruta que le da nombre, a través de las ciudades más monumentales de Andalucía, hasta el próximo 3 de noviembre

El Expreso de La Robla estrena también itinerario en la temporada 2013. Su nueva ruta, operativa sólo en los meses de julio y agosto y denominada «Paraíso Infinito», parte de la estación de La Concordia, en Bilbao, para proseguir hasta Carranza, donde se efectúa una visita al parque temático del Carpín, y Torrelavega, donde se hace noche. Durante el segundo día el tren recorre los espectaculares paisajes del desfiladero de La Hermida y el valle de Liébana, con visitas a Potes, Fuente Dé y el monasterio de Santo Toribio, antes de llegar a Ribadesella, donde se cena y pernocta. Al siguiente día el Expreso pone rumbo a Gijón, y tras la visita guiada por su casco antiguo, hacia Infiesto

y Llanes. Santander, Santoña y Laredo son los últimos grandes hitos del nuevo itinerario, que rinde viaje otra vez en Bilbao ya pasada la media tarde. Durante la temporada regular, el Expreso de La Robla continuará ofreciendo su trayecto ya consolidado Bilbao-León-Bilbao, a través de los mejores paisajes del románico burgalés, palentino y leonés.

## Feliz aniversario

El decano de los trenes turísticos, el Transcantábrico Clásico, cumple 30 años en 2013 circulando por primera vez bajo la marca Renfe. Cubrirá su habitual itinerario desde Santiago de Compostela a Bilbao y León, recorriendo los espectaculares paisajes de la costa cantábrica y de las montañas burgalesa y palentina, en viajes de 8 noches/7 días con una última salida desde Santiago de Compostela prevista para el 26 de octubre. Además de visitas guiadas a los principales hitos monumentales de la ruta, la oferta gastronómica seguirá constituyendo uno de sus principales signos de distinción.

El Transcantábrico Gran Lujo, compuesto por siete coches cama, cuatro coches salón y otro dedicado a cocina, realizará su habitual ruta entre San Sebastián y Santiago de Compostela, o viceversa, hasta el próximo 26 de octubre. Como novedad, Renfe ofrece la posibilidad de contratar el tren para viajes chárter confeccionados a la medida del cliente, para grupos que deberán reunir un máximo de 28 pasajeros y un mínimo de 26.

Para todos estos trenes e itinerarios, Renfe ofrece importantes descuentos en las reservas efectuadas con antelación de entre seis y cuatro meses. Más información en: **www.trenesturísticosdelujo.com.** ■







*Parajes singulares, comodidades a bordo y traslados en autobús a lugares de interés son tres ingredientes de los trenes turísicos.*

## Otros trenes

Además de los cuatro grandes abanderados del turismo ferroviario, Renfe cuenta con otros trenes procedentes de la antigua Feve, los llamados Trenes Turísticos del Norte, que realizan excursiones de un día a precios muy asequibles y que están operativos durante los meses de verano. Entre ellos, el Estrella del Cantábrico, con dos itinerarios distintos, el de la Biosfera y el de Covadonga, que parten de Gijón y llegan al parque natural de Redes y al santuario respectivamente. De León parte el Costa Verde, con un interesante recorrido por la montaña leonesa y las cuencas mineras para regresar ora vez a la capital. El Tren Histórico, por último, ofrece cuatro itinerarios diferentes: el itinerario de la Historia y el de Las Marismas, con origen y regreso a Bilbao, y el itinerario Mar y Montaña y el del Soplao, que arrancan y finalizan en Santander. Más información en: **www.trenesturísticosdelujo.com**

I+D+i

PROGRAMA ITAKA PARA EL DESARROLLO DE BIOCOMBUSTIBLES PARA AVIACIÓN



# Una alternativa al





Itaka analizará la viabilidad de la camelina (en la foto inferior, cultivo de esta planta) como materia prima para producir biocombustibles de aviación.

Caballero

# queroseno



Camelina Company España

JAIME ARRUZ

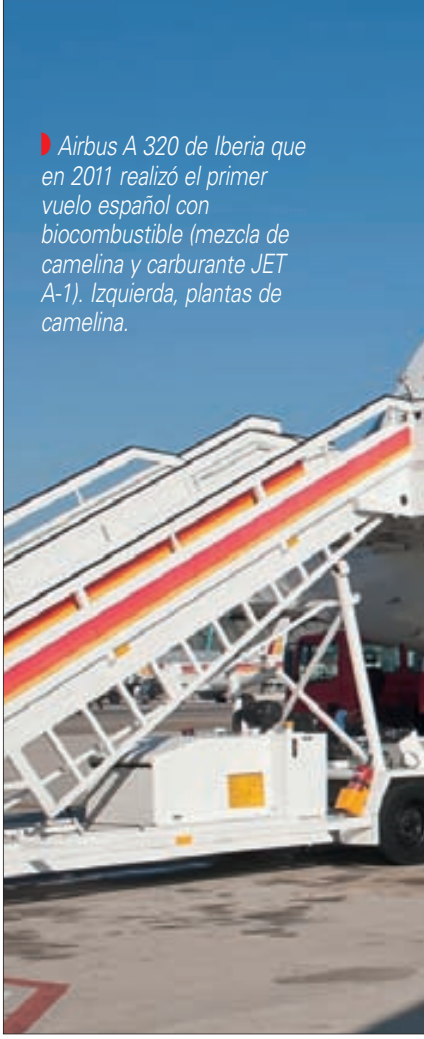
El sector de la aviación comercial lleva años estudiando y probando diferentes fuentes energéticas que ayuden a reducir su impacto negativo en el medio ambiente. Entre todos esos ensayos sobresalen los dedicados al uso de biocombustibles como alternativa al queroseno. España apuesta por ellos y encabeza varios proyectos para potenciar su aplicación en los próximos años.

Desarrollar biocombustibles más eficaces como fuentes de energía alternativas al queroseno, que permitan en un futuro próximo sustituir al derivado del petróleo en el sector de la aviación con miras a rebajar así sus emisiones contaminantes, es el gran objetivo del acuerdo de cooperación suscrito a principios de febrero pasado entre los Gobiernos de España y Estados Unidos. Con este acuerdo se refuerzan también los programas emprendidos por ambos países con industrias e instituciones de diversa índole con el fin de lograr que la utilización de los biocombustibles sea una realidad en un corto periodo de tiempo.

Este convenio de colaboración, que firmaron la directora de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), Isabel Maestre, por parte de España, y la directora ejecutiva de Asuntos Exteriores de la Administración Federal de



Camelina Company España



*Airbus A 320 de Iberia que en 2011 realizó el primer vuelo español con biocombustible (mezcla de camelina y carburante JET A-1). Izquierda, plantas de camelina.*

Aviación (FAA), Carey J. Fagan, por parte de EE.UU., en presencia del secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Rafael Catalá, y el viceministro estadounidense de Transportes, John Porcari, forma parte de una serie de actuaciones que diferentes empresas y entidades públicas y privadas españolas están llevando a cabo para el desarrollo de los combustibles alternativos al queroseno para su aplicación en aviación.

Un conjunto de actuaciones amparadas en la iniciativa destinada al impulso en la producción y consumo de queroseno para la aviación en la que participan el ministerio de Fomento a través de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, el ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través del Instituto de Ahorro y Diversificación de la Energía (IDAE) y el ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, así como la Sociedad Estatal SENASA y diferentes empresas relevantes del sector.

## Fuentes limpias

Uno de esos programas, y de los más importantes en cuanto a sus objetivos, es el programa Itaka –*Initiative Towards sustAinable Kerosene for Aviation*, o Iniciativa para la producción de biocombustibles sostenibles para su uso en aviación–, que lleva a cabo políticas de I+D+i para la implantación de fuentes de energía más limpias para la aviación europea y coordina la iniciativa española con otras de diversos países del continente. La introducción de combustibles alternativos en el sector aeronáutico español podría llegar a suponer la creación de 8.000 puestos de trabajo, entre directos e indirectos, además de reducir la dependencia de los derivados del petróleo.

Este proyecto, que tiene una duración de 36 meses y ha recibido financiación del Séptimo Programa Marco de la Comunidad Europea (FM7 / 2007-2013) por un montante de casi 10 de los 17 M€ presupuestados, persigue contribuir al objetivo anual de producción de dos millones de toneladas de biocombustibles para aviación en 2020 fijado por la Comisión Europea en su iniciativa *Biofuel Flight Path*. Para ello, un consorcio de empresas, líderes en los sectores aeroespacial y de combustibles, suma ya sus esfuerzos y entre noviembre de 2012 y octubre de 2015 trabajarán para crear y probar las nuevas fuentes energéticas en los sistemas logísticos existentes y en operaciones de vuelo convencionales en Europa. El programa Itaka permitirá también enlazar la oferta y la demanda mediante el establecimiento de relaciones entre proveedores de materias primas, productores de biocombustible, distribuidores y aerolíneas.

Para el desarrollo de esta iniciativa se apuesta por el aceite de camelina y el aceite de cocina usado como algunas de las materias primas con las que se ensayará la elaboración de los biocombustibles. Las estimaciones apuntan a que permitirían reducir un 60% las emisiones de gases efecto invernadero en comparación con el carburante JET A-1 de origen fósil que actualmente emplean gran cantidad de aviones en Europa. El proyecto analizará la producción y uso de la camelina, una planta de la familia de las brasiáceas, como materia prima con respecto a su contribución a los mercados de alimentación humana y animal y su potencial impacto en el cambio de uso del suelo indirecto (ILUC). Uno de los fines será certificar toda la cadena de producción de ese combustible renovable, basándose en el estándar RSB EU RED (*Roundtable on Sustainable Biofuels*). Además, se abordará el impacto económico, social y regulatorio del uso a gran escala de ese biocombustible.

> Los biocombustibles podrán reducir un 60% las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con el carburante de origen fósil




Iberia

## Proyecto europeo

Forman parte del programa Itaka diferentes compañías y entidades europeas, como Airbus, EADS-CASA y Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica S.A. (Senasa) de España, la Universidad Metropolitana de Manchester (Inglaterra), la Escuela Politécnica Federal de Lausana (Suiza), el Consorcio para la Investigación y la Demostración de las Energías Renovables de Florencia (Italia), las empresas Skyenergy (Holanda), Compañía Logística de Hidrocarburos (España), Embraer (Brasil), Nestle Oil Corporation (Finlandia) y Camelina Company (España) y la Asociación Central de Microbiología Microbiana – Biotehgen de Bucarest (Rumanía).

El programa Itaka tiene sus orígenes en el año 2007 y en el Plan SET impulsado por la Comisión Europea con el objetivo de reducir la dependencia de los carburantes derivados del petróleo. Para ello se apostó por poner en marcha una serie de planes de acción destinadas a potenciar las iniciativas industriales europeas en nuevas fuentes de energía, impulsando la investigación y la innovación. El Plan SET incide en que los posibles riesgos y problemas que puedan surgir se aborden en mejores condiciones en conjunto por parte de la Unión Europea, los diferentes Estados miembros y la industria aeronáutica, pero siempre teniendo en cuenta que la reducción de costos y la mejora del rendimiento de los combustibles son dos de las patas del proyecto.

En este contexto, la Iniciativa Europea de Bioenergía Industrial (EIBI) –*European Industrial Bioenergy Initiative*– es una de las puntas de lanza del proyecto. Es una de las formas de plasmar esta iniciativa es el programa Itaka, nacido para potenciar la colaboración en un sector, el de los biocombustibles, que poco a poco dejará de ser futuro para convertirse en presente. ■

## La materia prima

La camelina sativa, un cultivo oleaginoso no combustible perteneciente a la familia de las brasiáceas, es la planta que se está ensayando como materia prima para la elaboración de biocombustibles para aviación. Esta planta constituye una excelente alternativa para terrenos de secano en desuso o con bajas productividades, así como para cultivo de rotación con el cereal tradicional. Como principales ventajas, destacan su gran resistencia a sequías y heladas, sus bajas necesidades de fertilización, su cultivo mediante maquinaria convencional o su elevada reducción neta de emisiones de gases de efecto invernadero.

El aceite que se extrae a partir del grano de camelina se emplea como materia prima para producir tanto bioqueroseno como biodiésel. En los últimos años, aerolíneas como Lufthansa, KLM o Tarom, así como cazas F/A Super Hornet de la US Navy norteamericana, han realizado vuelos con bioqueroseno a partir de aceite de camelina, y fabricantes de aviones como Embraer o Airbus también lo han probado. En España, un Airbus A 320 de Iberia realizó en octubre de 2011 con éxito un vuelo entre Madrid y Barcelona propulsado por una mezcla de biocombustible de camelina y carburante JET A-1, ahorrando en el trayecto 1.500 kilogramos de emisiones de $CO_2$.



150 AÑOS DEL FERROCARRIL EN BIZKAIA

# El inicio de una red

JULIA SOLA LANDERO
FOTOS: J. LAURENT-INSTITUTO DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA.

Se cumplen 150 años de la inauguración de la línea Bilbao-Tudela, que convirtió a la capital vizcaína en la primera ciudad del Cantábrico conectada por ferrocarril con la meseta castellana. Fue el primer paso en la configuración de la red ferroviaria en Bizkaia, a la que poco después se sumaron ferrocarriles destinados a las industrias minera y siderúrgica y líneas de vía estrecha para el transporte de pasajeros.



Fondo Juanjo Olaizola

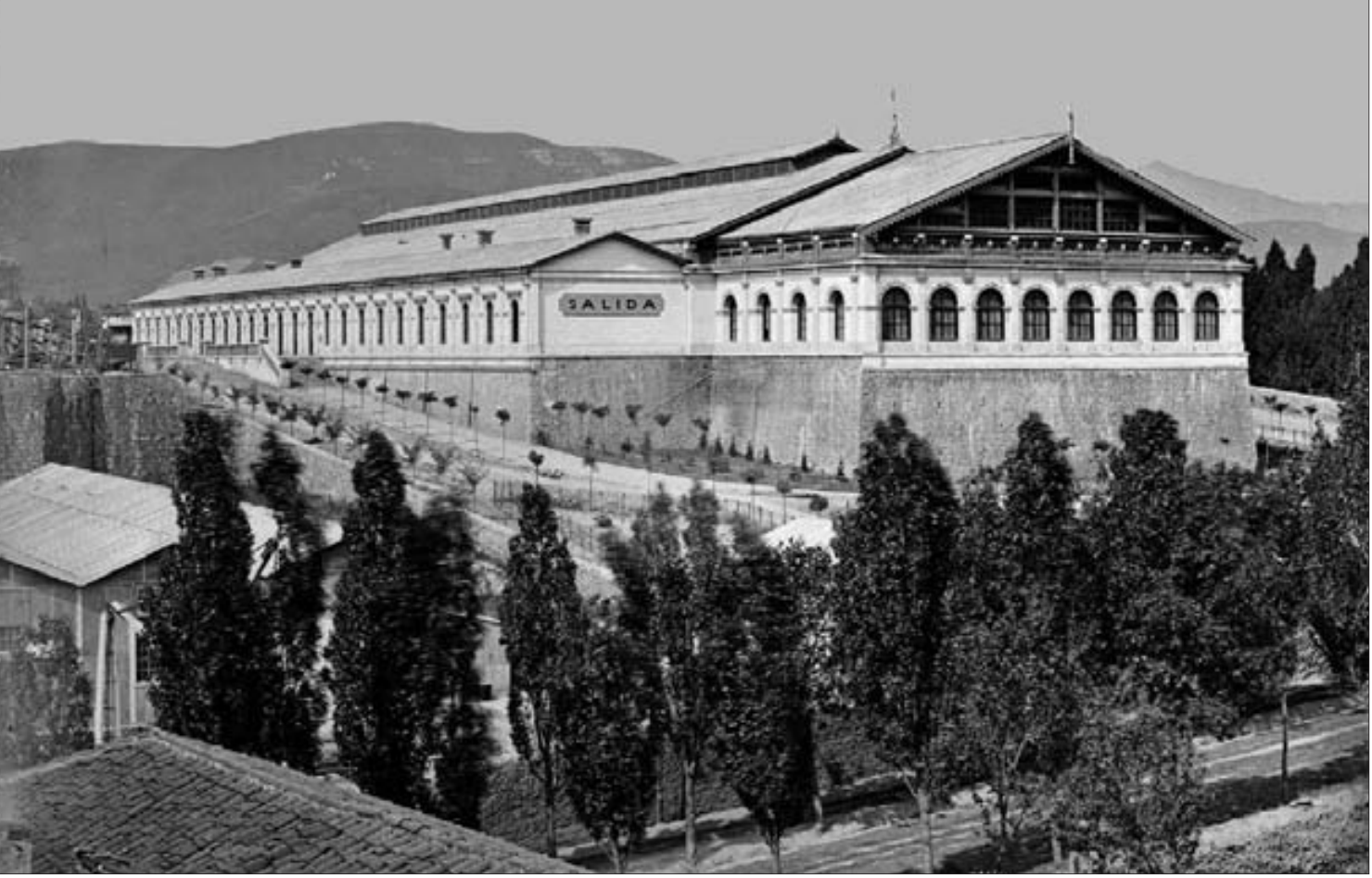




*Página opuesta, locomotora sobre el puente internacionald e Irún. Arriba, estación de Bilbao-Abando. Izquierda, viaducto de Gujuli.*

Siglo y medio ha transcurrido desde que se inaugurara el primer ferrocarril de Bizkaia. Fue el 1 de marzo de 1863, cuando una entusiasta multitud de bilbaínos se arremolinó en la estación de Abando para ver salir el primer tren de la flamante línea Bilbao-Tudela, mientras doblaban las campanas de todas las iglesias de la ciudad y se lanzaban al aire centenares de cohetes. Tirado por una locomotora a vapor Beyer Peacock procedente de Manchester, el tren inaugural llegaría hasta Orduña, a solo 40 kilómetros de la capital, recibiendo, a su paso por las estaciones de Arrigorriaga, Areta y Amurrio el mismo entusiasmo popular. No era para menos: aquel primer viaje culminaba 30 años de tentativas y proyectos fracasados, realizados con el objetivo de conseguir que el tren pasara por Bizkaia.

La primera tentativa de aquel empeño fue bien temprana: en 1832, cuando apenas hacía dos años que se había inaugurado el primer ferrocarril para transporte de pasajeros del mundo, entre Manchester y Liverpool (Inglaterra). En aquel año, el político bilbaíno Pedro Novia Salcedo redactó el denominado «Plan de Iguala», en el que proponía a la Diputación de Bizkaia, entre otras mejoras territoriales, una línea ferroviaria entre Bilbao y Balma-




*Vista exterior de la estación de Abando en 1863, origen y destino de la línea Bilbao-Tudela.*

seda, concebida como un primer paso para conectar más adelante con Burgos y Madrid, por el sur, y con Irún por el norte.

Sin embargo, apenas comenzó a estudiarse el proyecto, el estallido de la Primera Guerra Carlista (1833-1840) vino a truncar el proyecto, que fue retomado tras la contienda, en 1845, por el Ayuntamiento de Bilbao, la Diputación y la Junta de Comercio, quienes obtuvieron la correspondiente concesión, contrataron a prestigiosos ingenieros británicos y constituyeron una compañía explotadora para toda la línea Madrid-Irún.

Pero de nuevo otro infortunio vino a congelar el ambicioso proyecto, esta vez una crisis bursátil internacional que impidió la financiación del ferrocarril, en el que llegó a intervenir, sin éxito, el poderoso marqués de Salamanca. El resultado fue que la concesión, concedida por un plazo de 10 años, prescribió.



*Vista del viaducto de la Peña, fotografiado en 1863, que actualmente se encuentra en servicio.*

## Expansión ferroviaria

Fue la creación de las leyes de banca y de ferrocarriles, promulgadas por el Gobierno del bienio liberal (1855-1856), donde se establecían instrumentos de financiación para afrontar las ingentes inversiones necesarias para poner en marcha el ferrocarril, lo que favoreció la entrada de capital extranjero en España y el desarrollo de importantes empresas ferroviarias que en apenas una década construyeron más de 5.000 kilómetros de vías férreas.

Al calor de aquel impulso volvió a reactivarse la idea de conectar Madrid e Irún por vía férrea. Un jugoso proyecto por el que apostaron todas las provincias vascas, que defendieron sus diferentes intereses. Finalmente ganó la propuesta de un trazado que discurría por Miranda de Ebro, Vitoria y Alsua, y gran parte de Gipuzkoa, dejando fuera a Bilbao.

La decisión fue un cubo de agua fría sobre las viejas aspiraciones vizcaínas, pero sirvió de acicate para que las fuerzas políticas, sociales y económicas de Bizkaia comenzaran a proyectar un ferrocarril que conectara con la línea general del norte. Estaba en juego el futuro de la industria siderúrgica y la mine-



Archivo Librería Astarica

El fracaso financiero del ferrocarril Tudela-Bilbao fue clave para entender el desarrollo de los ferrocarriles de vía métrica en la cornisa cantábrica.



Primitiva estación de Logroño en 1863, una de las paradas de la línea Tudela-Bilbao.

ría que más tarde habría de impulsar la economía de toda la provincia.

Surgió entonces la idea de crear la línea Tudela-Bilbao, con enlace en Miranda de Ebro con la Compañía del Norte y en Castejón de Ebro con la línea Zaragoza-Pamplona. Un ambicioso proyecto para el que en pocas semanas se consiguieron los 100 millones de reales necesarios para arrancar su construcción, que se gestionarían a través de la Compañía del Ferrocarril de Tudela a Bilbao, constituida a tal efecto.

Las obras, dirigidas por el prestigioso ingeniero inglés Charles Blacker Vignoles –autor del perfil de carril base que lleva su nombre y que actualmente es el carril estándar mundial–, duraron cinco años, durante los cuales centenares de trabajadores se afanaron en cavar y allanar la dura y escarpada orografía vasca. La estación principal se ubicó donde hoy se sitúa la terminal de Abando, en pleno centro de Bilbao, una ciudad que vivió, cuando las obras empezaron a ser una realidad, una importante revolución social, económica y urbanística.

Y llegó el esperado día de la inauguración de aquel primer tramo de la línea entre Bilbao y Orduña, coincidiendo con la llegada de los trenes de mercancías a Miranda de Ebro, lo que supuso que Bilbao se convirtiera en la primera ciudad en conectar mediante el transporte ferroviario la meseta castellana y el Cantábrico.

El 31 de agosto de aquel mismo año de 1863 se inauguró toda la línea. Con una longitud de 248 kilómetros, se convirtió en un auténtico motor para la economía bilbaína, que, basada en la industria siderúrgica y la minería, en esa época empezaba a despegar y necesitaba potentes medios de transporte. Su desarrollo marcaría un prometedor futuro.

## Adversidades

Los años sucesivos a la apertura de la línea no fueron fáciles. A pesar del abundante tráfico de viajeros y mercancías, los beneficios no alcanzaban para cubrir los gastos. La obra tuvo un coste final que casi triplicó al presupuestado inicialmente, de modo que la compañía tuvo



*Vista de Bilbao y de la estación de Abando, con su playa de vías, fotografiada en el año 1876.*

que endeudarse más y suspender pagos en 1866 durante un año, mientras sus acciones bajaron de 100 duros a cinco, de forma que, en palabras de Miguel de Unamuno, «sólo servían para envolver confitura». En su obra *Paz en la guerra* rememoraba así la crisis de la empresa ferroviaria: «Su fracaso había llegado a todos los rincones de la villa, el pánico fue grande y lloraron muchos la pérdida de ahorros vendiendo dos cuartos de perejil o cosa que lo valiera».

A la crisis financiera se unió su cierre, entre 1873 y 1875, debido a la Tercera Guerra Carlista, lo que provocó importantes daños en infraestructuras y material móvil. Y al rosario de infortunios se unieron los movimientos de la Compañía del Norte para absorber la línea, lo que consiguió en 1878.

El fin de la autonomía de la línea marcó también el principio de una pujante etapa. En manos de la Compañía del Norte, la Tudela-Bilbao se convirtió en una de los más rentables de la empresa y empujó considerablemente el sector industrial de Bizkaia. De su importancia da cuenta el que 150 años después, todavía se mantengan en uso muchas de sus infraestructuras, como los esbeltos viaductos de La Peña y de Miravalles o la docena de túneles que atravesaba el tren hasta llegar a Miranda de Ebro.

## Ferrocarriles mineros

Las pérdidas económicas que supuso la línea espantaron el apetito inversor por emprender nuevas aventuras ferroviarias. Ahora lo que importaba era la explotación minera y siderúrgica, y al calor de estas industrias surgieron en la provincia numerosos proyectos de líneas férreas mineras para dar salida al hierro a través del Nervión.

El primer proyecto, inaugurado en 1865, surgió para explotar las minas de los montes de Triano –ubicadas en los municipios de Galdames y Arcentales–, que impulsaron la apertura de un ferrocarril de vía ancha entre el embarcadero de Sestao –desde donde se exportaba el mineral hacia Inglaterra– y el municipio de Ortuella. Tal fue el éxito de aquella línea minera, que enseguida se construyeron otras, esta vez de vía estrecha, como las de Sestao-Galdames, Orconera o la Franco-Belga, impulsadas por las empresas mineras.

## Líneas de vía estrecha

Pero además de los ferrocarriles mineros, en Bizkaia pronto empezó a acuciar la necesidad de establecer una red

> La línea Bilbao-Tudela tuvo unos inicios difíciles, pero comenzó a ser rentable al calor del pujante sector industrial vizcaíno



*Bendición de las locomotoras del ferrocarril de Tudela a Bilbao.*

# El ferrocarril de la ría

Veinticinco años después de la inauguración del primer ferrocarril de Bizkaia se abría al público una nueva línea entre Bilbao y Portugalete. Este ferrocarril, junto con el inaugural, sería la base de la red de comunicación más estratégica para el desarrollo de la provincia. La línea, inaugurada el 24 de septiembre de 1888 –aunque el 19 de marzo se abrió el tramo Portugalete-Barakaldo–, fue la única que se construyó en vía ancha en Bizkaia. Su trazado era corto, pero su importancia fue capital en aquel momento de pujante desarrollo industrial.

El ferrocarril tuvo una estrecha relación con las personalidades económicas más influyentes de la provincia y con la sociedad Altos Hornos de Bilbao, que representaba más del 55% del capital suscrito. Además, contó con accionistas tales como los bancos de Castilla o Urquijo y Compañía.

Durante 36 años la Compañía del Ferrocarril Bilbao-Portugalete dirigió la explotación de la línea hasta que, en 1924, la Compañia de los Caminos de Hierro del Norte adquirió todas las acciones, prolongó la línea hasta Santurzi y la electrificó.

Una exposición organizada por los Amigos del Ferrocarril de Bilbao, en colaboración con el Ayuntamiento de Barakaldo y la Fundación de Trabajadores de la Siderurgia General, ha rendido homenaje este año a aquel ferrocarril en su 125º aniversario. Desde el final de la Guerra Civil la línea pertenece a Renfe y presta un servicio de Cercanías que, tras una profunda modernización, dista mucho del servicio que prestaba aquella antigua línea.



*Muelles del Nervión en 1876. En la parte superior derecha, la estación de Abando recién construida.*



*Estación de Miranda de Ebro (Burgos), donde se establecía la conexión con la línea Tudela-Bilbao.*

de transporte de viajeros que respondiera a la emergente economía vasca. Pero había miedo al fracaso, y por eso, cuando en el año 1882 se puso en servicio el tren de vía estrecha Bilbao-Durango, los impulsores del proyecto, desde círculos financieros bilbaínos, fueron llamados «los locos del duranguillo». Sin embargo, resultó un buen negocio que se relacionó con el ancho de vía métrico, más idóneo para sortear la difícil orografía vizcaína, y que impulsó que se creara una de las mallas ferroviarias de vía estrecha más densas de Europa.

Algunos ejemplos de estas líneas fueron la de Bilbao a Las Arenas, a Balmaseda y a Lezema, la de Castro a Traslaviña o la de Elgoibar a San Sebastián, todas construidas a finales del siglo XIX.

En poco más de una veintena de años la red ferroviaria vizcaína ya contaba con conexiones directas con San Sebastián y Santander, y con un operativo enlace con el territorio del carbón a través del ferrocarril de la Robla, lo que aceleró el desarrollo de la industria siderúrgica. La única línea de vía ancha construida tras la de Tudela-Bilbao fue la que unía la capital vizcaína y Portugalete, puesta en servicio en 1888. Pocos kilómetros pero con un altísimo valor estratégico, ya que unía los muelles del puerto exterior de Bilbao y las principales factorías siderúrgicas con el resto de la red ferroviaria española.

Ya en el siglo XX se siguieron creando vías férreas, la mayoría relacionadas con la minería, como el ferrocarril del Plazaola o el Vasco-Navarro, de forma que en tan solo veinte años en el País Vasco ya se había tejido la red ferroviaria más densa de España. ■





*Las iniciativas europeas buscan alcanzar un importante trasvase de personas y mercancías desde la carretera al ferrocarril con el apoyo de la innovación tecnológica*

Deutsche Bahn



EJE DEL ESPACIO ÚNICO EUROPEO DEL TRANSPORTE EN 2050

# El futuro pasa por el ferrocarril

BEGOÑA OLABARRIETA

El tren quiere convertirse en el centro del transporte europeo en las próximas décadas. Sostenible, verde, competitivo, rentable, seguro, eficiente y adaptado a las necesidades de los usuarios, a la vez que motor de la economía europea. Oportunidades y desafíos que hacen necesaria una estrategia de remodelación de factores clave del sistema ferroviario actual, que pasa por la necesaria inversión para acometer el reto.

Situar al ferrocarril en el corazón de un sistema de transporte integrado y atractivo, que contribuya a una reducción drástica de las emisiones, con menos dependencia de los combustibles fósiles, que alivie los actuales problemas de congestión, y que colabore al crecimiento de la economía y la cohesión en Europa. Son los objetivos marcados para 2050 por los diferentes actores y organismos implicados en el sector del transporte, que ven en las nuevas regulaciones y necesidades de los países y de los mercados una oportunidad sin parangón para el sector ferroviario, aunque ello conlleve una apuesta decidida por la innovación y el desarrollo.



*La meta es lograr una red europea de alta velocidad que sea multimodal e interoperable, de alta calidad y gran capacidad.*

Es el panorama dibujado por el grupo de trabajo de la Unión Internacional de Ferrocarriles –conformado, entre otros, por federaciones de pasajeros, gestores de infraestructuras y empresas de transporte de mercancías–, que presentó en febrero el documento *Desafío 2050*, con orientaciones a legisladores, compañías operadoras y suministradoras para «animarles a hacer la inversión de la que depende la movilidad sostenible en Europa».

Un desafío lanzado también en la *Hoja de Ruta del Ferrocarril 2050*, del Consejo Europeo para la Investigación Ferroviaria (ERRAC). Su presidente, Andrew McNaughton, cree que es necesario trabajar «para estimular un trasvase modal hacia el transporte de viajeros y mercancías por ferrocarril».

## Objetivos para cambiar el sistema

El *Libro Blanco del Transporte. Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transporte competitiva y sostenible* define 10 objetivos de mejora, seis de los cuales se refieren al ferrocarril, que destacan la importancia de su papel en el futuro inmediato:

- El 30% de transporte de mercancías por carretera en distancias superiores a 300 kilómetros debería cambiar a modos como el ferrocarril en 2030, llegando a un 50% en 2050, a través de corredores respetosos con el medio ambiente.
- Para 2030 se habrá triplicado la longitud de la red de alta velocidad, y en 2050 la mayor parte del transporte de viajeros de media distancia se hará en tren.
- Contar con una red básica RTE-T multimodal completamente funcional en toda la UE, de alta calidad y capacidad para 2050, y con un conjunto de servicios de información.
- Conectar puertos y aeropuertos con la red ferroviaria.
- Desplegar el sistema europeo de gestión del transporte Ertms.
- Para 2020 establecer un marco para un sistema europeo de información, gestión y pago de transporte multimodal.

A partir de estas declaraciones de principios, los distintos organismos europeos dibujan un mapa de mejoras que viene determinado por los objetivos que en el *Libro Blanco del Transporte. Hoja de Ruta hacia un Espacio Único del Transporte–Hacia un sistema competitivo y eficiente*, de la Comisión Europea, hacen referencia explícita al ferrocarril como eje del desarrollo de las próximas décadas.

## Nuevos desafíos

Básicamente, lo que viene a decir la Comisión Europea es que en los próximos años habrá que hacer frente a nuevas expectativas y necesidades. Por un lado, habrá un incremento del transporte de mercancías y de pasajeros en una



*La actividad global del transporte de mercancías por ferrocarril crecerá en Europa un 40% en 2030 y por encima del 80% en 2050.*

red que ya se encuentra al máximo de su capacidad. Por otro, este aumento de tráfico no debe mermar el objetivo de «reducir drásticamente» las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, depender menos de los combustibles fósiles y ahorrar energía, sin limitar por ello la movilidad. Además, los usuarios tienen nuevas demandas, necesidades y expectativas de fiabilidad y seguridad a las que se debe dar respuesta para hacer del sistema ferroviario un modo competitivo y atractivo.

Las previsiones que se manejan hablan de un aumento considerable del tráfico por ferrocarril en los próximos años. Se espera que en 2030 la actividad global del transporte de mercancías por tren haya aumentado un 40% (con respecto a 2005), y por encima de un 80% en 2050. En el de viajeros, éste aumentaría un 51% en ese mismo año. Además, a mediados de siglo se habrá trasvasado la mitad de la totalidad del transporte de personas y mercancías de media distancia de la carretera al tren, y sus volúmenes de mercado se habrán triplicado.

Todo ello, como afirma el documento *Desafío 2050*, porque «el ferrocarril es la forma de transporte más capaz de evitar la congestión y la más práctica en términos de uso del espacio», al tiempo que es «la más verde y la más efectiva y económica al manejar grandes volúmenes de personas y mercancías».

Para conseguirlo, sin ir en contra de las normativas y expectativas medioambientales y de calidad, se definen una serie de ejes en los que el sector debe trabajar de una forma coordinada en Europa, para lo que, según Consejo Europeo para la Investigación Ferroviaria, «la UE debe triplicar, al menos, el actual presupuesto para I+D de apoyo al sector ferroviario».

> El ferrocarril se configura como el medio más capaz de evitar la congestión, así como el más verde, eficaz y económico

## Movilidad inteligente

El desafío es conseguir cruzar Europa en pocas horas gracias a viajes sin transbordos, en líneas de alta velocidad, en un sistema en el que 19 de cada 20 convoyes sean puntuales, con información constante, confort y seguridad. En el caso de las mercancías, el futuro está en trenes de contenedores más largos y rápidos, parecidos a los de viajeros en cuanto a fiabilidad y rendimiento.

Para todo ello se hace necesario, según ese organismo, la innovación tecnológica que permita que la capacidad de




Renfe Operadora

*Las distintas iniciativas quieren aumentar la percepción entre los pasajeros de que el tren, pese a ser un transporte masivo, es un medio seguro.*

la red RTE-T y de los corredores de mercancías aumente, permitiendo un trasvase real de los movimientos por carretera al ferrocarril. Pero también apostar por servicios de venta de billetes mejorados, interoperabilidad, mejor información para la planificación de trayectos, y conexiones con puertos y aeropuertos. Un aumento de la movilidad que acompaña las expectativas medioambientales y consolida al tren como el modo más ecológico y eficiente energéticamente, gracias a una red en su mayor parte electrificada en 2050 y al uso de biocombustibles.

Pero no solo eso. También es necesario reducir el consumo energético a la mitad para ese año, apostando por el desarrollo de la eficiencia del material rodante: mejorando el rendimiento de los motores, con componentes de tracción más ligeros, con frenos de recuperación estandarizados y con un aumento significativo de la energía cinética. Igualmente, construyendo vehículos reciclables e innovando en materiales y en una nueva generación de trenes que, además, deberán ser más silenciosos evitando las vibraciones a su paso por áreas urbanas.



Renfe Operadora

*Innovar en el material rodante para lograr una mayor eficacia es uno de los retos del ferrocarril.*

## Confianza del usuario

Esta mejora se complementará con la eliminación o modernización de los pasos a nivel, redundando en la seguridad en la circulación en vías, puentes y cruces para que el usuario aumente su confianza. Todos los organismos implicados en el diseño del ferrocarril de los próximos años coinciden en que, aunque es un medio seguro, aumentar esa percepción entre los viajeros es todo un reto debido a su naturaleza de transporte masivo y a la existencia de redes complejas.

En la circulación, las aplicaciones ferroviarias deberán estar totalmente cubiertas por




*Cruzar Europa en pocas horas sin transbordos, con seguridad y puntualidad, es el objetivo. En la foto, TGV francés en la estación de Frankfurt.*

avanzadas técnicas de señalización, información y comunicación interoperables. Por ejemplo, en caso de accidente, los sistemas se reanudarán rápidamente y el funcionamiento en modo degradado deberá ser similar al operativo normal.

En el ámbito personal, es necesario aumentar los niveles de seguridad sin que el usuario perciba intrusión en su privacidad, desarrollando estrategias y métodos inteligentes de protección, y entrenando de manera apropiada al personal ferroviario.

En el ámbito del transporte de mercancías se desarrollará una tecnología innovadora que deberá estar plenamente disponible en toda Europa para 2050 y que permita aumentar la seguridad en toda la cadena de transporte de contenedores.

Investigación e innovación que, por otro lado, ayudarán a consolidar a los fabricantes europeos como líderes del sector en el mundo, al tiempo que mantengan unos costes asequibles y una oferta comercial atractiva para los usuarios.

Objetivos que deberían conseguirse con soluciones que redunden en la mejora de las operaciones y el mantenimiento del material rodante, en el análisis y planificación del transporte de viajeros y mercancías a largo plazo, y en nuevos procesos de fabricación que permitan reducir costes y tiempo de producción del material rodante.

También el gasto de mantenimiento de las infraestructuras debe reducirse a un 50% con la creación de sistemas de control y diagnóstico avanzados, junto con el uso de soluciones innovadoras de calidad.

Como concluye Andrew McNaughton, conseguir que el ferrocarril sea la columna vertebral del Espacio Único Europeo de transporte en los próximos años pasa por «investigaciones en el desarrollo e implantación de auténticas respuestas al mercado, con apoyo de inversiones y legislaciones adaptadas», para conseguir un mercado en igualdad de condiciones. ■

## Eficiente y sostenible

La apuesta del ferrocarril como transporte del futuro parte del análisis de sus ventajas frente a otros, como la aviación civil o la carretera:

- **Es más respetuoso con el medio ambiente.** El viajero que opta por el tren en Europa consume 3,7 veces menos energía por persona transportada que si lo hace en su propio vehículo.
- **Tiene un bajo consumo de espacio urbano y de territorio.** La carretera tiene una capacidad de 1.000 a 2.000 viajeros por carril/hora. El tren transporta cerca de 5.000 viajeros por hora en superficie, el metro puede llegar a los 60.000.
- **Es más seguro.** Los índices de accidentes son alrededor de 200 veces más altos en el transporte por carretera que en el ferrocarril.
- **Ofrece conexiones competitivas con los centros metropolitanos.** Un viaje de 400 kilómetros en alta velocidad puede ser hasta 1 hora más corto que en avión, dependiendo de la ubicación del aeropuerto y de la capacidad de los controles de seguridad.
- **Mejora la movilidad urbana.** El 8% del total de las emisiones de $CO_2$ se deben a la movilidad dentro de las urbes. En los últimos 10 años el consumo de energía del transporte por ferrocarril ha disminuido un 22%.
- **La tecnología aporta valor añadido.** Los desarrollos tecnológicos en las líneas de alta velocidad hacen que sean la elección preferida de los pasajeros. Para viajes de hasta 1.000 kilómetros el doble de personas prefiere un ferrocarril rápido que un avión.
- **Genera riqueza y empleo.** El mercado global del ferrocarril mueve aproximadamente 136.000 M€ y ocupa a 400.000 empleos directos e indirectos, a los que se suman 1.350.000 empleados en los administradores de infraestructuras y en las operadoras.



PRESA ROMANA DE CONSUEGRA

# Singularidades de un récord



*Muros de sostén que actúan como contrafuertes en la presa. Derecha, estatua de mármol de un pretor romano en la antigua Casa de la Tercia, en Consuegra.*

JESÚS ÁVILA GRANADOS TEXTO Y FOTOS

Construida en época del emperador Trajano (98-117), la presa romana de Consuegra recogía las aguas de los montes de Toledo y, mediante un interesante sistema de canales, repartía el agua a la entonces importante ciudad de *Contrebia*. Hoy, veinte siglos después, esta singular obra de ingeniería hidráulica sigue siendo la mayor del Imperio romano, sorprendiendo por sus singulares características.

Definiendo los límites geográficos de La Mancha, por su extremo noroeste, como flotando sobre las estáticas e inacabables líneas horizontales que caracterizan a esta región donde la mirada se pierde en la lejanía, sobresale la cumbre del cerro Calderico, conocido como Peña Tajada. Es la Crestería, sobre la cual los pueblos de la antigüedad levantaron sus templos a las divinidades; de ahí el nombre de Consuegra, derivación de *Cuns Sacrum* (lugar sagrado).

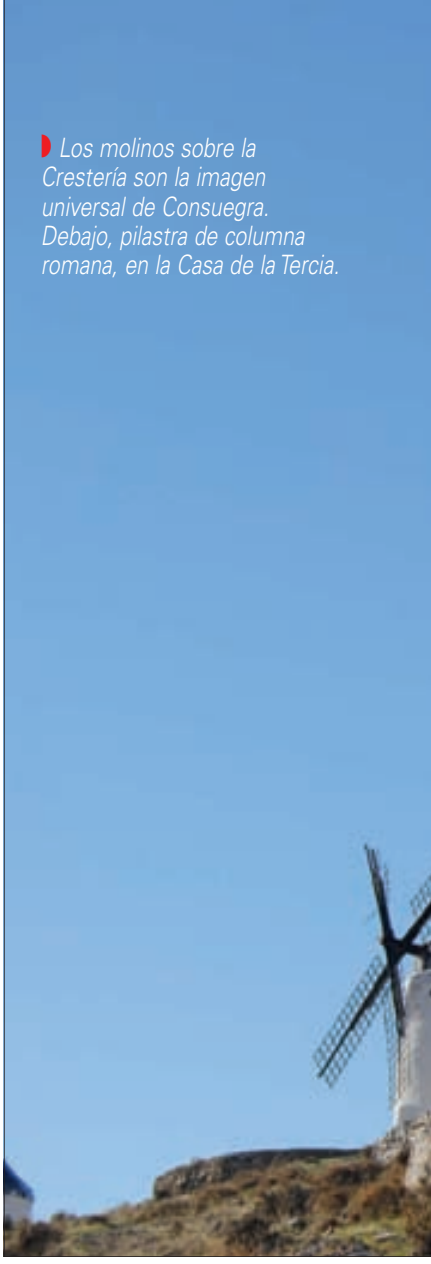
Cabalgando sobre su lomo, 13 blancos molinos de viento –cuyos nombres evocan gestas del Quijote–, y en medio de ellos la alcazaba califal (s. X), transformada luego en la fortaleza y sede prioral de la Orden de San Juan de Jerusalén. A pocos metros de la muralla, las antiguas canteras, de las que se extrajeron los bloques de piedra utilizados tanto en las obras civiles y religiosas de la ciudad, como en las grandes realizaciones, como la presa, que se dibuja en la lejanía de la llanura, entre viñedos y olivos y algún celemín dedicado al cultivo del *oro rojo* (azafrán).



Alrededor del pronunciado montículo, en su falda, se extiende en horizontal la histórica población, que destaca por su cromatismo: un blan-



Fachada del castillo, antigua alcazaba califal. Debajo, parte superior de una noria medieval, cercana a la presa.



Los molinos sobre la Crestería son la imagen universal de Consuegra. Debajo, pilastra de columna romana, en la Casa de la Tercia.

co azulado que marea, por su frescor y fuerza, y un rojo intenso de sangre, que capta los últimos rayos del crepúsculo; correspondientes, ambos, a las fachadas y tejados, respectivamente; sin olvidarnos del morado sensual del azafrán, que a finales de octubre viste sus campos. Si de día el espectáculo visual extasía los sentidos, de noche la panorámica es magnífica.

## La conquista romana

Según los cronistas, en Consuegra estamos ante una ciudad remanso de varias civilizaciones (griegos, cartagineses, iberos, celtas, romanos...), como prueban sus diferentes denominaciones a lo largo de la historia.

Plinio, en su *Historia Natural*, al referirse a Consuegra, la llama *Consaburum* y *Consaburona*, colocándola entre las ciudades celtibéricas. El emperador Antonino Pío, en su Itinerario (*Iter a Laminio Toletum*), habla de *Consabro*.

Consuegra sufrió mucho durante los primeros siglos de la conquista romana, al ser escenario de sangrientas batallas. Tito Livio, Alejandrino, Osorio y otros aluden sobre todo a la que tuvo lugar en el 181 a.C., entre las fuerzas del pretor Marco Fulvio y los vacceos, vettones y celtíberos, defensores de *Contrebia*. Y es que poseer este enclave suponía controlar parte de la geografía manchega, porque desde peña Tajada se divisa un territorio inacabable.

Cuarenta años más tarde, en el 141 a.C., los consaburenses sufren el asedio del cónsul Quinto Cecilio Metelo, dentro de su campaña para someter a los pueblos y ciudades partidarios de Viriato. Los historiadores describen la valentía de los celtas de *Contrebia* rechazando a cinco cohortes romanas. Pero tras meses de asedio, la ciudad capituló y sus pobladores fueron pasados a cuchillo. Entonces los romanos la convirtieron en una de las plazas más importantes y seguras de Hispania, bautizándola como *Consaburum*.

El tercer episodio bélico que sufrió la ciudad tuvo lugar en el 76 a.C., cuando Sertorio la conquistó tras un año de asedio. Tras la conquista, dejó en *Consaburum* a su lugarteniente Lucio Instelo, mientras él se dirigía hacia el norte.



A partir de entonces, y sobre todo durante la *Pax romana*, en la ciudad se levantaron toda clase de obras. Algunas han pervivido, como la presa, la de mayor longitud del Imperio romano, y algunos fragmentos del acueducto, con partes aéreas, a ras de suelo y subterráneas, como en Tiermes (Soria)

En la actualidad, Consuegra está minada de galerías subterráneas, especialmente en la zona próxima al antiguo matadero, cerca del arco de la Virgen de Belén, y también en la zona comprendida entre la iglesia del Santísimo Cristo y la Casa de la Tercia. También son dignos de mención los demás vestigios de fortificación que se conservan en las faldas

de la Crestería, tales como los pequeños lienzos que forman el rectángulo existente aún entre el castillo y la torre centinela. Y merece la pena visitar el patio de la antigua Casa de la Tercia, que exhibe esculturas en mármol y piedra de la época romana.

## La presa

A cinco kilómetros al oeste de Consuegra, en dirección a Urda, cerca de la carretera que enlaza la población con Ordaz, se halla la, hasta la fecha, más importante presa romana conocida, por lo que respecta a su longitud. Esta presa nunca recibió la atención merecida por estar medio disimulada y confundida



con un antiguo canal, por lo que pasó desapercibida. La construcción formaba parte de una gran obra de ingeniería hidráulica destinada a abastecer de agua a Urda y, sobre todo, a Consuegra. Su agua se tomaba inicialmente de Fuente Aceda, en los Montes de Toledo, a 23 kilómetros de Consuegra, discurriendo por un canal cuyo tramo central era un acueducto de cinco kilómetros, hasta Urda.

El canal desembocaría en el embalse creado por la presa romana sobre el curso medio del río Amarguillo, desde donde partiría otro que muy bien llegaría al *castellum*, o depósito central de suministro de agua en el interior de la población. Desde allí, el agua se distribuiría a las distintas zonas urbanas, contando con una importante derivación hacia el sector en donde se ubicaba el circo (de 380 x 80 metros, aproximadamente), que coincidiría con la actual plaza de España.

Establecer los datos físicos de esta construcción da una idea de sus características. La longitud actual es de 632 metros, aunque los especialistas opinan que pudo superar los 700 y, por tanto, cortar el actual emplazamiento del camino a Urda. La altura oscila entre 4,80 y 5 metros, hasta el nivel del agua, contando con una débil cimentación. Tiene 17 muros de sostén que actúan como contrafuertes, ubicados todos ellos en la parte central



*Arriba, muro de la presa, formado por mampostería en los paramentos y hormigón en el núcleo. Debajo, boca de uno de los aliviaderos de la presa.*

y exterior del embalse, de 1,30 metros de espesor cada uno. La separación entre ejes varía de 10,40 metros los dos más cercanos al estribo izquierdo, a 6,60 metros y 4,90 metros, relativamente uniforme, el resto.

Pero es en la superficie de la cuenca-vertiente, establecida en unos 66 km$^2$, en donde, además, es posible hacerse una idea de la grandiosidad de esta obra, si se tiene en cuenta que la del abastecimiento de Toledo era de 50 km$^2$ de vertido directo más 42 km$^2$ de un arroyo en cuenca distinta, cuyas aguas se añadían por medio de un canal, y utilizando, por tanto, sólo en parte las precipitaciones habidas.

Según Norman A.F. Smith, exprofesor de Ingeniería Civil y catedrático de Historia de la Ciencia y Tecnología del Colegio Imperial de Londres, los ingenieros de las presas romanas tenían que conseguir que sus estructuras cumplieran cin-



co criterios: un grado suficiente de impermeabilidad; estabilidad bajo la carga del agua a embalse lleno; estabilidad a embalse vacío; seguridad cuando el embalse vierte, y medios para tomar agua de éste.

Como material, la presa se compone de una mampostería poco cuidada en los parámetros, así como hormigón tosco en el núcleo. Elementos, ambos, mampostería (muro vertical) y hormigón (como refuerzo), típicamente romanos.

Los más prestigiosos especialistas en hidráulica romana (Norman A.F. Smith, Nicholas J. Schnietter, José A. García-Diego, Manuel Díaz-Marta, Ignacio González Tascón, etc.), coinciden en definir a la presa de Consuegra como la más importante del mundo. El interés por su estudio se acrecienta cuando se ponen de manifiesto algunas singularidades. Por una parte, la falta de aliviaderos, que todas las pre-



*Engranaje de una noria moderna, situada en las inmediaciones de la presa de Consuegra.*

sas romanas tienen, y que, o bien no tuvo nunca, lo cual sería una excepción entre las de su época y una innovación quizás experimental en el sistema hidráulico romano, o bien ocupaba parte del estribo desaparecido, lo que sería igualmente excepcional.

La existencia de los 17 contrafuertes, por otra parte, es sumamente curiosa para la sujeción de la pantalla impermeable, a la vez que un terraplén en el lado de aguas abajo, elemento que tampoco se conoce en el resto de las presas romanas. Pudiera ser que estuviéramos ante una obra atípica y experimental a la que algunos especialistas califican de «enigmática» por el binomio contrafuertes-terraplenes, combinación extraordinaria por no decir única.

El Instituto de Anales Toledanos, y la Real Academia de Bellas Artes y Ciencias Históricas de Toledo, junto con el pueblo de Consuegra, consiguieron, en 1981, la declaración de Monumento Histórico-Artístico con carácter Nacional para la presa romana de Consuegra. El expediente de confirmación lleva fecha 16 de julio de 1981.

## Otras analogías

En España se conocen algunos ejemplos de presas romanas. Por orden de importancia, son las siguientes: Alcantarilla, que abastecía de agua a *Toletum* (Toledo), de 482 metros de longitud y 21 metros de altura; Proserpina, de 427 metros de longitud y 19 metros de altura; Esparragalejo, de 312 metros de longitud y 5,60 metros de altura máxima; Cornalbo, de 200 metros de longitud y 24 metros de altura máxima, e Iturránduz, de 80 metros de longitud por 3 metros de altura máxima.

En el resto del Imperio destacan, en Libia, la de Sidi Gelani, de 91 metros de longitud por 5 metros de altura máxima, que abastecía de agua a la ciudad de *Leptis Magna*; y en Siria, la de Quasr Khubbaz, al este de Aleppo. Todas ellas, coetáneas a la de Consuegra.

> La de Consuegra, pese a ser la más larga presa del Imperio romano, es una obra de ingeniería que ha pasado desapercibida

En cuanto al acueducto romano de Consuegra, no cesan de aparecer nuevos fragmentos –todos ellos subterráneos o a nivel de suelo– que confirman no sólo la importancia espacial de esta obra de ingeniería hidráulica del siglo I d.C., sino también la originalidad de los materiales empleados en su construcción: plomo en las tuberías, y cemento, piedra y argamasa en los revestimientos, y que pueden verse a lo largo del camino que une la ciudad de Consuegra con la presa.

En este trayecto, además de ver los canales que facilitan el traslado del agua desde la presa a la cercana ciudad, puede contemplarse el espectáculo de los últimos rayos del Sol acariciando la cumbre del cerro Calderico e iluminando el blanco de los 13 molinos, estampa que no se repite en ningún otro lugar del mundo. ■

# Nuevo Centro de Servicios Galileo en Madrid

La ministra de Fomento, Ana Pastor, y el vicepresidente de la Comisión Europea, Antonio Tajani, inauguraron el pasado 14 de mayo en Madrid el Centro de Servicios Galileo «Loyola de Palacio», en homenaje a la que fuera vicepresidenta de la Comisión Europea y comisaria de Transportes. El programa Galileo será el sistema europeo de navegación por satélite, con vocación civil, y proporcionará a la Unión Europea independencia tecnológica respecto a los sistemas de navegación actuales (GPS y Glonass), a la vez que será complementario e interoperable con ellos.

El nuevo centro, situado dentro de las instalaciones del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), será el único centro del programa Galileo que facilite un Servicio Abierto, de acceso libre y gratuito a escala global para la población, con prestaciones superiores a las ofrecidas por el sistema GPS; un Servicio Comercial, que permitirá ampliar el campo de aplicaciones actualmente existentes y el único que generará ingresos a la Comisión Europea; y un Servicio de Salvaguarda de la vida humana, que atenderá las necesidades específicas en sectores como la aviación civil o el tráfico marítimo.

Durante la inauguración, la ministra de Fomento reafirmó el compromiso del Gobierno español con el programa Galileo e indicó que apoyará a la Comisión Europea en la potenciación del nuevo Centro de Servicios. En este sentido, destacó la creación en torno a este centro por parte del INTA de un Laboratorio de Expertos Europeo y de un Centro Empresarial GNSS. Estos instrumentos constituirán en los próximos años un foco de atracción y de impulso de ingeniería, pruebas y desarrollo de aplicaciones de sistemas globales de navegación por satélite en Europa, y también en el futuro, para aquellos países que elijan Galileo como sistema de navegación.




mde.es

*La ministra de Fomento, el vicepresidente de la Comisión Europea, Antonio Tajani, y el secretario de Estado de Defensa, Pedro Argüelles.*

## Apoyo a las empresas españolas en Brasil

La ministra de Fomento, Ana Pastor, viajó los días 20 y 21 de mayo a Brasil para presentar el modelo español de alta velocidad ferroviaria como un referente internacional que muchos países están planteando importar. Uno de estos países puede ser Brasil, que tiene previsto lanzar próximamente un concurso internacional para la construcción de la línea de alta velocidad Río de Janeiro-Sao Paulo-Campinas (510 kilómetros), que será el primer tren de alta velocidad de América Latina.

En sus encuentros con los máximos responsables de las infraestructuras de transportes de Brasil, la ministra de Fomento abordó los importantes planes de infraestructuras que el Gobierno brasileño tiene previsto acometer en el marco de los Planes de Aceleración de la Economía (PAC) para el periodo 2011-2014, que contemplan, entre otros, las obras referentes a la concesión de carreteras y la construcción de las líneas férreas Norte-Sur, Oeste-Este, Transnordestina y la referida línea de alta velocidad. Los contactos tuvieron por objeto impulsar la participación de empresas españolas en esos proyectos.

En Brasil, la ministra destacó que España tiene una experiencia de más de 20 años en la construcción de líneas de alta velocidad y que se encuentra a la vanguardia de la innovación y de las nuevas tecnologías en este campo, lo que ha permitido exportar el modelo español de alta velocidad a otros países (Turquía, Arabia Saudí). «El esfuerzo inversor de estos años –dijo la ministra– nos ha permitido generar unas herramientas para promover el desarrollo de primer nivel que hoy queremos poner a disposición del resto del mundo y muy especialmente de países amigos como Brasil».

## Tren directo y diario Oporto-Vigo

España y Portugal implantarán antes del 1 de julio el primer servicio ferroviario internacional directo diario, en ambos sentidos, entre Oporto y Vigo, según anunciaron el 13 de mayo la ministra de Fomento, Ana Pastor, y su homólogo portugués, Álvaro Santos Pereira, durante la XXXVI Cumbre hispanolusa de Madrid. En ese encuentro, los presidentes de Renfe y de Comboios de Portugal suscribieron un acuerdo para mejorar la reserva y venta mutua de billetes de sus respectivos servicios ferroviarios en ambos países.

El acuerdo contempla el primer billete único entre Oporto y Vigo, que se venderá a partir del 15 de junio tanto en los sistemas de venta en línea de Renfe utilizado por las agencias de viaje como en los puntos de venta que determine la operadora lusa. Además, se continuarán las obras en materia de electrificación de la parte aún inconclusa para mejorar el tiempo de viaje.

Ambos ministros analizaron los avances en materia de interoperabilidad de los sistemas de cobro electrónico de peajes de las autopistas entre España y Portugal, compartieron su satisfacción por los pasos dados para la implantación del Bloque Funcional del Espacio Aéreo Sudoeste en el marco de la iniciativa del Cielo Único Europeo y acordaron crear un grupo mixto para coordinar las políticas de mercancías por ferrocarril entre ambos países.

# Stamark™
## Cintas para marcaje de pavimentos

Las cintas **Stamark™** de 3M para marcaje de pavimentos proporcionan una gran visibilidad diurna y nocturna, tanto en seco, como con suelo mojado. Además, sus micropartículas cerámicas, evitan deslizamientos y mejoran la seguridad vial. Aplicadas por el sistema ATA, exclusivo de 3M, conseguirá unos resultados óptimos.



# Máxima visibilidad en seco o mojado, sin deslizamiento

### Marcaje permanente. Stamark™ Series 380, 360 y 310

Aseguran una marca vial de gran visibilidad diurna y nocturna, porque incorporan microesferas cerámicas. Duran más que las pinturas tradicionales, y siempre ofrecen mayores coeficientes de retrorreflexión. Pueden aplicarse, incluso sin imprimación como la **Stamark™ 380 ESD, 360 ESD y 310 ESD.**

### Marcaje temporal en zona de obras. Stamark™ Serie 651. Para áreas secas

Facilitan al máximo una rápida aplicación y fácil retirada.

### Stamark™ Series 711, 731 y 721. Para áreas con precipitaciones frecuentes

De rápida aplicación y fácil retirada, proporcionan al conductor una extraordinaria visibilidad diurna y nocturna incluso con lluvia. Diseñadas para IMD´s altas o muy altas, también pueden aplicarse sin imprimación como la **Stamark™ Serie 711.**

### Stamark™ 715 Retirable Negra Mate

Se aplica sin imprimación para enmascarar líneas en desuso, en la señalización temporal de obras. Una solución perfecta para evitar los brillos producidos por la pintura negra.


Llamada Gratuita
**900 210 584**
3M Centro de Información al Cliente
www.3m.com/es/Seguridadvial
e-mail: trafico.es@mmm.com


3M

ferrovial agroman

# Crecimiento basado en la Innovación

Ferrovial Agromán apuesta por la innovación y el desarrollo, así como por la aplicación de nuevas tecnologías en todos los ámbitos de su actividad de diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras, siendo el sector de la obra ferroviaria uno de los principales pilares de la misma.

En octubre de 2011 Ferrovial Agromán y ADIF firmaron un Convenio Marco de Colaboración para el desarrollo de actividades de I+D+i en el Centro de Tecnologías Ferroviarias de Málaga y el Anillo Ferroviario de Pruebas de Experimentación de Bobadilla en Antequera. Las líneas de investigación prioritarias a realizar en virtud de este convenio, son el desarrollo y empleo de nuevas tecnologías y materiales para la construcción de vía en placa y plataforma para vías de alta velocidad; auscultación continua y sistemas para la reducción de ruido y vibraciones en las infraestructuras ferroviarias. Asimismo se está trabajando en el desarrollo de nuevas zonas de transición vía en placa –vía en balasto mediante la utilización de modelos dinámicos que serán testados a escala real en vías en explotación–. Por último, se están desarrollando nuevas soluciones constructivas que minimizan los consumos energéticos durante la construcción de túneles garantizando, a su vez, altos niveles de calidad medioambiental en los frentes de excavación.



ferrovial agroman

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:

**www.fomento.gob.es**

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

Título de la obra: ***Revista del Ministerio de Fomento, nº 629, Junio 2013***

Año de edición: ***Julio 2013***

Edición digital:
1ªedición electrónica: ***Octubre 2013***
Formato: ***PDF***
Tamaño: ***20 MB***

NIPO: 161-13-004-6
I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA incluido): 1,50 €

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

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARIA GENERAL TECNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Revista del Ministerio de
Fomento

Junio 2013 ● Nº 629 ● 3 €




# Alicante, conectada en alta velocidad

- El 1% Cultural suma 12 nuevas actuaciones
- La autovía A-21 une Aragón y Navarra
- Centro de Servicios Galileo


LAS CARRETERAS HECHAS
CON BETUNES ELASTER AÚN ESTARÁN AHÍ
CUANDO YA NO SEAN NECESARIAS.
PROAS PRESENTA ELASTER, SU NUEVA GAMA DE
BETUNES MODIFICADOS CON POLÍMERO.
Tecnología punta aplicada al Betún para que tus carreteras
sean más seguras, ecológicas y longevas.
www.proas.es
PROAS
Innovando para ti

Revista del Ministerio de Fomento

# En este número

JUNIO 2013
Nº 629



Alicante, conectada en alta velocidad
- El 1% Cultural suma 12 nuevas actuaciones
- La autovía A-21 une Aragón y Navarra
- Centro de Servicios Galileo




Daniel Martín/Avant


## FERROCARRIL

**4. Alicante, ciudad AVE.** *Entra en servicio la segunda línea de alta velocidad entre Madrid y la costa levantina.*

## FERROCARRIL

**14. Cómodos y fiables.** *Los trenes AVE S 100R y S 112 cubren el trayecto Madrid-Alicante.*

## 1% CULTURAL

**18. Contra el tiempo y el olvido.** *El programa del 1% Cultural concluye 12 importantes actuaciones de recuperación del patrimonio.*

## CARRETERAS

**26. Conexión interprovincial.** *En servicio el tramo Tiermas-Límite con Navarra de la autovía A-21 en Zaragoza.*








## Y además...


**32. Puesta en valor.** *Venta de activos inmobiliarios de Adif.*

**38. Un paso importante.** *Nuevo Centro de Servicios del programa Galileo en Torrejón.*

**42. Prodigiosa sencillez.** *125º aniversario del Muelle de Hierro de Portugalete.*

**48. Máxima protección.** *La Nave de Motores de Metro, declarada Bien de Interés Cultural.*

**54. En el bosque de piedra.** *Las canteras megalíticas de Els Clots de Sant Julià.*


**Director de la Revista:** Antonio Recuero

**Edición:** Javier R. Ventosa. **Maquetación:** J. A. Laiz/Aurelio García **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Fotografía:** José Caballero. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti. **Portada:** Renfe Patier
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
**Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos)
**Colaboran en este número:** Jesús Ávila Granados, Jaime Arruz, Pepa Martín y Julia Sola Landero.
**Comité de redacción: Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín *(Subsecretario de Fomento).* **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez *(Secretario General Técnico).* **Vocales:**, María García Capa *(Directora del Gabinete de Prensa),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Eloísa Contín Trillo-Figueroa *(Jefa del Gabinete del Subsecretario),* Juan Antonio López Aragón (*Director del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Pedro Guillén Marina *(Director del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director de la Revista).*
**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O'Donnell, 18, 5º H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPO: 161-13-005-1

**Edita:**
Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.

# 2013

# Mapa Oficial de Carreteras©

## ESPAÑA

**Incluye:**

- ***Cartografía*** *(E. 1:300.000 y 1:1.000.000)*
- ***DVD interactivo***
  *(Windows XP, Vista y 7)*
- ***Caminos de Santiago en España***
- ***Alojamientos rurales***
- ***Guía de playas de España***

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO




**También en el DVD:**

*974 Espacios Naturales Protegidos*
*152 Rutas Turísticas*
*97 Vías Verdes*

**actualizable vía web**

**Edición 48**
*PVP: 22,40 €*

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA | CENTRO DE PUBLICACIONES



## La Clave del Éxito reside en nuestra Capacidad de Superación

Adaptarnos a las nuevas exigencias del mercado, a las nuevas tecnologías constructivas más actuales, a la dimensión y complejidad de cada proyecto... nos permite superar los más exigentes requisitos de calidad, seguridad y respeto medioambiental. Manteniendo nuestra responsabilidad con cada uno de nuestros clientes y cumpliendo más allá de nuestros compromisos. Es así como ALDESA se sitúa hoy entre los diez mayores grupos de construcción de España, consolidándose y proyectándose con éxito hacia el futuro.

**OBRAS FERROVIARIAS** - CARRETERAS Y AUTOVÍAS - AEROPUERTOS - OBRAS MARÍTIMAS E HIDRÁULICAS
URBANIZACIONES - EDIFICACIÓN - REHABILITACIONES Y REFORMAS





aldesa

C/ Bahía de Pollensa, 13 - 28042 Madrid - Tel.: 91 381 92 20 - Fax: 91 381 78 03
**www.aldesa.es**



EN SERVICIO LA SEGUNDA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD ENTRE MADRID Y LA COSTA LEVANTINA

# Alicante, ciudad AVE



Efe




Renfe Patier

*Nueva playa de vías y terminal de alta velocidad de Alicante, junto a la existente. Debajo, el Príncipe Felipe de Borbón durante la inauguración de la línea en Alicante.*

## Javier R. Ventosa

El pasado 18 de junio entró en servicio el tramo Albacete-Alicante, llamado a ser el eje central de las futuras conexiones de alta velocidad entre el centro y el sureste peninsular. El nuevo trazado ha permitido activar la conexión AVE entre Madrid y Alicante en 2 horas y 20 minutos, una línea al servicio de la vertebración territorial y la dinamización económica que aspira a convertirse en una de las más rentables de la red española.

El Corredor de Levante prosigue su desarrollo entre el centro peninsular y el litoral mediterráneo. Si en diciembre de 2010 fueron Cuenca, Albacete y Valencia las ciudades que accedieron a la red de alta velocidad, propiciando la primera línea AVE entre Madrid y la costa levantina, ahora le ha llegado el turno a Villena y Alicante, cuyas estaciones forman parte desde el 18 de junio de este gran corredor ferroviario, que estrena su segunda conexión mediterránea. Con su incorporación, son ya 31 las ciudades enlazadas con la red de alta velocidad española, formada ya por más de 3.100 kilómetros –la segunda más larga del mundo, tras China–, distribuidos en 21 provincias, que aglutinan al 60,3% de la población.

La llegada de la alta velocidad a la capital de la Costa Blanca ha sido posible por la entrada en servicio del tramo Albacete-Alicante del Corredor de Levante, que prolonga hasta el litoral levantino la línea Madrid-Albacete. La unión de ambas infraestructuras ha generado la nueva relación de alta velocidad Madrid-Alicante, que ha reducido el tiempo de viaje entre ambas ciudades en 50 minutos, estableciéndolo actualmente en 2 horas y 20 minutos. Este tiempo disminuirá progresivamente hasta las 2 horas y cinco minutos cuando la infraestructura y los sistemas instalados tanto en la superestructura como a bordo (básicamente el sistema de señalización y control Ertms nivel 2, en la actualidad únicamente en servicio en la línea Madrid-Barcelona-Francia) hayan efectuado su rodaje y asentamiento, y el tren pueda alcanzar los 300 kilómetros por hora.

Además de acercar las ciudades de Alicante y Madrid entre sí, el tramo Albacete-Alicante también beneficia a otros destinos transversales del norte de la Península, como Santander, Gijón y Galicia, que también han visto mejorados los tiempos de los servicios Alvia existentes hasta ahora.



Daniel Martín/Avant



Adif

*Pasajeros descendiendo del AVE en Alicante. Debajo, vías y estructuras en el nudo de Monforte del Cid.*

## Viaje inaugural

Aunque la explotación comercial de la nueva línea comenzó formalmente el 18, el día anterior un tren S 112 cubrió el viaje inaugural entre Madrid y Alicante (con paradas en las estaciones de Albacete y Villena). Al igual que el primer ferrocarril que inauguró ese trayecto hace 155 años transportó a la reina Isabel II, en esta ocasión Don Felipe de Borbón presidió el mismo recorrido, aunque ahora en alta velocidad, acompañado por el presidente del Gobierno y por los ministros de Fomento y de Asuntos Exteriores. En la estación de Alicante, el heredero de la Corona destacó que la nueva línea «contribuye a la vertebración territorial de España y a la generación de riqueza y empleo (…), ayudando a fortalecer la cohesión social y a mejorar la calidad de vida de las personas».

En el mismo sentido se pronunció el presidente del Gobierno de España, Mariano Rajoy, para quien la nueva línea de alta velocidad es un «impulso acelerador de la economía» y «una arteria de riqueza para Levante», que sirve «para hacer país y hacer Europa». En otro momento de su intervención señaló que la línea es «una muestra de la capacidad técnica española, que está a la vanguardia en innovación ferroviaria».



Efe/J.J. Guillén

*El Príncipe Felipe, el presidente del Gobierno y los ministros de Fomento y Asuntos Exteriores, durante el viaje inaugural.*

## El impacto de la línea

La nueva línea de alta velocidad Madrid-Alicante nace con la perspectiva de convertirse en una de las más rentables de la red española. De hecho, la línea convencional existente (explotada desde 2010 por trenes S 130) es ya una de las más concurridas, superando los 700.000 pasajeros en 2011. Los estudios de proyección comercial para el AVE, con la nueva política de precios de Renfe, apuntan a un notable incremento de pasajeros para esta línea, que, según las distintas previsiones, oscilará entre 650.000 y un millón en el primer año, buena parte de ellos trasvasados desde la carretera o el avión. Pero hasta que llegue el primer balance, el dato de venta de billetes para el viaje Madrid-Alicante es revelador: el 11 de junio, primer día de venta, se comercializaron 15.873 billetes, casi 7.000 más de los vendidos el primer día para el estreno de la línea Madrid-Valencia.

## Frecuencias y precios

Renfe-Operadora ha estrenado la conexión Madrid-Alicante con 18 servicios AVE diarios (nueve por sentido), con salidas a partir de las 7,25 horas desde Madrid y a las 6 horas desde Alicante, a los que se añaden cuatro servicios de refuerzo los fines de semana y fechas con punta de movilidad (un Alvia por sentido entre Alicante y Galicia y otro AVE más por sentido entre Madrid y Alicante). El AVE conecta Alicante y Madrid con paradas en Cuenca, Albacete y Villena. Los trenes S 130 Alvia permiten además conexiones directas y diarias con Gijón y Santander. Con esta oferta, Renfe-Operadora ha aumentado la oferta diaria de plazas entre Madrid y Alicante en un 40%, al pasar de 4.800 hasta 6.000 plazas.

La nueva política comercial de Renfe-Operadora para el AVE permite realizar el trayecto Madrid-Alicante por 19,45 € aprovechando la campaña de promoción. Una vez concluida, cada trayecto Madrid-Alicante costará 64,9 € en Turista, 77,9 € en Turista Plus y 109,4 € en Preferente, las tres clases en que se divide el servicio. Con la compra de 10 bonos AVE cada viaje saldrá por 42,2 €. Como novedad, el billete de AVE incluye el derecho a viajar en los núcleos de Cercanías de Madrid y Murcia/Alicante.

El nuevo AVE Madrid-Alicante permite mejorar los tiempos de viaje y las frecuencias con otras conexiones. Renfe-Operadora ofrece cuatro frecuencias diarias con billete integrado entre Alicante y Andalucía (Córdoba, Sevilla y Málaga), así como una frecuencia diaria con Aragón, Castilla y León, País Vasco y Galicia. Además, la oferta de dos trenes Alvia diarios por sentido desde Gijón y Santander permite conectar Alicante sin cambiar de tren con Segovia, Valladolid, León y Palencia.

Y es que la llegada del AVE tiene un enorme potencial de crecimiento para la ciudad y la provincia de Alicante. Según el informe *El impacto económico del AVE en Alicante y las estrategias de aprovechamiento*, elaborado por la Universidad de Alicante por encargo de la sociedad Avant (Adif, Ministerio de Fomento, Ayuntamiento de Alicante y Consellería de Obras Públicas de la Generalitat), la alta velocidad tendrá un impacto económico de unos 70 M€ al año en el PIB de la provincia –una cifra de partida, según fuentes oficiales autonómicas– y generará 735 empleos. Este estudio calcula que el AVE transportará a 2.250.000 viajeros a Alicante solo el primer año.

Las oportunidades que abre la nueva conexión de alta velocidad para la ciudad y la provincia son múltiples. El turismo, principal fuente de ingresos del PIB alicantino, es señalado como el sector que registrará un mayor impulso, ya



Adif

*Viaducto del Camino de Sax, en el subtramo Villena-Sax (Alicante), que con 1.484 metros es el más largo del tramo.*

que el AVE pone a la capital de España a algo más de dos horas de un destino turístico de primer orden, atisbándose grandes posibilidades para el turismo de negocios y las convenciones, las excursiones de fin de semana, el turismo de cruceros y náutico o el cultural, entre otros. También se espera un impulso en el sector inmobiliario, con el previsible auge del turismo residencial –solo los madrileños invirtieron en 2011 unos 400 M€ en la compra de casi 4.500 viviendas en la provincia– y el fomento de la adquisición de viviendas por nacionales y extranjeros, algo similar a lo ocurrido en otros destinos AVE como Málaga.

## Ejecución de la línea

La nueva línea AVE entre Madrid y Alacant, de 486 kilómetros de longitud, es el resultado de unir el tramo Madrid-Albacete (321 kilómetros), en servicio desde diciembre de 2010, y el nuevo tramo Albacete-Alicante (165 kilómetros). Al principio de la línea se está ejecutando la duplicación de vías entre Madrid-Atocha y Torrejón de Ve-

## El avance del corredor

La nueva relación Madrid-Alicante se enmarca en la línea de alta velocidad Madrid-Castilla-La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia o Corredor de Levante, una gran infraestructura que inició sus trabajos en 2004 con el objetivo de extender la alta velocidad por el centro y el levante peninsular. Este corredor de 955 kilómetros de longitud tiene ya más de 600 kilómetros en servicio, correspondientes a los trayectos Torrejón de Velasco-Valencia/Albacete (438 kilómetros, abierto en diciembre de 2010) y al recién inaugurado Albacete-Alicante (165 kilómetros). Actualmente están en fase de obra otros 208 kilómetros, correspondientes a los tramos Monforte del Cid-Murcia (80 kilómetros) y Valencia-La Encina (94 kilómetros), así como a la duplicación de vías entre Madrid-Atocha y Torrejón de Velasco (34,2 kilómetros). En el resto del Corredor de Levante, y formando igualmente parte del Corredor Mediterráneo, el Ministerio de Fomento ya ha licitado las primeas actuaciones para implantar el ancho UIC entre Valencia y Sagunto, mientras se redactan los proyectos del tramo Murcia-Cartagena.



V. Jiménez/Renfe




*Trenes S 112 y S 130 en los nuevos andenes de la estación de Alicante.*

lasco (34,2 kilómetros), actuación destinada a dar respuesta, entre otras, al número de circulaciones entre Madrid y Levante por la llegada de la alta velocidad a Alicante y Murcia. Todas estas actuaciones se enmarcan en el Corredor de Levante, cuya ejecución fue encomendada por el Ministerio de Fomento a Adif en el mes de septiembre de 1999.

La construcción del tramo Albacete-Alicante ha tenido una inversión de 1.920 M€ (de ellos, 317 M€ en 2012 y otros 130 M€ en 2013). Los trabajos se iniciaron con la obra de plataforma entre 2004 y 2005 en la provincia de Alicante, extendiéndose en 2008 a la de Albacete. Esta disparidad entre el inicio de la obra de plataforma en ambos tramos se explica por el hecho de que en el segundo tramo, entre Almansa y Alicante (un centenar de kilómetros), se ha ejecutado un nuevo trazado de alta velocidad, mientras que en el primero, entre Albacete y Almansa (65 kilómetros), se ha adaptado para la alta velocidad la plataforma existente.

Tras la obra de plataforma se llevó a cabo el montaje de vía de ancho UIC entre Almansa y Alicante, así como la adaptación de la vía de ancho convencional (1.668 mm) al ancho UIC (1.435 mm) en el tramo Albacete-Almansa; también se montó la vía de ancho ibérico en la nueva variante convencional Albacete-Alpera y se renovó la vía en ancho ibérico en la Variante de Alpera. En todas estas actuaciones de vía se han invertido 43,9 M€. Posteriormente se desarrollaron los trabajos de electrificación para garantizar el suministro de corriente alterna (2x25 kV) a la línea (catenaria, subestaciones eléctricas, centros de transformación asociados y telemando de energía), por un importe de 106,4 M€. Por último se ejecutaron los correspondientes a las instalaciones de señalización y control (ASFA y Ertms nivel 2, siendo el primero el que gobernará la línea hasta la entrada en funcionamiento del segundo), telefonía fija y móvil (GSM-R) y control de tráfico centralizado, por importe de 280,8 M€ (incluido el mantenimiento integral por 20 años).

Durante las últimas fases de los trabajos se iniciaron, en los tramos más avanzados, las pruebas con trenes, destinadas a verificar los parámetros de la infraestructura y a determinar su operatividad. Se realizaron con material móvil de Adif (trenes BT y Séneca), que auscultan la vía y la catenaria y verifican el funcionamiento de los sistemas de comunicaciones. También se llevaron a cabo pruebas de verificación de los sistemas de señalización, tanto a nivel de equipamiento en vía como de la integración tren-vía, con trenes de Renfe (S 100, S 130 y S 730). La formación de los maquinistas y las simulaciones comerciales con los trenes S 100 y S 112 cerraron el proceso de ensayos antes de la apertura de la línea. En total, se han realizado hasta la fecha más de 47.000 kilómetros de pruebas desde que la línea está a cargo del Centro de Regulación y Control (CRC) de Albacete. El proceso de pruebas continuará hasta la puesta en servicio del sistema Ertms N2, que permitirá a los trenes alcanzar los 300 km/h.

> La línea es el producto de la unión entre los tramos Madrid-Albacete, abierto desde 2010, y Albacete-Alicante, recién concluido




*La estación de Villena Alta Velocidad, intermedia entre Albacete y Alicante, ha sido construida con criterios de eficiencia energética.*

Copcisa

## Descripción del trazado

A continuación se detallan las características de la plataforma de los cuatro tramos en que se divide el trazado entre Albacete y Alicante:

● **Albacete-Almansa**. El primer tramo arranca de la estación de Albacete-Los Llanos, en servicio desde finales de 2010, y se desarrolla por el sur de la provincia castellano-manchega. El AVE circula durante unos 63 kilómetros sobre una plataforma de ancho convencional que, junto con las instalaciones asociadas, ha sido adaptada y equipada para la alta velocidad. Algunos tramos de este trazado, como la Variante de Alpera (26 kilómetros), en servicio para ancho ibérico desde 2006, se construyeron originalmente con parámetros de alta velocidad. En esta zona los trenes AVE alcanzarán velocidades punta de 300 km/h.

Este tramo es el que menos obras de ingeniería presenta de todo el recorrido entre Albacete y Alicante dado que aprovecha las ya existentes. No obstante, para poner en servicio la línea de alta velocidad se ha construido una nueva plataforma convencional entre Albacete y Villar de Chinchilla, que ha mejorado el tráfico de mercancías y regionales. Otros elementos del trazado son los puestos de adelantamiento y estacionamiento de trenes (PAET) de Chinchilla y Bonete, que se han acondicionados al ancho UIC, y el nuevo puesto de banalización a la salida de Albacete, entre otros.

● **Almansa-La Encina.** Este tramo está integrado por la Variante de Almansa, trazado de nueva construcción de

### EL TRAMO ALBACETE-ALICANTE EN DATOS

| | |
|---|---|
| Longitud | 164,9 kilómetros |
| Plataforma | 14 metros de anchura |
| Vía | Doble de ancho UIC (1.435 mm) |
| Radio mínimo | 7.000 metros |
| Pendiente máxima | 25 pot mil |
| Velocidad máxima | 300 km/h |
| Electrificación | 25 kV/corriente alterna |
| Subestaciones eléctricas de tracción | 2 (Sax y Campanario) |
| Centros de autotransformación | 11 |
| Señalización | Ertms 2 y ASFA digital |
| Telecomunicaciones | Malladas con tipología en anillo |
| Telecomunicaciones móviles | GSM-R |
| Estaciones | 3 (Albacete , Villena y Alicante) |
| Centro de Regulación y Control | Albacete |
| Túneles | 4 (uno artificial) |
| Viaductos | 27 |
| PAET | 3 (Chinchilla, Bonete y Monforte del Cid) |
| Tipo de tráfico | Pasajeros |
| Inversión | 1.920 M€ |
| Ayudas europeas | 231,8 M€ |
| Inversión medioambiental | 12% del presupuesto |
| Periodo de construcción | 2004-2013 |



Viaductos del nudo de Monforte del Cid, bifurcación de la línea hacia Alicante y Murcia.

Adif

24,4 kilómetros que inicia la nueva plataforma de ancho UIC que llega hasta Alicante. La variante está formada por tres tramos (Almansa-La Encina I, II y III).

Los elementos singulares de ese tramo, que discurre por terrenos llanos de la altiplanicie de Almansa, son ocho viaductos, destacando entre ellos el de El Hondo II (866 metros, de losa aligerada, sobre una zona inundable y la carretera N-330) y los que salvan las autovías A-35 (estructura con 247 metros de longitud divididos en seis vanos) y A-31 (estructura hiperestática prefabricada de 410 metros). También destacan el puesto de banalización de Las Chozas, cinco pasos superiores y 14 inferiores.

● **Nudo de La Encina**. Estratégico triángulo ferroviario de nueva construcción, de 25,5 kilómetros, situado en la confluencia de las provincias de Valencia, Albacete y Alicante, donde se bifurcan y confluyen las líneas que conectan entre sí Albacete, Valencia y Alicante/Murcia. El ramal directo que enlaza Madrid/Albacete con Alicante/Murcia (9,45 kilómetros), único necesario para activar la relación Madrid-Alicante, fue el primer lado del triángulo en ser construido. Este ramal discurre con orientación norte-sur en paralelo primero al este y luego al oeste de la autovía A-31.

Se han construido dos saltos de carnero que permiten el cruce, por un lado, entre los ejes Albacete/Alicante y Albacete-Valencia, y por otro, entre los ejes Albacete-Alicante y Valencia Alicante, además de cuatro pasos inferiores y uno superior.




Daniel Martín/Avant

Vista de la terminal de alta velocidad de Alicante, adosada lateralmente a la estación existente.



Daniel Martín/Avant

*Inicio del soterramiento de Alicante visto desde los nuevos andenes. Debajo, unidad de S 100 estacionada en la misma estación.*

● **Caudete-Alicante.** Tramo de 66 kilómetros, primero en iniciar las obras de la nueva línea de alta velocidad, que se desarrolla por los términos municipales de Caudete (Albacete) y los alicantinos de Villena, Sax, Salinas, Elda, Novelda, Monforte del Cid, Agost y Alicante. Para su construcción se dividió en 10 subtramos.

El nuevo trazado incluye las principales estructuras entre Albacete y Alicante, entre ellas 16 viaductos que suman 8,84 kilómetros. Destacan por su longitud los de Camino de Sax (1.484 metros, divididos en 46 vanos), Río Vinalopó (1.483 metros, divididos en 30 vanos, con una altura de pilas de entre 13 y 20 metros), Acequia del Rey (1.416 metros) y sobre el ferrocarril La Encina-Alicante (1.266 metros). Entre los cuatro túneles del tramo, que suman 5,85 kilómetros, sobresale el de Las Barrancadas (2,8 kilómetros), el más largo de la provincia.

El tramo presenta un nudo ferroviario en Monforte del Cid, donde se bifurca la línea hacia Alicante y Elche/Murcia, siendo el ramal de la relación Madrid-Alicante de 5,7 kilómetros de longitud. A seis kilómetros de Villena, y a 2,5 de la autovía A-31, se sitúa la tercera estación del tramo, Villena Alta Velocidad, que favorecerá el acceso a la alta velocidad a las comarcas interiores de Alicante y del norte de Murcia. La terminal, con una superficie de 4.526 m² y un presupuesto de 11,5 M€, se ha construido siguiendo criterios de eficiencia energética basados en el manual Estación Sostenible 360º de Adif. Otros elementos del tramo son el PAET de Monforte del Cid y el puesto de banalización de Caudete.

Al final del tramo, el AVE accede a la ciudad de Alicante a través de un canal soterrado de 1,4 kilómetros, construido entre muros-pantalla, que alberga cuatro vías por donde circula todo el tráfico ferroviario (alta velocidad, Larga y Media Distancia y Cercanías). El trazado emerge a la superficie en los últimos 650 metros y se ramifica en la nueva terminal en una playa de vías (cuatro de ancho UIC y dos de ancho ibérico), servida por tres nuevos andenes, destino y origen de la línea. Desde los andenes, los pasajeros del AVE acceden a la nueva zona de embarque de alta velocidad, una estructura de 3.500 m² de superficie, adosada lateralmente a la estación de Alacant Terminal, que enlaza con su vestíbulo. Esta solución es compatible con el futuro soterramiento total de la traza en esta zona, sobre la que está prevista una importante ordenación urbanística. ■



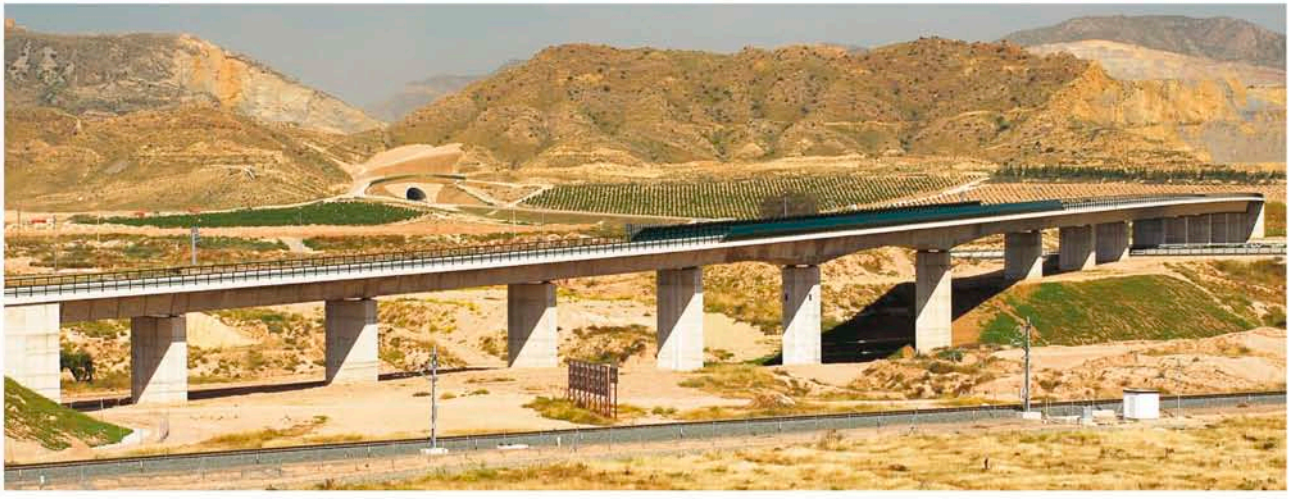

V. Jiménez/Renfe

Rover Alcisa
GRUPO




# Conectamos Madrid-Alicante por AVE





## Nuestras obras

www.roveralcisa.com

.- Alta Velocidad de Levante. Tramo: **Pinto-Torrejón de Velasco**. Provincia de **Madrid.**

.- Alta Velocidad de Levante. Tramo: **Torrejoncillo-Abía de la Obispalía.** Provincia de **Cuenca.**

- Alta Velocidad de Levante. Tramo: **Almansa-La Encina III**. Provincia de **Albacete y Alicante.**

- Alta Velocidad de Levante. Tramo: **La Alcoraya - Alicante. Alicante.**

- Alta Velocidad de Levante. Tramo: **Accesos a Alicante fase I. Alicante**.



LOS AVE S 100R Y S 112 CUBREN EL TRAYECTO MADRID-ALICANTE.

# Cómodos y fiables

R. F. Fotos: Renfe

Los AVE S 100R y S 112 se han adueñado desde el 18 de junio de la línea de alta velocidad Madrid-Alicante. Renfe ha confiado el servicio a dos series de trenes de similares prestaciones, uno a la mitad de su vida operativa y otro al inicio de la misma, que han registrado elevados rendimientos en otras líneas AVE.

## AVE S 100R

Los trenes de la serie 100, fabricados por Alstom, fueron los primeros AVE que circularon en 1992 en la línea Madrid-Sevilla. Son una evolución del TGV Atlantique francés, con modificaciones para adaptarlos a las condiciones de explotación en España. Tras 15 años de actividad, en verano de 2009 concluyó una reforma de «media vida» de estos trenes (instalación deErtms y GSM-R, renovación integral del interior), recibiendo la denominación de S 100R. Actualmente prestan servicio en la línea Madrid-Sevilla y diez de ellos están siendo modificados para la futura línea Madrid-París.

Cada composición está formada por dos cabezas motrices extremas y ocho coches intermedios: cinco de clase Turista, dos de Preferente y un coche cafetería, con una oferta de 332 plazas. Los asientos son ergonómicos (individuales y reclinables en Preferente y dobles en Turista). El pasajero dispone de sistema de audio y vídeo, aire acondicionado, lámparas individuales y paneles digitales. Todos los asientos tienen conexión eléctrica de 220 V.

La composición tiene ocho motores de tracción síncronos y autopilotados, y todos los equipos eléctricos de potencia se alojan en las cabezas tractoras. Cada una tiene dos bloques motores idénticos para cada *bogie*: auxiliar, común y un transformador. La regulación de tensión de los motores de tracción de cada *bogie* se efectúa a 25 kilovoltios y a 3.000 voltios. Para captar corriente de la catenaria cada cabeza tractora dispone de dos pantógrafos.




*El AVE S 100R es el tren principal de la línea de alta velocidad Madrid-Alicante.*

El tren dispone de 13 *bogies*, cuatro de ellos motores situados en las cabezas tractoras y nueve portadores repartidos en el resto del tren, diseñados para lograr estabilidad durante la marcha. La suspensión primaria de los *bogies* de las cabezas tractoras consta de resortes helicoidales concéntricos y amortiguadores para atenuar los movimientos verticales. La suspensión secundaria, con resortes helicoidales y amortiguadores hidráulicos verticales, palía los movimientos verticales y limitan el movimiento de galope. El sistema de frenado comprende los frenos eléctrico reostático, automático, de inmovilizacion y de estacionamiento. De ellos, el eléctrico es el prioritario del tren y puede ser utilizado solo o conjuntamente con el neumático.

Los sistemas electrónicos funcionan en tres campos: atención al viajero (regula megafonía y climatización), seguridad (control de apertura de puertas y vigilancia del frenado) y control del tren (actúa sobre los aspectos de interés para el mantenimiento). Incluye señalización en cabina con LZB, ASFA y Ertms.

## S 100R

| | |
|---|---|
| Tracción | eléctrica |
| Longitud total | 200 metros |
| Masa con carga normal | 421,5 toneladas |
| Composición mín./máx. | 8/16 |
| Velocidad máxima | 300 km/h. |
| Plazas | 332 |
| Tensión | 25 kV/50 Hz ca |
| Potencia | 8.800 kW |
| Motores | 8 trifásicos síncronos |
| Señalización | LZB y ASFA. Ertms 1 |
| Unidades en servicio | 22 |
| Fabricante | Alstom |



*El AVE S 112 se está encargando en la primera fase de explotación de la línea de los servicios de fin de semana y de refuerzo.*

## AVE S 112

El AVE S 112 es un modelo evolucionado del S 102, también fabricado por el consorcio Talgo-Bombardier, que entregó las 30 unidades previstas entre 2010 y 2011. Como principales modificaciones, el S 112 tiene más capacidad, menos peso y mejoras en frenado, consumo eléctrico y reducción de emisiones. Esta serie ha cubierto desde diciembre de 2010 la línea Madrid-Valencia/Albacete y servicios directos entre Barcelona y Andalucía.

Exteriormente tiene el mismo aspecto que su predecesor, con un cabeza tractora en forma de pato en cada extremo y 12 vagones intermedios, La modificación más evidente es la capacidad, ya que el S112 ofrece 359 plazas (49 más que el S 102) distribuidas en 12 coches, ocho de ellos de clase Turista (292 plazas, más dos PMR), uno de Turista Plus (26 plazas) y dos de clase Preferente (39 plazas), además de un coche cafetería.

Incorpora equipamientos de interiorismo y confort para ofrecer un servicio de alta calidad. Todos los asientos son de gran confort, abatibles, con reposapiés y giratorios, orientables en el sentido de la marcha, y con una separación de un metro en clase Turista y superior en Preferente. Cada asiento dispone de luz individual, mesa abatible, canales de vídeo (2), audio (4) y frecuencia de radio, así como conexión eléctrica de 220 V. La altura del piso sobre el carril (756 milímetros) permite que la base de las puertas esté enrasada a la misma altura del andén.

El S 112, con una masa en vacío de 322 toneladas, es más ligero que su predecesor al estar fabricado con una aleación de aluminio ultraligera que favorece la reducción de consumos (hasta un 15%). El diseño aerodinámico de las cabezas tractoras y la baja altura del centro de gravedad en la composición contribuyen a esos buenos rendimientos y mejoran su comportamiento en condiciones adversas (en túneles o con viento lateral).

Cada composición tiene dos cabezas motrices, con dos grupos de potencia idénticos e independientes de 4.000 kW cada uno, hasta sumar los 8.000 kW de potencia de cada unidad. Incorpora un pantógrafo.

Cada tren cuenta con 21 ejes, de los que los ocho son motrices, distribuidos en cuatro *bogies* motores, situados dos en cada cabeza motriz, con una distribución Bo´Bo´. Las rodaduras de los coches tienen ruedas independientes con suspensión primaria, de muy baja agresividad sobre el carril. La suspensión principal es neumática, de tipo pendular. Las cabezas tractoras equipan freno neumático con tres discos por eje; el equipo de freno eléctrico es de recuperación y reostático.

La cabina está presurizada. La disposición de los elementos de mando y monitorización es ergonómica, destacando la posibilidad de información sobre la situación del tren que pueden monitorizarse indistintamente en las dos pantallas laterales. Equipa un sistema de comunicaciones GSM-R, Asfa 200 y lleva equipo de señalización en cabina ETCS/Ertms en sus niveles 1 y 2, así como LZB. ■

### S 112

| | |
|---|---|
| Tracción | eléctrica |
| Longitud total | 200 metros |
| Masa del tren | 322 toneladas |
| Composición mínima | M+12R+M |
| Velocidad máxima | 330 km/h |
| Plazas | 359 |
| Tensión | 25 kV y 50 Hz ca |
| Potencia | 4.000 kWx2 |
| Motores | 8 asíncronos |
| Señalización | Ertms 1 y 2, LZB y ASFA |
| Unidades en servicio | 30 |
| Fabricante | Talgo/Bombardier |




© Alstom Transport / Massimo Sfreddo - PURPLE Sas

*Dando forma al futuro

# Con Alstom, diseñar fluidez se convierte en una realidad

**Señalización Alta Velocidad Albacete - Alicante**

Alstom, líder mundial en tecnología de señalización ERTMS con 7 de los 11 corredores equipados con esta tecnología en nivel 2, ha suministrado la señalización entre Albacete y Alicante batiendo récords del sector en España en términos de calidad, plazo de ejecución y presupuesto. Alstom aporta fluidez a la movilidad de las personas gracias a soluciones de señalización innovadoras.

www.alstom.com

ALSTOM
*Shaping the future**

## 1% Cultural

R. F. Fotos: DG de Arquitectura, Vivienda y Suelo

El programa del 1% Cultural, mediante el que el Ministerio de Fomento participa en el compromiso de garantizar la conservación de nuestro patrimonio histórico destinando a ese fin el 1% de su contratación anual de obra pública, ha finalizado varias actuaciones que han permitido recuperar una parte importante de nuestro legado histórico. Desde los yacimientos de icnitas con huellas de dinosaurio de Costalomo, en Burgos, a joyas arquitectónicas modernistas como el Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, las últimas intervenciones han asegurado la puesta en valor de un patrimonio que en muchos casos significará también la reactivación de su entorno.

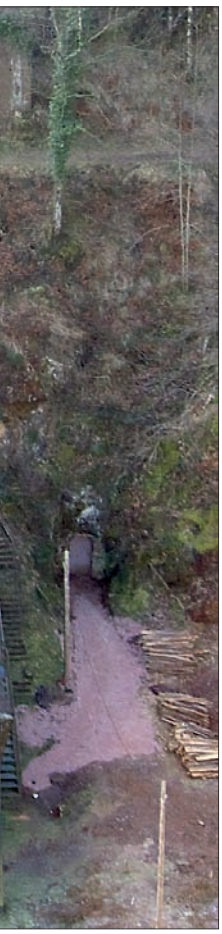








*Página opuesta, fortaleza nazarí de la Mota, en Alcalá la Real (Jaén), y depósitos y hornos del coto minero de Zeraín (Gipuzkoa). Sobre estas líneas, reloj del pabellón de administración del hospital de la Santa Creu i Sant Pau (Barcelona).*



EL PROGRAMA DEL 1% CULTURAL CONCLUYE 12 IMPORTANTES ACTUACIONES DE RECUPERACIÓN DEL PATRIMONIO

# Contra el tiempo y el olvido

A lo largo de los últimos meses el programa del 1% Cultural, gestionado por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo del Ministerio de Fomento, ha completado una serie de actuaciones que han permitido la recuperación y puesta en valor de una docena de edificios y conjuntos arquitectónicos de nuestro patrimonio. Por comunidades autónomas, algunas de las intervenciones más destacadas han sido las siguientes:



Interior y mosaico de la villa romana de Río Verde, en Marbella (Málaga).

● **Andalucía.** En la provincia de Jaén se ha concluido la restauración y consolidación de la muralla de La Mota, en el municipio de Alcalá la Real. Las actuaciones se han realizado en dos fases (II y III) y han contado con una subvención del Ministerio de Fomento de 3.638.216,57 euros. El recinto fortificado de La Mota remonta sus orígenes a los primeros años de dominación árabe en la Península, aunque los restos hoy conservados pertenecen al periodo nazarí (s. XIII y XIV) y su fisonomía recuerda en parte a la de la Alhambra. Como gran parte de las ciudadelas árabes de esa época consta de un primer cordón de murallas, en realidad una cerca de adobe y sillería para entorpecer y dificultar las maniobras de asalto a la alcazaba, defendida por otro anillo de murallas más sólido y jalonado de torres, tras el que se alojaba la medina y el alcázar. Las obras de la segunda fase, que también han contado con subvención de la Diputación de Jaén y el ayuntamiento de Alcalá la Real, han permitido recuperar y proteger los restos arqueológicos y el talud del primer anillo defensivo, conocido como la muralla del Gaván, consolidando y adecuando los muros existentes así como las zonas adyacentes. Los trabajos en la siguiente fase, financiados en su totalidad por el Ministerio de Fomento, se han centrado en la muralla Este y, además de la consolidación del conjunto rocoso sobre el que se asienta la fortaleza, han comprendido la restauración de toda la obra de fábrica, limpieza de sillarejos y reforzamiento de interiores.





Yacimiento de icnitas en la sierra de Cameros burgalesa.

En Marbella, en Málaga, se ha procedido a la puesta en valor de la villa romana de Río Verde, una gran mansión patricia con origen en el siglo I d.C. cuyos primeros restos se descubrieron en 1960 y han sido objeto de diversas campañas de excavaciones. Gracias a ellas se ha sacado a la luz finalmente buena parte de las estancias, un conjunto de gran interés para conocer la vida cotidiana en ese período y en el que aún se sigue investigando. La actuación, a la que Fomento ha destinado 275.808,86 euros, se ha centrado en cubrir y proteger el recinto frente a posibles actos vandálicos, mediante una estructura funcional y sencilla que permite la iluminación natural y la continuidad de los trabajos en la zona de excavaciones.

● **Castilla y León.** Los yacimientos de icnitas –huellas en la roca– de dinosaurios de Costalomo (Salas de los Infantes), La Pedraja (Mambrillas de Lara) y el Frontal (Regumiel de la Sierra), en el entorno de la sierra de Cameros burgalesa, figuran entre los más singulares y mejor conservados de su tipología, manteniendo en algunos casos los relieves originales. Las actuaciones, en las que Fomento ha participado con un presupuesto de 202.183,65 euros se han orientado a la puesta en valor de los yacimientos, bien mediante adecuación de re-





Torreón de la Muela en Ágreda (Soria) antes y después de su restauración.

cintos para acogida de visitantes, vallados de protección o habilitación de itinerarios, señalización, mesas de interpretación, etc.

En Ágreda (Soria) se ha procedido a la consolidación, rehabilitación y acondicionamiento del Torreón de la Muela, con una inversión de 547.841,59 euros a cargo del Ministerio de Fomento. El torreón ahora restaurado, de la época califal y con posteriores recrecimientos tras la reconquista cristiana, formaba parte de la alcazaba. Pese a sus sólidos muros de mampostería y sillería con mortero de cal, presentaba un avanzado deterioro que ha exigido un meticuloso tratamiento. Con carácter previo, en el interior se efectuó una excavación arqueológica que permitió recuperar restos de diferentes épocas –hoy expuestos en la planta baja– así como conocer mejor las distintas estructuras de la construcción. En el exterior se ha procedido a levantar nuevos cerramientos integrados en las fachadas y absolutamente respetuosos con los elementos constructivos originales. Los interiores, cuyas plantas corresponden con los niveles originales de la torre, se han adecuado a su nuevo uso como centro cultural gestionado por el Ayuntamiento y dedicado a promover el conocimiento de la historia de Ágreda.



● **Cataluña.** Han proseguido los trabajos de rehabilitación del conjunto modernista del hospital de la Santa Creu i Sant Pau, en los que el ministerio participa con una dotación de 13.733.194,91 euros



Ventanal y vista general del hospital de la Santa Creu i Sant Pau (Barcelona).




*Interior rehabilitado del pabellón de administración y detalle de una de las cúpulas del hospital de la Santa Creu i Sant Pau (Barcelona).*

a través del programa del 1% Cultural y la Disposición Adicional Tercera del Estatuto de Autonomía de Cataluña. El recinto del hospital, concebido en su mayor parte por el arquitecto modernista Lluis Domènech i Montaner (1850-1923), fue proyectado como una verdadera ciudad sanitaria bajo los principios higienistas de la época, inaugurándose en 1930. En la actualidad ocupa unas nueve manzanas del Ensanche y acoge algunas de las mejores muestras arquitectónicas del modernismo catalán, como el pabellón de administración y el bloque de pabellones quirúrgicos.

Debido al avanzado estado de deterioro en algunas zonas así como a una cuidada adecuación de cara a sus futuros usos, que persigue una utilización altamente sostenible de las instalaciones, los trabajos de rehabilitación son muy exigentes y se desarrollan en distintas fases. Recientemente se han finalizado actuaciones en los siguientes pabellones: pabellón de Nuestra Señora de la Merced, pabellón de la administración, pabellón de Sant Jordi, pabellón de Sant Leopold y pabellón central.





*Palacio de Bendaña en Haro (La Rioja).*

● **La Rioja.** El programa del 1% Cultural ha contribuido con una dotación de 1.763.950,37 euros (60% del total) a la reforma y rehabilitación del palacio de Bendaña, un conjunto de corte renacentista integrado por dos casas-palacio de los siglos XVI y XVII, contiguas al Ayuntamiento de Haro. Se ha procedido a una restauración integral del edificio, con vaciado casi completo de los elementos interiores, desmontando aquellos de valor como sillares y forjados para proceder a su restauración y posterior recolocación en una nueva distribución de espacios. La intervención, que ha sacado también a la luz el único lienzo que se conserva de la antigua muralla medieval de la villa, ha permitido revalorizar considerablemente el casco histórico de la ciudad, consolidando sus valores turísticos.

● **Comunidad de Madrid.** En Alcalá de Henares se han concluido dos importantes actuaciones de recuperación de su rico patrimonio renacentista, desarrolladas en el claus-





tro menor y en la Casa de la Demandadera del monasterio cisterciense de San Bernardo. Han contado con 656.272,94 y 639.125,32 euros respectivamente de subvención, con cargo al programa del 1% Cultural. El monasterio de San Bernardo, una de las piezas más singulares del barroco español, es obra de Juan Gómez de la Mora, arquitecto mayor del rey Felipe III. La Casa de la Demandadera del monasterio es un recinto de encuentro ubicado entre la puerta de acceso al convento y el palacio arzobispal. Las obras de rehabilitación llevadas a cabo en este edificio han comprendido tanto la recuperación de las fábricas originales, como la de interiores y otros elementos singulares de gran valor artístico, entre ellos una ventana plateresca de corte escultórico. Por su parte, en la zona del claustro menor del monasterio se han recuperado muchos de los espacios interiores tal y como fueron concebidos por Gómez de la Mora, entre ellos la galería y los arcos, tabicados en otro tiempo. Los revestimientos de los muros también se han restaurado, consolidando su fábrica de ladrillo característica del barroco madrileño.



*De arriba abajo, dos detalles de la rehabilitación del monasterio de San Bernardo en Alcalá de Henares (Madrid) y muralla y torre de Rojano en Lorca (Región de Murcia).*

● **Región de Murcia.** En Lorca han concluido recientemente tres importantes actuaciones destinadas a reparar los daños causados por el terremoto de mayo de 2011: la restauración del lienzo de muralla entre el porche de San Antonio y la torre de Rojano, la restauración del porche de San Antonio y la consolidación del palacio de Guevara. En total, las subvenciones del 1% Cultural han ascendido a 1.686.721,37 euros. De ellos, 937.392 se han destinado a la recuperación del palacio de Guevara, en el que el terremoto causó importantes daños. El palacio, un magnífico exponente de la arquitectura civil barroca, presentaba diversas grietas y roturas que afectaban seriamente a sus estructuras. Los trabajos se han orientado a su apuntalamiento y a la protección de suelos y muros con retirada de los elementos dañados, preparando su rehabilitación definitiva.

Por su parte, en el porche de san Antonio, única puerta de la muralla medieval de Lorca, se ha procedido a su limpieza y consolidación, reconstruyéndose las almenas y asegurando la conservación de una original pintura mural. En la muralla se han recuperado el paseo de ronda y la torre de Rojano, creando un nuevo espacio de uso público al demolerse algunos muros adosados de viviendas.





Palacio de Guevara, en Lorca (Región de Murcia), y coto minero de Zeraín, en Gipuzkoa.

● **País Vasco.** El coto minero de Zeraín, en Gipuzkoa, ha sido explotado desde hace varios siglos aprovechando su riqueza en diversos minerales como plata, hierro, plomo y zinc. La extracción se realizaba en excavaciones a cielo abierto, efectuándose la transformación del mineral en diversas instalaciones anejas que comprendían zonas de cargadero y transporte, depósitos, hornos de calcinación y talleres. Todo ello configuraba un singular complejo industrial construido con materiales cercanos: piedra, madera y hierro, a los que se sumó el hormigón. Las actuaciones de recuperación han comprendido en una primera fase, además de las labores de investigación y recopilación de información necesarias para emprender una reconstrucción fidedigna, la consolidación y restauración de diversos elementos emplazados en la zona del taller de transformación, entre ellos el depósito de mineral, el cargadero y el tendido del cable aéreo utilizado para llevar el mineral calcinado hasta la vecina localidad de Ormaiztegi. En total, el importe destinado por el Ministerio de Fomento ha ascendido a 459.870 euros y ha supuesto el 75% del total presupuestado para esas actuaciones, corriendo el ayuntamiento de Zeraín con el 25% restante.



Interior de la estación de Benalúa (Alicante).

● **Comunidad Valenciana.** En Alicante y en cooperación con el consorcio Casa del Mediterráneo, integrado por varias entidades locales, se han concluido los trabajos de rehabilitación de la estación de Benalúa, el edificio más relevante de cuantos jalonaron la línea de ferrocarril Alicante-Murcia.Obra del ingeniero M. Alemany, discípulo de Eiffel, la estación fue inaugurada en 1887, levantándose en un solar próximo al puerto. La actuación, que ha contado con una aportación de 677.694,70 euros con cargo a los fondos del programa del 1% Cultural, se ha orientado a la puesta en valor del edificio, realzando sus elementos de más valor, como las estructuras y cubiertas metálicas. Se ha potenciado asimismo el espacio de andenes, abriéndolo al sol mediterráneo. Las naves perimetrales se han aprovechado para oficinas reforzando la articulación del edificio conforme a su estructura original. ■

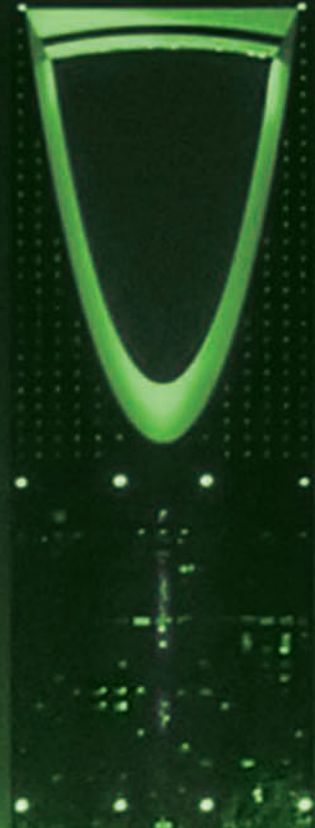
IRF

# 17º CONGRESO MUNDIAL DE LA IRF

**Líder del sector viario internacional en 2013**

Sede: Arabia Saudita

## La Asociación Española de la Carretera coordina la participación técnica y comercial española



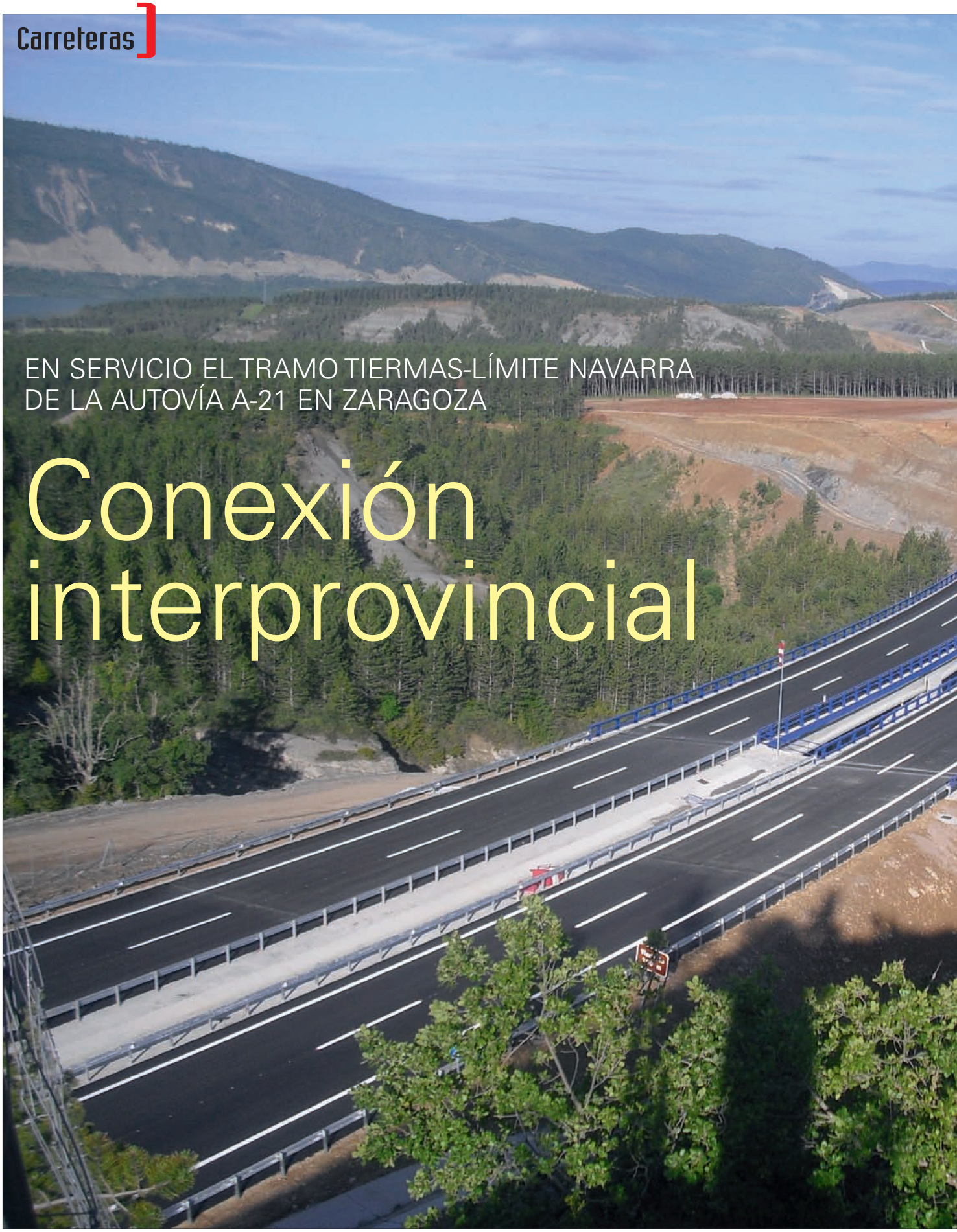
- Presentación de resúmenes hasta el 15 de abril
- Pabellón español de 400 m²

**Riad, Arabia Saudita**

**9 - 13 de Noviembre de 2013**

**España, de nuevo referente mundial en el ámbito de las carreteras**

**Más información: 91 577 99 72 o mrodrigo@aecarretera.com**



EN SERVICIO EL TRAMO TIERMAS-LÍMITE NAVARRA DE LA AUTOVÍA A-21 EN ZARAGOZA

# Conexión interprovincial



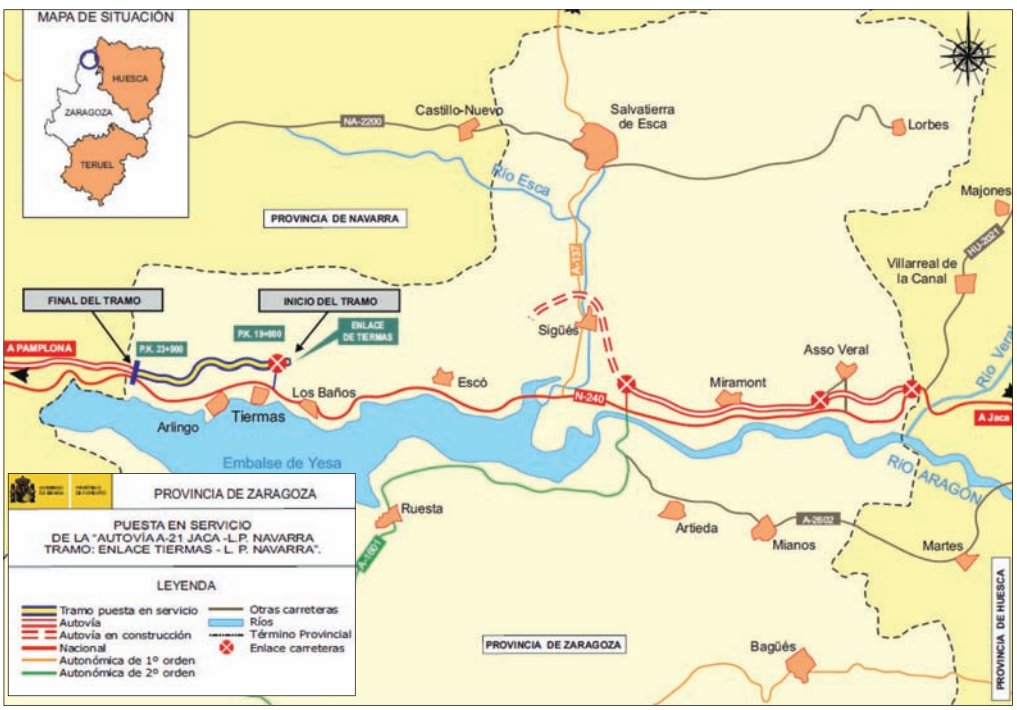
R. F.
Fotos: DCE Aragón

El Ministerio de Fomento ha puesto recientemente en servicio el tramo Enlace de Tiermas-Límite Provincial con Navarra de la autovía A-21 (Jaca-Pamplona), al noroeste de la provincia de Zaragoza. Se trata de un tramo corto, a través de la zona de influencia del embalse de Yesa, que permite conectar con los tramos de autovía ya en servicio en la vecina Navarra.

El nuevo tramo de la A-21 fue inaugurado el pasado 24 de junio por el secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda del Ministerio de Fomento, Rafael Catalá. Su puesta en servicio es un paso más en el proceso de construcción de la autovía A-21 o de los Pirineos, llamada a constituir el principal eje de comunicación de gran capacidad entre Jaca y Pamplona, que a su vez forma parte de un gran itinerario al norte del valle del Ebro que comunicará las fachadas cantábrica y mediterránea de la Península.

Se trata de un tramo corto (4,3 kilómetros), el último del trazado de la A-21 en la provincia de Zaragoza, pero clave para la autovía, ya que permite conectar en el límite entre Aragón y Navarra con los cinco tramos ya en servicio de esta vía de gran capacidad en la comunidad foral (44 kilómetros, hasta Noaín, en Pamplona), dando continuidad a la A-21 en ambas provincias. A medida que conocen su






*Vista de uno de los cuatro viaductos construidos en el tramo.*

apertura y los beneficios que conlleva, los usuarios de medio y largo recorrido abandonan la sinuosa carretera nacional en esta zona, con 14 curvas muy pronunciadas, y optan por circular por la nueva autovía, donde la conducción es mucho más cómoda y segura, además de ahorrar un tiempo muy notable en el desplazamiento.

El tramo Enlace de Tiermas-Límite Provincial con Navarra discurre en sentido este-oeste de forma prácticamente paralela, aunque separada y a una cota superior, a la carretera N-240, al sur de la sierra prepirenaica de Leyre y al norte del embalse de Yesa, el denominado mar del Pirineo. Sirve como alternativa actual a esa carretera –muy próxima a la lámina de agua–, que desaparecerá bajo las aguas cuando se produzca el llenado del recrecimiento de la presa de Yesa, una actuación ya en marcha, incluida en el Pacto del Agua de Aragón, que según las previsiones concluirá a finales de 2016. En el marco de esa obra, aunque en la orilla opuesta, la Administración autonómica acomete la reposición de los tramos de la carretera A-1601 que resultarán igualmente inundados con el recrecido del embalse (incluye un viaducto de más de un kilómetro de longitud sobre el río Aragón).

La construcción del nuevo tramo de autovía, adjudicada y financiada por la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (Seitt), ha contado con un presupuesto de obra de 28,59 M€. A esta cantidad se suman el coste de redacción del proyecto y la asistencia técnica para el control y vigilancia de la obra, lo que arroja una inversión total de 30,42 M€.

## Características técnicas

El nuevo tramo de autovía, que se desarrolla íntegramente en el término municipal de Sigüés (Zaragoza), tiene una longitud de 4.310 metros, a los que hay que sumar otros 2.421 metros de ramales y conexiones, además de 6.304 metros de caminos. El trazado encadena alineaciones rectas y curvas comprendidas entre 570 y 1.500 metros, presentando una pendiente máxima del 3,90%. La velocidad de proyecto del tramo es de 100 km/h.

La sección transversal está formada por dos calzadas de 7 metros (con dos carriles de 3,5 metros cada una), arcenes




exteriores de 2,50 metros e interiores de 1,00 metro, con bermas de 1,00 metro la exterior y 1,25 metros la interior, siendo la mediana de 5,00 metros. Se han construido cuatro pasos de mediana.

El trazado discurre por una orografía accidentada de la comarca altoaragonesa de la Jacetania, atravesando terrenos de margas, un material extremadamente deleznable en el que se suelen originar profundos barrancos. Para salvar varios de estos barrancos se han construido cuatro viaductos dobles (uno por calzada), de longitudes comprendidas entre 105 y 280 metros; a ellos se suman dos pasos inferiores (uno de ellos para el enlace de Tiermas) y un paso superior para garantizar la permeabilidad de los caminos que cruzan el trazado.

> El nuevo tramo enlaza la parte aragonesa de la autovía con los tramos ya concluidos en la vecina Navarra, dando continuidad a la infraestructura durante algo más de 48 kilómetros

Poco después del origen de la traza se sitúa el enlace de Tiermas, único del tramo, de tipología semitrébol, que permite tanto el cambio de sentido como la conexión con la localidad de Tiermas, encaramada sobre un cerro y actualmente abandonada, pero donde se han proyectado actuaciones de recuperación. Otra función del enlace es formar parte de conexión provisional entre la A-21 y la carretera N-240 hasta que se construya el tramo contiguo de autovía (Enlace de Tiermas-Enlace de Sigüés, pendiente de licitación). Se trata de una conexión de doble sentido, de 921 metros de longitud, que enlaza con la carretera N-240 mediante una glorieta.

En el capítulo de drenaje, a lo largo del trazado se han ejecutado 25 obras de drenaje transversal en el tronco, de diferente tipología y tamaño, necesarias para facilitar el

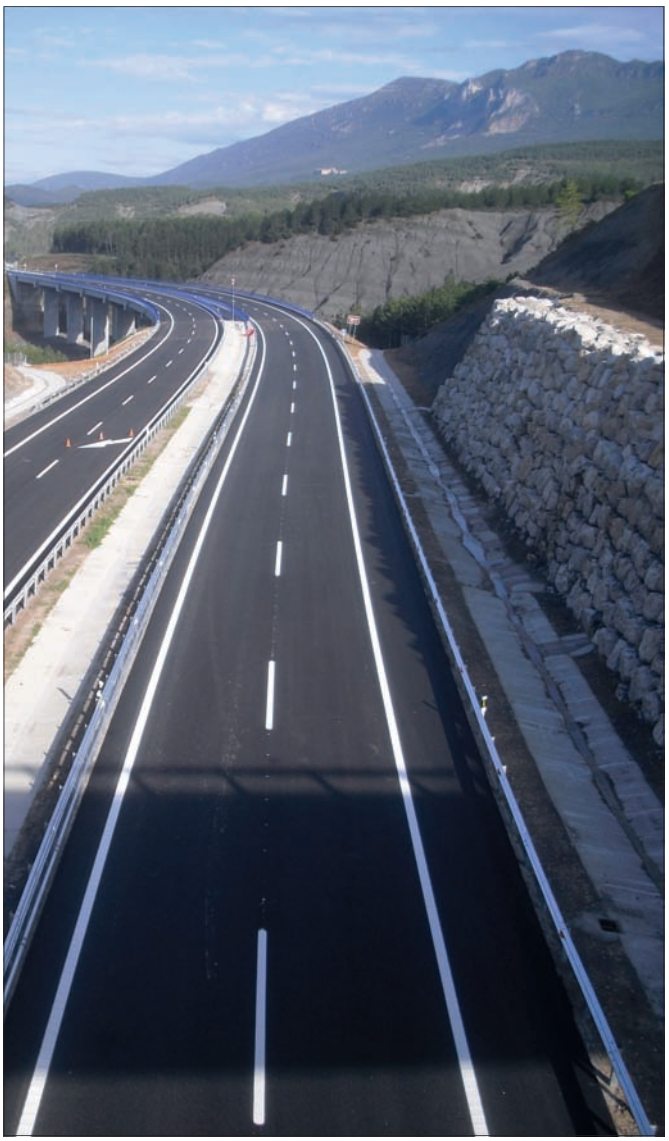
## Magnitudes de obra

| | |
|---|---|
| **Movimiento de tierras** | |
| Excavación | 1.044.378 m³ |
| Terraplén | 664.915 m³ |
| **Firmes** | |
| Suelo estabilizado | 43.326 m³ |
| G25+S-20+S12 | 27.342 m³ |
| Suelo cemento | 24.311 m³ |
| M-10 | 10.082 t |
| **Estructuras** | |
| Hormigón | 25.287 m³ |
| Acero para armar | 3.473 t |









*Trabajos de excavación de la necrópolis medieval, paso superior sobre la autovía y vista del tronco de la misma.*

desagüe de las aguas interceptadas por la autovía. También se ha dispuesto una red de elementos de drenaje longitudinal.

## Actuaciones ambientales

El paquete de medidas de integración ambiental del tramo ha tenido una inversión de 665.000 euros. Entre ellas destaca la revegetación de los taludes de terraplenes y desmontes empleando 99.736 $m^2$ de tierra vegetal e hidrosiembra, así como la plantación de 27.799 unidades de especies autóctonas de árboles y arbustos.

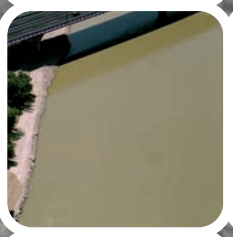
En julio de 2010, en el pk 53+099 de la autovía se encontraron los restos de una necrópolis medieval, fechada en torno al siglo X, en la que se hallaron un total de 148 tumbas. En una de ellas apareció una concha de peregrino del Camino de Santiago, por lo que se supone que pertenecía a una persona que hacía esta ruta. Hay que tener en cuenta que el eje Pamplona-Jaca, en el que se enmarca la autovía A-21, forma parte del itinerario del Camino de Santiago. Tanto la excavación como la documentación de los restos se llevaron a cabo según las indicaciones de la Dirección General de Patrimonio Cultural de Aragón. Parte de ellos fueron cubiertos y otra parte se trasladó al Museo de Zaragoza. ■

## Un eje en construcción

El tramo Tiermas-Límite Provincial de Navarra de la A-21 forma parte de un eje estratégico de comunicaciones al norte del valle del Ebro que está llamado a ser la vía más corta de comunicación entre las fachadas cantábrica y mediterránea de la Península. Su itinerario, a través de tres comunidades autónomas (Cataluña, Aragón y Navarra) y cuatro provincias (Lleida, Huesca, Zaragoza y Navarra), vertebrará el noreste peninsular, una de las zonas con más actividad económica del país. Este eje con origen en Lleida y final en Pamplona se está configurando a partir de tres autovías que se encuentran en fase de desarrollo: la autovía Lleida-Huesca (A-22), el tramo Huesca-Jaca de la autovía Mudéjar (A-23) y la autovía Jaca-Pamplona (A-21). Esta última es construida por el Ministerio de Fomento en suelo aragonés y por la Comunidad Foral de Navarra en este territorio. En la actualidad están en servicio casi 175 de los 260 kilómetros de este gran eje de comunicaciones, estando abierta al tráfico prácticamente toda la autovía Lleida-Huesca (a falta de un tramo) y el tramo navarro de la A-21, mientras se trabaja en los tramos aragoneses de la A-23 entre Nueno y Jaca y de la A-21.

MLN
GRUPO EMPRESAS







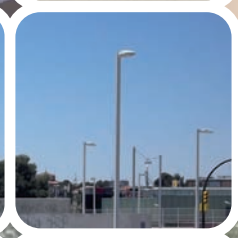


























grupo-mln.com





ADIF INICIA EL PROCESO DE VENTA DE SUS ACTIVOS INMOBILIARIOS DESAFECTADOS PARA AUMENTAR INGRESOS Y REDUCIR COSTES

# Puesta en valor



*Estaciones, viviendas y edificios forman parte del patrimonio inmobiliario que Adif pone en venta.*

PEPA MARTÍN FOTOS: ADIF

El Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif) ha iniciado el proceso de venta de parte de su patrimonio inmobiliario, una iniciativa que se enmarca en el plan de racionalización de activos de la compañía, que tiene como objetivo acometer una gestión más eficaz con la que generar ingresos y reducir gastos.

La subasta pública de 800 inmuebles, junto al ofrecimiento de compra a los inquilinos que residen en otros 700, son dos de las fórmulas elegidas por Adif para poner en marcha su Plan de Racionalización de Activos. Mediante este proceso el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif) pondrá en venta en los próximos meses 1.500 inmuebles repartidos por toda España. Entre ellos se encuentran inmuebles a estrenar como 137 viviendas, 51 locales comerciales, 264 garajes y 140 trasteros, además de ofertar entre sus inquilinos los 700 hoy arrendados.



*Un total de 299 viviendas construidas entre 2000 y 2010, situadas en ocasiones en el casco urbano, también integran el patrimonio de Adif.*

Los ejes básicos que inspiran este programa son, por un lado, la puesta en valor del patrimonio propiedad de Adif hoy en desuso y que puede suscitar más interés en el mercado inmobiliario. Se espera con ello optimizar también el uso de esos espacios al posibilitar que se desarrollen en ellos otro tipo de actividades. Y, en segundo lugar, se confía igualmente en mejorar la cuenta de resultados del ente, tanto a través de la reducción en los gastos de conservación y mantenimiento como por los posibles ingresos que se generen en el proceso de venta.

Dentro de ese proceso, se ha comenzado a desarrollar ya la primera fase de subastas públicas directas, que han comenzado a hacerse públicas mediante las correspondientes campañas de inserciones publicitarias en prensa y también a través de la página web de Adif (www.adif.es), donde se dispone de la relación completa de inmuebles ofertados. En el mes de octubre se realizará otra subasta a través de Segipsa, la Sociedad Estatal de Gestión Inmobiliaria del Patrimonio.



*Adif tiene inventariadas 423 estaciones en líneas sin servicio.*

> Poner en valor el patrimonio en desuso y mejorar la cuenta de resultados, ejes del programa

Pueden optar al proceso de subasta tanto empresas como particulares. Los inmuebles se pueden visitar antes de presentar la oferta. Con posterioridad, los interesados en alguno de los inmuebles deben entregar una fianza por la cantidad que se establezca en cada una de las bases y que se garantiza a través de cheque bancario, acompañada de una serie de documentos, entre ellos fotocopia del DNI, declaración firmada asegurando que se cumplen los requisitos legales exigidos –se facilita en el pliego de condiciones– y la propuesta económica para optar a la compra del inmueble en cuestión.

Se ha previsto fijar una serie de días para realizar subastas presenciales, y aquellos que lo deseen podrán presentarse cumpliendo los mismos requisitos que en la fórmula anterior, es decir, acreditándose y depositando la correspondiente fianza. Primero se harán públicas las ofertas presentadas por escrito, y a continuación se ofrecerá la posibilidad de realizar pujas al alza, adjudicándose cada lote a la oferta más alta y formalizando en el plazo marcado en el pliego la escritura de compraventa.

En el caso de que una subasta quede desierta, dentro del plazo de un año se podrán presentar nuevas ofertas para optar a la adjudicación directa del inmueble, que deberán ascender como mínimo al precio de licitación con la salvedad de que no será necesaria la prestación previa de la fianza.

## Rentabilizar espacios

Una de las medidas del Plan de Racionalización de Activos de Adif para reducir gastos es sustituir los espacios alquilados por edificios propios (principalmente en Madrid y León, los dos núcleos en los que esta partida es más significativa en las cuentas de la compañía), lo que permitirá liberar un importante volumen de recursos para cubrir otras necesidades. Con esta fórmula se conseguirá, además del ahorro económico, una mayor racionalidad en la gestión de los espacios administrativos del operador de infraestructuras ferroviarias. Esta medida no solo incluirá los alquileres, también afectará a las cesiones de uso recíproco entre Renfe Operadora y Adif con el objetivo de adaptar mejor los espacios a las necesidades de ambas empresas.



*Parte del parque de viviendas sociales de Adif tiene su origen en los antiguos poblados ferroviarios.*

### Estaciones y viviendas

Adif posee un parque importante de viviendas sociales destinadas a sus empleados o trabajadores jubilados, a quienes se ha facilitado la adquisición de la propiedad de los inmuebles. Buena parte de ese parque tiene su origen en los poblados ferroviarios, creados por las primeras compañías que promovieron el desarrollo del ferrocarril en nuestro país y que, con su nacionalización al término de la Guerra Civil, pasó a manos de Renfe.

Entre 1986 y 2000 se puso en marcha un proceso masivo de enajenaciones que permitió a 4.500 inquilinos vinculados laboralmente a la compañía ferroviaria pasar a ser propietarios de sus viviendas. Ahora, la unidad de gestión de Patrimonio y Urbanismo de Adif ha retomado esta política, facilitando el acceso a la propiedad a precios favorables a sus inquilinos que lleven al menos seis años habitando el inmueble.

Con ello se espera descontar los gastos que hoy genera la gestión de muchos de esos inmuebles (comunidad, tributos o mantenimiento), en ocasiones superiores a las rentas que se perciben de los alquileres. De hecho, del total de casas habitadas propiedad de Adif, alrededor de 1.800 pagan rentas inferiores a los 100 euros mensuales. El motivo es que los contratos, suscritos con ferroviarios en activo o extrabajadores jubilados, se ajustan a la normativa laboral del momento en que se alquiló la vivienda, y que no se ha modificado desde 1960.

Pensando en la posibilidad de que habrá personas que no tengan fácil el acceso a un crédito hipotecario y quieran adquirir la vivienda en la que residen, Adif plantea la alternativa de que sean los hijos, e incluso los nietos, quienes las adquieran, aunque con la condición de que los actuales inquilinos mantengan el usufructo vitalicio de la misma.

Esta oferta alcanzará a unas 700 familias que residen en viviendas antiguas, a las que hay que sumar otras 383 que están vacías y que se encuentran




*Entre las estaciones que integran del patrimonio de Adif se encuentran algunas de importancia histórica, como la de Príncipe Pío en Madrid.*

## El patrimonio de Adif

● **Estaciones.** Adif gestiona 377 estaciones en líneas en funcionamiento que no son enajenables debido a su proximidad a la linea del ferrocarril. A ellas se suman 423 estaciones en líneas cerradas, unas desde 1985 por acuerdo del Consejo de Ministros, y otras que datan de los años 30 en líneas cuya construcción nunca se terminó y que se abandonaron en los años 50 en virtud de un informe del Banco Mundial. El Ministerio de Fomento las administró hasta la entrada en vigor en 2005 de la Ley del Sector Ferroviario, cuando pasaron a Adif como bienes patrimoniales. Tras acondicionar algunas de ellas como vías verdes, las ha cedido a entes locales.

● **Viviendas nuevas.** Construidas entre 2000 y 2010, un total de 299 viviendas nuevas conforman el parque propiedad de Adif como consecuencia de su participación en sociedades inmobiliarias en las que parte del pago por los terrenos cedidos se ha realizado con productos inmobiliarios. A estas casas, de las cuales actualmente 53 están alquiladas a precio de mercado, se suman 60 locales comerciales y 662 plazas de garaje. Están distribuidas por Andalucía, Región de Murcia, Castilla y León, Aragón, Asturias, Comunidad Valenciana y Navarra.

● **Edificios.** Adif tiene en propiedad 5.754 inmuebles de distina tipología, de los cuales 1.483 son enajenables. El resto están construidos en terrenos de dominio público, por lo que no se pueden vender, aunque hay 1.782 que están considerados como desafectables del servicio público ferroviario, y el resto, hasta 2.489, no se pueden desafectar por estar próximos a las vías y en zonas de dominio público.

en distinto estado de conservación, junto a otras 299 más modernas cuya propiedad es hoy de Adif como resultado de su participación en sociedades inmobiliarias.

### Arrendamientos

Otra de las fórmulas que el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias utilizará dentro de su plan de racionalización de activos es el concurso de cesión temporal en régimen de arrendamiento. Bajo este procedimiento ha puesto en el mercado una parcela de planta circular de 1.200 m$^2$ ubicada en el conjunto inmobiliario de Sevilla-Plaza de Armas compuesta por el edificio de viajeros de la antigua estación de ferrocarril, en la que actualmente hay un centro comercial, un hotel y un aparcamiento subterráneo, además de un espacio libre que conforma la plaza de la Legión, cuyo uso está vinculado a la explotación del centro comercial, a la parcela de uso terciario objeto del concurso y a este mismo espacio.

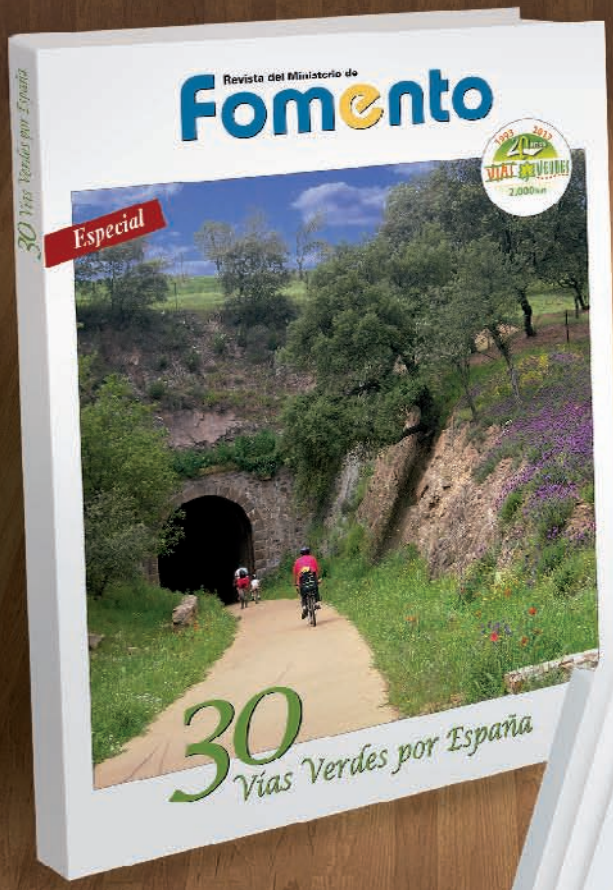
La oferta es para 40 años por una renta mínima de licitación de 110.000 euros al año, y da derecho a construir y explotar un edificio de uso terciario de 2.520 m$^2$ sobre rasante aunque con la obligación de reurbanizar la plaza pública en la que se sitúa la parcela. La reordenación y reurbanización, que persigue revitalizar esta zona y potenciar su uso para eventos diversos, se contempla en la subasta con cargo al adjudicatario.

Según el Plan General de Ordenación Urbanístico de Sevilla, vigente desde el año 2006, la parcela cuenta con otros 1.100 m$^2$ más de edificabilidad no materializada. Ante la posibilidad de que se lleve a cabo este aumento sobre la parcela terciaria, en la subasta se ha previsto que el edificio a construir tiene que estar calculado para soportar hasta cinco plantas. ■

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

Centro virtual de publicaciones
Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales

# PROMOCIÓN ESPECIAL DEL 25% DE DESCUENTO
# PARA SUSCRIPTORES DE LA REVISTA DEL MINISTERIO DE FOMENTO




RECOPILACIÓN ESPECIAL
DE REPORTAJES
PUBLICADOS EN LA REVISTA
ENTRE 2009 Y 2012
Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN

1993 2013
20 años
VIAS VERDES
2.000 km

Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico a través de 30 rutas accesibles para todos.




PVP: 10 €

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

www.fomento.gob.es




EL NUEVO CENTRO DE SERVICIOS «LOYOLA DE PALACIO» CONSOLIDARÁ EL PROGRAMA GALILEO

# Un paso importante





ESA

*Izquierda, el nuevo Centro de Servicios del programa Galileo. Junto a estas líneas, lanzamiento el 12 de octubre pasado de dos satélites de la futura constelación Galileo.*

La puesta en servicio, el pasado 14 de mayo, del Centro de Servicios «Loyola de Palacio», en Torrejón de Ardoz (Madrid), es un paso importante en el despliegue de las infraestructuras necesarias para la implementación y operación del programa Galileo, la iniciativa europea para desarrollar un sistema propio de navegación por satélite. Este programa garantizará la independencia tecnológica de la Unión Europea en el posicionamiento por satélite y será también el primero bajo control civil.

El pasado 14 de mayo, la ministra de Fomento, Ana Pastor, y el vicepresidente de la Comisión Europea, Antonio Tajani, inauguraron el Centro de Servicios GNSS (siglas de sistema global de navegación por satélite), situado en Torrejón de Ardoz, en el recinto del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA).

La inauguración del Centro de Servicios, que ha recibido el nombre de Loyola de Palacio en memoria de la fallecida comisaria de Transportes, gran impulsora del proyecto Galileo, supone un paso más en el despliegue de las infraestructuras necesarias para la implementación y operación del programa.

El nuevo centro de Torrejón forma parte del conjunto de infraestructuras terrenas del programa Galileo, la iniciativa europea para desarrollar un sistema propio de navegación por satélite que garan-




ESA

*Centro de control de satélites del programa Galileo en Oberpfaffenhofen (Alemania).*

tizará la independencia tecnológica de la Unión Europea en el posicionamiento por satélite y será el primero bajo control civil.

El sistema Galileo, al igual que otros sistemas espaciales, se basa para su funcionamiento en un segmento espacial, constituido por una constelación de 30 satélites, de los cuales cuatro ya están en órbita, y en un componente terreno formado por distintos tipos de instalaciones en tierra con funciones de telecontrol, telecomando, aspectos de seguridad, tests de funcionamiento, etc.

España se fijó como objetivo, entre otros, albergar un elemento importante de la infraestructura de Galileo que fuese acorde a su peso en el programa europeo de GNSS. Conjuntamente con la Comisión Europea, identificó el Centro de Servicios GNSS (GSC) como un elemento que satisfacía los intereses de España y del programa a nivel europeo de manera óptima. Tras varios años de negociaciones, el Ministerio de Fomento suscribió un Memorandum de Entendimiento con la Comisión Europea en el que se pactó que España albergaría el Centro de Servicios GNSS europeo dentro de la estrategia global de despliegue del programa Galileo.

## Calendario

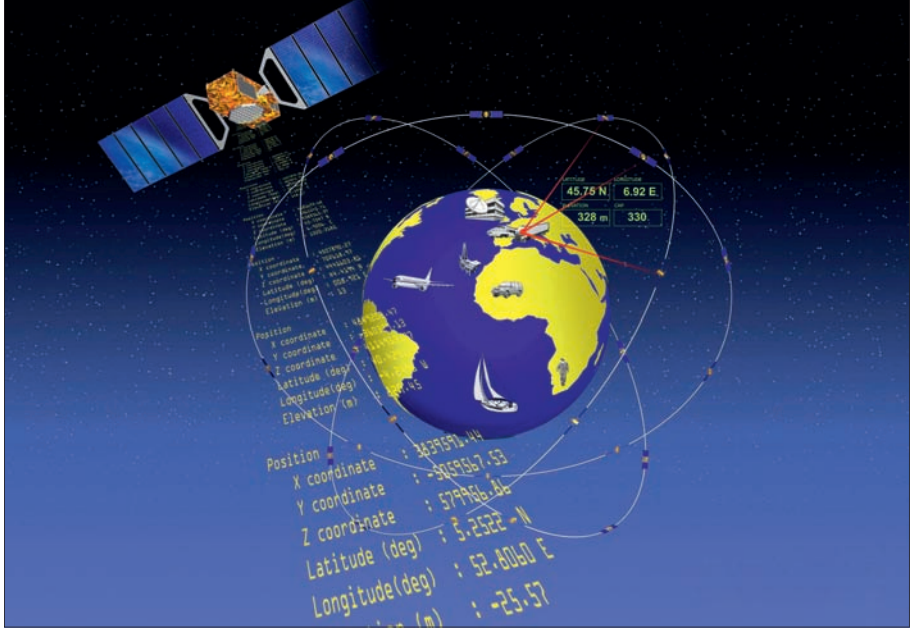
Dentro de las infraestructuras terrenas, el Centro Loyola de Palacio será el único Centro de Servicios del programa Galileo, y único interfaz entre los usuarios y los servicios Abierto, Comercial y *Safety of Life* (o de aplicaciones críticas para el transporte donde la vida humana puede correr riesgos) a escala mundial. Igualmente, y aunque no hay todavía un calendario definitivo, se trabaja para la posible integración del servicio de aumentación Egnos en el GSC a partir de 2020, fecha en la que el programa Galileo alcanzará su fase plenamente operativa con la constelación de 30 satélites completada.

El objetivo ahora tanto de la Comisión Europea como del Consejo de Transportes de la Unión Europea es alcanzar la fase de explotación cuanto antes, de forma que se trabaja para adelantar 16 meses respecto de la agenda original. En esta línea, se ha creado recientemente el concepto de servicios tempranos que se empezarán a ofrecer desde finales de 2014, cuando se cuente con 18 satélites, de manera que los ciudadanos puedan beneficiarse de Galileo, bastante antes del despliegue de la constelación completa.

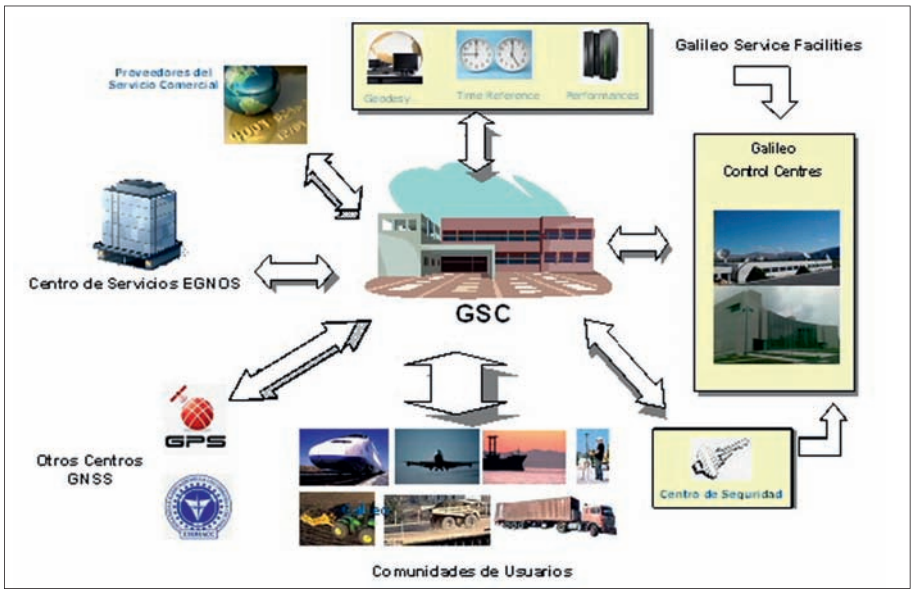
La disposición de estos servicios tempranos o iniciales,




*Inauguración del Centro «Loyola de Palacio» el pasado 14 de mayo.*




ESA




## Los servicios que ofrece Galileo

El sistema Galileo ofrecerá en total cinco servicios, que pueden clasificarse en dos categorías:

- Un nivel básico de servicio de acceso libre y gratuito para aplicaciones de interés general, con prestaciones similares a las ofrecidas por el sistema GPS, que se denomina Servicio abierto.
- Cuatro niveles de acceso restringido para aplicaciones comerciales, gubernamentales y profesionales, con prestaciones superiores que proporcionan servicios de valor añadido:
  - SaR o Salvamento y Rescate, que se integrará en Cospas-Sarsat
  - Comercial, que ofrecerá autenticación y alta precisión, además de transmisión de datos
  - PRS o servicio público regulado, destinado a usuarios gubernamentales, especialmente, aunque no exclusivamente, para defensa y fuerzas y cuerpos de seguridad del Estado
  - *Safety of Life* (servicio orientado a usuarios de aplicaciones en las que existe criticidad para la vida humana), y que se encuentra actualmente en redefinición.

hace posible su uso por fabricantes de receptores, diseñadores de aplicaciones y primeros usuarios, permitiendo sentar las bases para los usuarios y contribuyendo fia posicionar Galileo en un entorno de competencia creciente. A principios de 2016 está previsto contar ya con 26 satélites del total de 30 previstos y ofrecer servicios mejorados.

El calendario propuesto por la Comisión es ambicioso y para alcanzar los objetivos y plazos propuestos, se deben emprender toda una serie de actividades, por parte de los Estados miembros, de la Agencia Europea de GNSS (GSA), de la Agencia Espacial Europea (ESA) y de la Comisión Europea. La puesta en funcionamiento del Centro Loyola de Palacio constituye un elemento clave en la consecución de estos objetivos.

Actualmente desde el Centro se proporcionan ya funciones *Helpdesk* de apoyo técnico, en unas instalaciones interinas de 400 m$^2$. Las instalaciones completas tendrán entre 1.200 a 1.400 m$^2$ y estarán plenamente habilitadas a principios de 2014.

### Centros

El INTA tiene prevista la creación, en torno al Centro de Servicios, de un Laboratorio de Expertos Europeo y un Centro Empresarial GNSS. El conjunto de estos tres centros, ubicados todos ellos en la sede central del INTA, impulsarán en los próximos años la ingeniería, pruebas y desarrollo de aplicaciones GNSS en Europa y también en todos aquellos países a nivel mundial que elijan Galileo como sistema de navegación.

> El nuevo centro será la interfaz entre los usuarios y los servicios abierto, comercial y de aplicaciones críticas para el transporte

El gran impacto tecnológico y económico de las actividades de los tres centros, junto con un cuarto centro necesario para gestionar nacionalmente el Servicio Público Regulado de Galileo y que también se localizará en las inmediaciones, no solo beneficiará los intereses del Estado sino que proporcionará a las Administraciones Públicas que participen en el programa y, sobre todo, al sector aeroespacial español, una continua fuente de oportunidades tecnológicas y económicas, en un mercado emergente y en sus servicios más significativos, a saber, el servicio comercial y el servicio público regulado.■



*Imagen histórica del Muelle de Hierro (arriba) y la misma infraestructura en la actualidad (derecha).*



125º ANIVERSARIO DEL MUELLE DE HIERRO DE PORTUGALETE

# Prodigiosa sencillez

JULIA SOLA LANDERO FOTOS: AUTORIDAD PORTUARIA DE BILBAO

Considerado como una obra maestra de la ingeniería marítima de finales del siglo XIX, el Muelle de Hierro de Portugalete ha cumplido 125 años desde que la reina María Cristina colocara la última piedra de esta singular infraestructura portuaria, que a finales de 2012 fue declarada Bien de Interés Cultural con categoría de Monumento.

Más antiguo que el propio Puente Colgante, la construcción del muelle se inició en 1881 y finalizó en 1887. Detrás de la sencillez casi anodina de su apariencia, se esconde un prodigio de la ingeniería que hizo de él una pieza clave para el buen funcionamiento del puerto. Fue la primera obra portuaria que hizo posible el acceso a la ría del Nervión de buques de gran calado. Sin el Muelle de Hierro, Bilbao y su ría no habrían podido disfrutar de la pujanza industrial que alcanzaron.

Antes de su construcción, y a pesar de la importancia estratégica del puerto de Bilbao, éste no solo era incapaz de atender al importante volumen de tráfico que la actividad industrial vizcaína generaba, sino que, además, estaba considerado como uno de los puertos más peligrosos del




CUNARD



*Arriba y página opuesta, dos imágenes del Muelle de Hierro de Portugalete tomadas desde el mismo lugar con casi 125 años de diferencia.*

Cantábrico, a tal punto que la maniobra de entrada en la bocana de la ría era considerada casi un episodio épico incluso para los más expertos navegantes.

La ría describía una curva cerrada en Elorrieta que solo era accesible a los barcos de eslora corta. Muchos buques, debido a los fondos altos en varios tramos, se veían obligados a fondear a varios kilómetros de Bilbao y a transportar la mercancía a bordo de gabarras, lo que suponía un sobrecoste considerable. Y los navíos que trataban de acceder al puerto se enfrentaban a una peligrosa carrera de obstáculos.

Por una parte, la escasa profundidad de la ría en algunas zonas hacía encallar a muchos barcos en la bajamar. Por otra, las aguas de la ría se desbordaban sistemáticamente durante las pleamares por ambas orillas arrastrando a su paso enormes cantidades de arena y grava. La barra de Portugalete –una duna de arena inestable que se desplazaba desde la playa de Portagaluja hasta el muelle de Las Arenas– se situaba transversalmente en la ría, a la altura de Portugalete, cegando la desembocadura del Nervión, lo que hacía muchas veces inviable la navegación y el atraque de los barcos. Muchos de ellos quedaban a menudo embarrancados durante semanas, e incluso meses, a la espera de condiciones favorables para hacerse a la mar, dando lugar a un escenario que el poeta Adolfo de Larrañaga rememoraba como un «osario de mástiles y quillas en tormento».

## Decisión crucial

En los últimos años de un efervescente siglo XIX, Bizkaia estaba en plena producción industrial y las numerosas explotaciones mineras existentes tierra adentro transportaban su mercancía, a través de las líneas férreas construidas al efecto, hacia el puerto de Bilbao, que también era la salida hacia Europa de las mercancías de la meseta y la puerta de entrada de las procedentes de los países de la fachada atlántica y de ultramar.

> El Muelle de Hierro sentó un precedente para la ingeniería marítima en su lucha contra las acumulaciones de arena

Era crucial e inaplazable solucionar aquel estado de cosas para que el puerto pudiera dar respuesta a la enorme actividad industrial y comercial que crecía a pasos agigantados. Se hacía imprescindible crear un cauce fijo, limpio, fiable y con capacidad suficiente para permitir de forma ininterrumpida la entrada y salida a la ría de barcos de gran tonelaje.

Compartiendo ese común objetivo y aunando esfuerzos, se pusieron de acuerdo las fuerzas vivas de la provincia –navieros, comerciantes, mineros y empresarios de diverso signo– para encontrar una solución a aquel problema secular. Para ello crearon en el



año 1877 la Junta de Obras del Puerto de Bilbao, el organismo encargado de coordinar todas las acciones encaminadas a ese fin.

Al frente de la Junta se situó el ingeniero navarro Evaristo Churruca, quien enseguida se puso manos a la obra con el objetivo de eliminar la barra de arena que cegaba la ría. Emprendió un ingente y meticuloso trabajo de investigación histórica para desentrañar los mecanismos del curso fluvial. Así, midió las mareas, los vientos, las corrientes y los aluviones del río, analizó el subsuelo y buceó en el archivo del antiguo Consulado para estudiar, remontándose hasta principios del siglo XVI, todas las actuaciones realizadas en la ría.



Churruca estaba convencido del peligro que supone construir obras que alteren la marcha natural de las corrientes. Fiel a su tesis, sacó partido de los fenómenos estudiados aprovechando a su favor la fuerza natural del flujo del agua y la condujo contra la barra de arena acumulada por mareas y corrientes. Para ello, proyectó un dique de 800 metros de longitud ligeramente curvado que prolongaba el muelle de Portugalete en la margen izquierda, desde la torre de señales que marcaba el acceso al puerto.



*Imagen de las obras del Muelle de Hierro, construido entre 1881 y 1887.*

Ejecutado por la empresa barcelonesa La Maquinista Terrestre y Marítima, el muelle se construyó a base de hierro cimentado sobre pilotes de rosca, que después modificaría en los 200 metros finales, mediante un dique de bloques de hormigón, con mayor anchura y altura que el resto, para aumentar su consistencia, dado que era la parte más expuesta a las acometidas del mar. El armazón de hierro servía de andamiaje a las obras de fábrica y a la vez como estructura definitiva para el piso de madera del muelle. La obra superior está cimentada sobre una escollera entre los pilotes. Sobre esta descansa un macizo de hormigón que alcanza los 4,20 metros de altura en bajamar.

Los efectos de la magistral obra de ingeniería no se hicieron esperar. Con la naturaleza trabajando a su favor,

## El artífice de la obra

Evaristo de Churruca y Brunet tenía 46 años cuando se puso al frente de la Junta de Obras del Puerto de Bilbao, heredera del histórico Consulado, que a su vez recogió el testigo de la medieval Cofradía de Mareantes, Mercaderes y Hombres de Negocios, y que durante más de 300 años se ocupó de administrar el puerto y la ría.

Cuando llegó a la Junta, donde permaneció como director hasta su jubilación, en 1918, Churruca ya contaba en su haber con numerosas obras públicas en España, como los faros de Cabo de Palos y Porman o la canalización de la ría de Guernica. Destinado en 1866 a Puerto Rico, allí fue nombrado inspector general de obras públicas de la isla y responsable de la instalación de red de telégrafos, de la canalización de los ríos Bucaná y Jocaguas, de la mejora del puerto de San Juan y de los puentes de Bayamón, Cagua y Mayagüez.

Durante las obras del Muelle de Hierro, Churruca comenzó a trabajar en silencio

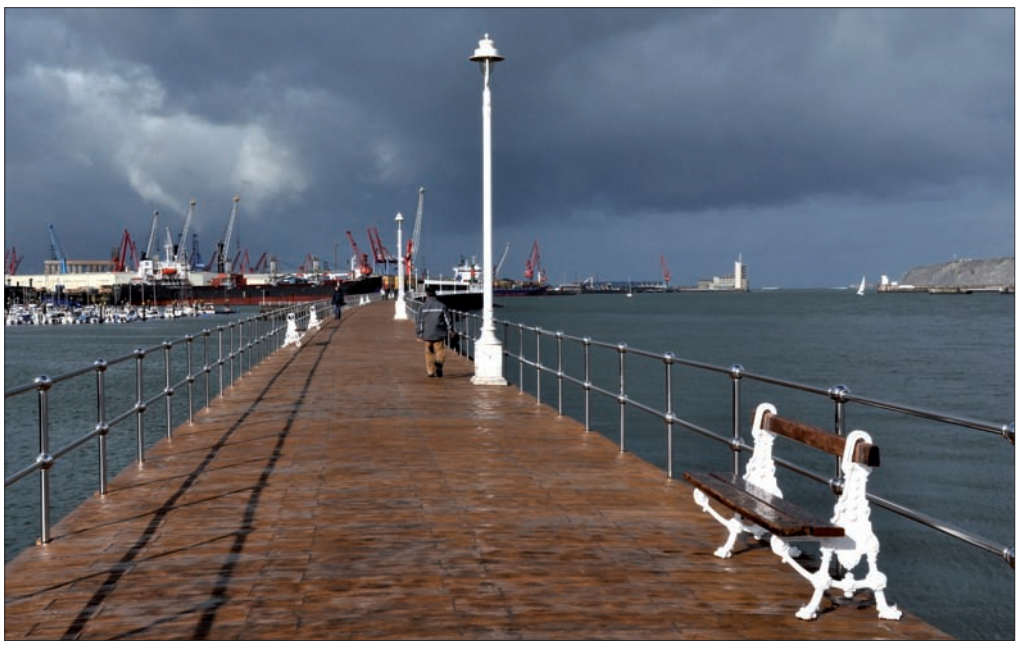


en la idea de construir un gran puerto exterior que sirviese de ancladero en el golfo de Vizcaya para permitir que los grandes buques y transatlánticos pudieran operar en sus aguas sin depender de las mareas para entrar y salir de la ría, y que también serviría como puerto de refugio.

Dibujó planos, hizo cálculos y los presentó a la Junta para su aprobación. Su idea fue bien acogida e inmediatamente comenzó a recabar apoyos económicos para la obra, que fue financiada por el Ayuntamiento de Bilbao, la Diputación y el propia Estado. De la importancia de esta actuación, básica para el posterior desarrollo del puerto de Bilbao, dice mucho el hecho de que la primera piedra del nuevo puerto la colocase el ministro de Fomento, el 21 de septiembre de 1888, y la última, el rey Alfonso XIII, el 8 de septiembre de 1902.

En reconocimiento a sus magistrales obras portuarias en la capital vizcaína, fue condecorado con la Cruz de Carlos III y la Gran Cruz de Isabel la Católica. En 1908 Alfonso XIII le concedió el título de primer conde de Motrico.





*El singular trazado curvo del muelle en una imagen antigua y actual.*

gracias a la suave curva que favorecía la trayectoria natural de la corriente, el muelle consiguió en pocos meses lo que no se había logrado mediante los innumerables dragados realizados durante años. Su construcción puso fin a los bancos de arenas móviles haciendo posible la creación de un cauce fijo y un canal limpio y bien definido.

## Beneficios para el puerto

La profundidad del canal aumentó decisivamente desde 1,14 hasta 4,60 metros, se fijó su hasta entonces movediza posición, y se amplió hasta 80 metros la anchura del canal, lo que permitió duplicar el calado y triplicar el tonelaje de los barcos que podían navegar hasta Bilbao, además de asegurar su acceso ininterrumpido al puerto.

La regularización del tráfico permitió rebajar el coste de los fletes y multiplicó por cuatro el volumen de mercancías en movimiento ya en el primer año desde su inauguración. El creciente dinamismo portuario, aliado con el incremento de la actividad de los ferrocarriles mineros de la margen izquierda, hicieron del puerto de Bilbao uno de los más accesibles del Cantábrico y el segundo de España en importancia, tras el de Barcelona.

La particular «lucha del hombre con el mar» de Churruca –así se llama la escultura que reconoce su trabajo en Las Arenas– sentó un admirable precedente para la ingeniería marítima en su complicada lucha contra las acumulaciones de arena.

Esta singular obra, además de su excepcional valor técnico y de haber sido un elemento clave para dinamizar la actividad del puerto, fue y es un lugar de paseo único y un punto de encuentro de los habitantes de Portugalete.

En los años 30 del pasado siglo se hicieron diversas obras en el muelle para hacer accesible la plataforma inferior, para lo cual fueron suprimidos los arriostramientos en forma de cruz de San Andrés y recubiertos los pilotes con hormigón, se sustituyó el entablado de madera por una losa de hormigón y se colocaron tres escaleras de comunicación entre ambas plataformas.

En septiembre de 2011 fue reabierto al uso público tras ser sometido a una profunda remodelación con la que se ha recuperado su imagen original, eliminando el hormigón de sus vigas, recuperando sus típicas crucetas y habilitando su parte baja para el paseo y la pesca.

Si Churruca recibió varios reconocimientos por la importancia de sus obras en el puerto de Bilbao, el Muelle de Hierro también ha visto reconocida su importancia técnica y estética. En octubre de 2012, el Gobierno lo declaró Bien de Interés Cultural con la categoría de Monumento, por «su carácter de ejemplo de arquitectura del hierro de excepcional singularidad». ■

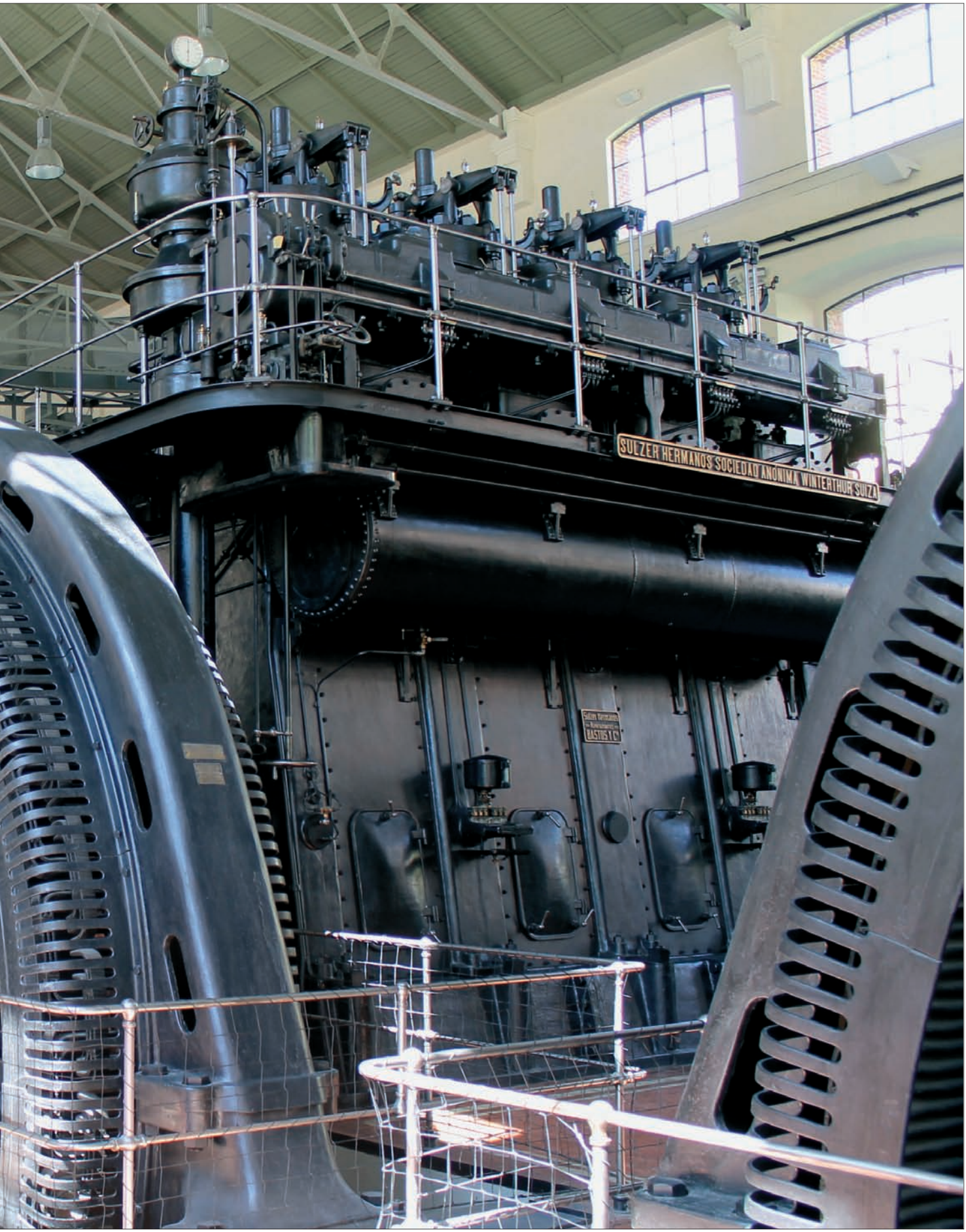
LA NAVE DE MOTORES DE METRO DE MADRID, DECLARADA BIEN DE INTERÉS CULTURAL

# Máxima protección




JAIME ARRUZ FOTOS: CABALLERO

La Nave de Motores de Pacífico, una instalación que alberga tres motores diésel de gran potencia, capaces de cubrir las insuficiencias del suministro eléctrico de la red de Metro de Madrid allá por los años 50, cuenta desde el pasado mes de abril con la mayor protección posible según la legislación actual sobre conservación de patrimonio histórico. Inaugurada en 1924 y restaurada en 2008, hoy forma parte del proyecto museístico Andén 0 junto a la estación *fantasma* de Chamberí.


SULZER HERMANOS SOCIEDAD ANONIMA WINTERTHUR SUIZA





*Panel de control eléctrico y herramientas para reparar los motores. Página opuesta, el edificio de Metro de Madrid en Pacífico, obra de Antonio Palacios, es un ejemplo de arquitectura industrial de la época.*



El Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid aprobó el pasado 11 de abril la declaración como Bien de Interés Cultural (BIC) de la Nave de Motores de Metro de Madrid ubicada en la calle Cavanilles de la capital, cerca de la estación de Pacífico de la línea 1 del suburbano madrileño. Situada en el complejo que acoge la sede social de Metro de Madrid, su edificio de ladrillo con el estilo característico de las instalaciones industriales del primer tercio del siglo XX incluye los detalles del diseño clásico original del suburbano de la capital.

Los tres motores diésel, que generan 1.500 CV de potencia, eran capaces de suministrar energía eléctrica para cubrir ciertas necesidades puntuales de la red de metro, además de proporcionar electricidad a diversas partes de la ciudad al poder transformar la corriente suministrada por la compañía Unión Eléctrica Madrileña. Así, por ejemplo, durante la Guerra Civil fue utilizada para abastecer a parte de la población de Madrid.

El diseño del área mecánica de la Nave de Motores de Metro de Madrid fue obra de los ingenieros José María Otamendi y Manuel Otamendi, ingeniero industrial el primero e ingeniero de caminos el segundo, mientras que Antonio Palacios se encargó del proyecto arquitectónico, apostando por el uso de unos azulejos que eran imagen de la compañía en otros edificios industriales. El director de obra fue Carlos Laffitte, ingeniero jefe de explotación de Metro de Madrid.

La construcción se llevó a cabo entre 1922 y 1923 y las instalaciones comenzaron a funcionar ese mismo año, aunque fueron inauguradas oficialmente el 14 de junio de 1924 por el Rey Alfonso XIII. En 1923 se completó también la construcción de la primera línea del metro madrileño, de casi ocho kilómetros de longitud. Tenía 14 estaciones y conectaba, de un extremo a otro, Cuatro Caminos y Puente de Vallecas.

En sus inicios, en 1916, el metro de Madrid se abastecía de la energía suministrada por la Unión Eléctrica Madrileña. Dado que el 75% de la producción era hidroeléctrica, y que esta dependía del nivel de agua de los pantanos de los alrededores de la capital, las limitaciones energéticas hicieron que los responsables del




suburbano madrileño vieran la necesidad de autoabastecerse de electricidad. He aquí la razón por la que se decidió levantar la Nave de Motores. Esta instalación, de 44,2 metros de longitud por 17,5 metros de anchura, con una altura de entre 12 y 16 metros, tenía dos funciones: transformar la corriente alterna de 15.000 voltios que suministraban las compañías eléctricas en corriente continua de 600 voltios, utilizada entonces por el metro de Madrid, y producir electricidad en caso de fallo del suministro externo.

Los motores y conmutatrices –máquinas eléctricas rotativas para transformar corriente alterna en continua y viceversa– se instalaron en la Nave de Motores. Una subestación eléctrica ubicada en una pequeña nave, que fue derribada posteriormente y sustituida por otra, se encargaba de la distribución de electricidad una vez transformada a la red del suburbano. El conjunto lo completaba un edificio de oficinas.

Los motores diésel son de cuatro cilindros y dos tiempos, fabricados por la empresa suiza Sulzer Frères. Trabajaban a 150 revoluciones por minuto y alcanzaban su pleno ritmo de funcionamiento a los cinco minutos de su arranque. Cada uno de ellos iba acoplado a un alternador trifásico de 1.500 voltios y 1.110 kW, de Brown Boveri. Como motores accesorios había en la nave otros tres, eléctricos, que eran los encargados de arrancar los propulsores diésel y estaban alimentados por una batería con acumuladores. Asimismo, había dos motores para las bombas centrífugas, otro, también eléctrico, para mover el compresor de aire que abastecía las dos botellas de aire comprimido de cada uno de los tres grandes diésel, así

> La Nave de Motores, operativa entre 1924 y 1977, estuvo inactiva hasta 2008, cuando concluyó su restauración

como seis más encargados de diversas funciones.

Los tres motores diésel llegaron desarmados a las instalaciones de Metro de Madrid en Pacífico. Por ello, para realizar el montaje, así como para llevar a cabo las tareas de mantenimiento y reparación que fueran necesarias posteriormente, se instaló un puente-grúa eléctrico con una capacidad de carga de hasta 12 toneladas. Una de sus ventajas era que se podía desplazar a lo largo de toda la nave. El combustible para hacer funcionar los motores diésel se almacenaba en cinco grandes depósitos subterráneos de hierro, ubicados en el exterior del edificio.

Con el paso del tiempo, y a medida que las compañías



*Arriba, uno de los tres motores diésel de la nave. Debajo, botellas de aire comprimido para arrancar los motores y para el aire de inyección.*

eléctricas fueron capaces de asegurar un suministro cada vez más regular, la Nave de Motores, en su momento la de mayor potencia instalada en España, quedó obsoleta. Dejó de estar operativa en 1977 y 10 años después se cerró de manera definitiva. En 1994 se retiró la torre de refrigeración, de 19 metros de altura, y se ajardinó la zona de los depósitos de agua. Además, ciertas dependencias vieron reconvertidos sus usos.

Tras su cierre, la Nave de Motores permaneció varios años sin actividad hasta que en 2005 se aprobó su restauración, que concluyó en 2008. Esta permitió, de mano del arquitecto Carlos Puente, devolverle su aspecto original, tanto en el exterior como en el interior, además de llevar a ca-





*Edificio de planta rectangular que alberga la Nave de Motores de Metro de Madrid.*

bo un intenso proceso de limpieza y puesta en servicio de la maquinaria para poder exhibirla al público tal y como fue concebida.

El edificio que alberga los tres motores diésel de grandes dimensiones, así como otros dispositivos (transformadores, generadores), es un ejemplo del diseño que el arquitecto Antonio Palacios extendió por parte de Madrid en la primera mitad del siglo XX. Suyas son obras tan significativas como el Palacio de Comunicaciones de Cibeles, sede del Ayuntamiento capitalino, el Casino de Madrid, el Hospital de Jornaleros de Maudes, junto a Cuatro Caminos, o el Círculo de Bellas Artes.

## Otros usos

La Nave de Motores completa su oferta con un mercadillo el primer fin de semana de cada mes. Puesto en marcha en noviembre de 2012, este mercadillo acoge objetos de almoneda, gastronomía, artesanía, segunda mano y diseñadores emergentes, los primeros sábados y domingos de cada mes, de 11.00 a 19.00 horas en invierno y de 11.00 a 22.00 horas en verano.

Con diseño y espíritu *vintage*, esta cita en la Nave de Motores permite contemplar y adquirir desde bicicletas antiguas a muebles de estética *retro*, pasando por complementos, textil para el hogar, discos, productos artesanales u objetos de decoración procedentes de anticuarios y firmas especializadas. A la parte más profesional se une el mercado de particulares, por el que cada plaza del parking de las oficinas de Metro de Madrid, junto a la Nave de Motores, se transforma en un puesto en el que poder vender o cambiar todos aquellos objetos personales en desuso, como muebles, libros, ropa y juguetes. ■

## Proyecto Andén 0, memorias de aquel suburbano

La Nave de Motores de Metro de Madrid forma parte del proyecto Andén 0, junto a la estación *fantasma* de Chamberí, la parada de la línea 1 del suburbano madrileño ubicada entre las estaciones de Bilbao e Iglesia y que dejó de estar operativa cuando comenzó a funcionar esta última. Permaneció casi abandonada muchos años pero desde el año 2008 forma un conjunto con la Nave de Motores de Pacífico como Centro de Interpretación de Metro de Madrid, que acerca su historia y su patrimonio a los ciudadanos.

Esta iniciativa tiene como objetivo recuperar y poner en valor el patrimonio tecnológico e industrial del metro madrileño ofreciendo al público detalles de la historia de este medio de transporte en Madrid, desde los primeros años del siglo XX, en los que el suburbano modificó la relación centro-periferia en la capital, hasta la actualidad, cuando ha sobrepasado los límites del municipio y cuenta con una red de 293 kilómetros, 300 estaciones y más de 600 millones de viajeros anuales.

En el Centro de Interpretación de Metro de Madrid se explica cómo el nacimiento y consolidación del suburbano de la capital supuso un cambio muy grande en las costumbres de sus habitantes y en su propia estructura social, además de acercar al visitante a la historia general del transporte, la relación entre el suburbano y la ciudad, la tecnología y su evolución, la ingeniería, la estética publicitaria o el diseño. A todo ello se accede mediante reconstrucciones en forma de maquetas, audiovisuales y paneles divulgativos, entre otros materiales.

Andén 0, que recibe más de 52.000 visitantes al año, se puede visitar gratuitamente en sus dos sedes, los viernes, sábados y domingos, incluyendo los festivos que coinciden con estos días. En el caso de la Nave de Motores, el horario es únicamente de mañana, entre las 10.00 y las 14.00 horas, mientras que en el de la estación de Chamberí, los viernes se puede visitar en horario de mañana y tarde, de 11.00 a 13.00 y de 17.00 a 19.00 horas, y el fin de semana solo de mañana, entre las 10.00 y las 14.00 horas.

LAS CANTERAS MEGALÍTICAS DE ELS CLOTS DE SANT JULIÀ

# En el bosque de piedra





Texto y fotos: Jesús Ávila Granados

Al sur del Bajo Ampurdán (Girona), en medio de la llanura que se extiende entre las poblaciones de Vulpellac, Forellac y Peratallada, se yergue un altozano de poca elevación: el Puig de Sant Julià. El paraje oculta un conjunto arqueológico excepcional que espera a los investigadores para que desvelen sus misterios. De esta cantera, caracterizada por una serie de huecos, o simas abiertas en el suelo (*clots*), se extrajeron los bloques de piedra arenisca que sirvieron para construir algunas de las grandes obras de esta comarca gerundense.

Pocas personas conocen la existencia de els Clots de Sant Julià, uno de los conjuntos arqueológicos más impresionantes de la geografía catalana. Se trata de un espeso bosque de pinos, encinas y robles, que prospera sobre un sotobosque de brezo, boj, helechos y moras silvestres, cuya particularidad es la de estar totalmente salpicado de hendiduras artificiales, a modo de gigantescos pozos –*clots* (agujeros)–, de diferentes tamaños, que han dado lugar a diferentes teorías.





*Izquierda, acceso a una gruta del interior del clot número 3. Derecha, marcas de picapedrero en las paredes de arenisca del pozo número 2.*

El origen de estas hendiduras artificiales hay que buscarlo en la noche de los tiempos, durante la Edad del Bronce, cuando las sociedades agrarias ya habían iniciado la transformación hacia entidades de carácter sedentario, basadas en el cultivo racional de la tierra. La existencia de testimonios megalíticos –crómlechs, dólmenes, menhires, túmulos, etc.– en las inmediaciones coincide en el espacio con otros elementos, igualmente dignos de tener en cuenta, desde un ara, o piedra de los sacrificios, hasta un camino de iniciación y otras construcciones subterráneas y troglodíticas, etc.

## Roca fácil

Lo cierto es que la mayoría de las espectaculares obras –tanto civiles como religiosas– de esta comarca, como puede comprobarse al recorrer sus núcleos urbanos y rurales (Pals, Peratallada, Ullastret, Monells, Cruilles, etc.), fueron realizadas con bloques de roca arenisca extraídos, durante la antigüedad y comienzos de la Edad Media, de esta singular cantera.

Cerca de una veintena de agujeros, distribuidos sin orden aparente sobre la superficie del bosque, en un área de 10.000 metros cuadrados, constituyen el entorno natural/artificial de esta cantera. Lo más llamativo al contemplar la grandiosidad de algunas cavidades es la perfección del corte. «En algunos puntos de las paredes interiores de los pozos es fácil descubrir fuertes curvaturas, como si se tratase de un golpe de mano sin terminar, dejando una arista viva en su extremo; su función nos es desconocida, y su entorno no deja deducir la finalidad por la cual fue construida. Algunas paredes, no obstante, no presentan marcas de talla, a pesar de formar parte de una formación natural, bastante erosionada. Debemos suponer que, en su origen, allí había una pared trabajada y que, posteriormente, por efecto del paso del tiempo y la acción de los agentes atmosféricos, se desprendió y cayó al fondo del *clot*; el aspecto decorativo que estas marcas producen en la piedra no parece llamarles la atención a los constructores, porque su objetivo era tan solo obtener unos pozos de determinada funcionalidad con el menor esfuerzo y el acabado de las paredes no era algo necesario», subraya Joan María Gallardo, uno de los estudiosos de este insólito lugar. Por tanto, es en las paredes de los *clots* donde se evidencian las formas de corte de extracción de la piedra, figurando sistemas diferentes a causa de las herramientas utilizadas: desde el corte lineal y preciso, hasta los dibujos realizados en zigzag.

> La mayoría de las obras de la comarca se realizaron con rocas de arenisca de esta cantera

La roca de las paredes es piedra arenisca, de grano grueso y medio, sin matriz, de color gris verdoso que deriva al ocre por efecto de los agentes naturales. Els Clots de Sant Julià es, en definitiva, un conjunto de grandes y profundas cavidades excavadas en la roca; estos agujeros, diseminados por la cima y las laderas del altozano, son de diversas dimensiones, en forma de enormes pozos redondos, algunos de ellos de 30 metros de diámetro y 12 metros de profundidad.

Por otro lado, es extraño el



*Vista de poniente del «Trono de la reina», uno de los puntos de mayor interés del bosque.*

alisamiento de las paredes rocosas de los grandes pozos, los cuales disponen de concavidades artificiales en su base. Esta configuración resulta insólita en una explotación de piedra. Eso conduciría a la suposición de encontrarnos ante un lugar de habitabilidad en diferentes periodos de la historia. Precisamente el tallado y uso de la roca arenisca, mineral de fácil trabajo, tiene precedentes en la cuenca mediterránea, desde Capadocia (Anatolia) hasta el Périgord francés, en cuyos espacios naturales encontraron refugio pueblos, culturas y civilizaciones frente a invasores y opresores, desde la antigüedad hasta la Baja Edad Media. Y la cantera de els Clots de Sant Julià, a caballo entre Girona y Ampurias, muy bien podría haber tenido una doble finalidad: como cantera y como lugar de refugio, alternándose ambos usos a lo largo de diferentes periodos de la historia.

## Capilla troglodítica

Precisamente allí, en el silencio de su bosque mágico, flota la creencia popular del martirio de varios santos, como san Julián, perseguido por las legiones romanas, o santa Basilisa. Otro investigador del lugar, David Pujol, lo confirma: «Según una antigua leyenda, en els Clots de Sant Julià fueron martirizados los primeros cristianos del país. La capilla troglodítica conocida con el nombre de sitial o «Trono de la reina», que es uno de los puntos más interesantes de este bosque, conserva una cruz en parte interior que vendría a representar la cristianización de un lugar pagano. También lo corrobora el hecho de que el mismo nombre de Sant Julià puede significar la presencia de un lugar de culto antiguo».

Lo que se conoce como «Trono de la reina», identificado igualmente como «Puente de la bruja», se alza en el sector más elevado del área de excavación, dominando el centro de la cantera. Se trata de una especie de cueva –de 1,90 metros de profundidad, 2,45 metros de anchura y 2 metros de altura máxima– que aprovecha una suave elevación de la roca, con dos puertas de acceso; la más pequeña, orientada a levante, a modo de rosetón, mientras que en la zona opuesta debió de haber existido el resto del cuerpo de una ermita, desaparecida con el paso del tiempo, quedando solo el sector del altar mayor, con una cruz sobre pirámide grabada en la roca, demostrando la condición cristiana de este oratorio. Sobre la roca existe un estrecho canal que, según los investigadores, debió facilitar el desagüe de la sangre derramada de animales en sacrificios, por lo que estaríamos ante un altar, o piedra sagrada para los pueblos de la antigüedad, luego



*Castillo de Peratallada (s. XI), erigido con roca de estas canteras.*





Izquierda, una de las entradas a la villa de Peratallada. Derecha, boca de entrada superior de uno de los pozos de extracción de mineral.

cristianizada en los siglos altomedievales.

La forma irregular de los *clots* y el hecho de encontrarse hoy parcialmente cubiertos de vegetación y tierra hace difícil establecer con exactitud el volumen de material que debió haberse extraído de las entrañas de esta cantera. A pesar de ello, se podría establecer un cálculo más o menos aproximado, que estaría en torno a los 24.000 $m^3$ de roca, lo cual, teniendo en cuenta la densidad, supondría cerca de 54.500 toneladas. Esto hace suponer que se trata de una de las mayores explotaciones de piedra de la España antigua.

La mayoría de los pozos disponen de una pronunciada rampa de acceso, del 25% de inclinación, que facilitaba la salida del mineral extraído a través de paredes cortadas a pico.

Del pozo número 4, en el extremo oriental del bosque, se pensó que sería una cavidad utilizada a modo de pozo auxiliar del número 5. Sin embargo, algunos eruditos tienen otras teorías. «Este *clot* –dice Francesc Vidal, otro estudioso del lugar– es el más original de todos. Tiene planta de ocho, con un muro de piedras levantado en la parte más estrecha, como si se tratara de un ábside. Este pozo ha hecho suponer a algunos investigadores que muy bien podría haber correspondido a una iglesia troglodítica, paleocristiana o altomedieval. En el centro del *clot*, y a la izquierda, una pared de roca de un metro de anchura, a modo de ventanal, nos permite acceder al pozo anexo, el número 5, el mayor de todos, bastante cubierto de espesa vegetación…». Es probable que este pozo fuera de una antigua iglesia, porque está confirmado que la cantera, durante un periodo largo –entre la caída del Imperio romano y el siglo XI– sirvió de refugio de familias de los pueblos de la zona, desahuciadas por no pagar sus tributos, encontrando en estos pozos un hogar. Esta hipótesis se desprende de la peculiar forma existente en el sector más profundo de los pozos, con bocas de entrada a galerías subterráneas que, debido al paso del tiempo, fueron cubriéndose de tierra y vegetación, en las cuales probablemente se cobijaron estos pueblos durante los siglos altomedievales.



Interior del foso que rodea la villa de Peratallada.

## Encrucijada de caminos

Esta suposición, de confirmarse, nos llevaría a la conclusión de que estamos ante un centro monástico, creado durante la época de las grandes persecuciones, aprovechando un territorio tranqui-

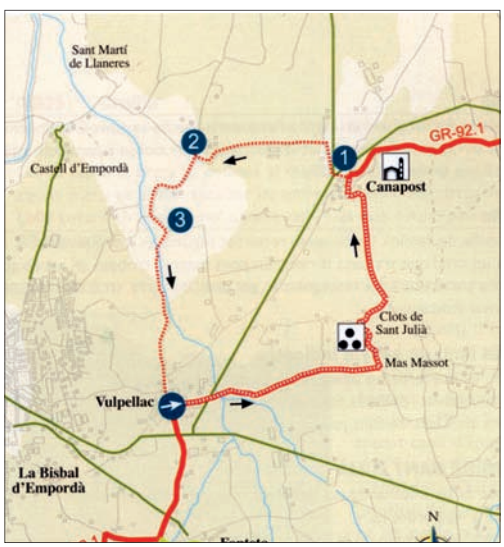


Roca procedente de els Clots de Sant Julià en el interior de la puerta de Peratallada.

lo, en medio de un bosque ya sagrado para los pueblos de la antigüedad, y lo suficientemente próximo a las principales vías de comunicación, como la *strata* (calzada) que enlazaba Girona con Ampurias, a través de los valles que delimitaban las Gavarres con el Montgrí, dos sierras igualmente sagradas desde los albores de la humanidad.

No debemos olvidar que los *clots* se encuentran muy cerca del antiguo camino de Ampuries (Camí Real) –que se corresponde con el actual sendero GR-92.1 (ver mapa adjunto)–. A pocos metros del camino antiguo de Ampurias se encuentra un monumento megalítico sin la losa superior: el dolmen del *mas* (masía) de Puigsec, excavado por los doctores Pericot y Oliva Prat en el año 1934, descubierto casualmente mientras iban de excursión. El conjunto megalítico, una interesante cámara funeraria relacionada con la del Cementerio de los Moros de Torrent, no muy lejos del lugar, se comunica con el «Trono de la reina», ya en el centro del bosque que nos ocupa.

Estudios arqueobotánicos constatan que la edad de estos árboles, salvo algunos robles, no supera los 100 años. Esto nos llevaría a pensar que, hasta finales del siglo XIX, este territorio estuvo cubierto de tierras de labor, aprovechando los espacios intermedios de los *clots*, para ser luego abandonado por los agricultores, siendo cubierto el paraje –debido a las lluvias– por una tupida maleza con bosque mediterráneo, lo que ha impedido su localización, pese a su proximidad con la carretera C-255, que enlaza La Bisbal d'Empordà con Palafrugell.




Mapa del recorrido por la zona, que incluye visitas a las canteras y a las ciudades de Peratallada, Vulpellat y Canapost.

Tras visitar la cantera, merece la pena acercarse hasta la villa medieval de Peratallada, cuyo recinto amurallado es uno de los más espectaculares de la Cataluña medieval y que fue construido, durante los siglos XII y XIII, con bloques de piedra arenisca extraídos de esta cantera. No muy lejos, otra villa medieval amurallada, Ullastret, famosa por su judería. En su término municipal se halla el poblado ibérico mejor conservado de nuestro país, igualmente construido con piedra de els Clots de Sant Julià.

En 2006, a iniciativa del Ayuntamiento de Forallac, las canteras de els Clots de Sant Julià fueron declaradas Bien Cultural de Interés Nacional (BCIN), para evitar que este lugar se convirtiese en una gigantesca planta de almacén de residuos radiactivos. ■

Revista del Ministerio de

# Fomento





# VIADUCTOS SINGULARES DEL SIGLO XXI

## (CARRETERAS)





**MONOGRÁFICO**
Julio-Agosto 2013

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

TRAFIC

SALÓN INTERNACIONAL DE LA SEGURIDAD VIAL Y EL EQUIPAMIENTO PARA CARRETERAS

15 -18 **OCTUBRE 2013** MADRID-ESPAÑA

ORGANIZA

IFEMA Feria de Madrid

TU ENCUENTRO

SEGURIDAD

INFRAESTRUCTURAS

SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

APARCAMIENTO

SOSTENIBILIDAD

# TRAFIC2013

PROMUEVEN

MINISTERIO DE FOMENTO

MINISTERIO DE INTERIOR

COLABORAN

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO

servei català de Trànsit

www.trafic.ifema.es


**LINEA IFEMA**

LLAMADAS DESDE ESPAÑA
INFOIFEMA 902 22 15 15
*EXPOSITORES* 902 22 16 16

LLAMADAS INTERNACIONALES (34) 91 722 30 00

FAX (34) 91 722 57 90

IFEMA Feria de Madrid 28042 Madrid España

trafic@ifema.es

ferrovial
agroman





Nuevo acceso ferroviario de Alta Velocidad de Levante. Tramo: Albacete-Variante de Alpera.

## FERROVIAL AGROMÁN LLEVA EL AVE A ALICANTE

Llevamos años abriendo nuevas vías de futuro, como el nuevo Acceso ferroviario de Alta Velocidad de Levante, en el cual Ferrovial Agromán ha participado en el tramo: Albacete-Variante de Alpera.

Porque creemos en conectar lugares y personas, porque avanzamos hacia el progreso.

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:

**www.fomento.gob.es**

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

Título de la obra: ***Revista del Ministerio de Fomento, nº 629, Junio 2013***

Año de edición: ***Julio 2013***

Edición digital:
1ªedición electrónica: ***Octubre 2013***
Formato: ***PDF***
Tamaño: ***20 MB***

NIPO: 161-13-004-6
I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA incluido): 1,50 €

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

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARIA GENERAL TECNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Revista del Ministerio de
Fomento

Julio-Agosto 2013 ● Nº 630 ● 6 €





# VIADUCTOS SINGULARES DEL SIGLO XXI

## (CARRETERAS)




LAS CARRETERAS HECHAS
CON BETUNES ELASTER AÚN ESTARÁN AHÍ
CUANDO YA NO SEAN NECESARIAS.
PROAS PRESENTA ELASTER, SU NUEVA GAMA DE
BETUNES MODIFICADOS CON POLÍMERO.
Tecnología punta aplicada al Betún para que tus carreteras
sean más seguras, ecológicas y longevas.
www.proas.es
PROAS
Innovando para ti

# Fecunda madurez

Pocas obras como los viaductos ponen de relieve el alto grado de madurez alcanzado por la ingeniería española en este inicio de siglo. Si el sentido primero de estas construcciones es dar continuidad al camino allí donde los accidentes de la orografía o de la física lo hacen inviable, la diversidad y originalidad de las soluciones técnicas y formales aplicadas por nuestros ingenieros –-o en este caso, más exactamente pontífices–, exhibe tal plenitud que se puede afirmar, sin miedo a incurrir en exageraciones, que estos tres últimos lustros han sido uno de los periodos más fértiles tanto en cantidad como en calidad de la obra ya realizada o todavía en curso.

Gracias a esa madurez se han resuelto en estos años algunos de los grandes nudos gordianos que el relieve oponía secularmente a la fluidez de las comunicaciones en suelo peninsular: Pedrafita y Despeñaperros. Con los nuevos trazados para estos pasos cruciales, abiertos en 2002 y 2012 respectivamente, nuestra red de carreteras de gran capacidad ha entrado, esta vez sí, en una nueva etapa de modernidad sin que el tránsito por ellos comporte apenas renuncia a las velocidades máximas permitidas en cualquier otro tramo. Concebidas como una gran sucesión de viaductos tendidos entre túneles o trincheras, estas nuevas variantes aseguran a la vez unos ahorros de tiempo y consumos de combustible que compensan con creces las inversiones en ellas realizadas.

Ese buen saber hacer, contrastado internacionalmente, que comporta no solo dominio de las técnicas constructivas sino que integra también otros muchos conocimientos –desde geológicos y de mecánica de suelos, de estructuras y materiales, del paisaje, economía de costes, etc.– , ha permitido asimismo salvar otros obstáculos orográficos en cadena, cuya travesía hace apenas dos décadas se antojaba un reto inalcanzable. Así se ha podido avanzar, y en algunos casos casi completar, otros corredores viarios de gran valor estratégico pero enorme exigencia técnica, como los que unen la periferia peninsular por sendos bordes litorales –cantábrico y mediterráneo–, además del occidental por la autovía de La Plata, el eje pirenaico o el enlace de Cantabria y la meseta.

Algunos de los más emblemáticos viaductos emprendidos en estos últimos años han abierto también nuevas vías de salida y entrada en nuestras ciudades. Y gracias a sus valores prácticos y estéticos se han constituido en reconocidos iconos urbanos, formas que amplían los rasgos personales de la ciudad al tiempo que la conectan con otros contornos próximos pero a los que antes la interposición de un simple cauce hacía lejanos.

En este monográfico hemos escogido unas cuantas de esas realizaciones acometidas en nuestro país en estos últimos trece años. No son todas y quizá falten también algunas de entre las más destacadas, pero nuestra intención no ha sido la de añadir o restar méritos a ninguna sino que la selección aquí expuesta contribuya sin excepciones al aprecio de un legado cuyo valor seguirá creciendo en el tiempo. «Levantad puentes antes que muros», pedía a los hombres el poeta Walt Whitman, a quien la contemplación del puente de Brooklyn se antojaba también la mejor medicina para el alma. Si no tan cargado de propiedades curativas, que el tránsito por los viaductos de este monográfico no esté reñido para el lector con el disfrute del largo puente veraniego.

ANTONIO RECUERO

**Director de la Revista:** Antonio Recuero

**Edición:** Javier R. Ventosa. **Maquetación:** Aurelio García **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Fotografía:** José Caballero. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti. **Portada:** DCE Extremadura, DCE Asturias y MC2.
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
**Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos)
**Colaboran en este número:** Jaime Arruz, Mª del Carmen Heredia Campos, Pepa Martín, Beatriz Rodríguez López, Begoña Olabarrieta y Julia Sola Landero.
**Comité de redacción: Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín *(Subsecretario de Fomento).* **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez *(Secretario General Técnico).* **Vocales:**, María García Capa *(Directora del Gabinete de Prensa),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Eloísa Contín Trillo-Figueroa *(Jefa del Gabinete del Subsecretario),* Juan Antonio López Aragón (*Director del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Pedro Guillén Marina *(Director del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director de la Revista).*
**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O´Donnell, 18, 5º H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPO: 161-13-005-1

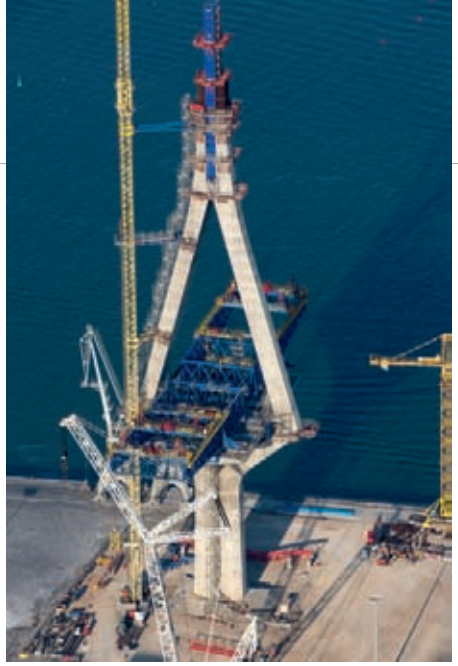
**Edita:**
Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.

Julio-Agosto 2013 ● Nº 630 ● 6 €










4 **Puente basculante Porta d'Europa**
Récord en su tipología.

12 **Viaductos de Pedrafita**
La puerta hacia Galicia

22 **Viaductos de Cieza y Pedredo**
Innovación de altura.

28 **Puente de Arcos de Alconétar**
Haciendo historia.

36 **Viaducto del Nalón**
Memoria del río.

42 **Viaducto de Montabliz**
Grandiosa singularidad.

48 **Ampliación del puente de los Santos**
Sección duplicada.

54 **Puente del Tercer Milenio**
Escultura sobre el Ebro.

62 **Viaducto de Navia**
Arcos sobre la ría.

70 **Puente de Ibn Firnás**
Con arte y técnica.

76 **Puente atirantado de Talavera de la Reina**
Esbelta atalaya.

82 **Viaductos de Despeñaperros**
Paso histórico.

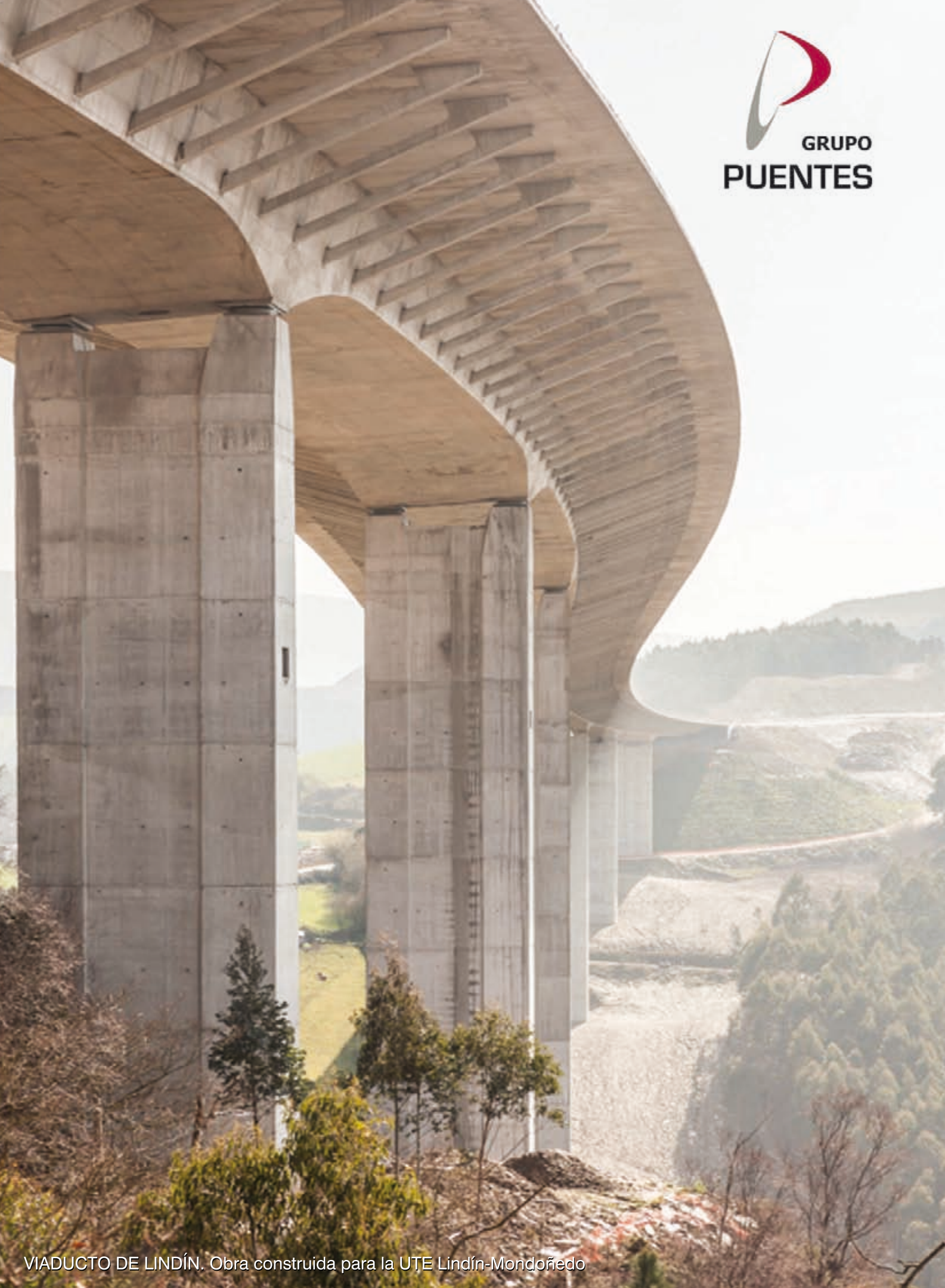
92 **Viaducto de la Concha de Artedo**
Grandes magnitudes.

100 **Viaducto de Tenoya**
Gigante grancanario.

110 **Puente de la Constitución de 1812**
El coloso se extiende.

120 **Bibliografía**

GRUPO
PUENTES



VIADUCTO DE LINDÍN. Obra construida para la UTE Lindín-Mondoñedo




## PUENTE BASCULANTE **PORTA D´EUROPA**

# RÉCORD EN SU TIPOLOGÍA

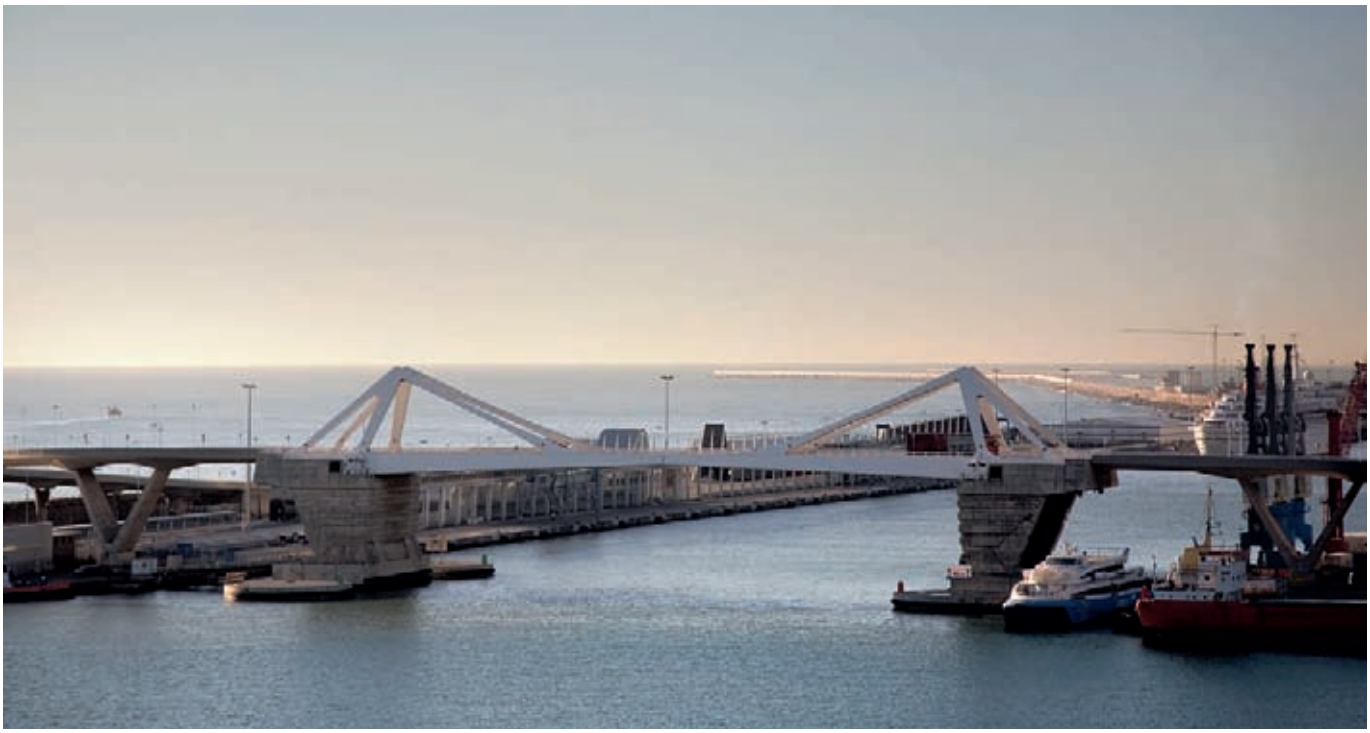



*El puente basculante del puerto de Barcelona se construyó para conectar el muelle de Poniente con otro de nueva planta.*

En junio de 2000, después de un año de trabajos, se inauguró el nuevo puente móvil del puerto del Barcelona, una obra de ingeniería novedosa por su estructura y cuyo diseño respondía a la necesidad de integrar los conceptos de funcionalidad y estética. El Porta d'Europa, como se le bautizó, nació para mejorar la competitividad de las dársenas barcelonesas y además pasó a ostentar un récord singular: es el mayor de su tipología en el mundo.

Begoña Olabarrieta
Fotos: Autoridad Portuaria de Barcelona

A finales de los años 90 del pasado siglo, el puerto de Barcelona, que llevaba ya algunas décadas modernizando sus instalaciones, asistía a un importante crecimiento de sus tráficos, en algunos casos incluso por encima de las previsiones más optimistas.



Se hacía necesaria una revisión del Plan Director en vigor en aquel momento para conseguir, coincidiendo con la entrada del nuevo mileno, situar a las dársenas barcelonesas en el eje de los principales corredores de transporte de Europa.

Había que incrementar la productividad de las terminales, ampliar la oferta logística, dar paso a la iniciativa privada, y reordenar los usos mejorando el tráfico de pesqueros, cruceros turísticos y embarcaciones deportivas, facilitando además la renovación de las aguas interiores al tiempo que se mejoraban las condiciones medioambientales.

Para ello se proyectó la construcción de una nueva bocana en el dique de abrigo que, sin embargo,

*Imágenes que muestran el puente basculante con las hojas cerradas (arriba) y abiertas (página opuesta) para dar paso a una embarcación.*

## Sistema atirantado

Cada una de las dos hojas que conforma el Porta d'Europa es una estructura atirantada con seis secciones cajón unidas en un nudo situado a 14,8 metros de altura sobre la rasante, con un sistema de atirantamiento externo que permite suspender cada nervio longitudinal de borde en sendos puntos situados a unos 12 metros de la sección del centro de luz.

Los tirantes se convierten así en uno de los elementos más característicos de toda la estructura. Cada borde lateral del puente dispone de uno a cada lado, lo que transforma el simple dintel continuo en un conjunto atirantado.

Además, nacen de sistemas de suspensión compuestos por un tornapuntas comprimido (con su eje orientado hacia la rótula de giro), mientras que otro tirante trasero de retención enlaza el nudo de origen del mismo con el borde dorsal del vano de contrapeso, una tipología que permite una importante reducción de los esfuerzos de flexión longitudinal y, consecuentemente, una disminución del canto.

Construidos en acero estructural, estos tirantes son capaces de trabajar como piezas comprimidas cuando sopla viento con el puente abierto, de forma que alivian sustancialmente las flexiones en los nervios principales del tablero.

El sistema de tirantes y tornapuntas, al igual que los nervios longitudinales de borde, está dispuesto en planos inclinados hacia el interior del puente, componiendo un pórtico transversal con alzado trapezoidal.

El ensamblaje de las piezas metálicas que componen cada una de las hojas del tramo móvil se realizó en una zona cercana a la obra, y para su posicionamiento sobre las pilas de dársena fue necesaria la intervención de una gran cabria, de las mayores del mundo, capaz de mover con la precisión suficiente las casi 2.000 toneladas de cada hoja. Una maniobra que se consiguió realizar en tan solo dos días.



*El puente basculante se abre por la mitad en el plano vertical para permitir el paso de embarcaciones con una luz libre de 100 metros entre las dos pilas*



quedaba aislada del resto de las instalaciones portuarias, por lo que fue imprescindible la construcción de un puente móvil que uniera el muelle de Poniente y el que quedaría adosado.

Nacía así el puente Porta d'Europa, cuyo diseño fue adjudicado a Juan José Arenas, con la asistencia técnica de Walter Kaufmann, y que, después de un año de trabajos, fue finalmente inaugurado en junio de 2000.

## Integración

Para Juan José Arenas, curtido en la construcción de puentes, el encargo supuso un nuevo desafío. De su estudio de ingeniería habían salido otros como el de la Barqueta, realizado unos años antes para la Expo de Sevilla, o el de la Regenta en Asturias, pero este era especial. Respondía, según comentó poco después de su construcción el propio arquitecto, «a las exigencias de la sociedad moderna de integrar los conceptos de funcionalidad y estética en el diseño», y significó un reto por su novedosa estructura.

Algo en lo que coincidiría el propio Kaufmann ante el alumnado de la Universidad de Cantabria en un ciclo de conferencias sobre ingeniería civil: el Porta d'Europa –aseguró en esa ocasión– no es «una obra puramente ingenieril, sino que se ha cuidado mucho el diseño para integrarlo en el entorno y, además, de una forma original».

Básicamente, el puente se compone de una es-



*Imagen del conjunto del puente, con el tramo basculante en la parte central y los viaductos de acceso en los laterales.*

tructura basculante en acero –a la que se llega a través de dos viaductos de acceso– formada por dos hojas, con una rasante a la cota +22,50 m, que se apoya sobre dos pilas ubicadas en la dársena y que se abre por la mitad en el plano vertical para permitir el paso de embarcaciones con una luz libre de canal de navegación de 100 metros entre pilas.

Además, el tablero es de sección en PI, con nervios longitudinales de sección en C en ambos bordes, con un alma-paramento exterior liso coincidente con el plano externo del tirante y losa ortótropa descansando sobre ellos, disponiendo también de diafragmas transversales cada 4,2 metros.

Pero aunque el Porta d'Europa pueda parecer un ejemplo típico de estas construcciones, los 109 metros que mide la luz de su tramo móvil, es decir, la distan-

## Complejidad de movimiento

Todos los elementos móviles (cilindros y enclavamientos) del puente basculante son de funcionamiento hidráulico, con una central compuesta por cuatro bombas en cada una de las hojas que producen la presión del sistema.

En posición cerrada, cada hoja queda apoyada en tres ejes: el intermedio, formado por las rótulas de giro; el dorsal de enclavamiento en la parte trasera de cada pila, y el frontal, que enclava una contra la otra garantizando continuidad en la rodadura.

Las rótulas que permiten el giro del puente se instalan sobre rebordes de la pila de dársena, a una distancia de 18,7 metros entre ellas, funcionando como articuladas sobre rodamientos, lo que garantiza que la reacción vertical, equilibrando el peso y las cargas del tablero móvil, se sitúe en ese eje.

El movimiento de apertura y cierre se realiza mediante dos cilindros por hoja, con una longitud aproximada de 8 metros en posición cerrada y 14 metros en abierta, y con una capacidad de carga de 484 toneladas cada uno.

Por su parte, el contrapeso, que se encuentra situado en el tramo dorsal de la hoja basculante, se realizó en hormigón y está conectado a unas chapas de acero que limitan su volumen. Este elemento se definió de forma que la resultante de las fuerzas de peso propio y superestructura de la hoja del semitablero coincidieran con el centro de la rótula.

Todo ello supone que a lo largo del proceso de giro de la hoja basculante la reacción sigue pasando por el eje de rótulas, de modo que los hidráulicos sólo tienen que hacer frente a las fuerzas de viento y a las de rozamiento interno.

En posición abierta, cada hoja del puente pasa a estar apoyada únicamente en dos ejes, el de las rótulas de giro y el dorsal. En este caso, los mismos cerrojos que han facilitado el enclavamiento dorsal con el puente en posición cerrada permiten, introduciéndose en unos elementos complementarios ubicados en el fondo de la pila, enclavar el gran voladizo en que se convierte el semitablero.



cia entre las rótulas de giro de cada una de sus hojas, le permiten ostentar el récord del mundo en su tipología.

Además, la singularidad de su tablero y de las pilas principales da a este conjunto un aire casi escultórico, armónico y cargado de fuerza visual para una obra de una longitud total de 1.150 metros.

## Diseño abierto

Así, estética y funcionalidad se conjugan en todos elementos constructivos, como por ejemplo, en el tablero, que se concibe atirantado, con tirantes que ayudan a soportar las fuerzas y colaboran en la resistencia de los esfuerzos debidos al viento cuando el puente está abierto.

También las pilas contribuyen a ese sentido estético, cimentadas sobre pilotes y constituidas por cajas abiertas de hormigón, confiriéndoles dinamismo. Todo con un diseño abierto que deja ver la rotación de las hojas móviles, incluyendo los volúmenes de contrapeso, de tal modo que quien lo observa ve claramente cómo la estructura gira cuando se abre y cierra el puente.

Igualmente se aprecia una fuerte inclinación lateral de los planos de suspensión, tirantes y nervios de borde del tablero, que dan una sensación de integración visual al resolver con claridad su enlace, al tiempo que incrementa la rigidez transversal de la estructura. Además, contribuye a dar más luminosidad a las superficies externas de acero.

*El puente basculante, en servicio desde el año 2000, integra en su diseño los conceptos de funcionalidad y estética.*



Otra característica que determina la complejidad de la estructura del Porta d'Europa es la unión de la técnica habitual de la obra civil, con estructura de hormigón en pilas y metálica en tablero, con la de los mecanismos, en los que las tolerancias de construcción son muy estrictas.

Por su parte, los dos viaductos de acceso elevados 22 metros sobre el nivel del mar, que configuran otro de sus elementos singulares, se realizaron como tableros continuos de hormigón preten-



*Vista lateral de uno de los dos viaductos de acceso (izquierda) y de la calzada inclinada hasta alcanzar el tramo basculante (debajo).*

sado, sobre soportes sencillos y esbeltos, dando una sensación visual en la que colaboran las pilas con forma de V mayúscula que permiten la transición hacia el puente móvil, ayudando al tablero a dar el salto a las estructuras de anclaje principales situadas en el agua.

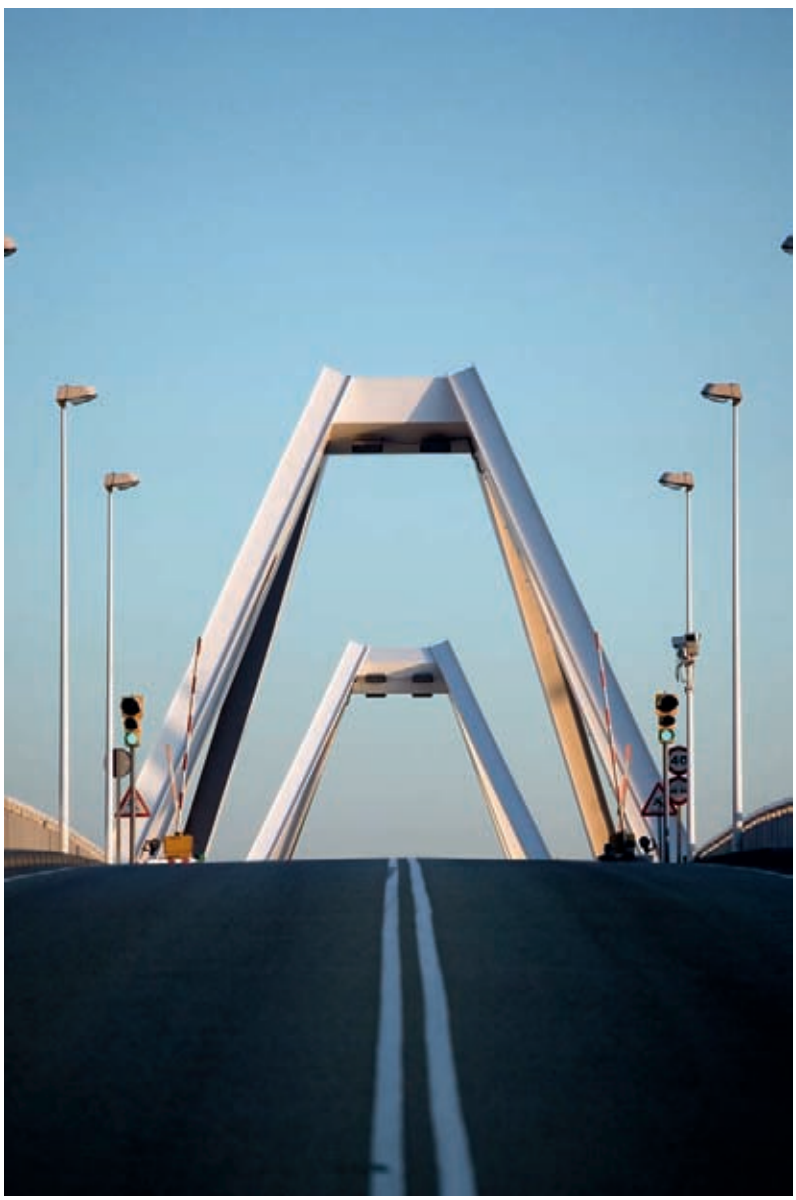
## Paso de embarcaciones

En su aspecto funcional se pensó para dar paso a embarcaciones de gran envergadura y para que las más pequeñas pudieran traspasarlo sin problema, ya que su altura hace posible que pesqueros, barcos recreativos y remolcadores de menos de 19 metros lo atraviesen sin necesidad de abrir el tramo móvil.

Para naves mayores las hojas del puente deben abrirse, una operación que se realiza desde un centro de control ubicado en el interior de recinto portuario. Aproximadamente el tiempo empleado en cada una de las maniobras del puente (apertura o cierre), en condiciones normales, es de tres minutos, sumando los tiempos de desenclavamiento, del propio movimiento y del enclavamiento para retornar a su posición definitiva.

En superficie esta operación supone una espera media de 20 minutos para los vehículos terrestres que atraviesan el puente si coinciden con el paso de barcos de gran envergadura. Por otro lado, para facilitar la circulación de los coches, se dispone de una sección transversal tipo de 12 metros de anchura compuesta por dos carriles de 3,5 metros cada uno, a los que se suman arcenes de 1 metro y aceras de 1,5 metros.

Toda una conjunción de estética, funcionalidad y complejidad que hacen del puente Porta d'Europa uno de los elementos arquitectónicos que mayor expectación y curiosidad suscitan en el puerto de Barcelona.◀



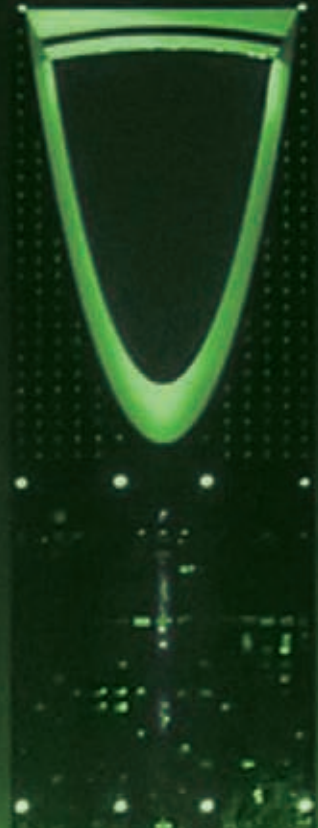
IRF

# 17º CONGRESO MUNDIAL DE LA IRF

**Líder del sector viario internacional en 2013**

Sede: Arabia Saudita

## La Asociación Española de la Carretera coordina la participación técnica y comercial española



- Presentación de resúmenes hasta el 15 de abril
- Pabellón español de 400 m²

**Riad, Arabia Saudita**

**9 - 13 de Noviembre de 2013**

**España, de nuevo referente mundial en el ámbito de las carreteras**

Más información: 91 577 99 72 o mrodrigo@aecarretera.com



## VIADUCTOS DE **PEDRAFITA**

# LA PUERTA HACIA GALICIA

Viajeros y peregrinos ya daban fe hace siglos de la dificultad de acceder a tierras gallegas atravesando los tramos de Pedrafita. Un largo tramo de 54 kilómetros de puertos de montaña y valles encajonados que hicieron necesaria la construcción de 41 nuevos viaductos en la autovía A-6 para conseguir acabar con el tradicional aislamiento por carretera y abrir una vía rápida a Galicia. Soluciones adaptadas a terrenos difíciles y flexibilidad fueron imprescindibles para conseguir un paso ágil y seguro, acorde con las necesidades de comunicación del siglo XXI.



*Izquierda, viaductos de Navia y La Porteliña. Sobre estas líneas, viaductos de Samprón, Ruitelán y Herrerías.*

BEGOÑA OLABARRIETA
FOTOS: DCE GALICIA

Seiscientos kilómetros separan la capital española de A Coruña. Un camino hacia el noroeste que durante años supuso un reto para los constructores de infraestructuras viarias debido a las dificultades orográficas que había que salvar para poder ofrecer una vía de comunicación rápida y con condiciones óptimas de seguridad.

Sierras, puertos de montaña, valles encajonados y kilómetros de obstáculos que llevaron durante décadas a hablar del «tradicional aislamiento» de las tierras gallegas a las que se accedía por carreteras complicadas y sinuosas que no permitían grandes velocidades.

Un camino que se complicaba según se avanzaba hacia el norte y que tenía en los altos de Pedrafita uno de sus mayores escollos. Tan solo 53,5 kilómetros que, sin embargo, supusieron un auténtico reto para ingenieros y constructores debido a lo extremo del terreno al que debían enfrentarse, cumpliendo además con los compromisos de respeto medioambiental en una zona única.

## Límite natural

El protagonista de este desafío es la frontera natural entre León y Galicia, atravesando los valles de Burbia y Valcarce, y pasando parajes protegidos co-

mo las sierras de Os Ancares o O Caurel, la reserva botánica gallega de mayor entidad.

Para salvarlo fue necesarios varios años de trabajos, una inversión de algo más de 542 M€ –una media de 10 millones por kilómetro– y la construcción de siete túneles dobles, 10 enlaces, cinco pasos superiores, 224 pasos inferiores y 42 viaductos. De ellos 41 fueron de nueva construcción, a los que se sumó otro aprovechado del antiguo trazado y remodelado, y todos alzándose sobre paisajes de inmensa belleza y facilitando el viaje hacia el noroeste atravesando sierras, valles y gargantas, con puertos que superan los 1.000 metros de altura.

*En los cinco tramos de la autovía A-6 en Pedrafita, que suman 53,3 kilómetros, se construyeron un total de 41 viaductos y siete túneles dobles*

Esta característica les hizo merecedores del premio internacional Puente de Alcántara a la mejor obra pública en 2002, año en el que fueron seleccionados de entre los 22 proyectos presentados por España e Iberoamérica por, según expresa el fallo del jurado, «la importancia social que supone para la vertebración y desarrollo de Galicia», y por las soluciones geotécnicas aplicadas, respetando el entorno.

Una infraestructura totalmente alejada del esquema de una autovía convencional que acabó con el serpenteante camino hacia Galicia, y cuya ejecución se dividió en cinco tramos debido a la complejidad de la obra. En total, hizo falta construir una longitud de viaductos de 10.726 metros, diseñados para tres carriles por sentido, con alturas de pila de más de 100 metros, luces de hasta 140 metros, y con un ahorro en el tiempo de tránsito por esa zona de 20 minutos.





## Atravesando El Bierzo

El primero de los cinco tramos del trazado para salvar Pedrafita de camino a Galicia es el Villafranca del Bierzo-Ambasmestas. Con apenas 17 kilómetros, alberga 18 viaductos, uno sobre el río Burbia y el resto a lo largo del encajonamiento del río Valcarce, cuyo valle conllevó un especial cuidado del entorno medioambiental, y en el que se observa claramente la coexistencia del antiguo Camino de Santiago, la vieja carretera nacional N-VI y la nueva autovía A-6, tres diferentes soluciones viarias para atravesar esta zona adaptadas a sus respectivas épocas.

El primer viaducto en sentido Galicia es el que salva el río Burbia, construido con dos tableros de 160 metros de longitud, con sección cajón de canto constante y ejecutados con cimbra autolanzable. Su luz máxima es de 50 metros, con dos pilas intermedias



*Izquierda, viaducto de Las Lamas (arriba) y ejecución del viaducto de Saá (debajo). Sobre estas líneas, viaducto del Narón.*

**1.- Tramo Villafranca del Bierzo-Ambasmestas**

| | |
|---|---|
| Longitud | 16,7 km. |
| Situación | Comarca de El Bierzo (León) |
| Radio mínimo en planta | 600 m. |
| Pendiente máxima | 5% |
| Kilómetros de viaductos 2,45 km (14,7% de la longitud total del tramo) | |

**Viaductos**

| | |
|---|---|
| Río Burbia | 160 m. |
| Río Valcarce | 62 m. |
| Casar | 121 m. |
| Villafranca del Bierzo | 321 m. |
| Contadoira | 200 m. |
| Cachicobos | 141 m. |
| Coballón | 121 m. |
| Pereje | 91 m. |
| Canal | 110 m. |
| Trabadelo | 233 m. |
| Touceiro | 90 m. |
| Trevecela | 90 m. |
| Puente Tréveda | 90 m. |
| Teso Mundín | 90 m. |
| San Fiz do Seo | 200 m. |
| El Fuerte | 161 m. |
| La Portela | 70 m. |
| Herrería | 105 m. |

en forma de A invertida cimentadas sobre un único encepado fuera del cauce.

A esta estructura le siguen, tras atravesar los túneles de Villafranca del Bierzo, otros 17 viaductos para cuya construcción hubo que enfrentarse a un entorno difícil con grandes movimientos de tierras, volúmenes de excavación de 7,4 millones de $m^3$, de rellenos de 3,1 millones de $m^3$ y grandes desmontes, con una altura máxima de 160 metros en la sierra de la Escrita.

Ya en este primer tramo de las obras se encontraron numerosos desafíos técnicos: el rango de las alturas de sus viaductos, las complicaciones para mantener los tráficos de la N-VI al interferir con los tajos en ejecución, o la dura climatología de la zona, unidos a las propias dificultades geotécnicas. Solo en el desmonte de la sierra de la Escrita hubo que hacer más de 100 kilómetros de perforaciones, incluidos anclajes y drenes californianos de gran dificultad constructiva.

## Samprón y Las Lamas

El segundo tramo, Ambasmestas-Castro/Lamas, alberga en sus 8,5 kilómetros dos de los viaductos más emblemáticos del conjunto: Samprón y Las Lamas. Salvando la vertiente sureste del puerto de Pedrafita se construyeron seis nuevos viaductos, tres diseñados para dos calzadas y otros tres para calzada



**2.- Tramo Ambasmestas-Castro/Lamas**

| | |
|---|---|
| Longitud | 8,5 km. |
| Situación | Vertiente sureste del puerto de Piedrafita (León) |
| Radio mínimo en planta | 600 m. |
| Pendiente máxima | 5% |
| Kilómetros de viaductos | 2,73 km (21% de la longitud total del tramo) |

**Viaductos**

| | |
|---|---|
| Ambasmestas | 240 m. |
| Vega de Valcárce | 340 m. |
| Samprón | 560 m, calzada sentido A Coruña |
| Herrerías | 330 m., calzada sentido Madrid |
| Las Lamas | 335 m., calzada sentido A Coruña |
| Laballós | 242 m. |
| Ampliación del viaducto ya existente de Ruitelán | 422 m. |
| Ampliación del viaducto ya existente de Las Lamas | 260 m. |

única. Pero también se rehabilitaron dos ya existentes en la carretera N-VI –Ruitelán y Las Lamas–, remodelados para responder a las necesidades de la nueva autovía. En ambos casos, pues en los años 80 se construyeron mediante el sistema de voladizos sucesivos, se amplió la anchura de sus tableros para adaptarlos al ancho de la nueva vía.

El primero de los seis viaductos de nueva construcción en este tramo es el de Ambasmestas, formado por dos tableros de 240 y 225 metros respectivamente. A continuación se sitúa el viaducto de Vega de Valcarce, de 340 metros de longitud, que alberga las dos calzadas de la autovía en tableros unidos por sus voladizos interiores pero estructuralmente independientes. Una solución constructiva que permite evitar la duplicación del número de apoyos y que conlleva ventajas visuales.

El tercer viaducto del recorrido, el de Samprón, es uno de los más espectaculares de los que conforman el paso por Piedrafita. Salva con 560 metros de longitud la vaguada del arroyo Real, para lo que la

*Viaductos de Samprón (con una altura máxima de pilas de 124 metros, es uno de los más altos de España) y Ruitelán. Página opuesta, viaductos de Saá (arriba) y Lindín (debajo).*





antigua carretera N-VI utilizaba el viaducto existente de Ruitelán. Dividido en cinco vanos (70+140+140+140+70), su altura de pila oscila entre 26,8 y 124 metros, cifra que lo acredita como el más alto de todos los viaductos que conforman la autovía del Noroeste. La máxima cota de la rasante sobre el cauce alcanza los 150 metros, un punto desde el que se pueden divisar paisajes que hasta entonces eran imposibles de apreciar.

La ejecución de las pilas se realizó mediante encofrados trepantes, mientras que el tablero se construyó mediante el sistema de voladizos sucesivos, con carro de avance y dovelas que se hormigonaron *in situ* –empezando por la pila más próxima al estribo del lado Madrid–, realizándolas de forma simétrica. Para los estribos, de tipo abierto, se utilizaron dos pantallas que soportan el dintel sobre el que apoya el tablero. Su cimentación, así como la de las pilas, se realizó de forma directa mediante zapatas superficiales. Por último, se contuvo el derrame de tierra entre los fustes con un muro de escollera con hormigón.

En la calzada sentido Madrid se alza el viaducto de Herrerías, de 330 metros de longitud, que salva una zona de curvas entrelazadas que definían este tramo al paso de la carretera N-VI.

A partir de ahí la, autovía del Noroeste sigue su camino por la ladera izquierda del río Lamas, en un tramo geológicamente muy complejo de composición kárstica y paleozoica, con una pendiente natural del 93% y con presencia de «sumios», sumideros naturales de aguas de escorrentía. Este hecho, combinado con las fuertes lluvias caídas en la zona durante la construcción, hizo necesario ejecutar drenajes californianos, así como una red de pequeños pozos, y otros drenantes por gravedad, ya que la subida de los niveles freáticos produjo movimientos en la ladera.

Más adelante se alzan los viaductos de Las Lamas, el reaprovechado del trazado de la N-VI para la calzada en sentido Madrid, y otro nuevo construido para una segunda en sentido A Coruña, muy similar al de Samprón en estructura y proceso constructivo, con una longitud de 335 metros.

Y antes de entrar en el tercer tramo del recorrido por Piedrafita, el viaducto Laballós se levanta en la zona de reunión de las calzadas, sin aprovechar aquí la antigua infraestructura, con una altura máxima de pila de 40 metros.

## Entrando en Lugo

El paso a la provincia de Lugo se produce en el tramo Castro/Lamas-Noceda, de 8,1 kilómetros de longitud, que incluye cuatro viaductos. Ya antes de acceder a tierras gallegas, en los primeros 800 metros del tramo se encuentran los dos primeros viaductos: Río Lamas (599 metros) y El Castro (585 metros).

| 3.- Tramo Castro/Lamas-Noceda | |
|---|---|
| Longitud | 8,1 km. |
| Situación | Extremo oeste del Bierzo a extremo sureste de Lugo |
| Radio mínimo en planta | 650 m. |
| Pendiente máxima | 5% |
| Kilómetros de viaductos | 1,97 km (24,5% de la longitud total del tramo) |

| Viaductos | |
|---|---|
| Río Lamas | 599 m. |
| El Castro | 585 m. |
| Ferreiras | 385 m. |
| Espiñeiro | 405 m. |

Pero es con el cambio de comunidad autónoma donde se ubica otra de las obras singulares de Pedrafita, el viaducto de Ferreiras. Con 385 metros de longitud y un vano máximo de 75 metros, se compone de un tablero único de canto constante que acoge las dos calzadas.Su pila más alta mide 89 metros.

Este viaducto es el primer caso en España en el que la construcción del tablero se ejecutó mediante el sistema de avance en voladizos sucesivos con dovelas prefabricadas conjugadas para ambas calzadas. En una primera fase se construyó el cajón mediante la ejecución de dovelas, de 2,5 metros de longitud y 10,70 metros de anchura, utilizando para ello una cimbra diseñada *ad hoc* para este viaducto. Posteriormente se amplió el tablero con un voladizo ejecutado *in situ* con un carro de encofrado también fabricado especialmente para este fin. Otro elemento distintivo de este viaducto es el capitel, de gran complejidad ya que debía garantizar no solo el apoyo del tablero, sino también el de la cimbra en las distintas fases.

El último viaducto del tramo Castro/Lamas-Noceda es el de Espiñeiro, de características similares al anterior, con una altura máxima de pilas de 86 metros.

## El cuarto tramo

En el cuarto segmento, Noceda-Agüeira, de 12,9 kilómetros de longitud, se sitúan ocho viaductos construidos para albergar tres carriles por sentido de la autovía A-6.

El primero es el de Silvela, que cruza la primera de las vaguadas que discurren perpendiculares al valle del río Navia. Está compuesto por un tablero fungiforme de hormigón con sección aligerada de 410 metros de longitud, divididos en 12 vanos. La altura máxima de sus pilas es de 103 metros.



*Sobre estas líneas, viaductos de Nocedas y Silvela. Página opuesta, viaducto de Torallo.*

Para llegar hasta el pueblo de Noceda, un tramo sinuoso si seguimos la carretera N-VI, hubo que construir tres viaductos que adoptan el nombre de la localidad, mejorando el trazado y las condiciones de conducción y seguridad. Los dos primeros, Noceda III y II, tienen longitudes totales de 170 y 122 metros, respectivamente, con alturas máximas de pilas que no superan los 38 metros. El tercero, Noceda I, tiene un tablero de 350 m.

As Nogais es el siguiente viaducto construido en este tramo y resuelve el paso de la autovía por el valle en el que se encuentra el pueblo del mismo nombre. Con una longitud total de 375 metros y una altura máxima de pilas de 81 metros, está formado por un tablero mixto de hormigón y acero estructural construido mediante un sistema de empuje desde los estribos. La elección de este método respondió a la necesidad de reducir los plazos de ejecución de las estructuras y de los volúmenes a ejecutar *in situ* dadas las bajas temperaturas de los meses de noviembre y febrero, cuando tuvieron lugar las obras.



También los problemas del terreno, con múltiples fallas y buzamientos del sustrato rocoso, llevaron a elegir esta solución de modo que se redujeron las cargas sobre las cimentaciones.

A continuación, siempre en sentido A Coruña, se sitúan los viaductos de San Andrés y Torallo, de menor entidad, para finalizar con el que salva el valle del río Navia, una estructura de tipología y sistema constructivo similares al de As Nogais.

## La Porteliña y Narón

Es en el quinto y último tramo que discurre por la zona de Pedrafita, Agüeira-Cereixal, donde se encuentran dos de las construcciones más emblemáticas de la autovía del Noroeste. Aunque son poco más de 7 kilómetros de longitud, la importante dificultad orográfica hizo necesaria la construcción de hasta cinco viaductos.

Entre ellos destaca La Porteliña, dentro del término municipal de Becerreá, en la margen izquierda del río Navia, formado por dos estructuras paralelas de longitud desigual, de 150 metros de longitud para la calzada sentido Madrid y 350 metros en el contrario. Se levantó en una zona compuesta por calizas, cuarcitas y pizarras que registra, además, cierta actividad neotectónica debido a una falla que está activa. A esta circunstancia se suma la considerable altura de la ladera por donde discurre el río Navia, con una fuerte inclinación que alcanza los 40 grados en algunos tramos. Todo ello hizo muy complicada la construcción, que tuvo sus percances, pero que dio como resultado un viaducto singular precisamente por lo que no es apreciable a simple vista: su cimentación.

Nació como solución a los problemas de estabilidad que aparecieron mientras se ejecutaba un terraplén a media ladera. Con la obra ya en marcha y cuando el relleno alcanzaba ya unos 20 metros de altura, se detectó una grieta en la explanada, al principio milimétrica pero que con el tiempo llegó a superar un

**4.- Tramo Noceda-Agüeira**

| | |
|---|---|
| Longitud | 12,9 km. |
| Situación | Lugo |
| Radio mínimo en planta | 600 m. |
| Pendiente máxima | 5% |
| Kilómetros de viaductos | 2,25 km (17,4% de la longitud total del tramo) |

**Viaductos**

| | |
|---|---|
| Silvela | 410 m. |
| Noceda III | 122 m. |
| Noceda II | 170 m. |
| Noceda I | 300 m. |
| As Nogais | 375 m. |
| San Andrés | 250 m |
| Torallo | 262 m. |
| Navia | 360 m. |

| 5.- Tramo Agüeira-Cereixal | |
|---|---|
| Longitud | 7,2 km. |
| Situación | Lugo |
| Radio mínimo en planta | 700 m. |
| Pendiente máxima | 5% |
| Kilómetros de viaductos | 1,92 km (26,8% de la longitud total del tramo) |

| Viaductos | |
|---|---|
| La Porteliña | 350 m. |
| Narón | 448m. |
| Aira | 317m. |
| Becerreá | 518 m. |
| Saá | 296 m. |

metro de desnivel. Hubo que paralizar la construcción y realizar un nuevo estudio de la zona, que constató el deslizamiento del coluvión por el peso.

Se plantearon entonces serias dudas sobre el comportamiento futuro de la montaña, por lo que se decidió sustituir el terraplen por un viaducto, aunque había que buscar una solución en su cimentación para evitar los problemas originados por los deslizamientos. Eso se consiguió empotrando los apoyos en roca *in situ*. Además, debido a las grietas en la roca y para evitar la apertura de los estratos por vuelco y absorber posibles desplazamientos horizontales, se decide anclar las cimentaciones laterales a la ladera.

El segundo viaducto singular de este tramo es el del Narón, que debe su singularidad al falso arco apuntado, que le confiere un aire gótico. Consta de dos tableros, con una altura máxima de pilas de 88 metros, con 106 metros de diferencia de cotas entre el punto medio del tablero y el cauce del río.

La luz del único vano es de 47,5 metros y la distancia entre los apoyos centrales es de 95 metros, por lo que el pilar correspondiente apoya sobre el falso arco apuntado, evitando así la cimentación sobre el río. Pero aparte de ese aire gótico, el del Narón es un viaducto también singular porque, dada su ubicación dispone, de una gran cantidad de puntos de observación desde la carretera antigua y desde las poblaciones vecina.

Finalmente, los viaductos construidos sobre el río Aria y los de Becerreá y Saá, que cruzan las vaguadas del Pazo de Oselle, ponen el punto final a esta importante conjunto de grandes estructuras de hormigón, ejecutadas sobre un terreno difícil que exigió de la adopción de soluciones constructivas diferentes y de adaptación a los imprevistos que iban surgiendo en el camino hacia Galicia.◀





▶ *Viaducto de Becerreá y ejecución mediante grúa del viaducto de Saá.*

## Distintas soluciones

Los 41 nuevos viaductos que se construyeron en el trazado de la A-6 en Piedrafita ofrecieron distintas soluciones adaptadas a las necesidades de cada tramo, resultando una mezcla de técnicas constructivas:

- Dos se construyeron por el sistema de voladizos sucesivos
- Dos con dovelas prefabricadas conjugadas para calzada única
- Dos con tablero fungiforme de hormigón armado
- Dos de tablero mixto empujado, planta curva
- Uno de pila fuste único para dos tableros
- 22 construidos con elementos autoportantes tipo artesa
- Uno de dovelas prefabricadas para cada calzada
- Seis con tablero viga cajón, canto constante hormigonado *in situ*
- Dos con tablero viga cajón, canto variable hormigonado *in situ*
- Uno con tablero vigas tipo cantillever sección cajón




El grupo Trelleborg cuenta con una experiencia de más de 100 años desarrollando y fabricando soluciones en productos elastoméricos. Mediante su división Expandite lleva más de 50 años suministrando e instalando juntas de expansión en todo el mundo. La probada durabilidad del diseño Transflex unida a las formulaciones exclusivas de nuestro laboratorio de I+D+i, hacen que el sistema Transflex sea el referente mundial en juntas de expansión para puentes de carretera.

# TRANSFLEX

www.trelleborg.com/transflex



## VIADUCTOS DE CIEZA Y PEDREDO

# INNOVACIÓN DE ALTURA





Más del 50% del tramo Los Corrales de Buelna-Molledo de la autovía de la Meseta (A-67) se tuvo que ejecutar mediante túneles y viaductos por las grandes dificultades orográficas del terreno. Entre estos últimos sobresalen los viaductos de Cieza y Pedredo, dos infraestructuras imprescindibles para salvar los cauces de los ríos Cieza y Llares que aúnan espectacularidad e innovacción.

JAIME ARRUZ
FOTOS: DCE CANTABRIA

Los viaductos de Cieza y Pedredo se encuentran situados en el tramo Los Corrales de Buelna-Molledo, un recorrido de 10,6 kilómetros que se inserta en el tramo Torrelavega-Aguilar de Campóo de la autovía de la Meseta o Cantabria-Meseta (A-67), una vía de gran capacidad convertida desde su apertura en la la gran infraestructura de comunicación entre las ciudades de Palencia y Santander, sustituyendo las funciones que realizaba la carretera N-611.

*Vista general del viaducto de Pedredo, de 930 metros de longitud, y detalle de la finalización del tablero del viaducto de Cieza.*





*El viaducto de Pedredo está formado por 17 vanos. Derecha, detalle de la ejecución del viaducto de Cieza.*

El viaducto de Cieza cruza el barranco que forma el río del mismo nombre, afluente del Besaya. A la hora de proyectar esta estructura se optó por un viaducto con tipología de arco para preservar el alto valor ecológico del valle del río Cieza y las laderas que lo rodean. Esta estructura salva las dificultades orográficas de la zona mediante dos tableros, ya que fue necesario separar ambas calzadas, una por sentido de circulación, debido a la proximidad de los túneles de Gedo. Fue el primer viaducto completamente prefabricado que se construyó en España.

El viaducto tiene tipología de doble arco, con de 220 metros de longitud, 142 metros de luz de arco y flecha de 32 metros. La altura máxima es de 85 metros sobre el cauce del río. La planta es de curvatura variable y tiene una pendiente uniforme.

El arco del viaducto es un cajón rectangular hueco de hormigón HA-40, con canto variable de hasta 2,60 metros. Para su construcción se utilizaron elementos prefabricados en forma de 'U', cerrando la sección posteriormente mediante una losa hormigonada.





*Vista del viaducto de Cieza, que comunica con un túnel. Derecha, ejecución del viaducto de Pedredo mediante cimbra autoportante.*

El tablero es una viga cajón prefabricada de 1,20 metros de canto, construida por fases, entre secciones distantes del apoyo 1/10 de la luz de dos vanos consecutivos. Sobre las vigas se apoya una losa de hormigón de espesor variable –0,20 a 0,35 metros– sobre las almas del cajón. Hay 13 vanos de luces en el lado izquierdo (13, 17, 17 y 10x 18,6 metros) y otros 14 vanos en el lado derecho (13, 17, 17, 8 x 18,6, 17, 17 y 10 metros). El ancho de plataforma es de 11,7 metros.

## Premios

El viaducto de Cieza fue distinguido en 2005 con dos importantes galardones en el campo de la ingeniería, el premio José de Azas, que otorga el Colegio de Ingenieros de Caminos de Cantabria, y el premio Proyectos de Ingeniería Civil, de la Fundación de la Ingeniería Civil de Galicia. Los jurados de ambos galardones valoraron tanto su innovación al ser el primer viaducto totalmente prefabricado que se realizó en España como su bajo impacto ambiental y perfecta adaptación al medio natural, así como su ejecución en un tiempo muy corto, poco más de un año.

El tablero se apoya mediante neoprenos zunchados sobre pilas de hormigón armado, salvo en las pilas de arranque del arco, en las que el apoyo se realiza mediante empotramiento. Para realzar la estética del puente, las pilas se remataron con una sección semicircular en los laterales, además de relieves en sus caras anterior y posterior.

El sistema constructivo empleado fue el de avance simultáneo en voladizo del arco, pilas y tablero. El arco se ejecutó mediante dovelas de hormigón prefabricadas en forma de 'U', para lo que fue necesario disponer de tres bancadas diferentes. Las pilas se ejecutaron *in situ* mediante un encofrado trepante. El tablero se construyó con elementos prefabricados de hormigón.

Para poner en carga el arco se procedió a su apertura mediante cuatro gatos de 10.000 toneladas, procediendo posteriormente a su hormigonado en dos fases.

El proceso constructivo empleado fue especialmente innovador en cuanto a la reducción de plazos



y equipos de trabajo. Las obras comenzaron en junio de 2003, finalizando el puente de la calzada izquierda en junio de 2004 y el de la derecha en noviembre de ese año. El ritmo de construcción fue de algo más de un mes por cada vano del semiarco gracias al empleo de vigas y dovelas prefabricadas.

Las obras del viaducto fueron ejecutadas por la UTE Corrales, formada por las constructoras Sacyr y Cavosa, ambas del Grupo Sacyr Vallehermoso. La subcontrata de estructuras recayó en la compañía coruñesa Estructuras y Montajes de Prefabricados, del Grupo Puentes, mientras que el diseño del proyecto corrió de la mano de la empresa Pondio Ingenieros, que dirige el ingeniero Juan Calvo. La asistencia técnica de los trabajos recayó en la UTE formada por las sociedades G.O.C., de Vigo, e Investigación y Control Calidad (Incosa), de Boecillo (Valladolid).

## Viaducto de Pedredo

El viaducto de Pedredo, que salva el cauce del río Llares, tiene una longitud de 930 metros de viga continua con tablero único. Fue proyectado y ejecutado como puente de viga continua de 8,1 metros de ancho, que se completa hasta los 23,8 metros con costillas prefabricadas en las que apoyan las losas laterales.

La estructura tiene una luz máxima de 35,2 metros y está formada por 17 vanos, en los extremos de 45 metros y en el centro de 56 metros. Se apoya en pilas de fuste único, cimentadas sobre pilotes de 1,80 metros de diámetro, a excepción de la pila 4, que cuenta con cimentación directa. Los fustes de las pilas son de sección constante, conformada por la macla de un prisma de sección circular.

Para ejecutar el tablero se dispuso de una cimbra autoportante y así poder construir por fases el núcleo

*Los viaductos de Pedredo (sobre estas líneas) y Cieza (página opuesta) son las estructuras más singulares del tramo Los Corrales de Buelna-Molledo de la A-67.*





central de la viga. Cada fase comprende el tramo de viga entre las secciones del tablero de dos vanos consecutivos. Una vez hormigonado el cajón se procedió al tesado y al desplazamiento de la cimbra para la ejecución de la siguiente fase.

Tras ejecutar los tres primeros vanos se completó la sección del tablero con la ejecución de las alas, para lo que se montaron unos jabalcones, mediante carros especiales, sobre los que se apoyaba un encofrado. Así se pudo hormigonar la losa y se ancló al tablero mediante barras 'DIWYDAG', que tienen el acero como elemento resistente a la tracción, con tuercas y placas de anclaje que distribuyen la carga aplicada sobre la estructura anclada. La junta con el cajón se trató con una resina epoxi. El hormigón utilizado en toda la obra, procedente de la planta que el Grupo Candesa tiene en Santiago de Cartes (Cantabria), es de calidad HA-40. El aditivo empleado para la construcción del viaducto, igual que sucedió en el de Cieza, fue el Glenium B-255, del que se emplearon un total de 100 toneladas.

*El viaducto de Cieza fue el primero de España en ser construido mediante piezas prefabricadas*

El viaducto de Pedredo, finalizado en 2003, fue proyectado por Proes, consultora de ingeniería y arquitectura con experiencia de más de 40 años a nivel nacional e internacional. Las obras fueron ejecutadas por la UTE Corrales (Sacyr y Cavosa).

En febrero de 2013 se mejoró el drenaje del viaducto para evitar que pequeños residuos, desde agua o sal hasta piedras de pequeño tamaño, cayeran sobre la carretera autonómica CA-804. ◀



## PUENTE DE ARCOS DE ALCONÉTAR

# HACIENDO HISTORIA

La autovía Ruta de la Plata (A-66) sigue la huella de la calzada romana que unía Mérida y Astorga, y vertebra de norte a sur el oeste peninsular, conectando Sevilla con Gijón. Uno de sus hitos se encuentra al norte de Cáceres, en el embalse de Alcántara, salvado mediante un puente arco, en servicio desde 2006, que debe su singularidad a un método constructivo prácticamente inédito para las dimensiones de la estructura. Debido a ello ha sido reconocido con la concesión de diversos premios de ingeniería.



Julia Sola Landero
Fotos: DCE Extremadura

A su paso por tierras extremeñas, al norte de la provincia de Cáceres, en el punto donde se encuentran los ríos Tajo y Almonte –en la cola del embalse de Alcántara–, hubo que salvar el complicado y sinuoso paso de agua para dar continuidad a la autovía. Y para ello se construyó el puente de Arcos de Alconétar. Un viaducto formado por dos estructuras gemelas de acero y hormigón de 400 metros de longitud y arcos metálicos de 220 metros de luz y 42 metros de altura, cuyo singular método constructivo hizo historia en la ingeniería española y consiguió un récord mundial en su categoría.

En servicio desde el 27 de julio de 2006, el viaducto fue proyectado por los ingenieros españoles Sergio Couto, José Antonio Llombart y Jordi Revoltós, y construido por OHL para el Ministerio de Fomento. El proyecto forma parte del tramo Cañaveral-Hinojal de la autovía Ruta de la Plata (A-66), un recorrido de 14,4 kilómetros que incluye dos enlaces, dos viaductos, cuatro pasos superiores y 13 pasos inferiores. Durante su construcción el objetivo prioritario era conseguir lo más rápidamente posible la continuidad con los tramos contiguos ya construidos, lo que suscitó la necesidad de acortar al máximo el plazo de ejecución del puente. El proyecto

nacía, por tanto, condicionado por la necesidad de agilizar su ejecución.

Un segundo condicionante venía dado por el propio entorno natural: por un lado, la gran anchura del desnivel del terreno a salvar obligaba a crear un tablero con gran luz; y por otro, la propia morfología del valle del río Tajo en esa zona ofrecía la posibilidad de apoyar los estribos del arco sobre las laderas de pizarra que bajaban hasta el embalse. Para acabar de cerrar el círculo, también se planteaba un tercer requisito: se buscaba un diseño sobrio y sin estridencias, de forma que el puente quedara integrado en el paisaje.

## Sistema constructivo

La realidad era que cualquier sistema constructivo convencional para levantar puentes con arco de gran luz hubiera necesitado un plazo de ejecución muy superior a las necesidades que planteaba el Ministerio de Fomento. Por tanto, hubo que considerar todas las posibles alternativas para asumir aquel reto. Y después del minucioso análisis, la solución al dilema fue promover un procedimiento constructivo prácticamente inédito y de una extraordinaria dificultad para las dimensiones que se pretendían: el método de abatimiento de semiarcos, que supone construir en taller los grandes elementos de la infraestructura –estribos, pilas, arcos y tableros– y montarlas posteriormente mediante sofisticados elementos auxiliares para mover grandes masas.

*El abatimiento de semiarcos es un complejo procedimiento constructivo en los puentes arco de grandes luces del que existen pocos antecedentes en la ingeniería mundial*

Y así se hizo. Tras la construcción de la infraestructura – cimentación, pilas, estribos y macizos de arranque de arcos–, y de los tableros en tierra firme, se produjo el empuje de estos, en una primera fase, hasta la vertical de los arranques del arco. A continuación, se realizó el transporte, basculamiento, descenso y anclaje de las cuatro piezas que formarían los arcos, de 60 metros de longitud y 200 toneladas de peso cada una. Estas piezas se ensamblaron formando dos mitades que se levantaron mediante un







*Vista aérea del proceso de abatimiento de uno de los semiarcos metálicos y detalle de las pilas ejecutadas en una de las orillas.*

complejo sistema de grúas. Una vez puestas en vertical desde un pórtico metálico situado en ambas orillas, las enormes piezas se abatieron mediante gatos hidráulicos hasta su encuentro para cerrar la clave. Todo un ejercicio de precisión que, en opinión de muchos expertos, ha marcado un antes y un después en la ingeniería española.

El proceso continuó con el montaje de las pilas metálicas sobre el arco y la segunda fase de empuje de los tableros. En la zona cercana al embalse, la cimentación se realizó con zapatas de hormigón armado apoyado en micropilotes. Sobre las zapatas se alzan las pilas de las zonas de acceso, dos fustes de hormigón armado rematados por un dintel superior. Las mayores tienen 48 metros de altura. Cada arco se apoya en sus extremos en un gran macizo de hormigón armado, en forma escalonada en la zona de contacto con el terreno, de 11 metros de anchura, 14 de longitud y 10 de altura. Una vez ejecutada esta infraestructura, se realizó al montaje de la totalidad del tablero en tierra firme, en las explanadas preparadas detrás de los estribos. Posteriormente, se deslizó cada mitad, mediante el sistema de empuje, hasta cubrir los tramos de acceso.

## Récord mundial

Para dar una idea de la extraordinaria dificultad del sistema empleado, basta repasar los escasísimos antecedentes de grandes puentes construidos mediante el abatimiento de semiarcos. Solo se encuentra un ejemplo en Alemania, el de Argentobel, que tiene un arco de 143 metros de luz; y dos en Japón: el puente Kobaru Keikoku, con un arco de 135 metros, y el puente Shimotabaru, de 125 metros. Por tanto, el puente de Arcos de Alconétar, con sus 220 metros de luz, alcanzó una longitud no lograda anteriormente y, sin pretenderlo, marcó un holgado récord mundial entre los puentes construidos con la misma técnica.

El doble viaducto español alberga tres carriles y está formado por un tramo continuo de estructura mixta de acero y hormigón, apoyada en un conjunto de pilares metálicos que descansan sobre el arco y las pilas de hormigón armado, pertenecientes a los tramos de acceso, y dispuestos de forma que se mantiene un ritmo uniforme en el conjunto de la obra. La luz de los vanos, de 26 metros, es idéntica tanto en los tramos de acceso con pilares de hormigón como en el tramo principal. Se calcula que el conjunto tiene un peso que supera las 4.350 toneladas.

## Un fenómeno inesperado

Pero antes de concluir su ejecución, se produjo un fenómeno inesperado en la estructura del puente durante su ejecución, que también ha marcado un interesante capítulo en la historia de la ingeniería.

La construcción del viaducto avanzaba según lo previsto. Ya habían sido unidos entre sí los dos semiarcos del primer arco, que se encontraba exento y estaba ya empotrado en sus arranques, a la espera de montar sobre él las pilas metálicas. El 10 de enero de 2006 el viento soplaba suave, a una velocidad constante de entre 20 y 30 km/h, cuando, súbitamente, se produjeron unas fuertes oscilaciones y el arco entró en resonancia durante una hora aproximadamente. es un fenómeno similar al que sufrió el puente colgante de Tacoma Narrows en Estados Unidos,

ejemplo recurrente y sobrecogedor de viaductos aquejados por problemas de resonancia: con rachas de solo 65 km/h, aquel puente de 1.600 metros de longitud, inaugurado en julio de 1940, se precipitó al río Narrows a las 11 de la mañana del 7 de noviembre del mismo año de su inauguración.



*Los arcos metálicos son la característica más acusada de este puente, que debe su nombre a los mismos.*

Dos semanas después del primer sobresalto de nuestro puente en construcción, los días 24, 25 y 26 de aquel mes de enero, el fantasma del puente de Tacoma volvió a aparecerse en Arcos de Alconétar. La estructura sufrió aquellos días una serie de oscilaciones verticales de tal magnitud que llegaron a comprometer la estabilidad del arco. Las mediciones demostraron que este se desplazaba hasta 80 centímetros respecto a su posición ideal, con un periodo de 1,4 segundos, fenómeno que esta vez duró varias horas.

En una revisión posterior, se detectó una fisura en su parte inferior que enseguida se trasladó a la parte superior y que hubo que reparar posteriormente. Sin embargo, el sistema constructivo del arco, con-

## El otro puente de Alconétar

El moderno viaducto de Arcos de Alconétar debe su nombre al puente romano de piedra sobre el Tajo, uno de los más antiguos del mundo con arcos segmentales, y cuyos restos aún se conservan en la cola del embalse de Alcántara.

Aquel puente formaba parte de la calzada que conectaba *Emérita Augusta* y *Asturica Augusta*, y que Roma –sobre todo Trajano y Adriano– nutrió de infraestructuras para dar continuidad a un trazado que soportaba un abundante tránsito de caminantes y vehículos de tracción animal, y que debía salvar a su paso numerosos cauces fluviales. Prueba de ello es que solo en los terrenos que actualmente pertenecen a Extremadura, se levantaron doce puentes para salvar los ríos Albarregas, Aljucén, Ayuela, Salor, Almonte, Ambroz, Jerte y Tajo.

Pero de todos los ríos que la Vía de la Plata debía cruzar en su camino hacia las tierras del norte, el más difícil era el Tajo: ancho, profundo, encajonado entre sierras escarpadas y con una corriente fuerte y rápida a menudo sorprendida por riadas de sus afluentes, salvar sus aguas era problemático. Para evitar demasiadas dificultades, se decidió levantar el puente que cruzara sus aguas en el encuentro con el río Almonte, una de las escasas zonas de baja profundidad y fácil acceso para carruajes y caminantes.

Allí se edificaría el que primeramente fue llamado puente de Mantible y renombrado después como Alconétar. Tenía una anchura de 6,60 metros, suficiente para el paso de dos carruajes al mismo tiempo, y una longitud que superaba los 290 metros, repartidos, según los diferentes estudiosos, entre 12 y 19 arcos. Estas dimensiones hicieron de aquel viaducto la obra más destacada de toda la Vía de la Plata, y uno de los puentes más relevantes de Lusitania junto al construido en *Emérita Augusta* sobre el Guadiana y el puente de Alcántara sobre el Tajo, aguas abajo.

*El puente resistió al río Tajo más de diez siglos, hasta que sus restos se trasladaron en 1969 a su actual emplazamiento*

No se conoce con exactitud ni su autoría ni la fecha de su construcción, pero las soluciones arquitectónicas empleadas, como los arcos escarzanos, hacen pensar en la época de Trajano o Adriano. La mayoría de estudiosos apunta hacia la autoría de Apolodoro de Damasco, el gran arquitecto de origen sirio que ejecutó para Roma algunas de sus más emblemáticas obras de finales del siglo I y comienzos del siglo II, como el puente sobre el Danubio –el más largo de todo el imperio– o la singular Columna de Trajano.

Fabricado a base de sillares graníticos y pronunciado almohadillado, sus arcos y tajamares son sus elementos más característicos y originales. Los primeros están diseñados como arcos escarzanos o segmentales, cuya luz aumentaba al acercarse a los vanos centrales, alcanzando en ese momento los 15 metros de longitud. Los segundos destacan por su división en cuerpos rematados con cornisas, que comparten con el pilar al que pertenecen y van adosados.



formado por dos subarcos paralelos unidos por un resistente sistema de arriostramiento en forma de equis, aseguró la transmisión del esfuerzo axial del arco y conservó su integridad estructural.

Ante tan inesperado fenómeno, la investigación de las causas se puso en manos de la Universidad Politécnica de Madrid. Tras pasar por una serie de pruebas en el túnel de viento del Laboratorio de Aerodinámica del Instituto Universitario Ignacio de la Riva, se diagnosticó que el origen de la notable resonancia estaba en la presencia de vórtices de Von Karman, similares a los del puente de Tacoma Narrows.

El problema estaba provocado por torbellinos alternados de viento que movían la estructura sin mediar rachas especialmente potentes. En opinión de los especialistas, el fenómeno fue un caso excepcional en un puente arco, ya que tienen que coincidir una serie de factores ambientales y de parámetros físicos que raramente concurren en una construcción de este tipo. Las circunstancias que deben darse son: que haya viento uniforme y por debajo de los 30 km/h; geometría uniforme del objeto sobre el que incide el viento, lo que permite que se formen torbellinos de forma regular en todo su desarrollo; y

El puente de Alconétar estuvo en uso durante más de diez siglos, hasta que, durante la Reconquista, con la llegada de los reinos cristianos del norte peninsular a la orilla derecha del Tajo en el siglo XIII, y la decisión de Alfonso IX de continuar con el avance de sus tropas hacia el sur, los dirigentes andalusíes, para defender sus territorios, deciden destruir la parte del puente más cercana a la orilla izquierda del río, donde aguardaban las tropas leonesas junto a la población que había surgido en su entorno, llamada Alconétar (en castellano, «puente pequeño»).

Tras la conquista el puente fue reparado, aunque las crecidas y riadas constantes del río dieron al traste no solo con la primera reparación realizada en el siglo XIII, sino con las que siguieron a aquella, realizadas en los siglos XVI, XVII y XVIII. Mientras tanto, y hasta la construcción, en 1927, de un nuevo puente para cruzar el Tajo en esa zona, había que utilizar las llamadas barcas de Alconétar, un aventurado medio de transporte muy peligroso en algunas épocas del año en que el río llevaba aguas más caudalosas, y en las que hubo naufragios incluso de comitivas reales como la de Juan II o la infanta Catalina. Esta peligrosidad hizo que surgieran caminos alternativos a la Vía de la Plata entre Cáceres y Plasencia, como el que cruzaba el puente de Alcántara, al que se llegaba desde Cáceres, o el puente de Almaraz, después de pasar Trujillo.



En 1969, ante la previsible crecida del nivel de las aguas del Tajo, encajonadas por el embalse de Alcántara, los restos del puente de Alconétar fueron desmontados piedra a piedra para que las aguas del embalse no lo cubrieran, y desplazados seis kilómetros al norte de su enclave original, junto al trazado de la carretera nacional N-630, en la margen derecha del río. Declarado Monumento Histórico en 1931 y actual Bien de Interés Cultural, los restos del puente romano de Alconétar –cuatro arcos, cinco pilares y dos rampas de espesor–, son ahora mudo testimonio de esta singular obra de ingeniería.



la coincidencia entre el periodo de alternancia de los torbellinos con el periodo propio de uno de los modos de vibración principales de la estructura.

Sin embargo, y a pesar de lo aparatoso del fenómeno, la solución fue sencilla, rápida y económica. Los expertos que analizaron el conjunto de la estructura y sus circunstancias propusieron tres tipos de soluciones: reforzar la rigidez de la estructura, implantar sistemas de amortiguación o instalar dispositivos aerodinámicos.

La opción elegida fue la tercera. Se optó por soldar a lo largo de la zona superior de los arcos un sistema de solapas metálicas o deflectores, que canalizaran la trayectoria del aire y evitaran la formación de torbellinos. Esta solución redujo drásticamente –de 80 a 3 centímetros–, la resonancia durante los trabajos de construcción.



## Reconocimientos

Tras su puesta en servicio, el puente de Arcos de Alconétar ha obtenido diversos reconocimientos en el mundo de la ingeniería española. «Por sus dimensiones, la dificultad de su emplazamiento y el novedoso procedimiento constructivo, propio de una empresa española, con una gran precisión y detalle de ensambladura», el jurado de la XII edición de los premios Construmat 2007 de Ingeniería Civil, concedió un galardón a este original puente en reconocimiento por la innovación tecnológica aportada con su construcción.

Su singularidad técnica también le valió la concesión del premio Caminos de Extremadura 2008, otorgado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos–Demarcación de Extremadura. En esa ocasión, el jurado valoró «la importancia tecnológica, funcional, social, cultural y estética de la obra, así como la espectacularidad y eficacia en la resolución de las incidencias surgidas durante la construcción».◀

*Vista aérea del puente y detalle del mismo desde una de las orillas.*

ALE
SMARTER, SAFER, STRONGER

TEL: +34 91 8845403
FAX:+34 91 8845840
INFO@ALE-HEAVYLIFT.COM
WWW.ALE-HEAVYLIFT.COM






MÁS DE 25 AÑOS APORTANDO
SOLUCIONES INNOVADORAS

Revista del Ministerio de Fomento

## TARJETA DE SUSCRIPCIÓN

NOMBRE Y APELLIDOS/EMPRESA ..... N.I.F. .....

DOMICILIO ..... Nº .....

LOCALIDAD ..... PROVINCIA ..... C. P. .....

PAÍS ..... TELÉFONO ..... CORREO ELECTRÓNICO .....

| MODALIDAD DE SUSCRIPCIÓN | ESPAÑA | EXTRANJERO |
|---|---|---|
| ☐ 1 año (11 números) | **25 €** | **35 €** |
| ☐ 2 años (22 números) | **40 €** | **50 €** |

Envíenme gratis la el nº extraordinario *"Alta velocidad en España 1992-2011"* que regalan por una suscripción de dos años*
**(Hasta agotar existencias)*

FORMA DE PAGO ☐ **Envío cheque adjunto** ☐ **Envío giro postal nº** ..... ☐ **Domiciliación bancaria** (sólo suscriptores)

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal, usted tiene derecho al acceso, cancelación, rectificación y oposición de los datos facilitados mediante solicitud por escrito a : Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. E-mail: cpublic@fomento.es

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento**
**Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid.** **Información y suscripciones: 91 597 64 49.** **Correo electrónico: cpublic@fomento.es**

## DOMICILIACIÓN BANCARIA

Entidad bancaria .....

Domicilio entidad ..... Nº .....

C.P. ..... Localidad ..... Provincia .....

Muy Sres. míos:
Ruego que, con cargo a mi cuenta y hasta nuevo aviso, atiendan el pago de los recibos correspondientes a mi suscripción que les presentará al cobro la Revista del Ministerio de Fomento, editada por el Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento.

Les saluda atentamente
(firma)

| CÓDIGO CUENTA CLIENTE | | | |
|---|---|---|---|
| Entidad | Oficina | D.C. | Núm. de cuenta |
| | | | |

....., de ..... de 201

EL TITULAR, Fdo. .....

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento. Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid.**



## VIADUCTO DEL **NALÓN**

# MEMORIA DEL RÍO



*Vista del tramo curvo del viaducto del Nalón y de las pilas tipo que lo sustentan.*

Una estructura, muy cuidada en el aspecto formal, de 1.100 metros de longitud sobre el Nalón, emblema de los ríos asturianos, salva este importante cauce fluvial donde se inicia su estuario, formando parte de la autovía del Cantábrico (A-8). El criterio básico de esta compleja obra fue singularizar el río, prolongando el viaducto hacia las laderas de una manera sencilla que armonizara con el fondo del valle.

Pepa Martín
Fotos: MC2 y DCE Asturias

El viaducto del Nalón es la principal estructura de ingeniería del tramo Soto del Barco-Muros del Nalón de la A-8, siendo el de mayor longitud de esta vía de gran capacidad hasta la apertura en marzo pasado del tramo contiguo Muros del Nalón-Las Dueñas, donde se inserta el viaducto de la Concha de Artedo, de 1.190 metros de longitud.

La complejidad de esta obra de ingeniería construida al inicio del estuario del Nalón dificultó en su día la entrada en servicio de este tramo de autovía, con el que se eliminó el paso del tráfico de largo recorrido por la rotonda de Soto del Barco, denominada *el semáforo del Cantábrico* por los atascos kilométricos que allí se producían, sobre todo en verano. La rotonda queda ahora al costado de la autovía, con lo que los automovilistas ahorran tiempo y ganan en seguridad cuando transitan por esta zona.

Las obras del tramo Soto del Barco-Muros del Nalón se iniciaron en julio de 2002, con un plazo de 28 meses. Sin embargo, los problemas técnicos surgidos durante la construcción del viaducto del Nalón obligaron a ampliar los plazos, poniéndose finalmente en servicio en mayo de 2007.

El viaducto del Nalón fue proyectado por Julio Martínez Calzón y su equipo de MC2 Estudio de Ingeniería SL, y construido por Ferrovial-Agromán. La estructura elevó la inversión de este tramo de autovía a 97 M€, un presupuesto que incluía tres puentes sobre la vaguada del arroyo Pontigo y sendos viaductos sobre los arroyos Riomayor y Remolinos, entre otros.

## Características

El viaducto sobre el río Nalón es una estructura de 1.100,85 metros de longitud y un tablero único de 27 metros de anchura, con un singular juego de luces (13x60+76+124+76+44), correspondiendo el vano principal al salto sobre el cauce fluvial. La estructura se apoya sobre 16 pilas, de alturas que oscilan entre 15 y 29 metros, y en dos estribos, del tipo convencional de aletas, que surgen de los laterales del muro central. Las características geológicas del



terreno, con presencia de gravas y bolos, hicieron necesaria una cimentación profunda mediante pilotes de gran diámetro, siendo el encepado de tipo rígido para optimizar la resistencia de todas las estructuras.

Longitudinalmente, el viaducto se articula en dos tramos separados por una junta de dilatación. El primero, de 660 metros, se asienta sobre la vega del río y es propiamente de acceso, con planta circular y 11 vanos de 60 metros de luz, con sección transversal de canto constante de 3 metros. El segundo es un tramo recto de 440,8 metros de longitud, cuyo vano principal une las dos riberas configurando un pórtico de carácter mixto integrado por el cajón metálico del tablero y dos pilas de hormigón pretensado que refuerzan su poderoso empaque escultórico. Una sucesión de vanos de menos luz y canto constante flanquean el principal por ambos lados, contribuyendo a diluir armónicamente la perspectiva del viaducto en el paisaje de la ría.

## Tablero

El tablero del viaducto está constituido por un cajón estricto mixto, tipología ampliamente explorada y desarrollada en España por Julio Martínez Calzón, quien, desde los primeros años 90, suma una larga serie de realizaciones en nuestro país basadas en ese concepto, como el paso superior de Vilobí d' Onyar sobre la A-7, el puente de La Roca (Barcelona), o los puentes sobre los ríos Tremor y Cabriel. A juicio de Martínez Calzón, la so-





*Vista lateral del viaducto, que se apoya en 16 pilas. Debajo, detalles del lanzamiento del cajón metálico y vista inferior del tablero.*

lución de cajón estricto mixto «permite integrar en una sola todas las ventajas de las soluciones cajón y de las soluciones bijácena, o de doble viga principal armada», con un excelente aprovechamiento en el rendimiento de ambos materiales: hormigón y acero.

La estructura del cajón sobre la que se arma el tablero del viaducto del Nalón es de sección trapezoidal y canto variable. Sus proporciones varían desde los 3 metros de su eje longitudinal central, en la zona de canto constante, hasta los 5 metros sobre el eje de las pilas principales. En cuanto a su anchura, por su cara superior, el cajón mantiene 11,50 metros de modo uniforme a lo largo de todo el viaducto, mientras que por el fondo oscila desde 9,40 metros en la zona de ancho constante hasta reducirse a 7,20 metros sobre las pilas principales.



Para resistir las distorsiones y las tensiones propias de las zonas en curva, la estructura metálica del cajón a ellas destinada incorpora en su fondo montantes de refuerzo y diagonales. En las zonas rectas, por su parte, fue suficiente con los montantes transversales. Y es que, en la zonas centrales de los vanos, el sistema cajón del tablero se mantiene cerrado en su parte inferior gracias a unas chapas de escaso grosor; mientras que en las zonas de transición entre los apoyos en pila y las transiciones centrales coexisten la chapa metálica inferior y la losa de hormigón de fondo, elementos suficientes para asegurar la resistencia a la torsión en esas zonas.

## Montaje

La estructura metálica del viaducto se conformó a partir de dovelas prefabricadas y fue realizada por la empresa Tecade, que también llevó a cabo su transporte a la obra sobre vehículos especiales para ensamblarlas allí mismo. En este proceso se combinó el lanzamiento de tramos ensamblados en carro de montaje con el izado de dovelas hasta una altura de 30 metros sobre el nivel del suelo, mientras que para lanzar el cajón se requirió el apoyo de torres y otras estructuras auxiliares.

El lanzamiento del cajón metálico se llevó a cabo por empuje acompasado desde los dos estribos: una parte, correspondiente al tramo curvo de canto constante, desde el estribo 1 hasta la pila 10, que se realizó en vuelo, y otra parte, efectuada con nariz de lanzamiento y torre de atirantamiento provisional sobre el cauce, desde el estribo 2 hasta la pila 11, siendo el vano 11 izado una vez finalizados los dos empujes. Este sistema permitió la simultaneidad de lanzamiento desde los dos estribos.

Una vez montado el tablero, se ejecutó la plataforma de rodadura, constituida por una losa de hormigón armado de canto constante de 0,25 metros de espesor y 27 metros de anchura total. La ejecución de la losa del tablero presenta dos zonas bien diferenciadas: por un lado, la central, ejecutada *in situ*, que utiliza como encofrado perdido una chapa plegada de 1,5 milímetros de espesor apoyada en las celosías interiores y en perfiles intermedios, con los que se logra una luz de 2 me-



*Vista del vano principal del viaducto, un pórtico escultural apoyado en pilas de 32 metros de altura que salva el cauce del río.*

## Pórtico escultural

Río mítico como pocos en el imaginario colectivo astur, el más largo y caudalosos de todos los asturianos, matriz de su historia más antigua y también reciente, que es la del desarrollo de su rica cuenca minera, el viaducto del Nalón pretende desde sus cuidadas formas ser un homenaje a todo ello y a la propia belleza indómita del río, ya serena en sus tramos finales. Desde su cuidado perfil en planta, tendido en suave perspectiva y uniendo las dos orillas del valle de manera casi tan imperceptible como perfectamente integrada en el paisaje, al pórtico de su vano principal, el que salva el cauce, el viaducto busca condensar en cada uno de sus elementos toda la carga mítica y simbólica del río. De manera especial, sus autores han buscado dotar al hormigón de las pilas centrales y adyacentes de una potente expresividad escultórica, configurando el tramo principal del viaducto como puerta de doble sentido: de salida, de todo lo que el río entrega al mar, y de llegada, de todo lo que el mar entrega en tierra a través del propio río. Así, las dos pilas del vano principal, de 32 metros de altura, además de desempeñar un papel estructural importante, se configuran también como elementos destacados del diseño del viaducto. La altura de estas dos pilas se divide en sentido longitudinal en dos zonas: un fuste inferior, de 9 metros de altura, constituido por una sección en cajón formada por dos grandes lajas; y una zona de bielas por encima de la zona maciza, con una sección que se abre suavemente en dos bielas levemente inclinadas formando una V muy cerrada pero proporcionada, de sección inicial en T y luego rectangular, como resultado de la continuidad de las alas de la sección del fuste. El resto de pilas, constituidas por un único elemento tipo de alturas diferentes, hasta un máximo de 29 metros, presenta una sección transversal en forma de T, parecida a la de las principales, aunque dispuesta en dirección longitudinal. El ancho del fuste en su nivel superior es de 10,40 metros.





*Dos imágenes del viaducto, durante el lanzamiento del tablero desde ambos estribos (arriba) y una vez acabado (debajo).*

tros; y por otra, la zona de los laterales, constituidos mediante placas prefabricadas semirresistentes armadas nervadas.

Por último y para facilitar la colocación y el movimiento de placas prefabricadas sobre el viaducto, el proceso de construcción de la losa superior se realizó en dos fases. En la primera se colocó la chapa plegada central y su armadura, y se hormigonó esta zona, incluyendo, según el tramo, los conectadores para considerar en ciertos casos una sección parcial mixta. En la segunda fase, con la plataforma central ya hormigonada, se procedió a la colocación de las placas prefabricadas laterales para efectuar después su hormigonado y completar la losa de estas zonas.

*La construcción del viaducto se realizó mediante lanzamiento del cajón metálico con sus piezas laterales, por empuje acompasado desde ambos estribos*

Una vez construido el tablero se colocaron las barreras laterales y central, y del pavimento, para ejecutar los distintos acabados posteriormente. El viaducto quedó finalizado una vez superada la prueba de carga, entrando en servicio en mayo de 2007 junto al resto del tramo.◀





## Viaducto de **Montabliz**

La autovía de la Meseta (A-67) cuenta con una singular obra de ingeniería, el viaducto de Montabliz, una infraestructura que permite salvar el profundo valle del río Bisueña, en la comunidad autónoma de Cantabria. Enclavado en el tramo Molledo-Pesquera de la autovía, facilita la conexión entre Santander y Palencia con una perfecta integración en el paisaje.

# Grandiosa singularidad

Jaime Arruz
Fotos: DCE Cantabria

Este viaducto, inaugurado el 31 de enero de 2008, se sitúa entre las localidades cántabras de Bárcena de Pie de Concha y Pesquera. Con los elementos típicos de los valles de la zona, con un valle fluvial en 'V', pendientes muy abruptas, pocos terrenos llanos y vaguadas estrechas, el del río Bisueña presentaba una gran dificultad técnica a la hora de poder salvarlo, todo un reto para los ingenieros encargados de prolongar la A-67 y permitir así la conexión entre Castilla y León y Cantabria.

El de Montabliz es un viaducto construido mediante una viga continua de hormigón pretensado, que utiliza la flexión longitudinal como mecanismo fundamental para resistir el peso de los vehículos que transitan en sus calzadas, un total de cinco carriles. Fue proyectado por la consultora de ingeniería Apia XXI, en concreto por el equipo que formaban Marcos Pantaleón, Patricia Olazábal y Roberto Revilla, y construido por Ferrovial-Agromán entre 2002 y 2008. La asistencia técnica corrió a cargo de Ur-



baconsult-Torroja. El presupuesto de ejecución ascendió a 26 M€.

El viaducto se encuentra a la salida del túnel de Somaconcha, que horada una ladera para comunicar los valles de los ríos Bisueña y Besaya, con dos tubos paralelos, uno por sentido, de 1.594 y 1.532 metros, el primero correspondiente al sentido Santander y el segundo al sentido Palencia.

El viaducto de Montabliz, que queda perfectamente integrado en el paisaje, tiene una longitud de 721 metros, con una pendiente máxima del 5,5%. Es posible cruzarlo en 12,6 segundos a 120 km/h, límite de velocidad en ese tramo de la A-67. Con un peso de unas 75.000 toneladas, se desarrolla en cinco largos vanos –luz central de 175 metros, luces contiguas de 155 metros y luces laterales de 110 y 126 metros–, con una planta curva de 700 metros de radio y peralte del 8%. Las pilas se encuentran empotradas al tablero y están resueltas mediante secciones transversales de tipo rectangular huecas, de paredes delgadas y aristas redondeadas.

Entre sus elementos singulares sobresale su pila central, de 128,6 metros de altura, la más alta de España y la sexta de Europa. Esto eleva la rasante de la calzada hasta los 145 metros. También destacan sus 175 metros de luz en el vano central, igualmente récord a nivel nacional, así como el diseño de su sección transversal. Esta fue ejecutada en un cajón único para las dos calzadas, con una anchura de plataforma de 26,1 metros en los que se da cabida a cinco carriles. Esta magnitud hace de Montabliz el viaducto de mayor anchura de calzada de España.

*Fases iniciales de la construcción del tablero mediante el sistema de avance en voladizos sucesivos.*

## Proceso constructivo

La construcción del viaducto de Montabliz se inició en 2002 con la excavación y el hormigonado de las cimentaciones, sobre las que más adelante se levantarían las pilas y los estribos. El sustrato rocoso





*Dos imágenes del viaducto de Montabliz a punto de colocar la dovela de cierre.*

sobre el que se cimenta el viaducto está constituido por materiales calcáreos, arcillas, areniscas y lutitas (roca sedimentaria detrítica o clástica de textura pelítica).

Los cuatro pilares del viaducto se alzaron mediante una cimbra autoportante, una novedad en la época en lo que a ejecución de pilas de puentes en España se refiere. El proceso consiste en la construcción de trepas de 4 metros de longitud, una a continuación de la otra, que fueron creciendo en voladizos verticales mediante el empleo de la cimbra autoportante y la ayuda de una grúa-torre.



La sección transversal de las pilas –rectangular hueca de paredes delgadas– es la que mejor resiste los esfuerzos de flexión, originados por las cargas horizontales aplicadas en la cabeza de la pila y a lo largo de su fuste y que se producen cuando se da una gran compresión, como es el caso del peso propio del viaducto. La pila es una ménsula libre en construcción y está empotrada en el tablero en servicio, en una cuantía menor o mayor en función de la forma del valle y de la rigidez de las pilas y del dintel.

El tablero, de tipo continuo, tiene una sección formada por un cajón monocelular de hormigón pretensado de canto variable –de forma parabólica en todos los vanos–, de entre 4,30 y 11 metros. La sección cajón del tablero, con sus grandes cabezas superiores e inferiores, es capaz de soportar grandes momentos flectores, tanto positivos como negativos. Su condición de sección cerrada le confiere una gran rigidez a torsión, alabeos pequeños y distorsión reducida, lo que le permite minimizar el espesor de sus paredes y soportar cargas descentradas, de forma mucho más satisfactoria que con una sección abierta, muy importante para la estabilidad estática y dinámica del tablero durante su construcción.

El proceso constructivo del tablero, mediante el sistema de avance en voladizos sucesivos, se inició con la ejecución de las dovelas 0, de 7 metros de lon-



*Proceso de ampliación del tablero, que con 26,1 metros de anchura es de los de mayores dimensiones de España.*

gitud, sobre la coronación de cada una de las cuatro pilas. Tras finalizar la ejecución de las fases laterales mediante cimbra aporticada, y una vez terminada la construcción de las cuatro T del tablero, las ménsulas se unieron entre sí mediante la ejecución de las dovelas de cierre, asegurando la unión de los voladizos y reestableciendo la continuidad de toda la estructura.

Los estribos del viaducto, de tipología cerrada, fueron cimentados de forma superficial mediante zapatas escalonadas, minimizando la altura de sus alzados y optimizando el dimensionamiento de los mismos. Estas grandes piezas de hormigón armado permiten establecer la transición entre el tablero del puente y el terreno. Son las estructuras de contención que soportan el empuje de las tierras que constituyen el terraplén de acceso y controlan el derrame de las mismas mediante su cara frontal y sendas aletas laterales.

Como apoyos extremos del dintel, los estribos permiten movimientos relativos con el tablero, provocados por las deformaciones impuestas de temperatura, fluencia y retracción, así como los producidos por las acciones directas que actúan sobre la estructura, como el viento longitudinal o la sobrecarga uniforme. Al igual que en otros dos estructuras singulares de la autovía de la Meseta, como los de Cieza y Pedredo, el viaducto de Montabliz fue construido con hormigón de calidad HA-40 procedente de la planta que el Grupo Candesa tiene en Santiago de Cartes (Cantabria).

## Estructura premiada

El viaducto de Montabliz fue galardonado en el año 2010 con el IV Premio Acueducto de Segovia, con el que el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de España reconoce las obras civiles que destacan por su consideración medioambiental durante las fases de proyecto, ejecución y explotación. Aquel año recibió otro premio al ser distinguido con la nominación como estructura singular en el III Congreso de la Fédération Internationale du Béton (FIB) –Federación Internacional de Hormigón Estructural–.

Además, Roberto Revilla, el coautor del proyecto del viaducto, como responsable del departamento de Estructuras de APIA XXI, fue premiado con el IABSE 2010 de la International Association for Bridge and Structural Engineering –Asociación Internacional de Puente e Ingeniería Estructural–, el equivalente al premio Nobel de la ingeniería de puentes.



*El viaducto de Montabliz se desarrolla a lo largo de 721 metros y tiene una luz máxima de 175 metros en su vano principal.*

## Ensayos con túnel de viento

Valorando la altura y las luces del viaducto de Montabliz, los ingenieros optaron por desarrollar una red de sensores controlados en tiempo real por un ordenador para medir la respuesta estructural de esta gran estructura, tanto a lo largo del periodo de construcción como durante toda su vida útil. Las características de este viaducto, así como del valle en el que se encuadra, determinaron la necesidad de llevar a cabo una serie de estudios de la acción del viento sobre la estructura, para lo que se realizaron dos ensayos con túnel de viento, a cargo de la empresa danesa Force Technology, especializada en este tipo de análisis.

*La rasante de la calzada sobre el viaducto de Montabliz está situada a una altura de 145 metros*

El primero tenía como objetivo establecer los coeficientes aerodinámicos del viento relativos a empuje horizontal, fuerza vertical y momento torsor del tablero del viaducto, así como estudiar la posibilidad de aparición de vórtices o remolinos en el mismo. El segundo estudió las velocidades principales del viento y la intensidad de la turbulencia transversal y longitudinal al valle y al viaducto. Para ello se construyó una maqueta en 3D a escala 1:1.600 que reproducía la orografía real de la zona en un área de unos 65 km$^2$.

Permitió medir las velocidades en un punto de referencia –la estación meteorológica– y en 12 puntos representativos del viaducto –cuatro en la pila 2, la más alta de la estructura, y los ocho restantes en centros de vano y secciones de pila del tablero–. Además, se llevaron a cabo ensayos de anclajes para las cimentaciones de las pilas 2 y 3, las centrales, que se cimentaron mediante pilotes sobre terreno de naturaleza arcillosa.

Desde el año 2011, el viaducto de Montabliz, al igual que ocurre con otras construcciones de similares características próximas a Reinosa (Cantabria), está equipado con una red de aspersores automáticos para evitar la formación de placas de hielo sobre su calzada debido a que, en los meses de invierno, son los primeros puntos de la autovía de la Meseta donde comienza a helar. ◀



## AMPLIACIÓN DEL PUENTE DE LOS SANTOS

# DUPLICACIÓN EN LA RÍA

La construcción de la autovía del Cantábrico (A-8) en Asturias ha exigido soluciones de ingeniería complejas para desdoblar el trazado de la carretera nacional N-634, sobre todo en el caso de los puentes y viaductos. En casi media docena de casos se ha optado por duplicar la sección de las estructuras existentes en lugar de construir otras nuevas. El más singular, por la técnica constructiva empleada y por su emplazamiento sobre la ría que divide geográficamente Asturias de Galicia, es el puente de los Santos, que desde finales de 2008, tras ensanchar su tablero de 12 a 24,60 metros, alberga cuatro carriles de circulación donde antes solo cabían dos.





*Vista del puente de los Santos ampliado durante la prueba de carga. Derecha, superficie inferior de la ampliación de la losa.*

Beatriz Rodríguez López
Fotos: DCE Asturias

El puente de los Santos sobre la ría del Eo ha marcado durante dos décadas el límite de la carretera N-634 entre Asturias y Galicia. Su apertura en julio de 1987 representó un paso de gigante en las comunicaciones viarias entre ambas comunidades, enlazadas desde entonces por esta estructura de hormigón pretensado y canto variable de 600 metros de longitud dividida en cinco vanos (75 + 3x150 + 75, más uno extremo de 12 metros), construida por avance en voladizo, que, con el paso de los años y, sobre todo, con el proyecto de construcción de la autovía del Cantábrico (A-8), se quedó pequeña.

Para cruzar la ría, la nueva infraestructura de gran capacidad demandaba una sección de autovía de 24 metros de anchura, capaz de albergar cuatro carriles de 3,5 metros de ancho cada uno y sus correspondientes acera y arcenes, mientras que el tablero del puente existente solo tenía 12 metros de ancho, los que alojaban los dos carriles de la carretera nacional. Cuando los ingenieros de la Demarcación de Carreteras de Asturias (a la que correspondía el proyecto del tramo Barres-Ribadeo de la A-8, que incluye el viaducto) comenzaron a estudiar cómo salvar la ría se plantearon dos alternativas: construir una estructura independiente o ampliar el puente existente.



## Proyecto

En los primeros meses de 2005 se desestimó la construcción de una nueva estructura, desaconsejada por la declaración de impacto ambiental del tramo, y se optó por la ampliación. Esta opción era más económica y medioambientalmente menos lesiva para la ría. Por el contrario, suponía todo un reto para la ingeniería estructural, ya que se trataba de la primera vez que se ampliaba un viaducto de canto variable. Era, por lo tanto, una obra pionera.

Para acometer la ampliación se realizaron análisis exhaustivos de la durabilidad y la capacidad resistente del puente, que concluyeron que no tenía la holgura suficiente para soportar las nuevas cargas de una ampliación. También se estudió el estado de conservación de todos los elementos de la estructura: las pilas (cuatro sobre el agua, formadas por dos pantallas cada una de sección rectangular rematadas por biseles triangulares, de 7 metros de ancho por 2 metros de canto), la cimentación (realizada sobre encepados de 12 pilotes de 2 metros de diámetro en el caso de las dos laterales y mediante zapatas en el caso de las dos pilas laterales), el tablero (una sección transversal formada por un cajón monocelular de 6,50 metros de ancho y canto variable) y el pretensado (de tres tipos: de construcción, de continuidad y de refuerzo).

Una vez analizadas todas las variables, la empresa Ginprosa Ingeniería, autora del proyecto de ampliación, diseñó una solución consistente en aplicar una serie de refuerzos para garantizar la estabilidad estructural del puente ante la demanda de las nuevas tensiones y cargas derivadas de la duplicación de los carriles de circulación. Se proyectaron cuatro tipos de refuerzos: una tercera alma de hormigón armado en el eje de simetría del interior del cajón; un refuerzo con estructura mixta de viga metálica rellena de hormigón y extendida a lo largo de la losa inferior en todos los vanos; un pretensado vertical en las pilas y otro exterior longitudinal en el in-

### Unidades de obra

| | |
|---|---|
| Taladros en estructura original | 4.900 m |
| Demolición de voladizos | 1.320 m² |
| Acero estructural | 1.350.000 kg |
| Acero pretensado exterior | 251.000 kg |
| Acero pasivo B-500S | 1.901.674 kg |
| Soldadura ejecutada en obra | 850 m |
| Encofrado | 18.360 m² |
| Hormigón | 11.000 m³ |
| Pintura en estructura metálica | 14.500 m² |
| Fresado del tablero | 6.000 m² |



*Dos imágenes del proceso de ampliación del puente, con un primer plano del carro para instalación de jabalcones y hormigonado de la losa.*

terior del cajón del puente existente; y el refuerzo de las cimentaciones. Para ampliar el tablero desde 12 hasta 24,60 metros se proyectó la colocación de losas de canto variable, de geometría similar a la losa superior existente, apoyadas en jabalcones que transmitirían la carga al cajón del puente.

## Proceso constructivo

En febrero de 2008, después de dos años de análisis y estudios, la empresa Dragados, adjudicataria del tramo Barres-Ribadeo de la A-8, inició los trabajos de ampliación del puente, con la colaboración de Apia XXI como asistencia técnica de la obra. El proceso constructivo tenía dos grandes condicionantes: no debía afectar ambientalmente a la ría del Eo y se debía mantener el tráfico de vehículos sobre el puente durante las obras, ya que su cierre obligaría a los automovilistas a dar un rodeo de 30 kilómetros. Asimismo, se debía seguir una secuencia de actuaciones muy rígida en su orden de ejecución.

*El mantenimiento del tráfico y la no afección a la ría del Eo fueron los dos grandes condicionantes durante el proceso de ampliación del puente de los Santos*

Entre junio y septiembre de 2007 se realizaron los trabajos marítimos de cimentación. Las prospecciones geotécnicas habían revelado la suficiente capacidad del subsuelo para absorber las cargas adicionales debidas a la ampliación del puente, pero también la necesidad de reforzar las zapatas y los encepados debido a que su capacidad resultaba estricta para la condición de carga previa a la ampliación. La solución elegida fue un recrecido de más de 500 $m^3$ de hormigón armado en forma de tronco de pirámide en las pilas situadas en el centro de la ría, mientras que en las dos cercanas a la costa se aplicó además un pretensado. En esta fase participaron personal y medios marítimos, entre ellos submarinistas, un recinto estanco anclado a las pilas para trabajar en seco y una pontona con grúa para su traslado.

Los trabajos en el tablero habían comenzado previamente con la demolición del espacio ocupado por las aceras peatonales para permitir el paso de vehículos por los voladizos de la estructura, preservando de esta forma una zona de 4 metros de anchura

en el centro del tablero para acometer de forma segura los trabajos de ejecución de la tercera alma del puente. Se trataba de construir un nuevo cajón monocelular que encerrara en su interior al existente, al cual se transferirían las nuevas cargas. Esta tercera alma incorporaba una armadura metálica formada por barras de acero de refuerzo que debían enhebrarse entre las losas superior e inferior del cajón, para lo cual se realizó un meticuloso trabajo de más de 2.000 taladros verticales. El encofrado y hormigonado de la nueva alma culminó estos trabajos, ejecutados en el primer semestre de 2007.

Una vez acabada esta fase arrancó el proceso de pretensado exterior longitudinal, a realizar sobre 177.000 metros de acero que recorren el interior del cajón distribuidos en ocho tendones, una actuación destinada a absorber los esfuerzos de flexión. Previamente, para reforzar la unión entre pilas y tablero, se dispuso un pretensado vertical adherente formado por 18 tendones de 19 cordones, trabajo que requirió el empleo de alpinistas especializados anclados al tablero. Una vez enfilados los 296 cables que forman el pretensado longitudinal y anclados a las riostras de estribos y pilas respectivamente, el proceso de tesado de los tendones se realizó mediante un gato cable a cable y tensando en dos fases según tramos correspondientes a cada vano. Este proceso concluyó en marzo de 2008.

## Ensanchamiento del tablero

Entre diciembre de 2007 y agosto de 2008 se llevó a cabo la ampliación de la losa, la fase más espectacular de toda la actuación porque permitía apreciar el ensanchamiento progresivo del tablero, que creció 6,25 metros por cada lado. En esta fase se dispuso una viga longitudinal metálica de sección trapecial adosada a la losa inferior del cajón y sujeta mediante las barras de cuelgue dispuestas anteriormente en el interior del alma central. Cada uno de estos tramos llegó a la obra premontado en tramos de 5 metros de longitud y contenía, además del cajón, una traviesa transversal a la que posteriormente se unirían los jabalcones metálicos, un binomio estructural destinado a soportar la nueva losa ampliada.

En esta fase trabajaron simultáneamente tres carros metálicos en el tablero, cada uno con una función distinta, aunque todos ellos de grandes magnitudes. El primero, construido *ex profeso* y provisto de una plataforma hidráulica, ensambló los tramos metálicos desplazándose a lo largo del tablero. Una vez concluido el montaje y soldadura de la estructura metálica de cada vano, se procedió al hormigonado de la viga cajón, para lo cual se realizaron



*La ampliación generó una nueva sección de autovía, con dos carriles por sentido. Página opuesta, los tres carros metálicos trabajando en el tablero.*



taladros cada 10 metros en la parte central inferior del tablero existente, replanteados topográficamente para no dañar al pretensado del puente original. Un segundo carro metálico dotado de tolvas se encargó de recoger el hormigón demolido a cada lado del tablero para descubrir la armadura transversal de la vieja estructura y poder solaparla con la de la nueva losa. El tercer carro metálico automóvil estaba provisto de un encofrado batiente para permitir la instalación de los jabalcones metálicos y su posterior avance en sentido longitudinal.

El gran condicionante en esta fase fue la fabricación del hormigón con el que se ejecutó la ampliación de los voladizos, que debía ser de tipo ligero, de una densidad y resistencia determinadas. Sin embargo, el ritmo de trabajo de la obra, que debía acabar en un plazo determinado, no permitió emplear el hormigón previsto para conseguir las resistencias iniciales exigidas. Por ello se recurrió a un sistema de curado térmico acelerado del hormigón, complementado con un sistema de control que permitía monitorizar con precisión la evolución de la resistencia real de la losa de hormigón durante las primeras horas.

El proceso constructivo concluyó en septiembre de 2008 tras la disposición de un nuevo refuerzo, consistente en el fresado de la parte central del tablero original y la distribución de una nueva capa de armadura transversal, con su posterior hormigonado. En esta fase se desvió previamente el tráfico por los nuevos voladizos. La instalación de barreras de seguridad, aceras peatonales, barandillas, iluminación, pintado y señalización, labores precedidas por la prueba de carga (realizada por 32 camiones con un peso total de 1.216 toneladas), culminó los trabajos de ampliación tras 18 meses, con una antelación de tres meses sobre el plazo previsto.

El 1 de octubre de 2008, cuando fue abierto al tráfico, el puente de los Santos lucía una nueva sección de autovía formada por cuatro carriles. Su misión sigue siendo la misma que cuando se construyó un cuarto de siglo atrás, canalizar los tráficos entre Galicia y Asturias sobre la ría del Eo, pero con unas nuevas dimensiones en su tablero que dan respuesta a los requerimientos de la autovía del Cantábrico.◀

## Otras ampliaciones en la A-8

La ampliación de sección del puente de los Santos es, por su singularidad, el ejemplo más visible de este tipo de actuación de ingeniería durante la construcción de la autovía del Cantábrico (A-8), pero no el único. Al menos otros cuatro puentes y viaductos insertados en esta vía de gran capacidad vieron ensanchado su tablero en la primera década del siglo XXI para acoger cuatro carriles de circulación en vez de dos. La técnica empleada en todos los casos era prácticamente la misma: la ampliación de la sección mediante voladizos apoyados sobre jabalcones, soldados a su vez en vigas transversales que nacen de un cajón dispuesto bajo la sección de hormigón ya existente, que sirven de soporte a la nueva losa de hormigón construida mediante carro de encofrado. Las estructuras donde se llevó a cabo esta ampliación son los viaductos del Pintor Fierros o arco de la Regenta (tramo Ballota-Cadavedo), de 381 metros de longitud, y de San Pedro de la Ribera (tramo Las Dueñas-Novellana), de 750 metros, que ampliaron sus secciones de 12 a 22 metros; y los viaductos de San Timoteo y Canero (tramo Querúas-Otur), ambos de 540 metros de longitud, en los que se amplió la sección de 12,60 a 22,60 metros.





# PUENTE DEL TERCER MILENIO
# ESCULTURA SOBRE



# EL EBRO

*Vista del puente del Tercer Milenio sobre el río Ebro y del vecino pabellón-puente.*

El 7 de junio de 2008 se abrió al tráfico el puente del Tercer Milenio, una infraestructura que sirvió como puerta de acceso rodado sobre el río Ebro a la Exposición Universal de Zaragoza. El joven puente tiene en su haber un récord mundial: el de ser el mayor viaducto de arco atirantado en hormigón del mundo. Su osado diseño hace honor a la tradición que avala a las muestras internacionales como palestras de innovación y oportunidad para hacer realidad proyectos singulares.

JULIA SOLA LANDERO

FOTOS: DANIEL MARCOS Y FÉLIX BERNAT/AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

Su diseño es escultural sin renunciar a la funcionalidad: concentra lo mejor de la arquitectura y utiliza las herramientas más punteras de la ingeniería para llevar su tamaño y esbeltez hasta el límite.

Situado al oeste de la ciudad, este puente es el séptimo con el que cuenta Zaragoza para cruzar el río más caudaloso de España. Después de haber sido noble pórtico de entrada de vehículos al recinto ferial, hoy da respuesta a la imperiosa necesidad de comunicar los barrios de Las Delicias y La Almozara con el de Actur, y se ha convertido en el tramo principal del tercer cinturón que circunvala la ciudad. Su amplísima estructura abre paso a los vehículos a través de seis carriles –tres para cada sentido–, además de contar con dos carriles bici y dos paseos peatonales, uno a cada lado, formando envolventes galerías de vidrio que permiten cruzar a pie el río a salvo de eventuales y heladoras rachas de cierzo.

El puente está firmado por el equipo del ingeniero oscense Juan José Arenas, autor, entre muchos otros, del emblemático puente de la Barqueta, construido para la Expo de Sevilla 92 y todo un símbolo de la modernidad que inundó la capital andaluza veinte años atrás.

El puente del Tercer Milenio fue realizado por encargo de la sociedad pública Zaragoza Alta Velocidad, con la participación del Ministerio de Fomento. Ejecutado por la empresa Dragados S.A., con él se terminó el mencionado tercer cinturón – autovía Z-30–, que comenzó su andadura en los años se-



*El puente del Tercer Milenio permitió cerrar en el año 2008 el tercer cinturón metropolitano de Zaragoza, la autovía Z-30.*

senta del año pasado y que ha ido sumando tramos a lo largo de 2003 y 2006 hasta que finalmente, en 2008, con la inauguración del puente, alcanzó los 13,8 kilómetros que tiene en la actualidad.

Con ocasión de la Exposición Universal de Zaragoza, fueron 18 los puentes y pasarelas que se programaron en la región, dentro del Plan de Acompañamiento del Consorcio de la Expo Zaragoza 2008, para salvar los ríos Ebro, Gállego y Huerva, así como el Canal Imperial. De ellos, el del Tercer Milenio es el más estratégico, dado que es un nexo de comunicación vital para la ciudad, y uno de los referentes arquitectónicos de la capital aragonesa. Y no sólo por su indiscutible funcionalidad, sino también gracias a un poderoso diseño que justifica el nombre del puente –tiene 270 metros de longitud, 48 de anchura, 36 de altura entre el tablero y la clave del arco, y 216 metros de luz– en donde cobra protagonismo el uso puntero del hormigón blanco de alta resistencia.

## Sistema constructivo

Para decidir el sistema constructivo, hubo que tener muy en cuenta las condiciones del terreno. En el tramo donde se ubica, el curso natural del Ebro zigzaguea sinuoso formando el llamado meandro de Ranillas. Sobre este meandro se imaginó un puente-puerta –así lo llama su autor–, que cruzara sus aguas a través de una estructura que salvara el caudal de un solo salto y que asegurara, con su gran luz entre ejes de pilas, un importante desagüe ante las imprevisibles crecidas del caudaloso Ebro.

La tipología elegida, la de arco atirantado por el tablero o *bowstring*, permite compensar la falta de solidez del terreno para responder a las cargas. Según este sistema constructivo, bajo dichas cargas de gravedad, y gracias a su forma curvada, el arco intenta abrirse y el tablero opone resistencia actuando como un gran tirante y transmitiendo al arco en cada extremo la fuerza que este necesita para funcionar



como tal. Este juego de tensiones sustituye a la perfección el apoyo que podría encontrar si sus arranques estuvieran en tierra firme. El arco no es en este caso un elemento estético ajeno a la estructura, sino que es la pieza clave por la que viajan las cargas del tablero hasta los apoyos. Funciona como una gran viga de canto variable, apoyada en sus dos extremos sobre placas de apoyo que le dan la necesaria movilidad en sentido longitudinal. Necesita, por lo tanto, placas de apoyo horizontales y la reacción que transmite al terreno es vertical.

Una elección lógica: las condiciones de un terreno que convive con las poderosas aguas del Ebro eran pésimas para la fijación de la estructura, puesto que no había modo de hallar la solidez de una roca. El lecho del río a su paso por Zaragoza está formado por mantos de gravas y arcillas sobre roca de yeso. La posibilidad de construir un gran puente sobre esa base era imposible, dado que, si bien la carga vertical se puede transmitir a la roca de yeso a través de pilotes de hormigón de gran profundidad, no hay manera de que ese suelo acepte la suficiente fuerza horizontal. La técnica de arco atirantado solventa los problemas de cimentación en terrenos inestables, ya que el arco minimiza la flexión del tablero y sus fuerzas horizontales son transmitidas por la tensión de los tirantes en lugar de incidir sobre el suelo.

Otro de los aspectos que condicionaron el proyecto fueron las bajas cotas a las que se encontraban los dos barrios que conecta el viaducto, y que obligaron a proyectar una rasante muy baja en el mismo. Además, se quería una rasante próxima al agua, de forma que fuera fácil conectar las aceras del puente con los paseos fluviales que se proyectaban en las márgenes del río.

Pero también se quería –las exposiciones universales son una oportunidad para la innovación– una moderna estructura adaptada al paisaje urbano y que estuviera a la altura del evento internacional que iba a tener lugar.



*El puente incorpora en sus costados sendas galerías de vidrio para los peatones. Página opuesta, puente del Tercer Milenio y pabellón-puente, construidos con ocasión de la Expo de Zaragoza.*

## Tecnología punta

El autor del puente ha construido otros con similar tipología: Oblatas (Pamplona), La Regenta (Asturias), El Barrial (Madrid), Morlans (San Sebastián), Hoznayo-Villaverde (Cantabria), sobre el Ebro en Logroño (La Rioja), del Congreso sobre el Tiber (Roma, Italia) o sobre el Coega (Port Elizabeth, Sudáfrica). Pero el puente del Tercer Milenio es el mayor y más complejo de todos.

Con respecto al más renombrado, La Barqueta de Sevilla, una de las diferencias más relevantes es el material, construido en acero el sevillano y en hormigón el de Zaragoza. El material utilizado para el aragonés fue elegido por la superior capacidad del hormigón para amortiguar la estructura ante posi-

## El puente más longevo de la ciudad

El Ebro, vía de comunicación y también barrera difícil de franquear, ha obligado durante siglos a la ciudad de Zaragoza a tender varios puentes sobre sus impetuosas aguas. Ya desde un remoto siglo I, cuando Zaragoza aún era la *Caesaraugusta* romana, existía un puente de madera frente a una de las puertas de la ciudad y alineado con su calle principal, y que también hacía las veces de acueducto para suministrar agua a la ciudad.

Aquel puente se incardinaba en la vía romana que recorría tierras aragonesas desde la Castilla y abría paso hacia los Pirineos y las Galias. Era el único puente sobre el Ebro existente en muchos kilómetros a la redonda y el que cruzó Alfonso I para conquistar la ciudad.

Su endeble estructura frente a las acometidas del Ebro hizo que tuviera que ser reconstruido en varias ocasiones. Roturas y reparaciones, no solo de aquel puente sino de los números pontones y puentes de madera que se construían constantemente para salvar el río, hicieron que fuera generalizado, ya desde el siglo XII, el empeño colectivo para que se construyera un puente que garantizara permanentemente el paso del río Ebro.

*El Puente de Piedra, varias veces reconstruido, fue el primero levantado sobre el Ebro para enlazar ambas orillas de la ciudad*

La construcción del Puente de Piedra, levantado en el mismo lugar que ocupó el romano, entre los años 1401 y 1440, culminaba aquel viejo deseo. De estilo gótico y porte extraordinario, cuenta con siete arcos, más de 200 metros de longitud y esbeltos tajamares. En su momento, fue una infraestructura clave para las comunicaciones del valle medio del Ebro. Y no solo a nivel regional; también tenía una enorme importancia estratégica a nivel nacional para asegurar las comunicaciones de todo el noreste de la Península.

En su proyecto participaron maestros de obras mudéjares, artesanos y obreros cristianos, un arquitecto alemán y un maestro italiano. El reto de salvar las aguas del Ebro era complicado para la época y se necesitaba mucha pericia técnica, y también abundantes medios materiales. Tanto es así, que en el transcurso de la construcción, incluso llegó a intervenir el Papa, el aragonés Benedicto XIII, facilitando permisos para la extracción de la piedra necesaria de las canteras de su propiedad situadas en Fréscano, y el aporte, mediante cesiones de las primicias de las iglesias de la diócesis, recursos económicos para la obra.



bles vibraciones producidas por el viento o el tráfico, por su alta resistencia, por la disminución del volumen y peso del mismo, por su ahorro económico, y también, y muy significativamente, por su estético color blanco, ideal para un puente que nace con vocación de poderosa escultura pétrea alzándose sobre el Ebro, sin costuras ni planos de corte.

El autor, según él mismo confiesa, a la hora de decidir el uso de este material, contempló los paisajes áridos y terrosos de la depresión del Ebro, y también «los sillares del Puente de Piedra y las severas fachadas de ladrillo ocre oscuro que dan una personalidad paisajística tan definida a la capital de Aragón», y decidió respetar lo que él llama, rememorando a los antiguos, el *genius loci*, el genio del lugar. Y no lo quiso contrariar.

El proyecto fue concebido como un elemento de prestigio y alto valor simbólico para la ciudad y vertebrador del espacio urbano. Se quería un porte extraordinario y una fortaleza a prueba de crecidas. De la importancia que se concedió a la construcción del puente da cuenta el inequívoco apoyo de los reyes desde que Alfonso I conquistara Zaragoza. Se concedieron privilegios, se donaron rentas y bienes, se autorizó a la ciudad el cobro de impuestos de paso en beneficio de la obra, y varias localidades, como Longares, destinaban sus rentas al mantenimiento del puente. Hasta la propia Iglesia concedió indulgencias para las donaciones y limosnas hechas por los fieles con destino al Puente de Piedra.



Museo del Prado

Durante su longeva vida, tanto el ímpetu de la corriente del agua y las riadas del Ebro, como los daños sufridos durante la Guerra de la Independencia, han obligado en numerosas ocasiones a realizar reparaciones tanto en arcos como en pilas y tajamares. Una de las crecidas, que en 1643 destruyó las arcadas centrales del puente, ha quedado inmortalizada en *Vista de Zaragoza* (foto contigua), cuadro atribuido a Juan Bautista Martínez del Mazo, en colaboración con su suegro y maestro, Velázquez.

En el año 1789, el arquitecto Agustín Sanz construyó el pretil de San Lázaro, que protegía a la ciudad de las crecidas del Ebro a lo largo de la margen izquierda, desde el Puente de Piedra hasta el convento de San Lázaro. Tanto la maciza muralla como el puente están declarados Bien de Interés Cultural.



en Vuelo

El puente aragonés tiene mayores dimensiones también que el sevillano –216 x 48 metros, frente a los 168 x 30 metros de La Barqueta– y por lo tanto, al contar con un tablero mucho más grande ha precisado un sistema de apoyo más complejo –el tablero descansa sobre cuatro puntos de apoyo, dos a cada lado, en lugar de uno a cada lado–.

Y otra diferencia: los pies o pórticos triangulares diseñados con una visible curvatura, a diferencia de los del puente de la Barqueta, cuyos pies son rectos debido a que en su caso no sustentan péndolas de cuelgue y su estructura de acero reduce considerablemente el peso.

## Flexibilidad

El generoso arco central, que marca su impronta singular, es flexible y consta de un ancho de 5,4 metros; su canto mide 1,8 metros en el eje y 1,2 en los laterales. Esta elección logra que el arco acoja las cargas sin que se flexione demasiado, consiguiendo así una menor inercia que el tablero, lo que proporciona rigidez a la estructura. La sucesión de los tirantes, situados en planos transversales y verticales al eje, sacrifican la rigidez torsional a favor del dinamismo de la estructura.

El puente cuenta con cuatro apoyos principales tipo POT y de libre desplazamiento en todas las direcciones bajo los pies inclinados, con capacidad para recibir una reacción vertical de hasta 82 500 kN en cada uno de ellos. El elevadísimo valor de esta reacción hizo necesaria la fabricación de apoyos específicos, que fueron ensayados en Suiza hasta su carga máxima para eliminar las deformaciones producidas por holguras entre elementos y definir su curva real de tensión-deformación.

En cuanto al cuidado por los detalles, se llevó al extremo en todo el conjunto, y son muy visibles en el diseño de las zonas peatonales que vuelan acristaladas sobre costillas de acero desde los laterales de la sección de hormigón del tablero; en el diseño del nudo de transición del arco y los pies inclinados, y hasta en la previsión y diseño de un carrito móvil para la limpieza de la galería acristalada y de su estructura metálica.

*Vista del meandro de Ranillas durante la ejecución del puente del tercer Milenio. Debajo, un detalle del arco y de los tirantes.*





*El generoso arco del puente no es solo un elemento estético, sino también la pieza clave por la que viajan las cargas del tablero hacia los apoyos.*

## Ejecución

El proceso constructivo, de una gran complejidad, se organizó, por una parte, ejecutando el tablero del puente mediante empuje desde una de las márgenes apoyándose en pilas provisionales; por otro lado, se construyó el arco mediante cimbra apoyada sobre el propio tablero empujado; y en tercer lugar, y tras haber posicionado los tirantes que sustentan al tablero, y una vez tensados, fue posible el desprendimiento del esqueleto metálico que sujetaba el arco y los anclajes provisionales ubicados en el agua, y la puesta en carga del sistema que hasta ese momento descansaba en apoyos provisionales.

*El puente del Tercer Milenio es un eje de conexión vital para Zaragoza y uno de sus referentes arquitectónicos*

El empuje del tablero resultó especialmente complicado, debido a la anchura excepcional de la sección de hormigón (alrededor de 35 metros, a los que hay que añadir posteriormente 10 metros más de voladizos peatonales), en dovelas de 24 metros y además con curvatura tanto en dirección longitudinal como transversal.

Una vez que el tablero fue totalmente ejecutado, y reposaba en los estribos y pilas definitivas, la superficie que posteriormente irá destinada al tráfico se utilizó para montar sobre ella una cimbra que sirvió para el soporte del encofrado que daría forma al arco. El ferrallado y hormigonado del arco se realizó también por dovelas, avanzando desde sus dos extremos hasta encontrarse en la clave.

Una vez hormigonado el arco y vinculado al tablero mediante las péndolas o tirantes, el sistema arco-tablero entró en carga mediante el sistema denominado apertura en clave. Para llevarlo a cabo fue preciso introducir, en una operación sin precedentes por su magnitud, una carga de 120.000 kN mediante seis gatos hidráulicos.

## Legado

El puente del Tercer Milenio es parte del legado de la Expo de Zaragoza –hace muchos años que las exposiciones universales no se conciben como acontecimientos efímeros–. Cinco años después de aquel evento internacional, la imponente estructura acompaña en su posteridad a la casi decena de puentes que salvan el Ebro a su paso por Zaragoza, una ciudad que nunca ha dejado de observar el ímpetu de su río y que ha tenido que construir y reconstruir –en madera, en piedra, en hierro– numerosos puentes y pontones a lo largo de su dilatada historia para conectar sus dos orillas. ◀



## VIADUCTO DE **NAVIA**

# ARCOS SOBRE LA RÍA



*Vista del viaducto y de las pilas que lo sustentan desde una de las márgenes de la ría de Navia.*

Beatriz Rodríguez López
Fotos: DCE Asturias

El viaducto de Navia, situado en la variante de la A-8 a su paso por esta localidad asturiana, es una estructura singular de 907 metros de longitud, integrada por un puente principal en arco de tablero inferior con dos vanos de 160 metros de luz y unido a sendos viaductos de acceso para salvar la ría de Navia en su confluencia con las marismas del río Anleo, una zona de gran valor ecológico cuya preservación impuso unas exigentes condiciones al proyecto y durante las fases de ejecución de obra.



Arriba, vista de la infraestructura completa, con el viaducto principal y los dos de acceso en sus extremos. Página opuesta, los arcos que singularizan al viaducto tienen estructura mixta de metal y hormigón.

Tras barajar distintas opciones y tras considerar las características geológicas y ambientales de la zona, el equipo de ingenieros de FCC Construcción, S.A., la empresa adjudicataria del tramo Variante Sur de Navia de la A-8, último de esta autovía en el occidente asturiano, se decantó finalmente por una estructura integrada por un puente en arco de tablero inferior con dos vanos principales de 160 metros de luz cada uno y unido mediante juntas estructurales en el tablero a sendos viaductos de acceso de 341 metros y 244 metros.

Como la Declaración de Impacto Ambiental imponía importantes restricciones en el número de pilas de apoyo y a los movimientos de maquinaria pesada en la zona, para la construcción del tablero se optó por desarrollar un sistema exclusivo basado en el montaje, mediante cimbra superior autolanzable y voladizos sucesivos, de las dovelas prefabricadas, tanto en los viaductos de acceso con vanos de 75 metros de luz, como en los vanos de 160 metros del puente principal. Al dar continuidad estructural a todo el tablero y poder utilizar los mismos elementos en el conjunto del viaducto, se establecieron protocolos industrializados en los procesos de fabricación y montaje de las piezas que comportaron unas importantes reducciones en los plazos de ejecución de obra así como en sus costes.

## Minuciosa planificación

Así, mientras se ejecutaban las cimentaciones y pilares del viaducto, se avanzaba en la fabricación de las dovelas que integrarían el tablero en una planta próxima. Aunque en nuestro país ya se habían construido algunos viaductos de grandes luces con tableros prefabricados, las dovelas utilizadas habían tenido en todos los casos patrones propios, mientras que las utilizadas en Navia tuvieron un único molde común que también se aprovechó para la construcción simultánea del cercano viaducto de Meiro, en el mismo tramo de la A-8. Todas esas ventajas exigieron una exigente planificación, tanto en los pro-



cesos de fabricación de las dovelas como en las distintas fases de obra, que culminó con la finalización del viaducto en un plazo de apenas 17 meses.

Con una longitud total de 907 metros, el viaducto consta de 11 vanos, distribuidos en cinco vanos con luces de 46,3, 70 y 3x75,0 metros en el viaducto de acceso por la margen derecha en las marismas del Anleo, otros dos vanos idénticos de 160 metros de luz en el puente de arco principal, y otros cuatro vanos más de 75, 67,5, 60 y 41,5 metros en el viaducto de acceso por la margen izquierda. Para las pilas de los viaductos de acceso se proyectó una sección cajón constante de 7x3,5 metros y 40 centímetros de espesor. En el puente principal las pilas mantienen también esa sección en coronación aunque varía en dirección longitudinal y su espesor alcanza los 70 centímetros. Debido a la diversidad geológica de los terrenos en los que se asientan, que exigían una cimentación profunda, los pilotes presentan también diversas longitudes, entre los 16 y 44 metros, para permitir su empotramiento en el sustrato rocoso.

*Para que las dovelas del tablero tuvieran un perfecto encaje al ser montadas, fueron fabricadas de modo que cada unidad servía de molde a la siguiente*

## Tablero

Todo el viaducto sigue un trazado en curva de 1.540 metros de radio, siendo el dintel continuo con juntas en los estribos. El tablero, de 23,1 metros de ancho, que acoge dos calzadas con dos carriles por sentido cada una y dos arcenes exteriores y otro interior, está constituido por un cajón central de 8,1 metros de ancho y 3,7 metros de canto con voladizos transversales que descansan en puntales de hormigón prefabricado y distribuidos cada 4,3 metros. El eje central del tablero, de 10,7 metros de ancho, se construyó con dovelas prefabricadas, luego colocadas mediante cimbra superior autolanzable por el



*El viaducto forma parte de la Variante de Navia, tramo de la A-8 que entró en servicio a mediados de 2006.*

## Viaducto de Navia

| | |
|---|---|
| Inauguración: | Julio de 2006 |
| Longitud | 907 m |
| Ancho del tablero | 23,1 / 27,0 m |
| Luz máxima | 2 x 160 m |
| Flecha de los arcos | 35,43 m |
| Luz tipo de los viaductos de acceso | 75 m |
| Canto del tablero | 3,70 m |
| Pilotes | 2.013 m |
| Hormigón en infraestructura | 13.358 $m^3$ |
| Hormigón en tablero | 16.821 $m^3$ |

método de avance en voladizo. La cimbra, de 137 metros de longitud, tenía una capacidad de carga de 1.000 kN y el cabrestante de su cordón superior servía tanto para sus desplazamientos como para colocar las dovelas en sus posiciones de encaje. En la junta de las dovelas se aplicó resina epoxi y luego cada dovela se fijaba de manera provisional al tablero con barras postesadas antes de unirlas con pretensado longitudinal en las losas superior e inferior.

El tablero del viaducto principal se fraccionó en total en cuatro tramos de 80 metros, que se fueron uniendo a los de los viaductos de acceso y luego entre sí con dovelas de cierre hormigonadas *in situ*.





*Vistas aérea y nocturna del proceso de construcción de los arcos metálicos del viaducto.*

Para el montaje, el tablero se apoyó en cuatro equipos de gatos que permitían fijar su posición definitiva antes de proceder a la colocación y hormigonado de la dovela de cierre en cada tramo. A continuación se efectuaba el tesado del tramo anterior y, una vez ya asentado en los apoyos definitivos, se llevaba a cabo la retirada de los gatos hidráulicos.

En total, en los 907 metros de longitud del viaducto se utilizaron 425 dovelas que se prefabricaron en una planta provisional de hormigonado anexa a la estructura y de la que también se abasteció al contiguo viaducto de Meiro. Para que las dovelas tuvieron un perfecto encaje al ser montadas, se siguió un cuidadoso proceso de fabricación, de modo que cada dovela servía de molde a la siguiente, garantizando así que las caras en contacto tenían exactamente las mismas dimensiones. Aunque las dovelas de los viaductos de acceso y principal se fabricaron con un patrón común, en las empleadas en este último se introdujeron algunas modificaciones, principalmente regruesamientos en sus losas superiores e inferiores, para poder acoger los anclajes de las péndolas y el tirante de pretensado de los vanos con arco, lo que se consiguió con encofrados reversibles.

Una vez finalizado el montaje de las dovelas se realizaba la construcción de los voladizos laterales, en cuyo hormigonado se utilizó un carro de alas, en realidad una celosía metálica diseñada especialmente para desplazarse por el tablero, permitir el paso del carro de abastecimiento de dovelas y servir eventualmente de apoyo a los puntales.

## Arcos

Finalizado el tablero, se procedió al montaje de los dos arcos en la mediana con estructura mixta de metal y hormigón. Su composición es la de un cajón de acero de sección triangular y vértices truncados, cuyo interior va relleno de hormigón autocompactante. Cada arco tiene una flecha de 35,4 metros respecto a la horizontal del tablero y un ángulo de 4



▶ *Vista de una de las estructuras de la variante que conducen al viaducto de Navia.*

grados de inclinación sobre la vertical y hacia el interior de la curva para compensar las tensiones de curvatura del tablero. Para poder soportar las presiones de carga, los macizos de arranque de los arcos se construyeron en hormigón de alta resistencia. Cada macizo se ancló a su correspondiente riostra en el tablero mediante tres tendones de 31 cordones de acero de 15,2 milímetros de espesor por el lado interior de la curva y otros dos tendones de 19 cordones de igual espesor en el borde externo de la curva a fin de contrarrestar la flexión transversal y el peso del arco durante su construcción.

Para compensar la tracción horizontal de los arcos, en el interior del tablero y sobre su mismo centro de gravedad, se tendió un tirante pretensado, anclado a las riostras de las pilas 5 y 7 y capaz de soportar fuerzas de tesado de 100.300 kN.

A fin de facilitar su montaje, cada arco se dividió en once elementos de unas 600 kN de peso y 18 metros de longitud que se fueron situando sobre apoyos provisionales con ayuda de varias grúas móviles. Tras acoplarlo en su posición definitiva cada elemento metálico se soldaba al anterior y, una vez montados todos, se realizó el hormigonado a través de unos orificios habilitados al efecto cada 4 metros. El hormigonado, para el que se trazó un riguroso plan de control de tiempos de llenado y temperaturas a fin de asegurar su absoluta homogeneidad, se efectuó de manera simétrica partiendo de los arranques y de forma independiente en cada arco.

El tablero se suspendió finalmente de los arcos mediante un sistema de 34 parejas de péndolas distribuidas cada cuatro dovelas –8,64 metros–. Cada par de péndolas está a su vez integrado por dos tendones paralelos anclados al eje del tablero, en sus losas superiores, a intervalos de 2 metros. Para el tesado de las péndolas mediante gatos hidráulicos se siguió un meticuloso proceso con controles de temperatura del hormigón en arcos y tablero y del acero de los tendones. Los datos se procesaban mediante ordenador hasta obtener las fuerzas idóneas a aplicar en cada gato.

En 2010, el viaducto de Navia mereció una de las menciones especiales en la categoría de Estructuras de Ingeniería Civil que entrega la Federación del Hormigón Estructural en reconocimiento a sus numerosas aportaciones al proceso constructivo.◀




© Lafarge Media Library. Photographer: Véronique Touahri

Líderes mundiales del sector de los materiales de construcción y con una posición puntera en las actividades de cemento, áridos, hormigón, contribuimos a la construcción de las ciudades de todo el mundo. Nuestras soluciones innovadoras hacen posible que las ciudades sean más acogedoras, más compactas, más duraderas y más estéticas y, además, que estén mejor conectas.

Presente en 64 países, el Grupo emplea a 65.000 personas. En 2012, obtuvo unas ventas de 15.800 millones de euros.

LAFARGE
Construir
mejores ciudades™



## PUENTE DE IBN FIRNÁS

# CON ARTE Y TÉCNICA

Ya contaba el río Guadalquivir, a su paso por la ciudad de Córdoba, con seis puentes para atravesarlo, pero para completar la construcción del tramo de autovía, de 5,94 kilómetros, que discurre por el oeste de Córdoba, con sus tres enlaces que conectan con el sur de la ciudad, se hacía necesario un nuevo cruce del río para dar acceso a la salida de vehículos hacia esos lugares. El puente de Ibn Firnás es una estructura capital de la variante Oeste de Córdoba, inaugurada el 14 de enero de 2011, que abre una vía directa hacia Málaga y en la que se conjugan arte y técnica de manera muy singular.





*Vista aérea del puente sobre el río Guadalquivir y uno de los arcos metálicos que lo coronan.*

Mª del Carmen Heredia Campos
Fotos: DCE Andalucía Occidental

El puente de Abbás Ibn Firnás se yergue junto al llamado «vado de Casillas», antiguo paso del Guadalquivir en un meandro del río situado a 4 kilómetros del centro geográfico del núcleo urbano de Córdoba en dirección sudoeste. Zona de antiguas almunias en época califal e incluso de una gran noria que citan las crónicas, desaparecida, que también dio nombre al paso como «vado de la noria». A unos metros del puente, aún se mantiene en pie el antiguo molino de Casillas, unido a la orilla derecha del río por su gran azud artificial, donde se instaló en el siglo XIX una central eléctrica para el alumbrado de la ciudad, al contar con un importante salto de agua que, con avanzada maquinaria instalada, podía llegar a producir del orden de 258.000 Wh. Abandonado e impasible ante el paso del tiempo y la gran obra de ingeniería próxima a él, el molino espera, tal vez, su restauración para usos culturales.

## Nueva imagen

Arte y técnica se funden en el puente de Ibn Firnás, formando parte de los llamados hoy día puentes-escultura o puentes de autor. La redacción del proyecto se encargó a la consultora andaluza Ayesa, siendo su autor, José Luis Manzanares Japón, ingeniero y humanista al mismo tiempo, que no podía por menos que dar una imagen al nuevo paso del río que trascendiera el puro diseño industrial y utilitario para ofrecer un puente que, calcando lo que debió ser la imagen del ingeniero y científico cordobés



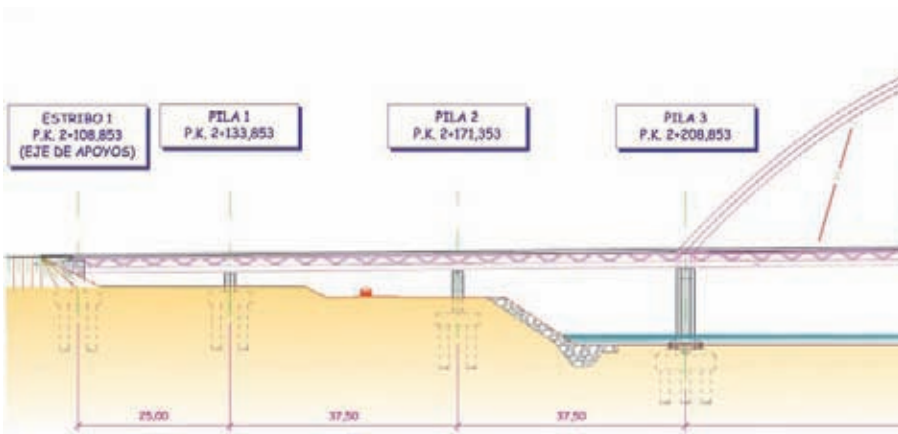
## Abu al-Qásim Abbás Ibn Firnás ibn Wirdas

Abbas Ibn Firnás, erudito, científico, químico e inventor (810-887), llamado a Córdoba, capital de Al-andalus en los siglos IX y X, por Abderramán II, no lega a los estudiosos de su figura la adaptación local que pudo tener su nombre en su época como era habitual en los nombres árabes, aunque pudo ser Armen Firnás, pero puede que en este siglo XXI y debido al puente, la fuerza popular acabe acomodando el nombre con que recordar al inventor cordobés. Fueron muchos e innovadores sus estudios e inventos, pero el que se rememora con la elección de su figura para este puente fue el vuelo que realizó, con casi 70 años, desde un alto de la Arruzafa, simplemente con sus grandes alas de madera y tela cubiertas de plumas de ave y consiguió volar por espacio, se dice, de 10 minutos, aunque aterrizando violentamente y rompiéndose varios elementos de su cuerpo, para llegar a la conclusión, tan importante, de que para volar no bastaba con que la armadura tuviese alas, como los pájaros, sino también cola para aterrizar con éxito.

Abbás Ibn Firnás, allá por el año 875, planeando sobre Córdoba, muestra su figura posándose suavemente con sus gigantescas alas artificiales sobre las aguas del Guadalquivir. La aparente liviandad de su imagen recortada sobre el cielo azul hace volar, asimismo, la imaginación del que la contempla.

Su alzado es el de un puente de tablero atirantado desde dos arcos rebajados superiores que parten

*Vista lateral del puente y de sus pilas. Página opuesta, el puente es el elemento más singular de la variante Oeste de Córdoba.*

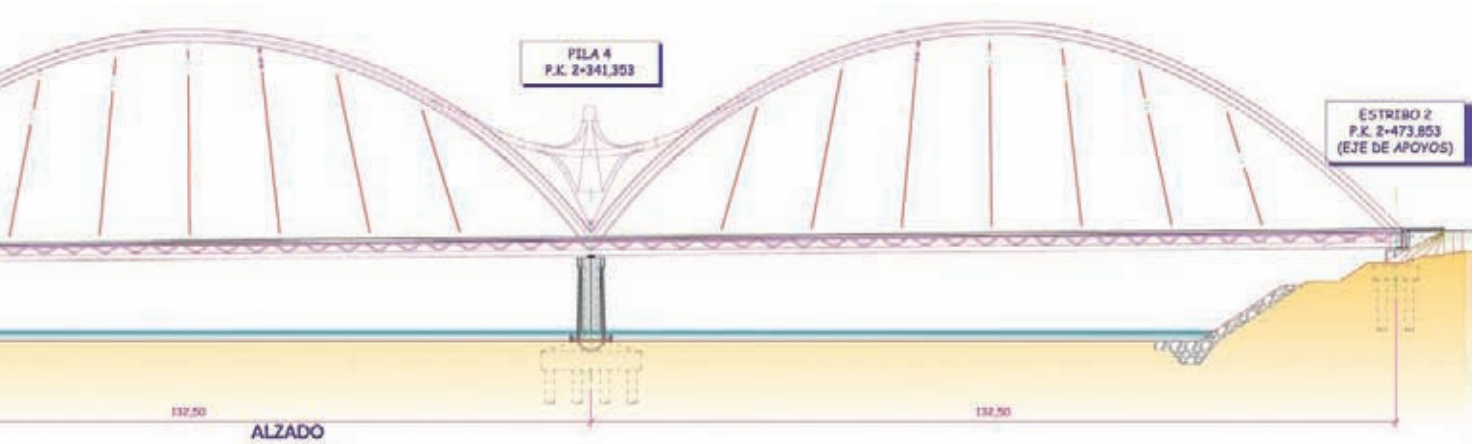




desdoblados desde los estribos y se van acercando entre sí dirigiéndose a la pila central, donde se enlazan por un contra-arco del que cuelga una escultura abstracta metálica que simboliza la figura del ingeniero Firnás. El puente no permite el acceso de los peatones; sin embargo, para contemplarlo se ha acondicionado una zona peatonal en el estribo de la margen derecha del río con un punto de interpretación del mismo.

En el plano técnico, debido a la anchura del cauce del río en esta zona (270 metros), el puente se ha construido con una longitud total de 365 metros y 30,40 metros de ancho, con dos vanos principales más otros tres de acceso en la margen derecha del río. Soporta dos calzadas de tres carriles cada una, de 3,50 metros en cada sentido, más los correspondientes arcenes de un metro de ancho, todo lo cual permite una velocidad de circulación de 100 km/h. Se reserva una banda de 4,40 metros de ancho, entre los bordes de los arcenes interiores, en la que están situadas las barreras rígidas de mediana y, entre ellas, los elementos estructurales del sistema de atirantamiento del puente.

Los arcos tienen 132,50 metros de luz y 35 de flecha o altura, cada uno de ellos, y están formados por piezas de sección hexagonal que se unen entre sí mediante un sistema de machihembrado. Van rellenos con 2.040 $m^3$ de hormigón y sustentan el tablero mediante siete tirantes cada arco, en forma de "Y", por cuyo pie están anclados en el eje central del tablero. La viga metálica es de 2,50 metros de canto y está dividida en dos partes diferenciadas. Sobre ella descansa la losa de hormigón que forma el tablero, que, a su vez, está dividida en dos. Este tablero está calculado para resistir tanto los esfuerzos de flexión como, en los vanos principales, los de tracción que le transmiten los arcos.





*Los dos arcos metálicos –con 132 metros de luz– y la escultura central evocan un ave posándose con sus dos grandes alas sobre el río.*

## José Luís Manzanares: la defensa de la importancia de la imagen

José Luís Manzanares Japón (1942), ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, se integra en el grupo de ingenieros andaluces, diseñadores de estructuras funcionales a la vez que singulares, que compiten entre ellos por alcanzar el mayor grado de belleza al mismo tiempo que de utilidad para las que sus obras primordialmente son construidas: para favorecer la comunicación en el ámbito social así como en el comercial. Sostiene Manzanares que, al construir los ingenieros grandes obras y muy visibles, no es suficiente con que apliquen la técnica apropiada para que funcionen bien, algo que se les supone, sino que deben integrar e incorporar en sus obras signos de identidad e imagen del entorno.

Teniendo muy presente en sus diseños el valor de esta imagen y lo que ella puede transmitir en cuanto a emociones y sensaciones a aquellos que utilizan el medio o simplemente lo admiran, le distingue su gran afán por proyectar los puentes con lo que él denomina una «estructura épica», es decir, que tengan como referente una historia o leyenda «encardinada con el lugar donde esté la obra». Es por lo que Manzanares no podía diseñar un puente para Córdoba que no reflejase una historia de la época de esplendor medieval de la ciudad, sin menoscabo de que el puente cumpliese con su obligación natural de funcionar bien y ser lo menos costoso posible. Eligió así a Abbás ibn Firnás –desconocido en Occidente, no así en Oriente–, importantísimo e innovador científico cordobés, de estirpe bereber y origen rondeño, del siglo IX, al que recupera del olvido y nos entrega con sus grandes alas –esta vez de acero en vez de plumas–, desplegadas sobre el puente del Guadalquivir.

Obra de Manzanares, también en Andalucía, muy arriesgada en su diseño y muy distinta del puente de Ibn Firnás, es el puente del Guardián del Castillo, o «puente del Dragón», sobre el río Guadaira, en Alcalá de Guadaíra (Sevilla), inaugurado en 2007. Acorde con su idea de los puentes épicos, en esta ocasión el motivo figurativo del puente es un gran dragón con cabeza de cerámica vidriada cuyo diseño, aunque controvertido, cuenta con la inusitada particularidad de que fue elegido por los propios vecinos de la localidad, entre las propuestas presentadas, por reflejar la imagen de un dragón guardando el hermoso castillo almohade alcalaíno próximo al puente.






*Detalle de una de las piezas de uno de los arcos y vista del puente Ibn Firnás desde la calzada.*

Los vanos de acceso se han resuelto mediante la prolongación de la viga sobre tres pilas más, desde el estribo del puente en la margen derecha del río, con una altura de 3,125 metros en la primera, 7 metros la segunda, 13,06 metros la tercera y 13,45 metros la cuarta, que coincide con el centro de los dos arcos y la figura de Ibn Firnás, y producen tres vanos de luz de 2,5, 37,50 y 37,50 metros respectivamente. A ambos lados del puente, en los estribos, se han instalado unas aletas verticales para impedir el derrumbe de tierras.

## Proceso constructivo

En primer lugar hubo que canalizar el río para cimentar los estribos, las cuatro pilas y los pilares provisionales, todos de hormigón, sobre los que iba a descansar el tablero. El segundo paso fue el montaje del tablero metálico, excepto los voladizos de la losa, para a continuación cubrir de hormigón dicha losa central y montar las celosías laterales. Se siguió con el montaje de los arcos para terminar con la colocación de los tirantes de estos, la instalación de la figura central de Ibn Firnás y el hormigonado definitivo.

Para la ejecución del tablero se comenzó por el montaje del cajón metálico central mediante la utilización de 15 tramos longitudinales, el mayor de ellos de 45 metros, que se construyeron en las instalaciones de Tecade en Utrera, se transportaron en camiones y se armaron en su lugar definitivo apoyándose en el estribo, en la pila o en otro tramo ya colocado. Además, se tuvieron que montar ocho apeos provisionales para tender aquellos tramos que no contaban con pila. Sobre el cajón se colocó una prelosa de hormigón, de 13 metros de ancho, para dar seguridad personal durante las obras así como para que pudiesen circular los vehículos auxiliares.

*La obra arrancó con la canalización del río Guadalquivir para cimentar los estribos, las pilas y los pilares provisionales*

Para la construcción de los arcos se instalaron unas torres auxiliares de celosía que actuaban a modo de cimbra sobre las que se fueron aparejando, soldando y rellenando con hormigón las piezas del arco, desde los estribos hacia el centro, para terminar extendiendo los siete tirantes de cable de cada uno de ellos, ofreciendo, en planta, la imagen de un abanico desde la línea de arranque del arco hasta su borde superior. Este proceso finalizó con la retirada de las torres auxiliares.

Para terminar la obra se completó el hormigonado de la losa, se impermeabilizó y pavimentó el tablero y se realizaron las pruebas de carga con el paso de unos 64 camiones de 38 toneladas. Para la construcción de este puente se emplearon 5,5 millones de kilos de acero, 40.000 kilos de acero en tirantes y 10.000 $m^3$ de hormigón.

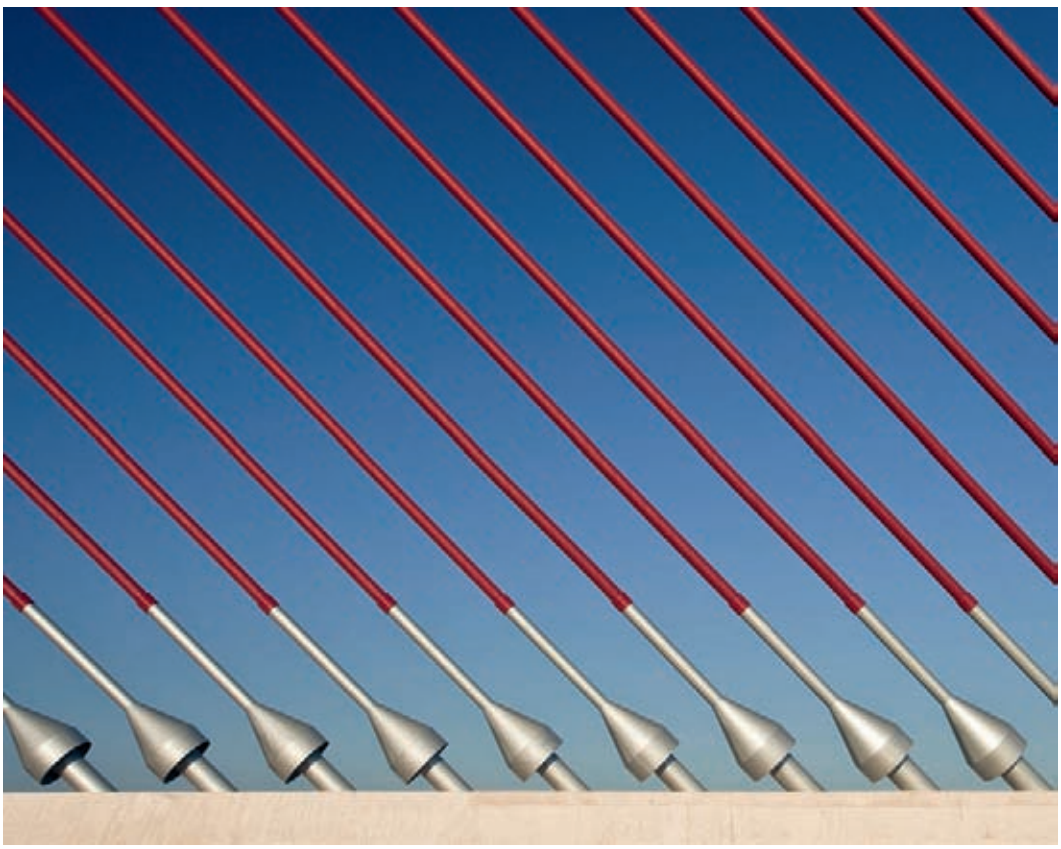
## Adecuación ambiental

Cualquier obra importante que se emprenda hoy día demanda el restablecimiento del entorno deteriorado durante las obras. En este caso, en los bordes de la autopista que acoge al puente se plantaron especies autóctonas y se crearon caminos y áreas de recreo. Y por la margen derecha discurre un paseo para bicicletas y peatones donde, a su vez, se ha ubicado una placa de hierro oxidado con información sobre Abbás ibn Firnás.◀

## PUENTE ATIRANTADO DE TALAVERA DE LA REINA

# ESBELTA ATALAYA

El nuevo puente atirantado de Talavera de la Reina es un singular hito de la ingeniería moderna en nuestro país que concentra en su esbelta silueta algunos récords a nivel nacional y europeo. Para su construcción se han seguido unos cuidadosos estudios previos y un riguroso control en obra, especialmente en su estilizado pilono inclinado y en el tesado de su sistema de atirantamiento.



*El tablero del puente está sostenido por un sistema de atirantamiento cuidadosamente estudiado e integrado por 38 pares de cables de anclaje al pilono.*

R.F. FOTOS: ESTUDIO AIA

Las expectativas de crecimiento de Talavera de la Reina (Toledo) en los primeros años de la pasada década llevan a proyectar una circunvalación que retire el tráfico de paso de la ciudad y mejore sus accesos por el sur y el este. Se comienza así la construcción de la llamada Ronda Sur o del Tajo, cuya declaración de impacto ambiental impone como principal condicionante salvar el brazo principal del río mediante un único paso sin apoyos en esa zona de su cauce. La propuesta finalmente elegida es la de los ingenieros Ramón Sánchez de León y Christian Bernal Pérez, del estudio AIA (Arquitectos e Ingenieros Asociados, SA) que, junto al arquitecto Francisco Sánchez de León, proyectan un puente atirantado de gran luz en el vano principal –318 metros–, cuyo tablero se sustenta con tirantes a un único pilono inclinado de gran altura: 185 metros sobre cimentación. Con este nuevo puente la ciudad suma ya cuatro pasos para salvar las aguas del Tajo, siendo el más antiguo el llamado puente de Santa Catalina, conocido también como puente Viejo, cuya fábrica data del siglo XV aunque sus orígenes se remontan a tiempos romanos.

### Referente urbano

La singularidad de diseño del nuevo puente de Castilla-La Mancha, además de satisfacer los requisitos medioambientales, busca hacer de la estructura un nuevo referente urbano, un vial más ágil pa-



ra el tráfico rodado pero también compatible, seguro e integrado para otros posibles usos ciudadanos, especialmente en el tejido conectivo entre el casco antiguo y los futuros desarrollos de la ciudad.

A partir de esas premisas, algunos de los elementos más característicos del puente empiezan a concentrar récords que lo convierten en un singular hito estructural de la ingeniería española de estos últimos años: pilono inclinado de mayor altura en Europa, puente atirantado de un único pilono y tablero de hormigón con más luz del mundo, segunda mayor longitud de tirante en Europa –405 metros–.

Todas esas características hicieron necesarios unos exigentes estudios previos, tanto de los condicionantes geológicos como del comportamiento de estructuras y materiales utilizados, que se ampliaron además posteriormente *in situ* durante las fases de construcción y tesado.

*La estructura más poderosa del puente, y la que lo dota de su gran potencia estética, es su pilono inclinado, que, con 192 metros de altura, es el más alto de España*

Las obras dieron comienzo en el mes de mayo de 2007 y el puente fue finalmente abierto al tráfico el 17 de octubre de 2011.

La estructura más poderosa del puente, y la que lo dota también de su gran potencia estética, es su esbelto pilono inclinado, que, con 192 metros de altura y un ángulo de inclinación de 22º, es el más alto de España. A él se sujeta el tablero de 320 metros de largo y 36 metros de ancho, dimensiones que lo convierten también en uno de los de más anchura de cuantos atirantados de un solo vano se han construido en nuestro país.

El tablero se prolonga en un viaducto curvo de acceso de 408 metros de longitud, con nueve vanos y dos únicos cajones de hormigón blanco gemelos. Tiene una capacidad de dos carriles por sentido para circulación de vehículos, con posibilidad de ampliación para un tercero, además de sendas aceras peatonales y un carril bici.

Con un canto de solo 2,75 metros, el tablero acentúa la impresión de ligereza y armonía de toda la obra. El material elegido para la construcción fue básicamente hormigón blanco de alta resistencia, desde los 80 MPa (megapascales) en los puntos más críticos, como el empotramiento del estribo, hasta



## Los récords

- Pila inclinada más alta de Europa (192 metros).
- Pila más esbelta, con una anchura de 4 metros para los 192 de altura.
- Tirantes más largos de España, con una longitud de 405 metros entre anclajes.
- Puente atirantado con tablero más ancho (36,00 metros).
- Puente atirantado de un solo pilono con más luz de España (vano de 318 metros).
- Puente atirantado de un solo pilono y tablero de hormigón con mayor luz del mundo.



*Por indicación de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), el puente salva el brazo principal del río Tajo sin apoyarse en el cauce fluvial.*

los 45 MPa en tramos sometidos a escasa flexión. Por el contrario, en el último tercio del tablero (135 metros) donde anclan los tirantes de mayor longitud e inclinación, se procedió al refuerzo con un pretensado interno adherente, mientras que el resto se hizo solo en armado.

## Sistema de anclaje

El tablero está sostenido por un sistema de atirantamiento cuidadosamente estudiado e integrado finalmente por 38 pares de cables de anclaje al pilono, con una separación transversal de 28 metros y longitudinal de 7 metros sobre tablero. Los otros 38 pares de tirantes de retenida están fijados a dos muertos de anclaje de hormigón postesado que refuerzan la estabilidad del puente al actuar como sendos contrapesos de 40.000 toneladas. Los dos muertos de anclaje se fijaron a su vez al pilono mediante puntales de hormigón para contrarrestar las tensiones horizontales.

Debido a su proximidad al río y a su colocación subterránea, el diseño de los dos muertos de anclaje se realizó con especial meticulosidad a fin de asegurar la estabilidad de toda la estructura incluso bajo el supuesto de máximas avenidas que cubrieran de agua la zona. Unas pantallas perimetrales a cada muerto reducen el riesgo de filtraciones y refuerzan la estabilidad de los suelos en la zona. Cada muerto, de 65 metros de largo, 19,40 metros de ancho y 9,50 metros de profundidad, dispone de dos galerías laterales rellenas de hormigón pobre y de otra galería central donde se aloja el anclaje de los tirantes de retenida, que también se pueden admirar sobre el techo de una galería subterránea abierta al efecto.

En todo el sistema de atirantamiento se utilizaron 1.785 toneladas de cable de acero. Los tirantes están compuestos por un número variable de cordones de acero que oscila desde un mínimo de 11 hasta un máximo de 97, con una tensión de rotura de 1.860 MPa y 0,62 pulgadas de diámetro. Cada cable, alguno de más de 400 metros de longitud, además del galvanizado aplicado en cada uno de los cordones, está protegido con una vaina de polietileno de alta densidad individual y una cobertura de grasa entre la vaina y el propio cordón. Para reforzar su integridad frente a fenómenos meteorológicos adversos como viento y lluvia, todos los tirantes se protegieron con una vaina exterior de color rojo y relieve helicoidal, y en los cables se dispusieron amortiguadores para contrarrestar las vibraciones a causa de esos mismos agentes.

## Equilibrio

El pilono inclinado, su esbelta y estilizada silueta, es el elemento estructural que da al puente su más acusada personalidad. Está erigido sobre un encepado rígido, construido a gran profundidad en hormigón gris, con un volumen de 6.912 $m^3$ y con una superficie de 36x32 metros en planta y canto de 6 metros. Para el encepado se proyectaron 56 pilotes de 29 metros de profundidad y 2,5 metros de diámetro. El cálculo de la distribución de cargas entre pilotes se realizó a partir de simulación mediante mode-



*Arriba, en el sistema de atirantamiento se han utilizado 1.785 toneladas de cables de acero. Página opuesta, detalle de la construcción del tablero y el pilono y una vista bajo el tablero del puente.*

## Doble plano de tirantes

La gran luz del tablero del puente de Talavera, su perfil aerodinámico y su elasticidad requirieron de una exigente fase de cálculo previo para establecer un protocolo pormenorizado en la construcción de cada uno de sus elementos y sincronizarlo con un no menos riguroso protocolo de tesado para los 152 cables que integran su sistema de atirantamiento. Entre otros estudios y análisis previos, se realizaron ensayos de módulos elásticos de los hormigones y aceros utilizados; cálculos de los pesos exactos de cada elemento; análisis de los tiempos de ejecución y edades de puesta en carga de cada elemento; cálculos de las temperaturas en cada fase de obra, o la determinación de las fases de tesado en función de los condicionantes de instalación de tirantes. Todo ello dio como resultado un modelo evolutivo que permitió conocer en detalle los requerimientos en cada fase y definir un protocolo de tesado con grandes márgenes de control en todas sus posibles variables. Se procedió así a la construcción del tablero sobre pilas provisionales y a la del pilono mediante encofrado trepante. A medida que se avanzó en la elevación del pilono y se alojaron en él los tirantes se procedió al tesado en dos fases: primero al 85% de la carga final, con retirada gradual de las pilas provisionales conforme a la instalación de los cables, y posteriormente, con cargas muertas, se efectuó el retesado hasta alcanzar el 100% de la carga definitiva en cada cable.

Para garantizar el máximo control durante todo el proceso se instaló un completo sistema de instrumentación del puente compuesto por células de carga en cables, bandas extensométricas en tablero y pilono, clinómetros y termómetros en hormigón y acero de tirantes. Se practicaron asimismo seguimientos de las cargas en tirantes mediante pesajes y seguimientos topográficos en diversos puntos de control de tablero y pilono. También se procedió a un estricto control térmico en todas las fases del tesado para adaptar las cargas en cada momento a los requerimientos de obra. Los cables se instalaron con sistema de isotensión, tesando uno a uno los cordones de cada tirante con gato monocordón.



lo de elementos finitos, estimándose una carga máxima en cabeza de pilotes en torno 1.000.000 kN en estado límite de servicio.

El pilono ayuda a equilibrar con su peso una parte del peso del tablero y mantiene un ángulo de inclinación de 22º sobre la vertical. Mantiene también una anchura constante de 4 metros que acentúa la rotunda esbeltez de su perfil. Para su construcción se utilizó hormigón blanco autocompactante de 70 MPa.



Para acoger los anclajes de los tirantes, a partir de los 62 metros de altura el pilono incorpora una célula interior de acero S- 355 cortén de 3x3 metros y 753 toneladas. La célula metálica, con una longitud total de 131,50 metros, fue utilizada como encofrado perdido, aprovechándose como apoyo en la construcción de los encofrados trepantes levantados en tramos de 3 metros de altura. Los paneles laterales de la célula son de mayor grosor (40 milímetros) que los frontales (30 milímetros) para aliviar las tensiones de trabajo del acero por equilibrio de cargas de los tirantes del tablero y retenida y prevenir posibles deformaciones del metal que puedan repercutir en el hormigón.

El diseño de las placas de anclaje de los tirantes que se alojan en el interior de la célula fue asimismo resultado de un largo proceso de análisis y estudio de su comportamiento mediante modelización. Su estructura se estudió meticulosamente para transmitir las cargas de la manera más idónea hacia los paneles superiores e inferiores de la célula y desde estos, mediante mecanismos de flexión cortante, hasta las paredes, donde se compensan con los tirantes contrarios y el recubrimiento de hormigón.◀

## Ficha técnica

- Autores: Ramón Sánchez de León, Francisco Sánchez de León y Christian Bernal Pérez (Estudio AIA, S.A.)
- Volumen de hormigón: 72.108 $m^3$
- Acero pasivo B-500 S: 7.800 tn
- Acero en tirantes: 1.785 tn
- Acero estructural S-355: 753 tn



## VIADUCTOS DE DESPEÑAPERROS

# PASO HISTÓRICO



El paso de Despeñaperros, nudo gordiano histórico en las comunicaciones entre la meseta y Andalucía, en plena Sierra Morena, ha sido una preocupación de los planificadores de caminos españoles desde el Siglo de Oro, cuando se proyectaron los caminos reales. En 2012 se abrió al completo una nueva variante de tres carriles por sentido, una sucesión de túneles y viaductos de pendientes imperceptibles, que garantiza velocidades medias de 100 km/h y permite un sensible ahorro de tiempo en la travesía del tramo.

Mª del Carmen Heredia Campos
Fotos: DCE Andalucía Oriental

En el siglo XVIII, con intención de asegurar los caminos de postas, se toma plena conciencia de la necesidad de adecuar una comunicación más directa entre Madrid y una ciudad tan importante como Cádiz, cabecera del comercio con las colonias americanas, que la que se venía utilizando por el «camino abierto por Olavide» para Andalucía, que partía de Santa Cruz de Mudela, atravesaba Sierra Morena, se desviaba hacia Aldeaquemada, al este de Despeñaperros, y retrocedía hacia el oeste para llegar a Santa Elena, todo ello por camino de herradura, rodeando así el montañoso paso de Despeñaperros. En 1772, el ingeniero español Joaquín Iturbide, Administrador General del Correo de Madrid, recomienda la ejecución de un nuevo trazado por el desfiladero, por ser «el más llano, el más corto y el más permanente, porque con él se evitan las subidas y bajadas de los puertos que se encuentran en los otros caminos, la distancia se reduce en seis leguas para la misma comunicación y el terreno es de buena calidad».

Con su consejo y el proyecto para un «camino de ruedas» por la orilla del río Magaña evitando toda cuesta y particularmente las del puerto del Rey del insigne ingeniero de origen francés, Carlos Lemaur (españolizado su apellido, Le Maux), se inician las obras en Despeñaperros en 1778, siendo Floridablanca responsable de las comunicaciones, y las dirigen Lemaur y sus hijos. Finalizan en 1780 estableciendo un camino para diligencias de 34 kilómetros de longitud, 11 metros de anchura y un coste de 2 millones de reales (una fanega de trigo podía valer en este periodo de 20 a 60 reales de vellón según el lugar). Por primera vez se vence esta barrera natural, que infundía respeto tanto por su dificultad montañosa como por ser territorio de bandoleros bien asentados entre sus riscos que, incluso, legaron a la posteridad sus nombres asociados a la toponimia del lugar, como la cueva de José María el Tempranillo, al oeste del desfiladero.

## Historial caminero

Esta vía, al ser un paso crucial, por el que siempre ha ido aumentando su circulación, se ha venido modificando desde su creación hasta hoy. En 1866 se construye en ella el único viaducto entre la meseta y Andalucía, para el ferrocarril Manzanares-Córdo-







*Viaductos de El Manantial y Las Tinajuelas, pretensado de cables e izado de viga en el viaducto de Venta de Cárdenas.*

ba; en 1877, el Plan General de Carreteras fija el trazado de la N-IV de una sola calzada con doble vía; en 1926 se modifica algo el trazado; con el Plan de Modernización de Carreteras, de 1950, se abre el túnel de Despeñaperros acortando camino; y entre 1981 y 1984 se desdobla la N-IV, con un coste de 2.200 millones de pesetas, adecuando la calzada existente solo para ir a Andalucía y construyendo una nueva para ir de Andalucía a Madrid; se eliminan muchas curvas, se hacen dos nuevos túneles en el Mirador (178 m) y en Los Órganos (473 m) y se rodea Santa Elena mediante una variante. Por entonces, el tráfico en este lugar era de 8.000 vehículos diarios, con un 30 por ciento de camiones. Al construirse la autovía del Sur (A-4), que parte de Madrid y finaliza en Cádiz, resurge el problema de Despeñaperros y cómo integrarlo en la nueva infraestructura.

Con el último trazado de Despeñaperros entre Venta de Cárdenas (Ciudad Real) y Santa Elena (Jaén), formando parte de la nueva autovía del Sur, se acorta el tiempo de circulación por la zona más complicada del trayecto en casi 10 minutos, a la vez que se hacen prácticamente imperceptibles los cambios de nivel y curvaturas del terreno, agilizando considerablemente el tráfico que debía circular con lentitud y gran precaución por este paraje. Actualmente se calculan unos 24.000 vehículos diarios (31% de ellos camiones) pasando por la nueva variante y se prevé que puedan aumentar hasta más de 55.000 en el año 2030.

## Proyecto e inauguración

Teniendo buen conocimiento de la complicada orografía del entorno donde se iba a construir la nueva variante de Despeñaperros, el proyecto obligaba a la inclusión de túneles, viaductos y pasos para que, tanto durante las obras como con la circulación posterior, el parque natural soportase el menor impacto ambiental posible al mismo tiempo que el trazado, como autovía, cumpliese con los requisitos exigidos para una construcción moderna así como con los impuestos por la declaración de impacto ambiental (septiembre de 2007). Por tanto, se proyectó este tramo de la autovía con el cuidado de que respetase el entorno natural orográfico, floral y





*Viaducto del río Despeñaperos (arriba) y detalle de la ejecución de dovelas de uno de los viaducto de la variante.*

faunístico, así como para que absorbiese tanto el tráfico actual como los probables aumentos circulatorios futuros para así minorar lo más posible nuevas intervenciones en un paraje tan sensible a las obras.

La nueva variante de Despeñaperros, de gran magnitud, se empieza a delinear en 2001, a iniciativa del Ministerio de Fomento. El proyecto fue de Acciona Ingeniería y la construcción se adjudicó en 2004 a la empresa FCC Construcción S.A. por 79,1 M€ para el trayecto totalmente nuevo de Andalucía hacia Madrid, entre Venta de Cárdenas y Santa Elena, de 8,8 kilómetros, para una velocidad máxima de 80 km/h. Para el trayecto de Madrid hacia Andalucía se decide aprovechar la calzada existente de los años 80, uniendo sus dos mitades más modernas, dejando otras actuaciones de mayor envergadura y coste para el futuro. Sin embargo, en 2007, ya en avanzada construcción el trazado entre Santa Elena y Venta de Cárdenas en sentido Andalucía-Madrid, se decide modificar el proyecto con la inclusión de una nueva calzada también para la vía Madrid-Andalucía, entre Santa Elena y el túnel del Corzo, desde donde sí se aprovecharía y remodelaría el antiguo trazado de la carretera hasta Venta de Cárdenas, aunque cambiando su sentido hacia el norte por el sentido hacia el sur. El proyecto se adjudicó en septiembre de 2008 con un presupuesto de 97 M€, aumentando la longitud del trazado hasta 9,4 kilómetros y la velocidad máxima hasta 100 km/h. De esta



manera, el paso de Despeñaperros contaría con dos calzadas nuevas de tres carriles cada una y un trazado casi rectilíneo.

Finalmente, la primera fase se inauguró en septiembre de 2011, con la realización completa de la vía en dirección Madrid, desde el enlace de Santa Elena hasta el enlace de Venta de Cárdenas, de 9,4 kilómetros, y casi el 50% de la vía en dirección Andalucía, entre Santa Elena y el enlace de Aldeaquemada. El coste de esta fase alcanzó los 190 M€. La segunda fase, la del tramo restante, de 4,8 kilómetros, entre el enlace de Aldeaquemada y Venta de Cárdenas en dirección Andalucía, se inauguró en junio de 2012 completando así el proyecto, con un presupuesto final de 245 M€. Por su parte, la expropiación de terrenos sumó 211,6 M€ (185 M€ en Andalucía y 26,6 M€ en Castilla-la Mancha).

En un trayecto de 18,5 kilómetros de recorrido, sumando los dos sentidos de esta variante de Despeñaperros, se sortean las carreteras de 1984, el río Despeñaperros, la línea de ferrocarril Madrid-Córdoba y barrancos, arroyos, vaguadas y pasos de fauna mediante 11 viaductos, con sus accesos y salidas, seis túneles y otros pasos; se ha remodelado también la margen este del enlace de Santa Elena y se ha construido un nuevo acceso a la carretera de Aldeaquemada. Se han completado las obras con la iluminación de los túneles, la señalización del recorrido y la adecuación paisajística y faunística del entorno. La dirección de las obras ha corrido a cargo de José Lorente Gutiérrez, ingeniero del Ministerio de Fomento.

*La variante incluye una serie de siete viaductos nuevos*

▶ *Prueba de carga con camiones en el viaducto de Despeñaperros.*

## Viaductos de tipología variada

Los viaductos se diseñaron con una tipología flexible, de vanos isostáticos de luces variables entre los vanos, de forma que las cimentaciones de las pilas no afectaran ni a las antiguas calzadas de la autovía, que seguían manteniendo el tráfico durante las obras, ni al discurrir de los principales cauces del parque. En los tres grandes viaductos del tramo de Santa Elena, las pilas y los soportes para las vigas se construyeron sobre el terreno y, sobre ellos, se fueron colocando las grandes dovelas de hormigón armado prefabricadas, en una planta de la empresa Delta de Prefabricados montada próxima a la obra, y transportadas hasta ésta mediante camiones góndola, o «camiones elefante», adecuados para el transporte de maquinaria pesada. Allí, para formar el tablero, se izaban y colocaban con una grúa pórtico que se desplazaba sobre neumáticos inflados para no perjudicar las dovelas ya instaladas y, mediante una viga autolanzable de celosía metálica y con la ayuda del cabrestante, se recogía e instalaba cada dovela junto a la anterior, a la que se unía mediante postesado. Esta construcción del tablero en altura no perjudicaba el terreno a la vez que reducía el plazo de construcción. En cuanto a los otros viaductos del tramo norte de la autovía, son de tipología variada; los hay de vigas prefabricadas de doble T, de vigas artesa y el de Cuchareros, de arco metálico. Respecto a los cinco nuevos túneles, se han construido por excavación en mina, por el llamado nuevo método austriaco, y su posterior iluminación la ha calculado e instalado la empresa Indal, con 2.140 proyectores y 72 luminarias entre Corzo sentidos norte y sur, Despeñaperros norte y sur y Cantera norte y sur.



*Viaducto y túneles de El Corzo. Debajo, planta de dovelas para la ejecución de los viaductos de El Manantial, Las Tinajuelas y Despeñaperros.*

## Descripción del recorrido

Las dos calzadas de la variante de Despeñaperros, independientemente de su sentido, se empiezan a construir en el p.k. 257, 5, al oeste de Santa Elena, y discurren unidas desde Santa Elena hasta pasado el enlace con la carretera de Aldeaquemada, donde ambas vías se bifurcan para volver a encontrarse próximas a Venta de Cárdenas.

El recorrido desde Santa Elena hacia Ciudad Real comienza con un descenso del terreno, del 5% de pendiente, desde el p.k. 256 hasta el p.k. 250, donde se hallan el fondo del valle del río Despeñaperros y el enlace con la carretera de Aldeaquemada, y desde este punto comienza a ascender con una pendiente del 3% hasta entrar en la provincia de Ciudad Real. Este primer tramo de descenso a salvar por la nueva calzada inicia su recorrido de grandes obras por el viaducto de Santa Elena (160 m), sobre el barranco y el arroyo de las Canteras, continúa por el cerro de las Lomas y, a 253 m del viaducto de Santa Elena, se encuentra con el viaducto del Manantial (550 m), sobre el arroyo del Tomizo. Este es el viaducto más singular del recorrido y está formado por vanos isostáticos de 45 y 39 metros, con pilas de hasta 80 metros de altura. Sigue la calzada unos 171 metros y atraviesa el viaducto de Las Tinajuelas (580 m) sobre la vaguada del arroyo del Rey y las dos calzadas construidas en los años 80, para, a su salida, iniciar una amplia curva hacia el oeste en cuyo punto final se encuentra con el enlace con la carretera de Aldeaquemada, en el p.k. 251, en el que se ha construido, bajo la calzada, un paso de fauna de 40 metros de luz, en el entorno del arroyo de Piedras Blancas, principal foco de fauna de la zona. Poco después, se inicia la bifurcación de la autovía antes de entrar en el viaducto de Despeñaperros (380 m), de nueve vanos y altura de pilas de 39 metros, bajo el que pasa el río Despeñaperros, el ferrocarril Madrid-Córdoba y la N-IV existente sentido norte; sigue la calzada unos 32 metros hacia el paraje conocido como Los Órganos, de especial protección ambiental, y lo atraviesa mediante dos túneles: el de la Cantera (275 m), próximo a la cantera de Renfe



existente en el lugar, y, a 250 metros, el túnel más largo y excepcional del recorrido, el de Despeñaperros, de 1.925 metros, que atraviesa el cerro del Castillo en el collado de los Jardines, lugar que alberga la «cueva de los Muñecos», donde se encontró a principios del siglo XX un santuario de exvotos de figuritas guerreras ibéricas de gran importancia. A tan solo unos 20 metros de su salida, la calzada toma el viaducto de Cucharero, sobre el arroyo del mismo nombre, con un tablero de 72 metros sobre arco metálico de 53 metros de vano, que lo diferencia de los otros viaductos, proyectado por la consultora Typsa. A 212 metros de su salida, la vía se adentra en el túnel de El Corzo (420 m), en el p.k. 246, con el que se comunican La Mancha y Andalucía, para finalizar el recorrido al entrar, 220 m más adelante, en el viaducto de Venta de Cárdenas (151 m) sobre el río Magaña y, a su salida, incorporarse a la autovía del Sur en dirección Madrid.



*Ejecución del viaducto de arco metálico de Cuchareros y vista inferior del tablero del viaducto de Venta de Cárdenas.*

La variante de Despeñaperros en sentido Madrid-Andalucía, que sustituye al anterior camino de mayor número de curvas de todo el paso de Despeñaperros, comienza a la salida de Venta de Cárdenas y el primer paso importante que encuentra hacia el sur es el túnel de El Corzo (140 m), rehabilitado sobre el ya existente en la antigua carretera, al que sigue muy próximo el viaducto de El Corzo (451 m), de nueva construcción, aunque habiéndose demolido el antes existente, de igual nombre, para la ejecución del nuevo. A tan solo 17 metros, el trayecto se adentra en el túnel de Despeñaperros (1.922 m), que se comunica con su gemelo, en la vía hacia el norte, mediante cuatro galerías transversales y un apartadero en su parte central, y a su salida, a unos 251 m, continúa por el túnel de La Cantera (265 m), y a 32 metros, por el viaducto de Despeñaperros (425 m), donde ya se empareja con la calzada que corre en dirección Madrid y continúa unido a ella hasta Santa Elena, completando su recorrido con los tres viaductos prácticamente gemelos a los descritos en la vía sentido Madrid y de iguales nombres: Tinajuelas (560 m), Manantial (580 m ) y Santa Elena (155 m), tras







*Secuencia de la ejecución mediante viga autolanzable del viaducto de Despeñaperros.*

el que finaliza el trayecto Madrid-Andalucía de esta variante incorporándose a la autovía del Sur en dirección sur. Las estructuras, por tanto, salvo las próximas al enlace de Venta de Cárdenas, se presentan por parejas en todo el recorrido con ligeras variaciones en su longitud.

## Orografía complicada

En palabras del ingeniero director de las obras: «La nueva variante fue una obra larga y complicada. Durante la obra tuvimos muchos condicionantes, tanto técnicos como funcionales y ambientales. La obra se hizo en un entorno con una orografía muy complicada, atravesando el parque natural de Despeñaperros, y esto obligó a proyectar múltiples túneles y viaductos, de forma que se pudiera atravesar la zona con la menor afección posible al parque, aunque con un trazado de autovía conforme a los estándares del siglo XXI».

La construcción, llevada a cabo entre 2004 y 2012, ha requerido un importante contingente humano especializado, tanto para las obras como para la fabricación de los importantes elementos que las componen, así como maquinaria pesada de última línea y métodos modernos y muy avanzados para la fabricación de las estructuras, su transporte y colocación en el terreno, así como para la iluminación de los túneles. A ello hay que sumar otras actuaciones como grandes movimientos de tierras y reposición y adecuación del entorno paisajístico, sin olvidar la regulación del tráfico cuando era requerido o la ralentización de las obras para no entorpecer los periodos de cría de los animales del parque. En el ámbito de la seguridad vial, en Santa Elena se ha construido un centro de control del comportamiento de los túneles, con dotación personal permanente, y en 2013 se han organizado cursos de formación especializada en emergencias en estos túneles para los bomberos más próximos, los de Linares y La Carolina (Jaén).

## Impacto ambiental

En un mundo tan sensibilizado como el actual ante cualquier agresión al entorno natural de cualquier obra de envergadura, máxime si el escenario es un parque natural como lo es Despeñaperros, no podía



▶ *Viaducto de Santa Elena.*

desatenderse el capítulo de su protección ambiental. De hecho, la profusión de túneles y viaductos se proyectó con la intención de que su construcción lograse amplia capacidad tanto para el tráfico actual como para los previsibles futuros incrementos de éste sin necesidad de tener que actuar de nuevo en esta zona protegida. El paraje de Los Órganos, la parte más afectable del trayecto, en la que se localizan varios viaductos y los mayores túneles, se trató con sumo cuidado procurando que la perturbación vital del parque fuese la mínima. Asimismo, se mantuvo durante todas las obras un sistema de vigilancia ambiental ante cualquier anomalía e, incluso, una vez puesta en servicio la carretera, se restauraron zonas deterioradas de la calzada antigua para devolver al parque natural su imagen original.

*La sucesión de túneles y viaductos se proyectó para minimizar el impacto ambiental en el parque natural*

Un tramo especialmente tratado, tanto en el aspecto faunístico como en el floral, ha sido el próximo a Santa Elena, entre los p.k. 256,7 y 252,3, donde se han recuperado los cauces de los afluentes del arroyo del Rey, se ha restablecido el entorno alterado con la carretera de 1984 y se han adoptado medidas para incrementar la autóctona centáurea citricolor. En cuanto a la amplia fauna existente, no solo se han establecido mecanismos para protegerla, especialmente el lince, el lobo y el águila imperial, sino que se fomentará la reproducción del conejo por ser el alimento principal de estos animales. Restablecer este entorno ha tenido un coste de 7,7 M€.

Para los conductores, no cabe duda que la acogida de la obra ha sido excelente. Y no solo porque se reduzca el tiempo de viaje, desaparezcan las curvas y se pueda ir a mayor velocidad; es quizás lo más llamativo el introducirse en la nueva vía, en ambos sentidos, sin apenas notar la diferencia del paso de la calzada A-4 existente a la nueva variante. Y a los no usuarios de estas vías y a los nostálgicos, a los que el impacto visual pueda sorprender en el entorno en el que se hallan, es de suponer que la magnitud y belleza de su simplicidad de líneas, a modo de ágil ciempiés a vista de pájaro, les lleve a reconocer su importancia, a la vez que la liberación de tráfico de las antiguas vías les proporcione un nuevo camino a recorrer con libertad y calidad de disfrute de sus cualidades naturales.◀

# 2013

# Mapa Oficial de Carreteras©

## ESPAÑA

**Incluye:**

- ***Cartografía*** *(E. 1:300.000 y 1:1.000.000)*
- ***DVD interactivo***
  *(Windows XP, Vista y 7)*
- ***Caminos de Santiago en España***
- ***Alojamientos rurales***
- ***Guía de playas de España***

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO




**También en el DVD:**

*974 Espacios Naturales Protegidos*
*152 Rutas Turísticas*
*97 Vías Verdes*

**actualizable vía web**

**Edición 48**
*PVP: 22,40 €*

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA | CENTRO DE PUBLICACIONES



*Prueba de carga del viaducto de la Concha de Artedo, que sobrepasa en altura, anchura y capacidad al vecino viaducto de la N-632.*

## VIADUCTO DE LA CONCHA DE ARTEDO

# GRANDES MAGNITUDES



El tramo Las Dueñas-Muros del Nalón de la autovía del Cantábrico (A-8), en servicio desde marzo pasado, incluye en su trazado el viaducto de la Concha de Artedo, singular tanto por su técnica constructiva como por sus grandes magnitudes. Con sus casi 1.200 metros de longitud y pilas que superan los 100 metros de altura, es el viaducto más largo y más alto del Principado de Asturias y de toda la A-8.

PEPA MARTÍN FOTOS: DCE ASTURIAS

Desde la carretera N-632 o desde la cercana línea de costa impresiona la vista de esta mole de hormigón, cuya altura equivale a un edificio de 40 plantas. Deslumbra tanto como los parajes que se descubren al circular por los 1.188 metros de longitud de su table-



ro, que son la playa de la Concha de Artedo a un lado y al otro el valle de las Luiñas, corazón vaquero de Cudillero, concejo por donde discurre el tramo.

Se trata de una estructura singular por sus grandes magnitudes y por su técnica constructiva –una variante del método de dovelas prefabricadas conjugadas— que, implantada en un valle abrupto, salva el río Uncín, la N-632 y la línea de ferrocarril de Feve, haciendo pequeño al viaducto paralelo de la carretera nacional. Con una pendiente del 3,80% y un radio mínimo de 825 metros, el trazado en planta se desarrolla mediante curva y contracurva. A su salida se sitúa el enlace que conduce a las localidades de Lamuño y Salamir.

El viaducto está formado por un tablero de 22,80 metros de anchura que alberga las dos calzadas de la autovía. Se apoya en dos estribos y en 16 pilas, la mayor de las cuales alcanza los 103 metros de altura sobre el fondo del valle, generando una altura de rasante de 107 metros, lo que lo convierte en la estructura de carretera más alta de la A-8 y de Asturias. Sus 17 vanos tienen una luz variable, siendo la máxima de 75 metros.

## Pilas

El terreno donde se alza el viaducto presenta una gran complejidad derivada de una geología dispar y de la presencia de zonas inundables, lo que ha condicionado las distintas técnicas constructivas tanto de la cimentación como de la ejecución de pilas y estribos. Así, la cimentación del estribo 2 y de las pilas

*Arriba, colocación de dovelas mediante la cimbra autolanzable. Página opuesta, ejecución de pila mediante encofrado autotrepante y carro portaencofrados.*

## Un tramo complejo

El tramo Las Dueñas-Muros del Nalón, donde se inserta el viaducto de la Concha de Artedo, ha sido uno de los técnicamente más complicados y de mayor presupuesto de toda la autovía del Cantábrico. Su trazado, de 8,3 kilómetros de longitud, discurre en buena parte por estructuras singulares pues en el mismo se han construido cinco viaductos (Concha de Artedo, Santa Ana, San Juan, Piñera y Santa Olaya) y dos túneles dobles (Somao y San Juan). Desde su apertura, el nuevo trazado ha mejorado las condiciones de circulación, hasta marzo pasado realizada por la carretera N-632 –de trazado sinuoso y con varias intersecciones con los accesos a los núcleo costeros–, captando los tráficos de largo recorrido que circulan por la autovía del Cantábrico en los concejos de Cudillero y Pravia y mejorando la seguridad vial y los tiempos de desplazamiento.





12 a 16 es directa, mediante zapatas apoyadas sobre la roca. Por contra, la cimentación de las pilas 5 a 10 es indirecta, formada por pilotes de hormigón armado (16 en cada cimentación) hincados a una profundidad de hasta 43 metros. También es indirecta la cimentación del estribo 1 y de las pilas 1 a 3, constituidas por pilotes de 2 metros de diámetro. Finalmente, las pilas 4 y 11 tienen cimentación mixta, combinando el apoyo directo con el empleo de micropilotes.

Las pilas son de hormigón armado, de sección rectangular y huecas. El ancho de su sección es constante (8,5 metros), pero varía desde los 8,9 metros en la base hasta los 5,50 metros en el capitel. Se han construido por tramos de 5 metros de altura mediante encofrados trepantes. Para el suministro de materiales a las pilas centrales (las más altas) se emplearon grúas-torre ancladas a la pila, que iban «trepando» a la vez que se ejecutaba la misma.

*La geometría especial del viaducto no permite dos dovelas iguales, por lo que se han fabricado adosando cada pieza al molde de la contigua*

Con 103,3 metros, la pila más alta del viaducto de la Concha de Artedo es la novena en sentido oeste-este. Sobre la misma, al igual que sobre las demás, se dispuso la dovela 0, de 3,70 metros de altura, así como una capa de neopreno de unos 40 centímetros y una lengua de aglomerado asfáltico.

Los estribos están formados por un muro de suelo reforzado posterior que contiene las tierras del trasdós y, frontalmente, por dos pantallas que reciben las reacciones del tablero. Estas pantallas reciben los aparatos de apoyo del tablero y sobre las mismas se inserta un espaldón prefabricado.

## Tablero

El tablero es de hormigón postesado. Se ha construido mediante dovelas conjugadas prefabricadas en central, que fueron colocadas con cimbra superior autolanzable por el método de avance en voladizos sucesivos. Este sistema constructivo tiene dos grandes ven tajas: minimiza la afección en el entorno y acorta los plazos de ejecución.




Las 599 dovelas que forman el núcleo del tablero se fabricaron en un parque instalado junto a los tajos de la autovía, en el núcleo de El Rellayo. Pesan entre 57 y 75 toneladas y tienen entre 2 y 2,19 metros de longitud, 3,70 metros de canto y 10,70 metros de ancho. Dada la geometría del viaducto, en pendiente y con una curva y contracurva, no hay dos dovelas iguales. Por esta razón, además de prefabricadas, se construyeron conjugadas: cada dovela se ha generado adosando el molde a la dovela precedente para que así haga de tope y el ensamblaje sea perfecto con la contigua. Las dovelas 0, que se sitúan encima de cada pila, soportan una mayor tensión, por lo que su estructura se ha reforzado. Hay que tener en cuenta que un pequeño error en la geometría de una de estas piezas podría desviar en varios grados el avance del viaducto hasta llevarlo fuera del alcance de las pilas que les espera.

En los momentos de mayor actividad en la construcción, la fabricación de dovelas se completó acelerando el secado de cada pieza. Por el día se hormigonaban los moldes y por la noche se aplicaban baños de vapor que agilizaban el proceso químico del curado para obtener dos dovelas al día. Una vez que la pieza adquiría la consistencia deseada, se trasladaba al viaducto para su izado mediante grúas.

Para su posicionamiento definitivo se utilizó una cimbra autolanzable o lanzador de dovelas, de 500 toneladas de peso y 115 metros de longitud, un tamaño imprescindible para salvar luces de hasta 75 metros, que es la distancia óptima para viaductos ejecutados sobre pilas. El lanzador recibe la dovela y la carga en una grúa que se desplaza al frente de avance para colocarla en el lugar preciso. Primero se sitúa y se encaja la dovela 0 sobre la pila –es la dovela más fornida, la que asume la presión de las de-

## Medidas medioambientales

El proyecto de construcción del viaducto de la Concha de Artedo ha sido muy exigente en el capítulo del impacto ambiental. Uno de los principales condicionantes del proyecto ha sido el de provocar el menor daño posible al medio físico, a la vez que propiciar la máxima integración de la estructura en un paraje de gran valor natural. En este sentido, se han tenido en cuenta todas las reposiciones de servicios y caminos existentes, se han llevado a cabo la restauración de taludes, la instalación de pantallas acústicas, los pasos de fauna, plantaciones y todas las medidas correctoras necesarias para respetar el entorno. Destaca, como medida de protección singular, la captura y traslado de los anfibios autóctonos de la zona (ranas, tritones y salamandras, entre otros) a un entorno protegido durante la ejecución de los trabajos y su posterior devolución a su hábitat natural una vez finalizada la obra.



*Página opuesta, dovelas transportadas por la cimbra previamente a su colocación. En esta página, arriba, ejecución de los primeros vanos del tablero; debajo, uno de los estribos en fase de construcción.*

más– y a ambos lados se adosan sucesivamente el resto de las piezas hasta completar una configuración del tablero en T, que enlaza con la T precedente para completar un vano. Para fijar la unión entre las dovelas se atornillan con bulones y se proyecta una resina especial en los intersticios.

Una vez finalizado el núcleo central, el tablero se amplió hasta los 22,80 metros de ancho mediante hormigonado *in situ* de los voladizos laterales, empleando un carro portaencofrados para el hormigonado de la losa de estos. Los voladizos van apoyados –cada dos dovelas mediante un jabalcón prefabricado de hormigón armado– al tacón inferior del cajón.



El sistema constructivo utilizado en la ejecución del tablero ha permitido simultanear buena parte de los trabajos, ya que, una vez avanzado el núcleo central, fue posible ampliar la estructura por los extremos hasta generar su anchura definitiva, un sistema que ha permitido rendimientos de ejecución de dos semanas para vanos de 75 metros.

Para la construcción del víaducto también ha sido necesaria la puesta en obra de 4.500 metros cúbicos de hormigón de la losa del tablero de un carro portaenconfrados, un trabajo que se compatibilizó con la construcción de los voladizos de hormigón.

## Dificultades

La construcción del viaducto de la Concha de Artedo, una obra que ha movido importantes volúmenes de hormigón y acero, no ha estado exenta de dificultades. El fuerte viento que se suele registrar en la zona condicionó la ejecución de los trabajos. En ocasiones se llegaron a registrar mediciones en la velocidad del viento de hasta 90 kilómetros por hora, lo que obligó a interrumpir la actividad de los operarios en varias ocasiones.

Otra complicación añadida, sobre todo en la fase de cimentación, fue lo accidentado del terreno y su



*Fase final de la construcción del tablero, con la cimbra autolanzable situada sobre los últimos vanos.*

diferente composición. Esta alternancia de materiales en el suelo dificulta que los sondeos en las fases de estudio informativo y de proyecto alcancen un grado de seguridad suficiente para que luego no surjan sorpresas durante la ejecución, lo que obliga a dedicar tiempo y recursos para que los informes geotécnicos sean lo más detallados posible.

La seguridad ha sido un aspecto decisivo en la obra, dado que buena parte de los trabajos se ha llevado a cabo a más de 100 metros de altura. Para garantizar la protección de las decenas de operarios que han participado en la obra se activó un exigente plan de seguridad, que incluía medidas de cumplimiento muy estricto. Incluso existía un plan de emergencia que contemplaba como medida excepcional la evacuación con helicóptero en caso de accidente, motivo por el que se informó y se facilitaron las coordenadas de la obra al servicio 112, además de disponer a pie de obra de una ambulancia con su dotación habitual durante las 24 horas del día mientras duraron las obras.

Para la prueba de carga de la estructura se emplearon un total de 24 camiones, con un peso de 40 toneladas cada uno. Los camiones fueron distribuidos sobre el tablero del viaducto en diferentes posiciones para reproducir los estados de carga más desfavorables que podrían surgir durante la vida útil de la estructura.

## Beneficios

La principal aportación del viaducto ha sido la mejora de la seguridad vial en la zona, al desviar hacia la autovía la circulación de la carretera N-632 y evitar al conductor enlaces tan conflictivos como el de El Rellayo, además de acortar tanto el recorrido como el tiempo de desplazamiento: el trayecto entre la rotonda de Las Dueñas y el acceso a Lamuño y Salamir, que era de 5,2 kilómetros por la carretera nacional, se ha reducido a casi 3,2 kilómetros, que se recorren por la nueva autovía en menos de dos minutos a la velocidad máxima recomendada, que en este tramo es de 100 km/h. Los elementos de protección instalados en los laterales del viaducto reducen riesgos como los derivados del fuerte viento.

Curiosamente, la construcción del viaducto de la Concha de Artedo no estaba prevista en el proyecto inicial de la A-8. La idea original del Ministerio de Fomento era levantar una nueva estructura que albergara una calzada de la autovía y utilizar el viaducto existente para la otra calzada. Sin embargo, finalmente se optó por una alternativa que incluía el enlace de Cudillero al nivel de la rasa costera, y no en trinchera, como estaba previsto en el diseño inicial, con un viaducto de cuatro carriles, que es el que finalmente se ha construido.◀

Revista del Ministerio de

# Fomento







# TRENES HISTÓRICOS Y TURÍSTICOS EN ESPAÑA

*Monográfico julio-agosto 2012*











GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

RESERVE SU EJEMPLAR EN TELF.: 91 597 6478 / 6449
Por fax: 91 597 61 86 (24 horas).
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es



## VIADUCTO DE TENOYA

# GIGANTE GRANCANARIO



El archipiélago canario es tierra pródiga en notables viaductos de carretera. El último en sumarse a una larga lista de estructuras singulares es el viaducto que se construye en Tenoya como parte de la fase IV de la autovía de circunvalación de Las Palmas de Gran Canaria (GC-3). Esta espectacular estructura salva un profundo barranco con una altura máxima de pilas de 113 metros, lo que sitúa al gigante de Tenoya como uno de los viaductos más elevados de España. Su finalización está prevista para el próximo mes de diciembre.



JAVIER R. VENTOSA
FOTOS: UTE IV CIRCUNVALACIÓN

La orografía volcánica de Gran Canaria, con zonas montañosas y numerosos barrancos, ha condicionado históricamente las comunicaciones de la isla. La red de carreteras insular ha tenido que sortear este abrupto relieve mediante un buen número de túneles, puentes y altos viaductos. Entre los más recientes destacan el viaducto de Silva sobre el barranco del Calabozo en la autovía GC-2, con pilas de 102 metros de altura –la primera estructura data de 1979 y en 2011 se inauguró otra casi gemela dentro de las obras de duplicación de la carretera-; el viaducto de Guiniguada en la autovía GC-3, en servicio desde 2003, con pilas de hasta 100 metros; o el viaducto atirantado de Teror en la GC-1, inaugurado en 2010, de 74 metros de altura. Todos ellos han sido ya superados en altura por la estructura que actualmente se ultima en Tenoya en la autovía GC-3. Su pila mayor, de 113 metros, lo convierte en el viaducto con mayor altura de pilas de la isla y del archipiélago canario, y en uno de los mayores de España.

El viaducto de Tenoya es el elemento más emblemático de la fase IV (Tamaraceite-Tenoya-Arucas-Costa) de la autovía de circunvalación de Las Palmas de Gran Canaria (GC-3), que cerrará esta infraestructura de gran capacidad, cuya ejecución se enmarca en el vigente convenio de colaboración en materia de carreteras entre el Gobierno autó-





nomo de Canarias y el Ministerio de Fomento. El tramo discurre al noroeste de la capital insular, atravesando una zona de barrancos y barranquillos, lo que ha obligado a construir hasta ocho viaductos y un túnel para insertar la traza en esta zona. Cuando entre en servicio, los automovilistas olvidarán el actual trazado sinuoso por la zona, acortando sustancialmente los tiempos de desplazamiento y mejorando la seguridad vial.

Este espectacular viaducto, que es un buen exponente de la construcción de grandes estructuras en España en el siglo XXI, fue proyectado por la consultora de ingeniería Eipsa y su ejecución, junto a la del resto del tramo, fue adjudicada en noviembre de 2007 por la Consejería de Obras Públicas del Gobierno canario a una UTE formada por Acciona Infraestructuras, Lopesan y Espino Flores S.L. El importe de adjudicación del tramo ascendió a 91,1 M€.

## El proyecto

La traza de la autovía, al inicio del tramo, debe salvar el barranco de Tenoya, un obstáculo geográfico que separa las localidades de Tenoya y Lomo Grande, encaramadas sobre la cima de las dos laderas enfrentadas, y en cuyo fondo discurren las carreteras locales GC-300 y GC-301. La amplitud del valle a salvar, la gran exposición visual y la importancia paisajística del entorno condicionaron tanto la altura de pilas como la magnitud de las luces y la elección de la tipología, geometría y proceso constructivo del viaducto. Para disminuir al mínimo la afección al barranco se eligió una solución con tablero único de hormigón pretensado, construido por avance en voladizos sucesivos en su núcleo central y con jabalcones y prelosas en los voladizos laterales.

*La amplitud del valle a salvar y el valor paisajístico del entorno condicionaron tanto la altura de pilas como la magnitud de las luces del viaducto*

Dada la profundidad del barranco se proyectó una estructura a una altura máxima de más de 100 metros sobre el fondo del mismo. El viaducto se diseñó con grandes luces, repartidas en tres vanos centrales de 124 metros cada uno y en dos vanos extremos de 78 metros, para una longitud total de 528 metros, adecuados a la altura de la rasante sobre el terreno. El trazado es curvo en



*Página opuesta, vista lateral de las pilas del viaducto y secciones de jabalcones montadas para ampliar el tablero. Arriba, tablero montado sobre las pilas 3 y 4.*

planta con un radio de 1.500 metros y el resto en clotoide de parámetro 535 metros. En alzado, el trazado está en un acuerdo vertical de Kv=25.000.

La altura de las cuatro pilas que sustentan la estructura (113, 79, 54 y 54 metros) motivó también la elección de un tablero único de 26,60 metros de anchura, que albergará dos carriles más uno de ampliación por sentido. La solución de tablero único aporta grandes ventajas desde el punto de vista estético, económico y de plazo de ejecución. En efecto, al disponerse menos pilas se consigue un menor plazo de ejecución, no solo en la construcción de las pilas sino también en la construcción del tablero. También se ahorra de forma notable en materiales, puesto que las pilas altas consumen gran parte de sus necesidades de material en sostenerse a sí mismas.

## Medios humanos y materiales

El viaducto de Tenoya está requiriendo para su construcción de notables medios humanos y materiales para hacer frente a un importante volumen de trabajo. Cerca de 200 personas por día, entre mano de obra directa, indirecta, encargados e ingenieros, incluidos algunos especialistas venidos del extranjero, han participado o participan en las jornadas donde se concentra el mayor ritmo de ejecución de la obra. Respecto a los medios auxiliares, se han empleado equipos especialmente diseñados para este viaducto (los carros de encofrado) y otros especializados en grandes estructuras, como camiones grúa con plumas de 26 y 38 metros, grúas torre de altura de 124 y 75 metros, autogrúas de hasta 300 toneladas, elevadores telescópicos, ascensores de obra de hasta 90 metros para las pilas 2 y 3, carros de avance del tablero por voladizos sucesivos y maquinaria especial de pretensado, entre otros.

## Los elementos

Los principales elementos que conforman el viaducto de Tenoya tienen las siguientes características:

**Estribos.** Este elemento tiene una doble misión: por un lado, constituir el apoyo extremo del tablero para permitir las deformaciones impuestas por temperatura, fluencia y retracción, y por otro, conformar una estructura de contención que soporte los empujes de las tierras del terraplén de acceso y controle el derrame de tierras. Los dos estribos del viaducto de Tenoya son de tipología cerrada y escalonados, conformados por un muro frontal, el estribo propiamente dicho, un murete de guarda y una lo-



sa de transición. El estribo más alto, el E1, tiene una altura máxima de 13,8 metros. Su cimentación es directa. Ambos estribos son visitables para permitir el acceso al interior del tablero con objeto de realizar operaciones de inspección y conservación.

**Pilas.** Las cuatro pilas que soportan la estructura, de diferentes alturas, son de sección rectangular hueca de hormigón armado. Los paramentos frontales y laterales de las pilas se dividen en tres planos distintos y retranqueados entre sí, con objeto de aligerar su visión y dotar a las pilas de mayor rigidez. Las pilas exteriores (1 y 4), de 54 metros de altura, son de dimensiones constantes, con 5,00 metros de canto por 7,00 metros de ancho; las dos pilas centrales (2 y 3), con alturas respectivas de 79 y 113 metros, mantienen la misma sección que la 1 y la 4 en la mitad alta, para luego variar en las dos direcciones según un círculo de radio 800 metros, a la vez que se proporciona a estas de las dimensiones necesarias para resistir los esfuerzos a los que se ven sometidas.

El tablero está empotrado monolíticamente a las pilas 2 y 3, y se apoya en aparatos de neopreno zunchado en las pilas 1 y 4, debido a que la rigidez de estas últimas generaría unos esfuerzos excesivos para absorber las deformaciones reológicas y de temperatura del tablero. Sin embargo, la visión lateral de ambos casos es prácticamente la misma, puesto que en sus últimos metros las caras de la pila se abren transversalmente para recoger los paramentos inclinados de la sección de tablero, monolíticamente en las pilas 2 3 y como un tape exento en las pilas 1 y 4, en las que durante el avance en voladizo el tablero se empotra provisionalmente mediante tendones de pretensado vertical.



*Ejecución de jabalcones y dovela 0 coronando una de las pilas del viaducto.*

**Tablero.** La plataforma del viaducto se diseñó originalmente incluyendo una futura ampliación de la autovía a tres carriles (dos carriles más uno de ampliación). De este modo se obtiene un ancho de tablero de 26,60 metros, descompuestos en cada sentido por tres carriles de 3,50 metros de anchura, arcenes de 1,00 metro a ambos lados de cada calzada y una barrera central de 0,61 metros.





*Dos fases del avance del tablero, con la configuración en forma de T arriba y el vano ya construido debajo.*

Como tipología, el tablero sobre el que se dispondrá la futura calzada es una viga continua de hormigón pretensado de sección cajón monocelular con voladizos laterales. La sección transversal del tablero incluye un cajón central de 9,00 metros y voladizos de 8,80 metros, que están apoyados sobre jabalcones puntuales prefabricados de hormigón armado dispuestos cada 4,00 metros en sentido longitudinal y sobre prelosas nervadas. El cajón tiene un canto parabólico variable desde un máximo de 7,00 metros en el paramento de pila hasta un mínimo de 3,30 metros a una distancia de 44 metros desde el eje de la pila, para luego mantenerse constante en el resto del vano. Las almas son inclinadas y tienen espesor constante de 0,60 metros. El espesor de la losa inferior es variable de 1,20 metros sobre pilas a 0,27 metros en la zona de centros de vanos.

Los jabalcones que sustentan los voladizos están formados por un puntal inclinado y una viga superior que da apoyo a las prelosas prefabricadas sobre las que se hormigona el voladizo de la sección. Todos los jabalcones apoyan a la misma profundidad en unos tacos que salen de las almas del tablero coincidiendo con la losa inferior en la zona de canto mínimo en centros de vanos. Esta disposición hace necesaria la colocación de rigidizadores transversales interiores de hormigón en las zonas de mayor canto del tablero, en las que el apoyo del jabalcón podría generar flexión local en las almas.

## Medidas medioambientales

- Como en toda obra de ingeniería, la ejecución del viaducto de Tenoya lleva aparejada la puesta en marcha de diversas medidas medioambientales destinadas a minimizar el impacto de la actuación en el entorno. Entre ellas figuran las siguientes:
- Trasplante de especies vegetales afectadas por el movimiento de tierras realizado en los apoyos de la estructura.
- Restitución y encauzamiento de la vaguada del barranco que cruza el viaducto mediante la construcción de márgenes de escollera y protección especial con escollera hormigonada a su paso por la base de la pila 3 de la estructura.
- Protección en el talud situado bajo la pila 4, a través de un muro de escollera en la cara exterior de la zapata, apoyando en la berma existente bajo la misma, con el fin de mejorar la condición de borde y restaurar el talud excavado.
- Gestión de los residuos inertes y peligrosos que se hayan generado durante la construcción del viaducto.



## La prueba de carga

La finalización de una estructura viene siempre seguida de la prueba de carga, consistente en la reproducción de uno o varios estados de carga sobre la misma para confirmar que su comportamiento se ajusta a las previsiones del proyecto y, por tanto, puede entrar en servicio. En el viaducto de Tenoya, esta prueba, aún no realizada, consistirá en un ensayo estático a realizar mediante la disposición de un máximo de 48 camiones de 330 KN cargados sobre el tablero. En total, serán 12 las fases de puesta en carga del viaducto, estableciendo para cada una de ellas un número de camiones a ocupar en los distintos vanos del tablero, incluyendo entre estas otras fases de carga excéntrica en cada vano. Así, en las primeras siete fases se dispondrán simultáneamente 16 o 24 camiones en un vano y 24 o 16 en el contiguo, probando todos los vanos, mientras que en la fase de carga excéntrica se situarán entre 12 y 18 camiones por vano. Con la prueba se miden mediante diverso instrumental los descensos verticales del tablero –tanto en los centros de los vanos como en los apoyos– producidos por las cargas, con medidas antes y después de la entrada de los vehículos para determinar la flecha existente, cuya magnitud se prevé escasa.

## Proceso constructivo

El proceso de ejecución del viaducto, realizado por fases consecutivas, se inició a principios de 2010 con las primeras actuaciones de cimentación de los estribos y las pilas, los dos elementos que sustentan el tablero. En el caso de las cuatro pilas, la cimentación ha sido directa mediante zapatas (alejadas de las zonas con mayor desnivel), habiéndose dispuesto una cimentación semiprofunda en la pila 3, enterrada a 13 metros de profundidad. En la zapata de esta pila, enclavada en terrenos sulfatados que suponían un grado moderado de ataque sobre el hormigón, se empleó hormigón del tipo Qb, resistente a una exposición química agresiva media. Asimismo, la base de esta pila, situada en el curso del cauce del barranco, se rodeó de escolleras para proteger al hormigón del posible contacto con las aguas de escorrentía del barranco.

Finalizada la cimentación arrancó el alzado de estribos y pilas, un proceso iniciado con el estribo 1 y la pila 1 y seguido, meses después, con las pilas 2 y 4. La pila 3, la más elevada, fue la última en iniciar su construcción, en abril de 2011, y la última, por tanto, en terminarse, mientras que el estribo 2 fue el último elemento de apoyo en construirse. La ejecu-

*Arriba, un momento del avance del tablero visto desde la parte inferior del mismo. Página opuesta, ejecución de la pila 2, vista de la sección del tablero e interior del núcleo del tablero.*



grúa de gran altura colocó sobre sus respectivas cabezas el encofrado de la dovela 0, elemento de unión entre pila y tablero, que es el punto de partida para la ejecución de los vanos que formarán el tablero. Esta dovela, anclada a la pila mediante cordones de tesado vertical, tiene 8,80 metros de longitud. La pila 3, nuevamente, fue la última en recibir sobre su cabeza la dovela 0, ya a mediados de 2012.

El proceso constructivo de la sección del tablero se desarrolla en dos fases: la primera corresponde al núcleo central, con una anchura de 14,10 metros, que ya está finalizada; y la segunda está configurada por los voladizos laterales de 6,25 metros apoyados sobre jabalcones, con los que se completa la anchura total del tablero, actualmente en fase de ejecución. Son dos fases que se construyen de forma consecutiva, requiriéndose para el inicio de la segunda que todo el núcleo o una parte del mismo esté terminado.

En el núcleo central se han alternado dos sistemas constructivos. Los vanos centrales (2, 3 y 4) se han





ción de las pilas se ha realizado por medio de distintos sistemas constructivos, que garantizan por igual la seguridad y la rapidez en la construcción: las pilas 1 y 4 se han ejecutado mediante enconfrado trepante, un sistema basado en guías fijadas a la estructura con anclajes recuperables que sustentan plataformas de trabajo donde se sitúan los encofrados verticales; las pilas 2 y 3, de mayor altura, se han ejecutado con el sistema de encofrado autotrepante, mediante el cual el encofrado trepa sobre la pila mediante gatos hidráulicos, permitiendo las labores de hormigonado.

Una vez acabadas las pilas 1, 4 y 2, entre octubre de 2010 y abril de 2011, y tras realizarse el tesado del pretensado vertical provisional de las pilas 1 y 4, una

ejecutado por el sistema de avance en voladizo con dovelas hormigonadas *in situ*, utilizando para ello carros de avance de 140 toneladas de peso y una capacidad de carga de 400 toneladas. Mediante este sistema, dos carros especiales parten de la dovela 0 de cada pila y avanzan simultáneamente hacia el centro de los vanos para colocar de forma alternativa a cada lado una nueva dovela, configurando una T. En ambos casos, a medida que se construían parejas de dovelas se procedió a la primera operación de pretensado del tablero (recto superior), destinado a aumentar la resistencia a tracción del hormigón, mediante el tesado de los tendones incluidos en su interior.En total, cada semivano está formado por 14 dovelas.



En los vanos extremos (1 y 5), los 14,40 metros más próximos a los estribos se han construido sobre una cimbra especial apoyada en torres metálicas que permiten disponerla en voladizo y que se cimientan en la parte superior de la ladera, evitando grandes movimientos de tierras que amenacen la estabilidad del estribo. Las dovelas de cierre de estos vanos se han hormigonado posteriormente arriostrando el tablero del semivano en voladizo a la zona cimbrada por medio de la estructura del carro de avance.

La construcción de los cinco vanos que conforman el núcleo del tablero concluyó en noviembre de 2012 con la ejecución de la cuarta y última dovela de cierre, la que unía los vanos 3 y 4, momento en el que ya fue posible cruzar a pie desde un lado al otro los 528 metros que mide el viaducto. Una vez construidas las dovelas de cierre se realizó el pretensado inferior de continuidad, con el que concluyeron las operaciones de tesado interior de la estructura.

## Magnitudes de obra

| | |
|---|---|
| Movimiento de tierras | 80.898 m³ |
| Desmonte en estribos | 7.074 m³ |
| Desmonte en pilas | 73.824 m³ |
| Hormigón | 24.625 m³ |
| Estribos (HA-30) | 2.421 m³ |
| Pilas (HA-30) | 11.911 m³ |
| Tablero (HP-45) | 10.293 m³ |
| Acero pasivo | 4.133.362 kg |
| Estribos | 153.360 kg |
| Pilas | 2.006.789 kg |
| Tablero | 1.973.213 kg |
| Acero activo (para pretensado) | 636.850 kg |
| Pilas | 9.024 kg |
| Tablero | 627.826 kg |
| Jabalcones | 266 uds |
| Prelosas | 6.620 m² |

## Los trabajos pendientes

El pasado verano, antes de finalizar el núcleo del tablero, en los vanos ya terminados se inició la construcción de los voladizos laterales del tablero, fase actualmente en ejecución con la que se completará la sección transversal del tablero, que prevé la colocación de 266 jabalcones y las prelosas nervadas que van situadas entre estos. Paralelamente, en el interior del núcleo se están llevando a cabo trabajos relativos al pretensado exterior (tesado de los tendones interiores –inferiores y superiores–, construcción de tabiques desviadores del pretensado exterior y tabiques rigidizadores, colocación de tubos que alojarán los tendones del pretensado exterior).

Cuando finalice el hormigonado de la losa superior de los voladizos laterales y se realice el tesado de los tendones transversales de la misma, así como la construcción de los pretiles del tablero, se procederá a la puesta en tensión del pretensado exterior (exterior y transversal). Con esta acción la estructura quedará completada, a falta de las obras de acabado necesarias para la puesta en servicio del viaducto (impermeabilización y pavimentado del tablero, colocación de juntas de dilatación en los extremos, barreras, etc.).◀

*Los trabajos actuales en el viaducto de Tenoya se centran en la ampliación del tablero.*




**RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN**

*Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.*






PVP: 10 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es



## PUENTE DE LA CONSTITUCIÓN DE 1812

# EL COLOSO SE EXTIENDE



*Vista aérea del estado actual del puente, con las pilas y torres alzadas y el tablero empujado desde el lado Cádiz.*

El puente de la Constitución de 1812, que sobrevolará la bahía de Cádiz como parte del tercer acceso a la capital gaditana, afronta actualmente la fase definitiva de su construcción tras seis años de trabajos. El que está llamado a ser el puente de carretera más largo y de mayores luces de España, y que será sin duda el icono de la bahía gaditana, ha extendido ya más de medio kilómetro de su tablero sobre las 34 pilas y dos torres de atirantamiento construidas en el mar y en la tierra, dando una idea cada vez más precisa de cuál será su aspecto final.

R.F.

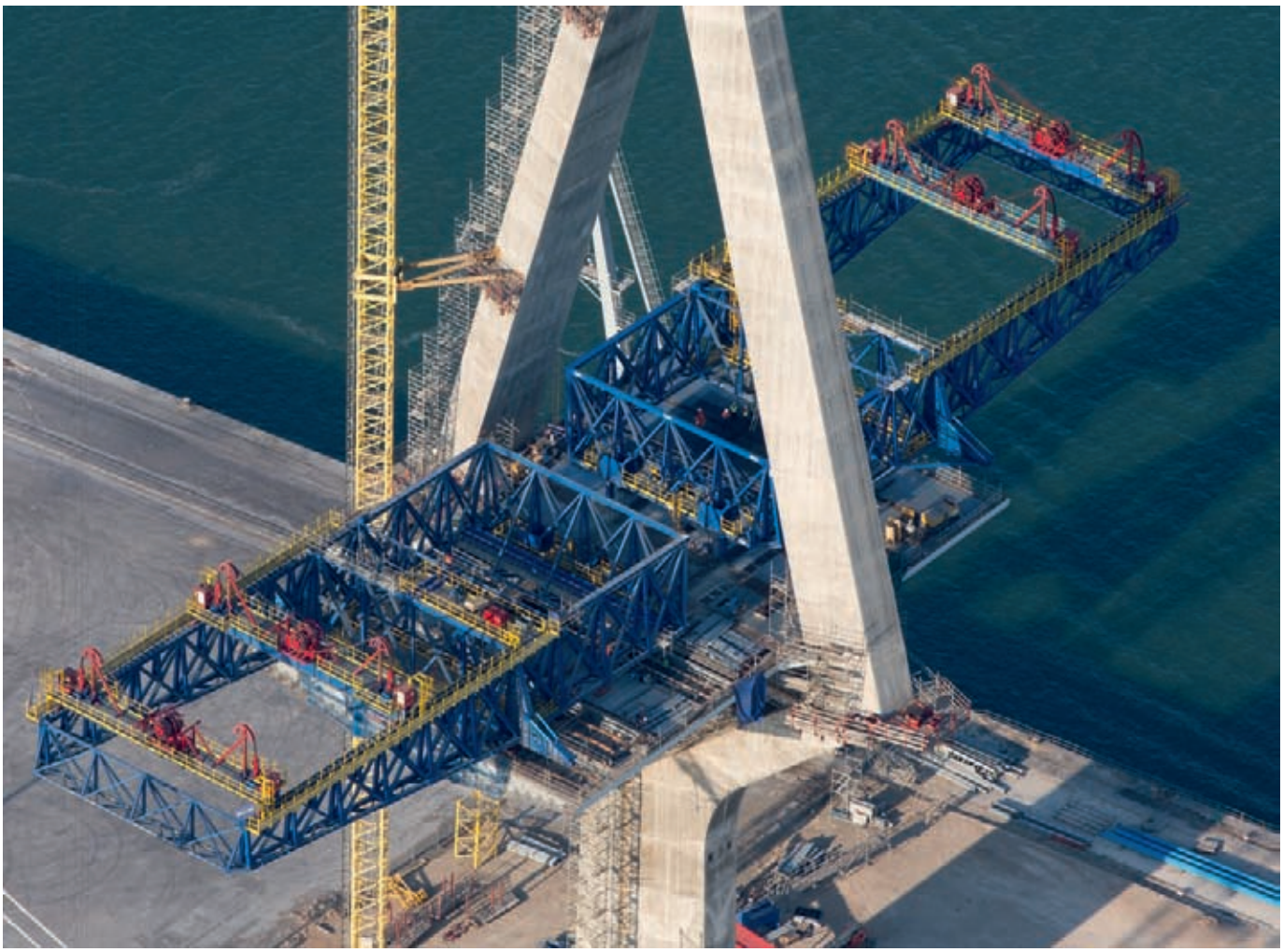
Fotos: DCE Andalucía Occidental

El Ministerio de Fomento está desarrollando en la bahía de Cádiz el nuevo esquema de accesos a la capital gaditana por la autovía CA-35, una actuación que pretende aliviar la intensa circulación existente en las dos entradas actuales a la ciudad –el puente José León de Carranza (N-443) y el corredor desde San Fernando (CA-33)–, con el objetivo de captar parte de los casi 50.000 vehículos/día que circulan por el mencionado puente, evitando las retenciones y ahorrando tiempo a los automovilistas. En el marco de este nuevo acceso, entre 2007 y 2008 se ejecutaron los dos primeros tramos, el carril reversible en el puente José León de Carranza y la duplicación de la N-443, estando actualmente en ejecución el tercer y último tramo de este esquema viario.

Este tercer tramo, cuya inversión global asciende a 346,1 M€, se desarrolla a lo largo de 5 kilómetros entre la barriada de la Paz (Cádiz) y Puerto Real, salvando entre medias las aguas de la bahía gaditana mediante un puente. Se trata de una gran infraestructura, una de las mayores obras de ingeniería que actualmente se construyen en España, que cambiará la imagen de la bahía gaditana y los hábitos de los conductores. El tramo se compone de cinco partes de tipologías dispares: el puente sobre la bahía, los enlaces de Cádiz y La Cabezuela en sus dos extremos, el viaducto de Río San Pedro y el enlace del mismo nombre. Todas estas actuaciones están en marcha, habiendo concluido la mayor parte de las correspondientes a la zona de Río San Pedro.

## Un puente singular

La estructura más sobresaliente de este gran tramo es el puente que salvará la bahía gaditana, bautizado como puente de la Constitución de 1812 en honor a la Carta Magna aprobada ese año en Cádiz, primera de la historia de España. Se trata de una estructura singular de más de 3 kilómetros de longitud que conectará la ciudad de Cádiz con el polígono industrial de La Cabezuela sobre las aguas mediante un tablero dispuesto entre dos estribos de hormigón armado y 36 pilas de distinto tipo (palmera, diamante y pórtico), ejecutadas tanto en tie-



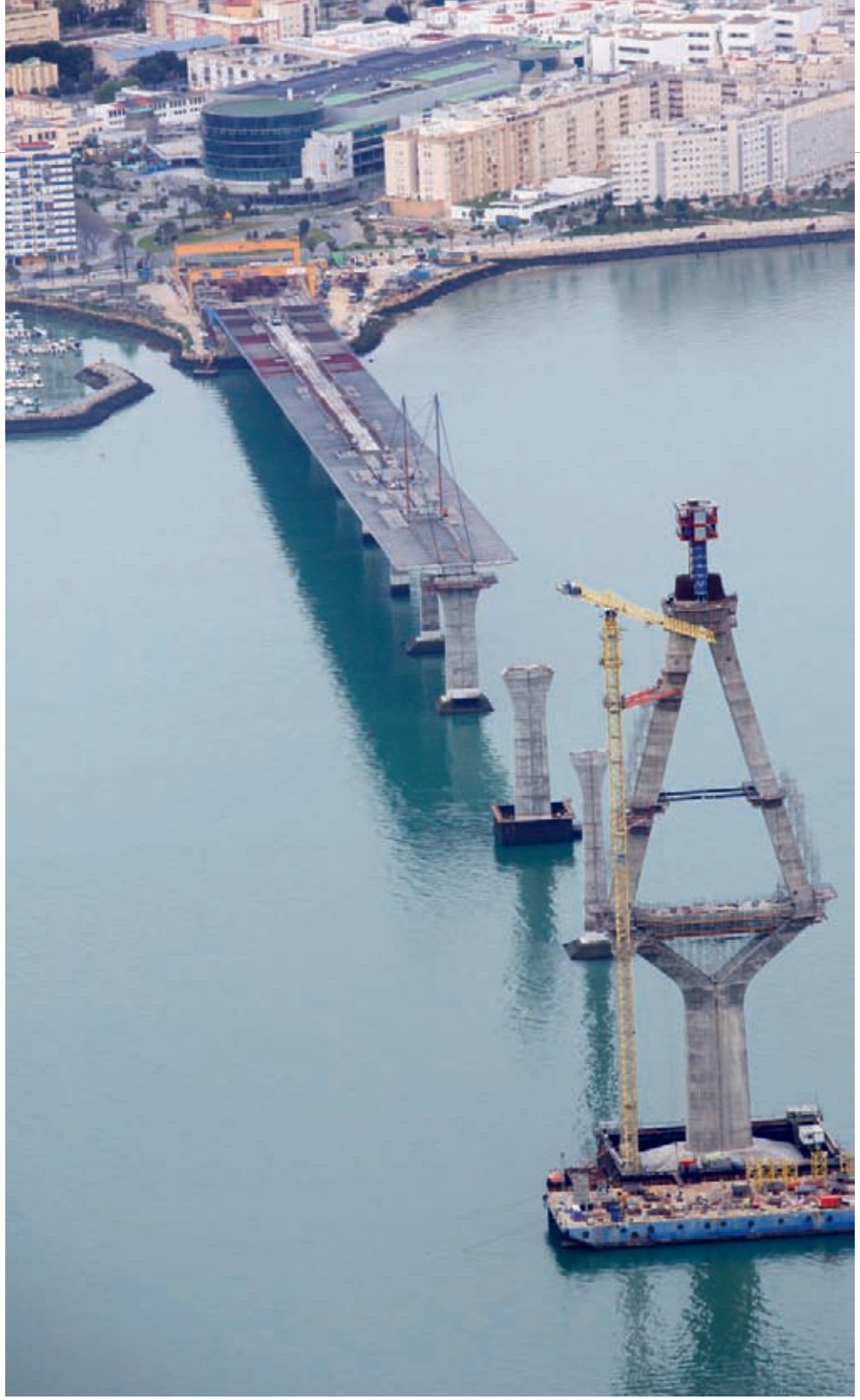
Los carros de izado, de 500 toneladas de peso cada uno, son estructuras singulares en sí mismas. En la imagen, carros de izado sobre la pila 13.

rra como en el lecho marino. El tablero albergará dos calzadas para tráfico rodado con cuatro carriles de circulación y una plataforma tranviaria.

El puente constituye todo un reto para la ingeniería civil por sus colosales dimensiones. Con 3.092 metros será, con mucha diferencia, el puente de carretera más largo de España y uno de los mayores del mundo. Su luz de 540 metros en el vano principal también será la mayor de España. Y el gálibo libre de 69 metros en el tramo atirantado hace de él uno de los puentes más altos del planeta, más que los de Nueva York o San Francisco o los de las grandes conexiones entre Suecia y Dinamarca (puente de Oresund) y los que unen las islas de Dinamarca entre sí (Gran Belt y Pequeño Belt). Otras magnitudes que reflejan su grandiosidad son las más de 50.000 toneladas de hormigón que pesa el tablero, los más de 180 metros que miden sus torres atirantadas o las dimensiones de las dovelas del tramo atirantado, sin precedentes en España.

En la construcción, desarrollada en un singular entorno marítimo-terrestre, con actuaciones en el mar y en tierra, se emplean las más avanzadas tecnologías de la ingeniería actual, tanto en la cimentación (todas las cimentaciones han sido profundas, mediante encepados sobre pilotes de 40 metros de profundidad), como en el alzado de las grandes torres de atirantamiento (ambas actuaciones, ya prácticamente finalizadas, han sido auténticos retos en sí mismos) y en la ejecución del tablero se emplean procedimientos constructivos de última generación y muy dispares en función de los distintos tramos. La enorme magnitud de la obra, además, requiere el empleo de medios de ejecución no convencionales (como la grúa que iza las dovelas del tramo atirantado, con un alcance de 200 metros de altura, los carros de izado de dovelas, de 500 toneladas de peso cada uno, o las plataformas marítimas para el izado de dovelas), algunos de ellos diseñados *ex profeso* para esta actuación, así como profesionales muy especializados.

Esta estructura ha sido proyectada por las consul-



*Tramo empujado desde el lado Cádiz, pilas del tramo desmontable y torre de atirantamiento.*

toras Ginprosa Ingeniería y Carlos Fernández Casado, que también ejercen las labores de asistencia técnica en la obra, y está siendo ejecutada por la UTE Puente de Cádiz (Dragados-Drace),estructuras metálicas fabricadas por Tecade y bajo la administración del Ministerio de Fomento. La inversión prevista en el puente supera los 200 M€, lo que supone la mayor parte de la inversión total del tercer tramo del nuevo acceso a Cádiz. Actualmente está ejecutado más del 80% del mismo.

## Los tramos del puente

El tablero del puente se divide en cuatro tramos con características diferentes de pilas, altura y plataforma, cada uno de los cuales implica diferentes técnicas constructivas y un ritmo de ejecución propio. Actualmente se trabaja en tres tramos del tablero y el cuarto está listo para su montaje. A continuación se detallan sus principales características y el estado de ejecución de cada uno de ellos.

◆ **Tramo de acceso a Cádiz**. Se trata de una estructura con tablero mixto hormigón-acero, de 581,3 metros de longitud repartidos en ocho vanos (1x56,3 metros + 7x75 metros), con una pendiente del 5%, que arranca en un estribo cerrado al inicio del tramo, en el lado Cádiz, y se apoya en ocho pilas ubicadas dentro de la bahía (una de ellas, la 2, ejecutada en una península artificial, el resto en el agua). La sección transversal tiene 3 metros de canto y ancho variable en los dos primeros vanos de 36,7 a 33,2 metros, siendo en el resto constante de 33,2 metros. La estructura metálica del tablero, fabricada en unos talleres de Asturias, se transportó por piezas a una península artificial en la orilla de Cádiz donde se encuentra el parque de empuje.

El tablero se ha colocado sobre las pilas mediante el sistema de lanzamiento o empuje con torre de atirantamiento –salvo el primer vano, izado con grúa–, consistente en construir la estructura en tierra y lanzarla en fases consecutivas desde el extremo situado junto al estribo 1. Así, una vez avanzado el primer vano sobre el mar y liberado el espacio que ocupaba, se sueldan en la península artificial las siguientes dovelas del vano contiguo, que es empujado nuevamente, y así sucesivamente la estructura avanza buscando su destino en el tramo contiguo desmontable. El peso total a empujar es de 11.300 toneladas, de las cuales 9.100 son estructura metálica y el resto de losa de hormigón. El empuje es realizado con gatos hidráulicos capaces de soportar una fuer-

za máxima de empuje de 1.000 toneladas y con ayuda de balancines dispuestos en las pilas –definitivas y auxiliares–, equipadas con almohadillas de neoprenoteflón que facilitan el deslizamiento del tablero.

Un control topográfico de precisión por medio de antenas GPS dispuestas a lo largo del tablero se encarga de monitorizar el proceso de lanzamiento. Las antenas están conectadas a un sistema informático que realiza lecturas cada segundo y que compara los resultados obtenidos con los cálculos teóricos, reportando incidencias en caso de que se detecten desviaciones. También se controlan las deformaciones en las cabezas de las pilas sobre las que el tablero se apoya para detectar si la fuerza de lanzamiento se distribuye equitativamente entre todas ellas.

El 12 de septiembre de 2011 arrancó el empuje del tablero de este tramo. Desde esta fecha se han realizado las nueve fases previstas, siendo las longitudes empujadas en cada una de ellas de 38,1, 36,8, 25, las cinco siguientes de 75 y la última fase de 66,1 metros, todas ellas salvo la primera, con torre de atirantamiento. La longitud total de tablero empujado ha sido de 541,1 metros, con una cota de empuje de 150 milímetros por encima de la cota definitiva de la rasante del tablero.

Como datos relevantes del proceso de empuje, que hablan de la buena ejecución del mismo. el rozamiento medio de las distintas fases ha sido del 2,7%, la velocidad de lanzamiento medio en las fases tipo fue de 6 metros por hora y los valores reales tanto de reacciones como de flechas medidas se han aproximado en un 94% de media en las fases tipo a los valores teóricos previstos.

◆ **Tramo desmontable.** Originalmente un puente basculante en el proyecto, la presencia de este puente responde a una petición de la empresa de construcciones navales Navantia para permitir el paso de buques procedentes de su astillero de Puerto Real de más de 69 metros de altura, máximo posible a cruzar bajo el puente principal.

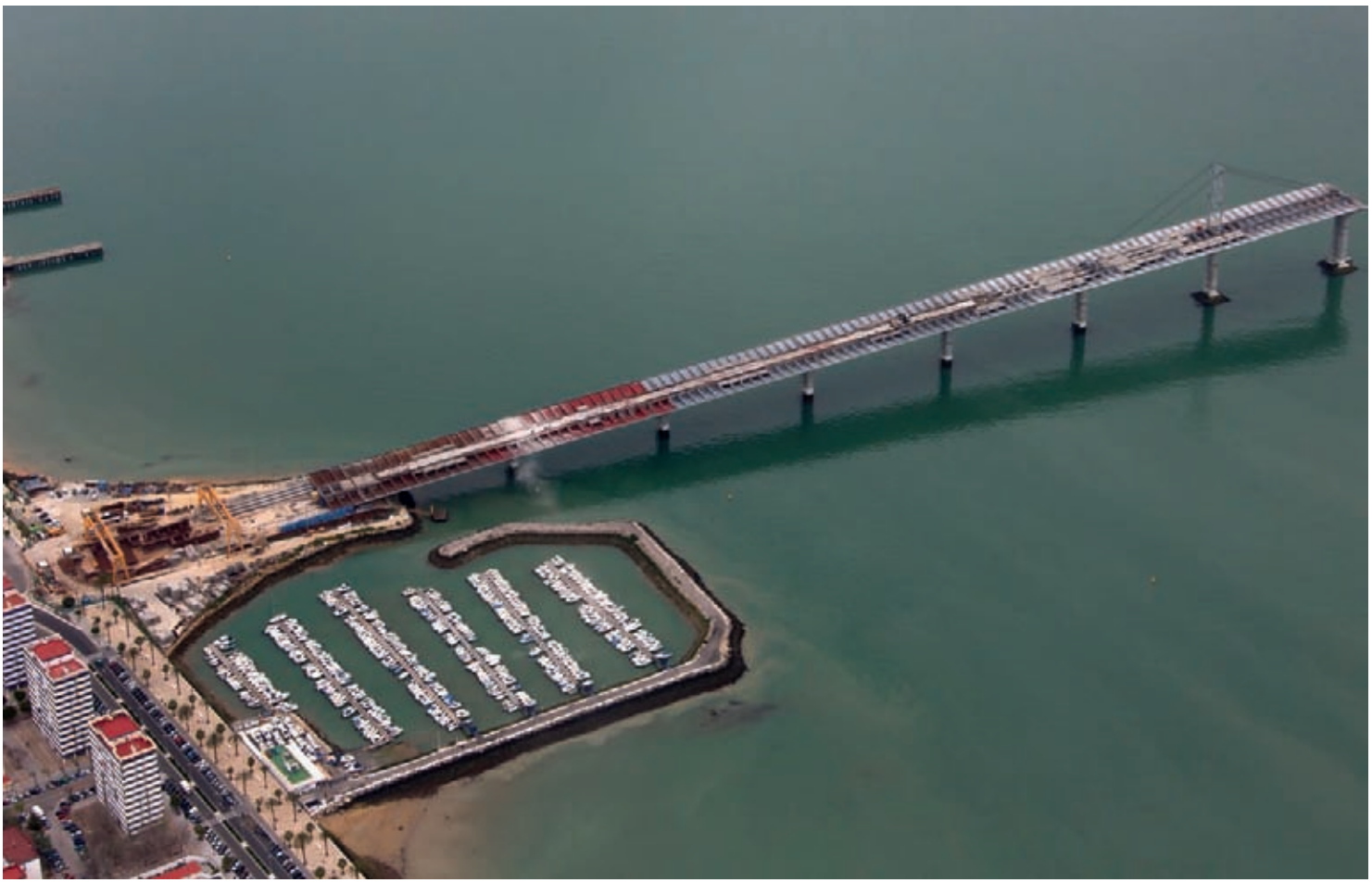
Este tramo está formado por una estructura de 150 metros de longitud consistente en un tablero desmontable bi-apoyado en las pilas 9 y 10, que permitirá el paso de embarcaciones o artefactos como aerogeneradores que precisen un gálibo vertical superior a 69 metros. Este vano, desmontable por medio de grúas pórtico, tendrá una luz libre en horizontal de unos 140 metros y sin limitaciones de gálibo vertical. Fabricado en acero, la estructura tiene un canto variable (entre 3 y 8 metros) y losa ortótropa metálica de 33,2 metros de ancho. La sección transversal está constituida por un cajón central de 10 metros de ancho y dos voladizos laterales de 11,6 metros con canto variable.



*Tramo de Puerto Real, con la torre atirantada y las pilas del tramo de acceso.*



*Enlace de Río San Pedro, con los carriles en sentido Sevilla-Cádiz ya abiertos.*



*Vista del tramo empujado desde la península artificial situada en el lado Cádiz, que ya suma 541,1 metros de tablero.*

## A ambos lados del puente

El puente de la Constitución de 1812 es la principal actuación del nuevo acceso a Cádiz, pero su funcionalidad sería nula sin la aportación de los otros cuatro elementos que componen este acceso (tres enlaces y un viaducto), situados a ambos extremos del puente y que lo conectarán con el sistema viario existente. Las tres actuaciones previstas en el lado Puerto Real están terminadas o en ejecución muy avanzada, siendo la próxima prevista el inicio de obras en la única actuación existente en el lado Cádiz. El estado actual de las actuaciones es el siguiente:

- **Enlace de La Cabezuela.** Situado al final del tramo de acceso de Puerto Real, se trata de una rotonda a nivel inferior que permite los movimientos de salida y entrada a la zona industrial y residencial de los polígonos de La Cabezuela y Río San Pedro. Los ramales que acceden al puerto están ejecutados a nivel de movimiento de tierras, pendiente de la construcción de la explanada y capas de firme.Quedan pendientes de reposición los viales de conexión desde el enlace de Río San Pedro y la zona residencial.
- **Viaducto de Río San Pedro.** Estructura de 796 metros de longitud repartida en 18 vanos, con 22,8 metros de anchura para alojar dos carriles por sentido, que está situada a continuación del enlace de La Cabezuela, en una zona industrial. Terminado, a falta de afirmado, balizamienmto y defensas.
- **Enlace de Río San Pedro.** Conexión del nuevo acceso a Cádiz con la red viaria existente. Su misión es repartir el tráfico de la autovía CA-35, permitiendo el acceso al puente José León de Carranza o al nuevo puente, así como todos los movimientos a la zona residencial e industrial de Río San Pedro y La Cabezuela, además de a Puerto Real y Trocadero. Incluye dos viaductos de 147 y 106 metros de longitud. El pasado 2 de abril se realizó la apertura parcial del nudo (los dos carriles en el sentido Sevilla-Cádiz), incluidos todos los ramales de la glorieta ubicada en dicho enlace, lo que se ha traducido en una mejora de la circulación en la zona.
- **Enlace de Cádiz.** Situado a la salida del puente en la zona urbana, supone la remodelación de una intersección existente entre cuatro avenidas. El proyecto original preveía un túnel, pero el diseño final, a petición del Ayuntamiento de Cádiz, contempla una rotonda partida que prevé el cruce preferente desde el nuevo puente hacia la avenida de las Cortes de Cádiz y que distribuirá el tráfico hacia el resto mediante regulación de semáforos. Las obras se iniciarán próximamente y deben ser coordinadas con la modificación de los servicios urbanos allí existentes.



*Infografías del puente sobre la bahía (arriba) y de la sección del tablero (debajo), con la distribución de calzadas y la plataforma tranviaria.*

Para el izado y ripado (desplazamiento lateral) del tablero, necesarios para las maniobras de montaje y desmontaje de la estructura, se dispondrá en ambos extremos de la viga un sistema de doble ménsula metálica de sección cajón, bajo la que se dispondrán sendos aparatos de apoyo elastométricos de neopreno ubicados sobre ménsulas cortas de hormigón armado que sobresaldrán de las pilas.

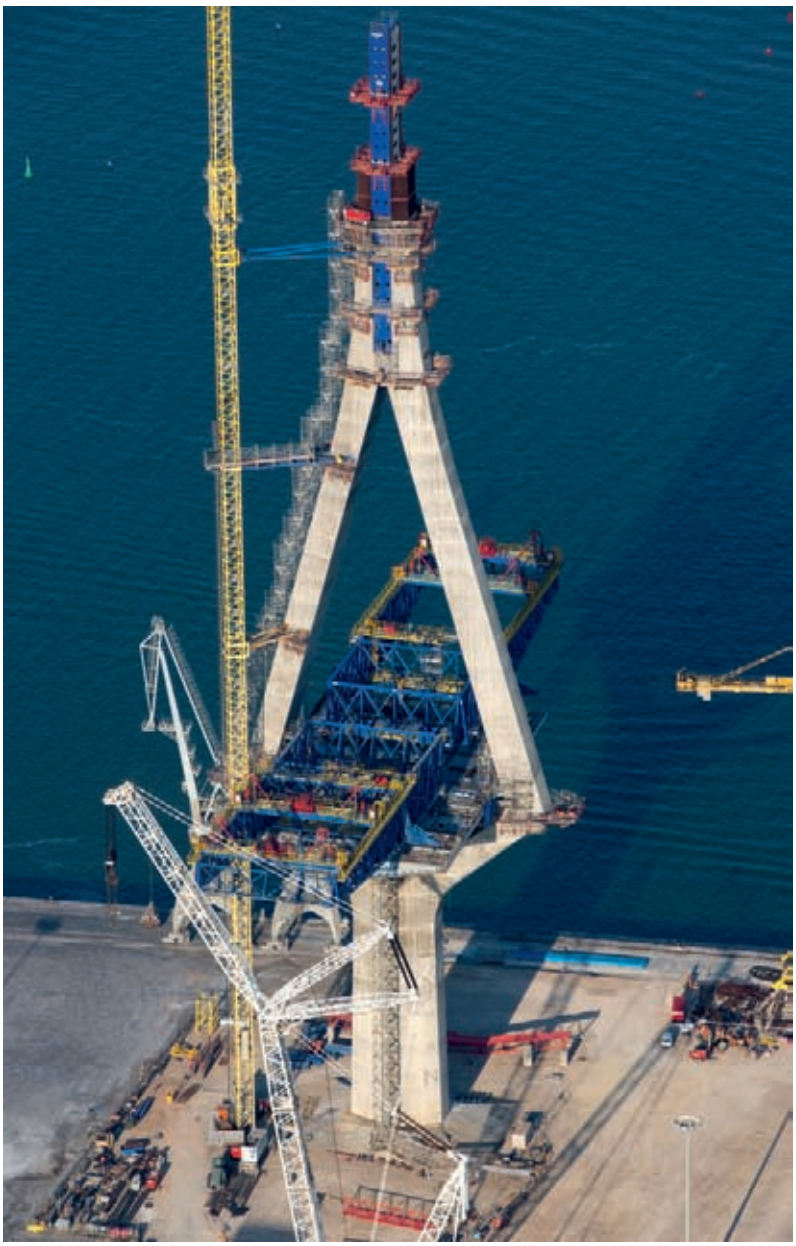
El puente desmontable, con un peso de 4.400 toneladas, ya está terminado y se encuentra actualmente en la factoría de la empresa fabricante en Puerto Real. Cuando concluya el tramo contiguo de acceso a Cádiz, será transportado hasta la obra y colocado mediante grandes grúas en su alojamiento definitivo, entre las pilas 9 y 10.

◆ **Tramo atirantado.** El tramo más espectacular del puente será un tablero mixto hormigón-acero de 1.180 metros de longitud dividido en cinco vanos, con luces de 120 y 200 metros en los vanos de compensación y de 540 metros en el vano principal, lo que lo convierte en récord absoluto en España, con un gálibo máximo de 69 metros, uno de los mayores del mundo. Este vano, por el que discurrirá el canal de navegación, se sitúa entre dos torres de atirantamiento de 181 y 186 metros de altura, de tipología de diamante, una construida en el mar (la pila 12) y otra en tierra (la 13), que lo sustentarán mediante 176 tirantes de acero activo, anclados en cada torre a un fuste superior de 47 metros de longitud formado por cajones metálicos. El tablero, con ancho variable entre 33,2 y 34,3 metros, estará formado por un cajón central de 10 metros de ancho y dos voladizos de 12,15 metros en la zona más ancha.



## Plataforma tranviaria

El puente de la Constitución de 1812, que tendrá cuatro carriles de circulación (dos por sentido de 3,5 metros de anchura), incorporará en un lateral del tablero una plataforma que albergará la doble vía en placa de un tren-tranvía. Esta iniciativa autonómica se incorporó al proyecto en 2008 para desarrollar un sistema de transporte mixto que favorecerá la movilidad sostenible en el área metropolitana de Cádiz, con dos líneas que enlazarán la capital con San Fernando-Chiclana por un lado y con Puerto Real a través del puente por el otro, y que aprovecharán parcialmente el trazado convencional de Adif en la zona (línea Sevilla-Cádiz). Con las obras ya en marcha en la primera línea y parte del material móvil en fase de pruebas, el Ministerio de Fomento adjudicó en marzo pasado, por 28,9 M€, las obras de adaptación de la plataforma tranviaria sobre el puente de la Constitución de 1812, con lo que da un impulso a la segunda línea. En realidad, se trata de adaptaciones estructurales que se realizan en la propia construcción del tablero del puente, consistentes en aumentar su anchura, entre 3 y 5 metros, y en la redistribución de los carriles para el tráfico rodado. La financiación de esta actuación corre a cargo del Departamento en virtud de un acuerdo con la Junta de Andalucía, que a cambio dragará un canal de 3.000 metros de longitud y entre 150 y 320 metros de anchura que discurrirá bajo el tramo desmontable del puente.



*Torre de atirantamiento en los terrenos portuarios de La Cabezuela (lado Puerto Real), de 186 metros de altura, con los carros de izado montados.*

El tablero, de diseño aerodinámico y esbelto, se construye a base de dovelas metálicas, de 20 metros de longitud y 35 metros de anchura –las de mayores dimensiones fabricadas en España, en los talleres de Tecade, y con muy pocos precedentes internacionales–, con un peso medio de 365 toneladas cada una. Estas dimensiones prácticamente doblan a las contempladas en el proyecto original, que preveía dovelas de 10 metros de longitud, una modificación destinada a reducir los plazos de ejecución (por medio de la reducción del número de operaciones de izado) y buscar la calidad óptima (a través de la reducción al máximo de las uniones entre dovelas a realizar en altura). Tres empresas sevillanas han fabricado ya más del 78% de las 61 dovelas que conformarán el tramo atirantado, buena parte de las cuales aguardan ya en la zona de obras, en el Bajo de la Cabezuela, su próxima instalación.

El procedimiento para construir el tablero –la operación más vistosa de la ejecución de todo el puente, y también una de las que mayor tiempo llevará– se inició el pasado 12 de noviembre con el izado sobre la pila 13, a unos 60 metros de altura, de la dovela 0, realizado con grúa. Más adelante se izará la correspondiente a la pila 12. Las operaciones de izado deben realizarse con el viento en calma. Una vez ancladas a las torres, mediante dispositivos provisionales y definitivos, se izarán las siguientes dovelas por medio de carros de izado y se soldarán a las anteriores –unir una dovela con la contigua puede llevar hasta 1.400 horas de soldadura– hasta completar los primeros 109,5 metros de tablero, momento en el que se anclará y tensará la primera pareja de tirantes correspondiente a este tramo de tablero. Sobre el mismo se habrán hormigonado previamente las losas inferior y superior de las dovelas. Este avance por voladizos sucesivos se repetirá sucesivamente para construir cada tramo del tablero, más de la mitad de cuya longitud (540 metros) se ejecutará sobre las aguas.

*La ejecución del tramo atirantado, la operación más espectacular de la obra, se inició en noviembre pasado con el izado de la dovela 0 a 60 metros de altura*

El avance del montaje de las dovelas será progresivo por ambos lados de cada torre, para garantizar el equilibrio y la seguridad de la estructura, montándose de forma alternativa hacia puntos kilométricos crecientes y decrecientes a partir de cada torre. En este proceso intervienen dos equipos de montaje, uno por cada torre de atirantamiento, cada uno de los cuales consta de dos carros de izado (un total de cuatro carros de izado) para montar alternativamente una dovela en cada lado de la torre. Cada paso del proceso constructivo, que debe responder a unos requerimientos técnicos de colocación y ejecución de una gran precisión, se lleva a cabo de acuerdo a modelos de cálculo previos, que determinarán en cada fase el estado de deformación y de tensiones en la estructura.




En la actualidad, las dos grandes torres de atirantamiento están finalizadas, ultimándose los pilonos metálicos que las coronan, donde se anclarán los cables que sustentarán el tramo atirantado. Cuando estén terminados, la torre de tierra tendrá 184,13 metros de altura y la de mar medirá 185,94 metros. Los progresos en este tramo se han centrado en el comienzo de las fases constructivas del tablero en obra. En la torre de tierra se ha llevado a cabo el izado de las tres primeras dovelas del tablero (la dovela 0 pesaba 700 toneladas), además de la disposición de los dos carros de izado, cuyas dimensiones (50 metros de longitud, 20 metros de anchura y 8 metros de canto), peso (unas 500 toneladas) y capacidad de carga los convierten en estructuras de gran singularidad. El izado de las dovelas y de los carros de izado a la torre de mar, aún no realizado, requerirá de medios marítimos especiales. Mientras, en el Bajo de la Cabezuela aguardan nuevas dovelas listas para su izado y colocación.

◆ **Tramo de acceso a Puerto Real.** El cuarto y último tramo del puente, que conecta en su extremo con el enlace de La Cabezuela, se desarrolla ya por completo en terrenos de Puerto Real con una longitud total de 1.180 metros y con sección de tablero de hormigón pretensado ejecutado *in situ*. Las pilas que soportarán el tablero son de dos tipos: de tipo palmera en el tramo entre las pilas 15 a 17, y de tipo pórtico en el tramo de la 18 a la 37, debido al condicionante de la existencia de un vial en la zona de ubicación de las mismas, perteneciente a los terrenos portuarios de La Cabezuela. Los vanos tienen luces entre ejes de apoyos que varían entre 32 y 75 metros.

En este tramo se distinguen claramente tres partes: una primera contigua al tramo atirantado, de 616 metros de longitud, distribuidos en seis vanos, con tablero de sección transversal tricelular y anchura de 33,2 metros, que requerirá, dada la gran altura de las pilas, su ejecución *in situ* mediante cimbra porticada; un segundo tramo de transición, de 54 metros de longitud, con sección transversal del tablero similar al anterior y anchura variable del mismo entre 33,2 y 30,8 metros; y una parte final, de 512 metros distribuidos en 13 vanos, con sección de tablero de hormigón pretensado y anchura variable, que se ejecutará *in situ* mediante cimbra cuajada.

La ejecución del tramo final del viaducto ya está en marcha. Todas las pilas están levantadas y ya se han completado los tres últimos vanos (entre la pila 35 y el estribo). En breve se iniciarán los trabajos previos para la ejecución de las cimentaciones de las cimbras de cada tramo.◀

▶ *Dovela del tramo atirantado, con un peso medio de 365 toneladas, a la espera de ser izada a la torre de atirantamiento.*

tecade®



**Estructuras offshore**

**Puentes metálicos**

**Estructuras singulares**

**Calderería pesada**

**Curvados grandes espesores**








**GRUPO TECADE, S.L.**

**SEDE CENTRAL**
C/ Herrero, 1
41750 Los Molares (Sevilla)
Telf. +34 955 833 811
Fax +34 955 833 722
www.tecade.eu

**TECADE YARD**
Ctra. de la Esclusa s/n
41011 Sevilla

## Bibliografía


- APIA XXI. Ampliación del puente de los Santos. *Boletín de información interna*. Enero 2009.
- Arenas de Pablo, Juan José; Capellán Miguel, Guillermo; Beade Pereda, Héctor y Martínez Aparicio, Javier. El puente del Tercer Milenio: Retos en el diseño de puentes desde la perspectiva de la ingeniería creativa. Génesis de formas. Asociación Científico Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Madrid, 2008.
- Astiz Suárez, Miguel Ángel. Estudio de las vibraciones de los arcos de Alconétar. Asociación Científico Técnica del Hormigón Estructural.
- Bertaut, François. Iournal du voyage d'Espagne. París, 1669.
- Campos, Almudena *et al*. Viaducto Manantial Sur. Premios Basf. 2010.
- CSIC–Informes de la Construcción octubre-diciembre 2006.
- Del Pozo Vindel, Florencio; Arrieta Torralba, José María, Celemín Santillana, Javier e Higuera Antón, Miguel A. Viaductos de Piedrafieta. Autovía del Noroeste. Ponencia del II Congreso de la Asociación Científico Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Madrid, 2002.
- Diario de Córdoba. El puente de Abbas Ibn Firmás. 15 enero 2011.
- Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. Piedrafita: Puentes de Comunicación. Ministerio de Fomento. Madrid, 2003.
- Domosti, Octavio. Puentes españoles singulares (I y II). www.Jotdown.es 2013.
- FCC Construcción. Viaducto de Navia. Asturias. Informe técnico 208.
- FCC Construcción. Los viaductos de Piedrafita. Informe técnico 214. Madrid, 2003.
- González, Esteban. Viaducto de Navia (1ª parte) y Viaducto de Navia (2ª parte). Nº 938 y 939 de la *Revista Técnica Cemento y Hormigón*. Madrid, 2010.
- Llombart Jaques, J. A.; Revoltós Fort, Jordi; Couto Wörner, Sergio. Puente sobre el río Tajo en el embalse de Alcántara (Arcos de Alconétar). *Revista Hormigón y Acero*. Madrid, 2006.
- Mathias Escribano, Joseph. Itinerario español, o guía de caminos, para ir desde Madrid à todas las ciudades y villas más principales de España. Madrid, 1775.
- Martínez Calzón, Julio; Serrano Corral, Álvaro y Castañón Jiménez, Carlos. Viaducto sobre el río Nalón en la autovía del Cantábrico (A-8). ACHE. Madrid, 2007.
- Manterola Armisen, Javier y Martínez Cutillas, Antonio. El puente sobre la bahía de Cádiz. Documento de empresa.
- Manzanares Japón, J.L. Puentes andaluces. Intervención oral en el IV Congreso Andaluz de Carreteras. Jaén, 2007.
- Piedrafita: Puentes de comunicación. Centro de Publicaciones. Ministerio de Fomento. Madrid 2003.
- Sánchez de León, Ramón y Bernal Pérez, Christian. Puente atirantado de Talavera de la Reina. Ponencias presentadas en el V Congreso de ACHE. Madrid, 2012.
- Sánchez Sánchez, Jesús. El puerto del Muradal: entre el mundo prerromano y la Ilustración, 2005.
- Valdés Fernández de Alarcón, Santiago. Autovía Cantabria La Meseta. Tramo Los Corrales de Buelna-Molledo. *Revista de Obras Públicas*. Madrid, 2005.
- Villegas, Roberto; Pantaleón Prieto, Marcos, J.; Revilla Angulo, Roberto y Olázabal Herrero, Patricia. Viaducto de Montabliz. *Revista de Obras Públicas* nº 3.472. Madrid, 2006.
- Villegas, Roberto; Pantaleón Prieto, Marcos, J.; Revilla Angulo, Roberto y Olázabal Herrero, Patricia. Un camino de horizonte. *Revista Cauce 2000*. Nº 140. Madrid, 2008.



## Agradecimientos

Javier Barrero y Delia Puga González (UTE IV Circunvalación), Julio Domingo de la Blanca y Eugenia Hernández Mateos (DCE Andalucía Occidental), José Lorente Gutiérrez (DCE Andalucía Oriental), Ramón Julio García Fernández (DCE Asturias), José Ignacio Sellers Bermejo (DCE Extremadura), Dulce María Fresco Miguel (DCE Galicia), Arenas&Asociados, Carlos Fernández Casado S.L., MC2 Estudio de Ingeniería S.L., Estudio de Ingeniería y Proyectos (EIPSA), UTE Puentebahía, departamentos de Comunicación y Prensa de Autoritat Portuaria de Barcelona, Ayuntamiento de Zaragoza, Dragados, OHL y SERS.



SUMINISTRO, MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN COLECTIVA:

- ❖ Sistemas de protección anti-caídas de carácter permanente y temporal:
  - ✓ Líneas de vida: EN 795, EN 353
  - ✓ Dispositivos de anclaje rígidos y flexibles: EN 353
  - ✓ Protección colectiva permanente para trabajos de mantenimiento: EN 14122
- ❖ Protección colectiva en altura: EN 1263, EN 13374:
  - ✓ Redes de seguridad: sistemas S, Sistema T, Sistema U, Sistema V
  - ✓ Cierres perimetrales temporales y permanentes
- ❖ Señalización vial provisional 83 IC
- ❖ Sistemas de Control de acceso

ASISTENCIA TÉCNICA EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

FORMACIÓN DE CONVENIO. Entidad homologada

IMPLANTACIÓN OSHAS 18001 asesoría internacional

*Prevenir y Proteger es nuestra especialidad desde 1997*

**Madrid**
Lagasca, 67, 1º
28001, Madrid
+34 902 10 81 26
**Santiago de Chile, Montajes de Seguridad del Pacífico Ltda**
Alcántara, 200, Piso 6
Chile CP 7550159
+56 2 23702954
**Bucarest**
Grigore Alexandrescu, nr 36,
010626 Bucaresti
+40 72253575

previtalia
best to be ahead

info@previtalia.net - www.previtalia.net













## Crecimiento basado en la Innovación

Ferrovial Agromán apuesta por la innovación y el desarrollo, así como por la aplicación de nuevas tecnologías en todos los ámbitos de su actividad de diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras.

ferrovial
agroman

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:

**www.fomento.gob.es**

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

Título de la obra: ***Revista del Ministerio de Fomento, nº 630, Extra julio-agosto 2013.***
***VIADUCTOS SINGULARES DEL SIGLO XXI (CARRETERAS)***
Año de edición: ***Septiembre 2***013

Edición digital:
1ªedición electrónica: ***Septiembre 2013***
Formato: ***PDF***
Tamaño: ***19,50 MB***

NIPO: 161-13-004-6
I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA incluido): 3 €

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

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARIA GENERAL TECNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Revista del Ministerio de
Fomento

Septiembre 2013 ● Nº 631 ● 3 €



# Abierto al tráfico el primer tramo de la A-73

● La LAV Sevilla-Cádiz suma 31 nuevos kilómetros ● Centro Integral de Servicios Ferroviarios ● Nuevo Airbus A350

EMSA

boschung

# Tecnología y Eficiencia de extendido BOSCHUNG











DIRECCIÓN COMERCIAL / TÉCNICA
Crta. de la Marañosa Km. 0,8 • A-4 Salida Km. 20 • 28320 Pinto (MADRID)
tel. 91 307 81 33 - fax 91 357 47 62 - www.emsamaquinaria.es

EMSA
El camino más firme

Revista del Ministerio de Fomento

# En este número

SEPTIEMBRE 2013
Nº 631



Abierto al tráfico el primer tramo de la A-73

● La LAV Sevilla-Cádiz suma 31 nuevos kilómetros ● Centro Integral de Servicios Ferroviarios ● Nuevo Airbus A350



## CARRETERAS

**4. Junto a la cuna del Cid.** *Entrada en servicio del primer tramo de la autovía A-73 (Burgos-Aguilar de Campóo).*

## CARRETERAS

**10. Impulso a la movilidad.** *Remodelación del nudo de O Pino, principal distribuidor de tráfico en el acceso Sur a Pontevedra.*

## CARRETERAS

**14. Tres mejor que dos.** *Implantación del tercer carril en un tramo de la autopista AP-6.*

## FERROCARRIL

**18. Doble vía en la campiña.** *La línea de alta velocidad Sevilla-Cádiz incorpora un nuevo tramo de 31 kilómetros, con estación en Lebrija.*

## AVIACIÓN

**24. Grandes horizontes.** *Fase final del desarrollo del Airbus A350..*








## Y además...

**30. Factoría de homologaciones.** *El Centro Integral de Servicios Ferroviarios (CISF) toma forma en Bobadilla.*

**35. Control desde el cielo.** *Operación internacional Oscarmed 2013.*

**40. El tren más esperado.** *150 años de la conexión ferroviaria Madrid-Zaragoza.*

**46. Un puente para no olvidar.** *Aniversario del Golden Gate Bridge.*

**52. Viaje al fondo de la mina.** *Recuperación del tren minero de Langreo.*

**Director de la Revista:** Antonio Recuero.
**Edición:** Javier R. Ventosa. **Maquetación:** Aurelio García. **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Fotografía:** José Caballero. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti. **Portada:** Adif.
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
**Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos)
**Colaboran en este número:** Jaime Arruz, Pepa Martín, Begoña Olabarrieta y Julia Sola Landero.
**Comité de redacción: Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín *(Subsecretario de Fomento).* **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez *(Secretario General Técnico).* **Vocales:**, María García Capa *(Directora del Gabinete de Prensa),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Eloísa Contín Trillo-Figueroa *(Jefa del Gabinete del Subsecretario),* Juan Antonio López Aragón (*Director del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Pedro Guillén Marina *(Director del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director de la Revista).*
**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O'Donnell, 18, 5º H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPO: 161-13-005-1

**Edita:**
Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.

Revista del Ministerio de

# Fomento





# VIADUCTOS SINGULARES DEL SIGLO XXI

## (CARRETERAS)



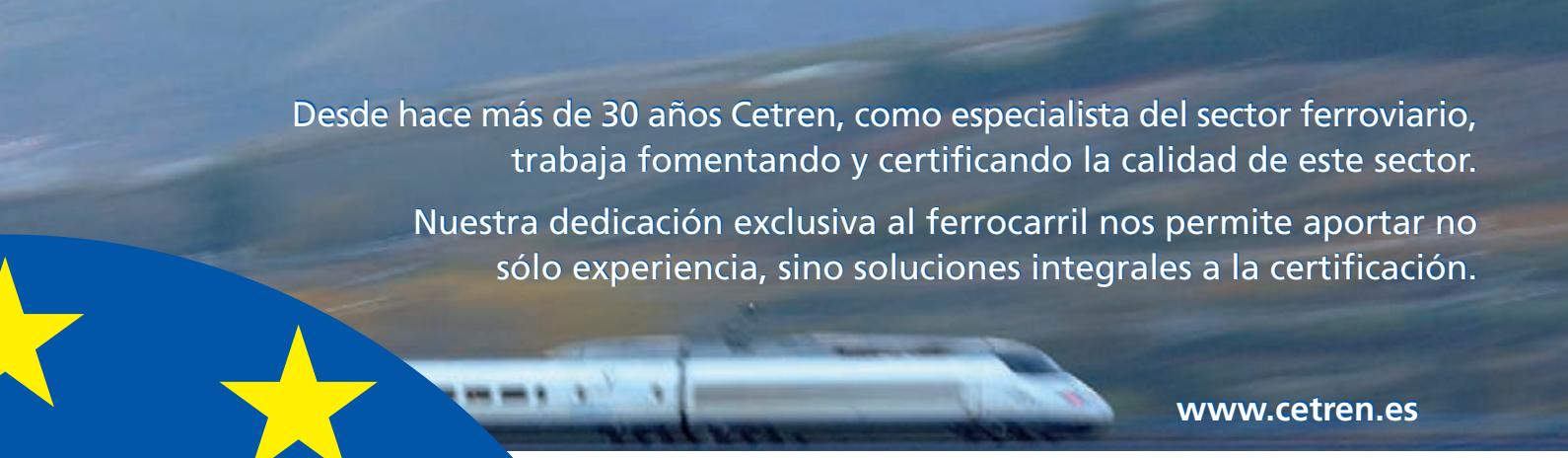


**MONOGRÁFICO**
Julio-Agosto 2013

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es



Desde hace más de 30 años Cetren, como especialista del sector ferroviario, trabaja fomentando y certificando la calidad de este sector.

Nuestra dedicación exclusiva al ferrocarril nos permite aportar no sólo experiencia, sino soluciones integrales a la certificación.

**www.cetren.es**

# Cetren: *La entidad certificadora*

Nuestra acreditación está reconocida en más de 60 países

**ORGANISMO NOTIFICADO Y DESIGNADO** por el Estado Español para la certificación de la interoperabilidad (ETIs), acreditado por ENAC.

**ORGANISMO DE CERTIFICACIÓN** acreditado por ENAC para validar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de homologación (ETHs).

**ENTIDAD** acreditada por ENAC para la certificación de productos, procesos y servicios ferroviarios (EN 45011).

**ENTIDAD** de certificación reconocida por el Ministerio de Fomento –como autoridad nacional de seguridad– en el marco de las normas europeas EN 15085: Soldeo de vehículos y componentes ferroviarios.

**ENTIDAD** reconocida como Evaluador Independiente de Seguridad (ISA) por el Ministerio de Fomento, en el ámbito del Reglamento (CE) 352/2009 y de la Resolución Circular 1/2011 de la Orden FOM 233/2006.

ENAC
CERTIFICACIÓN
Nº 9/C-PR010.1

Productos del Sector Ferroviario

Cetren
CERTIFICACIÓN

*Certificamos, evaluamos, verificamos y validamos el ferrocarril*

Sierra de Cazorla, 1 - Las Matas ■ 28290 Las Rozas (MADRID) ■ T. (+34) 91 127 97 27 / 97 F. (+34) 91 630 71 69 ■ cetren@cetren.es



PRIMER TRAMO DE LA AUTOVÍA A-73 (BURGOS-AGUILAR DE CAMPÓO)

# Junto a la cuna del Cid



JAVIER R. VENTOSA
FOTOS: DCE CASTILLA Y LEÓN ORIENTAL

El Ministerio de Fomento ha puesto en servicio el tramo Quintanilla Vivar-Quintanaortuño, un nuevo trazado por las tierras que vieron nacer al Cid Campeador con el que se estrenan los primeros kilómetros de la autovía A-73. El tramo, que arranca en la futura circunvalación de Burgos (BU-30) y sirve como alternativa a la carretera N-623, evita a los usuarios de la autovía varias travesías urbanas.

El tramo Quintanilla Vivar-Quintanaortuño es el primero en servicio de la futura autovía A-73 (Burgos-Aguilar de Campóo), una infraestructura que la ministra de Fomento, Ana Pastor, calificó, durante la puesta en servicio del nuevo recorrido, el pasado 13 de junio, de «muy importante». «Aunque estemos en tiempos de crisis –señaló la titular del Departamento–, hay que abordar aquellas obras que realmente vertebran el territorio y que además aportan mucho valor, como es el caso de esta».

Y es que el tramo inicial de la autovía A-73, que discurre junto a Vivar del Cid, donde la tradición sitúa la cuna de Rodrigo Díaz de Vivar, no solo es un primer paso para vertebrar mediante una vía de gran capacidad las parameras y loras de las comarcas de Alfoz de Burgos y Sedano y Las Loras, en Burgos, con la montaña palentina, beneficiando a las localidades allí enclavadas con su inclusión en un nuevo corredor de personas y mercancías. También aporta un gran valor al eliminar el obligado paso de la carretera N-623 (Burgos-Santander) por las travesías de Quintanilla Vivar, Sotopalacios y Quintanaortuño. Todo ello se traduce en beneficios de seguridad vial, tiempos de viaje y comodidad para los usuarios de la autovía, así como de mejora de la calidad medioambiental (menor ruido y contaminación atmosférica) y disminución de la peligrosidad de las travesías para los vecinos de las mencionadas localidades.



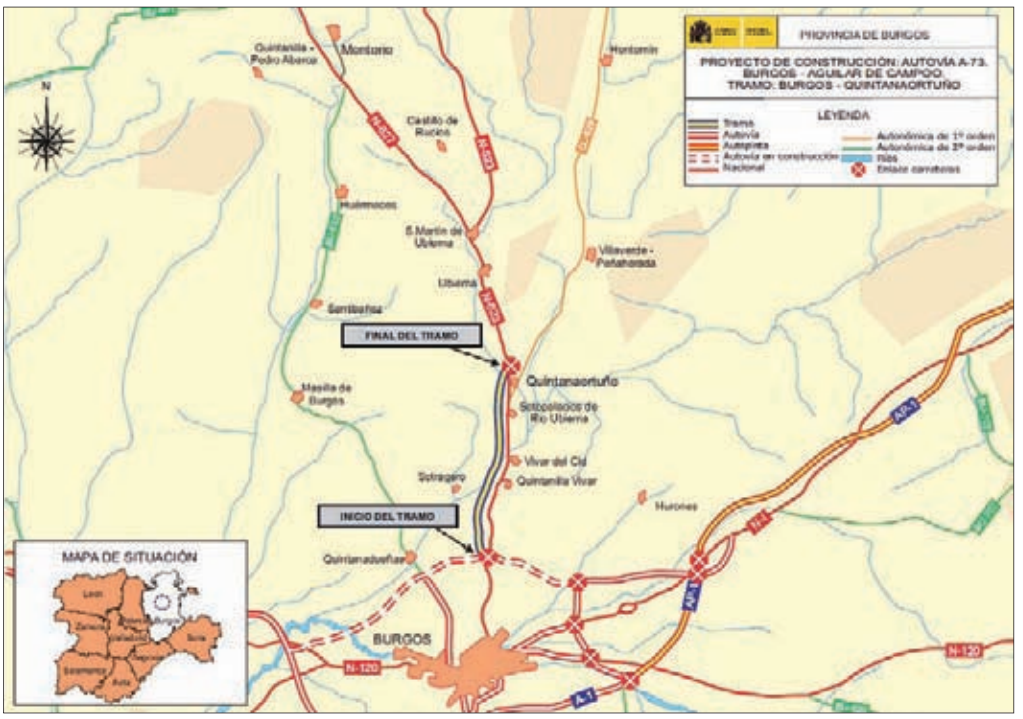
*Puentes del primer cruce sobre el río Ubierna.*



*Vista de la obra a la altura del desmonte de Quintanaortuño, cerca del final del tramo.*

El nuevo tramo ha comenzado a captar gran parte de los 8.000 a 12.000 vehículos diarios que realizaban este trayecto por la N-623 (especialmente los tránsitos de largo y medio recorrido), con lo que se espera acabar definitivamente con las hileras de vehículos que cruzaban las localidades atravesadas por la carretera hacia/desde Cantabria en fechas señaladas del verano o fines de semana. El tramo Quintanilla Vivar-Quintanaortuño, por otro lado, alcanzará su máxima potencialidad con el cierre de la circunvalación de Burgos (BU-30), una actuación para la que la ministra de Fomento anunció la aportación de 5 M€ destinados a agilizar las obras de esta ronda entre Quintanadueñas y Villatoro.

El Ministerio de Fomento ha invertido 48,14 M€ en este tramo, de los que 44,24 M€ corresponden al contrato de obra, a los que se suman el coste de redacción del proyecto, el importe estimado de las expropiaciones y la asistencia técnica para el control y vigilancia de la obra. La actuación, adjudicada en abril de 2008, ha sido financiada por la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (Seitt) con la aportación de fondos TEN-T de la Unión Europea para el desarrollo de la Red Europea del Transporte.




## Características técnicas

El tramo, de 9 kilómetros de longitud, atraviesa los términos municipales de Burgos, Quintanilla Vivar, Merindad del Río Ubierna y Quintanaortuño, desarrollándose por el corredor de la carretera N-623 a la que sirve de alternativa. La sección de la autovía está formada por dos calzadas de dos carriles de 3,5 metros de anchura cada uno, arcenes exteriores de 2,50 me-





*Arriba, vista inferior de los puentes del segundo cruce sobre el río Ubierna. Debajo, puente de enlace con la carretera N-627.*

tros e interiores de 1,00 metro, separadas por una mediana de 10 metros de anchura.

El trazado tiene su origen en la intersección con la autovía de circunvalación BU-30, con la que se comunica mediante sendos ramales de conexión, y discurre en dirección norte hasta finalizar poco después del único enlace del tramo, a la altura de Quintanaortuño, de tipo diamante con pesas, que conecta con la N-623. El enlace incluye también los respectivos ramales de conexión con la carretera nacional.

A lo largo del mismo se han construido un total de 11 estructuras, correspondientes a dos puentes sobre el río Ubierna, dos pasos superiores sobre las carreteras de Sotragero y Celadilla Sotobrín, un paso bajo la autovía en el enlace y seis pasos inferiores para el paso de caminos. Adicionalmente, se han construido 1.044 metros de vías pavimentadas de servicio y 9.865 metros de caminos.

La principal dificultad durante la ejecución de las obras ha residido en la baja capacidad portante de la cimentación de los terraplenes y en los altos contenidos en yesos en los desmontes, lo que ha obligado a la realización de importantes saneos y al encapsulamiento de los materiales yesíferos, así como a la estabilización con cal de los materiales para terraplén. Todos estos tratamientos han redundado en una mayor utilización de los terrenos existentes en la traza, minimizando el impacto medioambiental al reducir el uso de materiales de préstamo.

Las dos estructuras que salvan el cauce del río Ubierna,

| MAGNITUDES DE OBRA | |
|---|---|
| Desmonte | 2.000.000 m³ |
| Terraplén | 2.700.000 m³ |
| Suelo cemento | 72.000 m³ |
| Mezclas bituminosas | 105.000 Tn |



*Vista general del tramo, que discurre por terrenos llanos del Alfoz de Burgos.*

## A-73, una nueva autovía

La A-73 (Burgos-Aguilar de Campoó) es un proyecto contemplado en el programa de actuaciones en autovías interurbanas del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI) 2012-2024 del Ministerio de Fomento. Su objetivo es configurar una alternativa de gran capacidad a las actuales carreteras N-623 (Burgos-Santander) y N-627 (Burgos-Aguilar de Campóo) que mejorará las comunicaciones viarias en las provincias de Burgos y Palencia. El trazado previsto, de 64 kilómetros, se desarrolla entre la Ronda Norte de Burgos (BU-30) y la autovía Cantabria-Meseta (A-67), y en conjunción con las autovías A-1 (Madrid-Burgos) y A-67 (Cantabria-Meseta) configurarán un eje de comunicación directo y más corto entre las ciudades de Madrid y Santander sin necesidad de pasar por Osorno. La futura A-73, que discurrirá mayoritariamente por la provincia de Burgos y en su parte final por la de Palencia, ha sido dividida para su construcción en seis tramos: Quintanilla Vivar-Quintanaortuño, Quintanaortuño-Montorio, Montorio-Santa Cruz del Tozo, Santa Cruz del Tozo-Pedrosa de Valdelucio, Pedrosa de Valdelucio-Báscones de Valdivia y Báscones de Valdivia-Aguilar de Campoó (A-67). El desarrollo de los distintos tramos –varios de ellos tienen el proyecto constructivo redactado– dependerá de las disponibilidades presupuestarias, según declaró la ministra el pasado 13 de junio.

> El nuevo tramo de autovía beneficia a los más de 8.000 vehículos que antes realizaban el trayecto por la carretera nacional

cimentadas mediante pilotes, presentan una tipología isostática, con tableros monoviga de hormigón prefabricado y losa hormigonada *in situ* de tres vanos, de forma que por el central pasa el cauce fluvial y por los laterales sendos caminos agrícolas que a su vez permitirán proceder a la limpieza y mantenimiento del cauce del río.

La cimentación de las dos estructuras que cruzan sobre carreteras existentes es también pilotada. Sus tipologías son igualmente isostáticas, con tableros monoviga de hormigón prefabricado y losa hormigonada *in situ* de tres vanos, con estribos cargaderos, donde los vanos laterales se utilizan para albergar el derrame de tierras de los estribos.

Durante la ejecución del tramo, y en cumplimiento de la Declaración de Impacto Ambiental, se ha prestado especial atención a la adecuación paisajística mediante la colocación de valla cinegética en ambos laterales de la autovía, la realización de plantaciones autóctonas y la colocación de pantallas antirruido en varios puntos del trazado. ■

# 2013

# Mapa Oficial de Carreteras©

## ESPAÑA

**Incluye:**

- ***Cartografía** (E. 1:300.000 y 1:1.000.000)*
- ***DVD interactivo***
  *(Windows XP, Vista y 7)*
- ***Caminos de Santiago en España***
- ***Alojamientos rurales***
- ***Guía de playas de España***

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO




**También en el DVD:**

*974 Espacios Naturales Protegidos*
*152 Rutas Turísticas*
*97 Vías Verdes*

**actualizable vía web**

**Edición 48**
*PVP: 22,40 €*

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO | SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA | CENTRO DE PUBLICACIONES

REMODELACIÓN DEL NUDO DE O PINO, QUE DA SERVICIO A 50.000 VEHÍCULOS/DÍA EN PONTEVEDRA

# Impulso a la movilidad



R.F. Fotos: DCE Galicia

Pontevedra ha visto satisfecha una de sus mayores demandas en materia de carreteras con la reciente remodelación del nudo de O Pino, principal distribuidor de tráfico en el acceso Sur a la ciudad. La solución adoptada en este importante nudo de comunicaciones ha mejorado la movilidad en el área metropolitana, incrementado la capacidad de la vía y elevado la accesibilidad y la permeabilidad en la zona.



*Vista general del nudo de O Pino, con la calzada de la PO-10 sobre la carretera N-550.*

El nudo de O Pino, al sur de la ciudad de Pontevedra, enlaza la carretera N-550 (A Coruña-Tui) con la PO-10, la carretera autonómica PO-542 (O Pino-Bora) y la carretera de la Diputación de Pontevedra entre O Marco y Bértola, así como con los accesos a Pontevedra por la avenida de Vigo y la calle Ramón Otero Pedrayo, regulando los tráficos de entrada y salida de Pontevedra hacia el sur y hacia la autopista AP-9, además de facilitar la conexión con el puerto de Marín y el polígono de O Campiño. Todos estos factores hacen de este nudo el punto con mayor tráfico del acceso sur a la ciudad.

## Nudo original

La configuración de este nudo era consecuencia de varias actuaciones sucesivas (sobre el enlace de tipo trompeta construido en los años 80 se ejecutó la conexión desde O Marco con el enlace de O Pino, se acometió luego la reforma con motivo de la conexión con un centro comercial adyacente y posteriormente se realizaron las obras del ferrocarril a Marín), no integrales del propio nudo, con motivos diferentes y sin un diseño planificado para optimizar su funcionalidad, que produjeron disfunciones en el mismo.

Así, su anterior diseño tenía una configuración compleja formada por dos glorietas a distinto nivel, y presentaba serios problemas de capacidad y funcionalidad. Esta problemática generaba situaciones habituales de colapso circulatorio tanto en el nudo como en el gran número de viales que confluían en él (PO-10, N-550 y PO-542), y especialmente en la avenida de Vigo, una de las principales arterias de acceso al centro urbano.

El previsible incremento del volumen de tráfico debido a las actuaciones de mejora de





## Permeabilidad recuperada

San Blas y Matalobos son dos parroquias del sur de la ciudad de Pontevedra, la primera conectada a la trama urbana y la segundo separada de la anterior por la PO-10. Ambos lugares estaban conectados por un paso sobre la PO-10, de 7 metros de anchura, que era incompatible con el Plan General de Pontevedra y con la obra de remodelación del nudo por la posición de sus pilas y estribos. Esta estructura se demolió en 2012 en el marco de la remodelación del nudo de O Pino, eliminando el obstáculo que su diseño suponía para la red viaria proyectada en el nuevo enlace, en concreto para la ejecución del ramal directo de conexión de la PO-10 con la N-550 sentido Redondela. Esa demolición se ejecutó en un fin de semana, para interrumpir el mínimo tiempo posible la circulación en la PO-10. Tras meses de aislamiento, la comunicación entre San Blas y Matalobos se ha reestablecido mediante un nuevo paso superior sobre la PO-10. El paso está formado por tres vigas artesas en cada vano, cuyas luces son de 37 y 30 metros, respectivamente. La anchura del paso es de 16 metros.

*Paso superior sobre la vía férrea (arriba) y paso superior San Blas-Matalobos (debajo).*

capacidad de la PO-542 y de la futura construcción del nuevo acceso Sur a Pontevedra (incluido en la adenda al convenio de Pontevedra firmada entre el Ministerio de Fomento y el Ayuntamiento de Pontevedra en 2012) amenazaba, además, con acrecentar estos problemas, por lo que la remodelación del nudo ha sido una de las grandes demandas de la ciudad del Lérez en materia de carreteras.

Con objeto de terminar con esta situación y adaptar el enlace a las características de la red viaria futura, el Ministerio de Fomento proyectó una remodelación integral del nudo viario, actuación cuya puesta en servicio se completó el pasado 20 de julio. En palabras de la ministra de Fomento, Ana Pastor, que presidió el acto, el nudo de O Pino es una infraestructura «muy importante para la ciudad de Pontevedra», recordando que en este punto «había problemas para entrar y salir de la ciudad». Su apertura contribuye a la mejora de la movilidad general en la parte sur de la zona metropolitana de Pontevedra, beneficiando directamente a los más de 50.000 vehículos de media que lo utilizan a diario.

Esta actuación es la más destacada del convenio de colaboración de 2009 entre el Ministerio de Fomento y el Ayuntamiento de Pontevedra. La remodelación ha tenido un coste de 14,3 M€, de los cuales 9,8 M€ corresponden al presupuesto de inversión en obra y el resto al coste de redacción del proyecto, el importe de las expropiaciones y la asistencia técnica para el control y vigilancia de la obra.




La actuación ha sido cofinanciada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

### Características

La remodelación del nudo de O Pino ha consistido en la ejecución de una nueva configuración del nudo original. Este enlace estaba formado por dos glorietas situadas a distinto nivel: la superior, en la que confluían las carreteras PO-10 y PO-542, y la inferior, que interrumpía el tráfico de la N-550 y permitía determinados movimientos directos, estando ambas enlazadas mediante un vial de conexión de un solo carril por sentido.

Tras la remodelación, el nuevo enlace ha pasado a tener una configuración de tipo diamante, con una nueva estructura apta para cuatro carriles sobre la carretera N-550 y dos glorietas inferiores. Estas glorietas están situadas sobre la N-550 y la conexión en-



Vista de eje que conduce a una de las glorietas del enlace, dotado con dos carriles por sentido, tras las obras de remodelación.

tre las mismas se realiza mediante una vía con calzadas separadas y doble carril por sentido. La glorieta norte permitirá conectar con el futuro acceso Sur a Pontevedra.

Esta nueva configuración aumenta la capacidad de la infraestructura y mejora los movimientos de entrada y salida en el sur de la ciudad, permitiendo una mayor fluidez. El acceso a Pontevedra, no obstante, registrará un nuevo salto cualitativo con el nuevo acceso Sur a la ciudad, que contempla la ejecución de un vial de unos 500 metros sensiblemente paralelo a la avenida de Vigo, actuación con un coste estimado de unos 7 M€ cuya financiación ha sido comprometida por el Ministerio de Fomento. Actualmente se lleva a cabo el proceso de expropiaciones en la zona.

La actuación en el nudo de O Pino ha incluido la ejecución de seis estructuras: tres pasos superiores, entre ellos los que salvan los ríos Santa Marta y Tomeza, se ha ampliado el paso sobre la línea del Eje Atlántico y se han ejecutado dos pasos inferiores, así como seis muros.

Producir la menor afección al tráfico en una zona sensible con muchos viales ha sido durante la obra una de las preocupaciones de todos los agentes intervinientes (Ministerio de Fomento, Ayuntamiento de Pontevedra, Autoridad Portuaria de Marín, usuarios, vecinos, ciudadanos de Pontevedra y empresas adyacentes). La coordinación entre Administraciones y demás agentes, que ha incluido un Comité de Coordinación de Tráfico, ha sido clave para reducir la afección de las obras al tráfico en las fases más sensibles de la actuación, mediante medidas como la adecuada coordinación y planificación, la elección de fechas o la ejecución de gran parte de los trabajos en horarios nocturnos y en días festivos. ■

## LA OBRA EN CIFRAS

### Características técnicas

| | |
|---|---|
| Longitud del tramo | 0,647 m |
| Radio mínimo | 200 m |
| Radio máximo | 800 m |
| Pendiente máxima | -8,20% |
| Pasos superiores | 3 |
| Pasos inferiores | 2 |
| Enlaces | 2 |
| Muros | 6 |

## MAGNITUDES DE OBRA

### Movimiento de tierras

| | |
|---|---|
| Excavación | 106.624 $m^3$ |
| Terraplén | 30.461 $m^3$ |
| Suelo estabilizado S-EST-3 | 14.624 m |

### Firmes y pavimentos

| | |
|---|---|
| Zahorra artificial | 9.193 $m^3$ |
| Mezcla bituminosa en caliente | 23.080 T |
| Riego de curado ECR-1 | 29 T |
| Riego de adherencia ECR-1 | 33 T |

### Estructuras

| | |
|---|---|
| Hormigón HA-30 | 5.831 $m^3$ |
| Acero corrugado | 462.046 kg |
| Acero inox. AISI 304 | 154 kg |



*Plataforma ampliada con tres carriles por sentido en el área de servicio de Villacastín, en el pk 80.*

R. F.
FOTOS: ABERTIS

La autopista de peaje AP-6 (Collado Villalba-Adanero), una de las principales vías de entrada/salida a Madrid desde el noroeste, ha aumentado su capacidad con la ampliación de dos a tres carriles en un tramo de 20 kilómetros comprendido entre San Rafael y Villacastín (Segovia). Más de 25.000 vehículos se benefician a diario de esta actuación.

IMPLANTACIÓN DEL TERCER CARRIL EN EL TRAMO SAN RAFAEL-VILLACASTÍN DE LA AUTOPISTA AP-6

# Tres mejor que dos





*Vista aérea del pk 61, en la conexión de la AP-6 con la AP-61, antes de la actuación (con dos carriles por sentido) y después (con tres carriles).*

La ampliación de dos a tres carriles del tramo San Rafael-Villacastín de la autopista AP-6 entró en servicio en su totalidad el pasado 18 de junio, lo que ha permitido mejorar sustancialmente la fluidez del tráfico en esta zona. La actuación se ha ejecutado en virtud de un convenio suscrito entre el Ministerio de Fomento y la sociedad concesionaria de la autopista (Iberpistas), con una inversión global de 75 M€, que preveía también la remodelación de la infraestructura para adaptarla a la normativa vigente de trazado y seguridad.

> Se ha construido una variante de trazado de 2,2 km para homogeneizar las características de este tramo con las del resto de la autopista

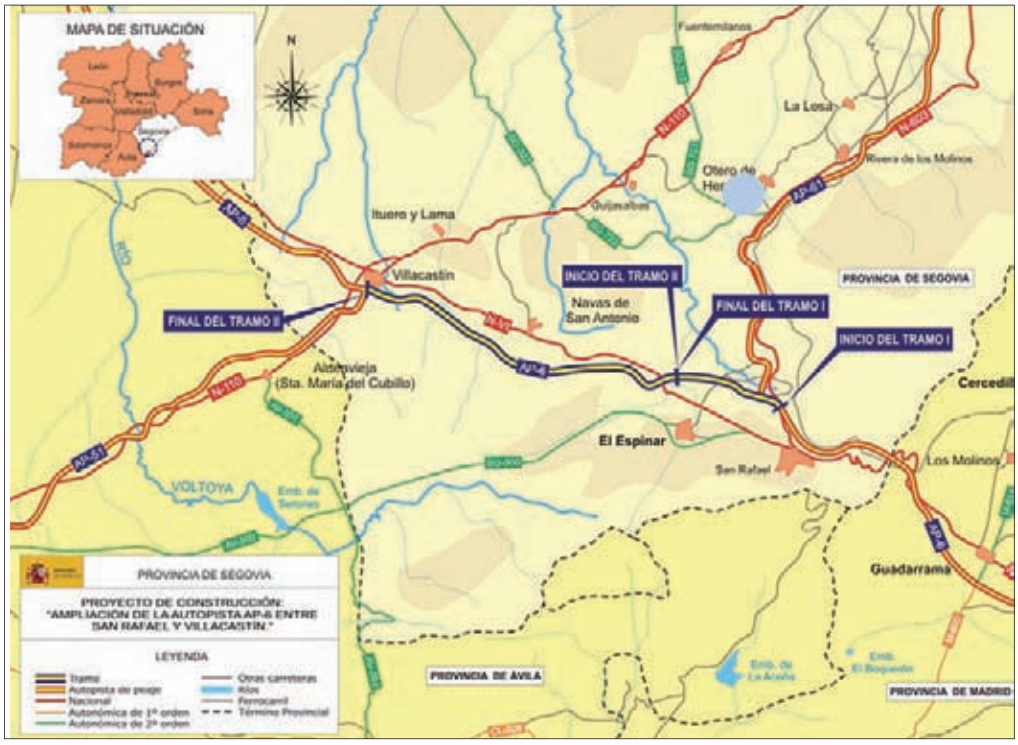
Al tratarse fundamentalmente de trabajos de ampliación de las calzadas de la autopista, que se han llevado a cabo manteniendo en todo momento el tránsito de vehículos, se ha procedido a la puesta en servicio de las distintas fases de la obra de manera progresiva.

La obra ha consistido en la construcción de un carril adicional por el exterior en ambas calzadas de la AP-6 entre San Rafael (P.K. 60+500) y Villacastín (P.K. 80+900), de manera que la autopista cuenta en la actualidad con tres carriles por sentido de circulación.

También se ha adecuado el trazado de la autopista a la normativa actual (peraltes en curvas, distancias de visibilidad de parada, etc.). Así, ha sido necesario realizar una variante de trazado entre el P.K. 66+720 y el 68+990, en la zona del Alto del Caloco, con objeto de mejorar las características geométricas de este tramo y homogeneizarlas con las del resto de la autopista.

Además ha sido necesario






*Demolición de pila de uno de los viaductos originales.*

adaptar las conexiones de la AP-6 con las autopistas AP-61 de San Rafael a Segovia, y AP-51 de Villacastín a Ávila.

Las obras han requerido la ampliación de nueve pasos inferiores y la estructura de paso de la autopista sobre la carretera N-603 a Segovia. También se ha adecuado el drenaje, tanto transversal como longitudinal, la señalización vertical y horizontal, así como los sistemas de comunicación.

Destacan, asimismo, los viaductos de Arenales (P.K. 65+800), Sotillo (P.K. 75+300) y Lavadero (P.K. 77+800), que se han demolido debido a la necesidad de mayores anchuras para posibilitar los desvíos de obras. Los viaductos se han reconstruido mediante dos estructuras independientes para cada calzada con la sección amplia da a 19,0 metros.

La inversión ambiental en las obras ha ascendido a un total de 400.000 €, que comprenden básicamente acciones de restauración ambiental con plantaciones, hidrosiembras y tratamiento de taludes. Se han construido siete balsas de decantación para recogida de aguas de escorrentía y vertidos de aceites u otros productos contaminantes. Además, durante la ejecución de las obras se ha protegido la vegetación existente mediante balizamientos apropiados. ■

# Este verano hacemos tu viaje más cómodo, fácil y rápido.

En cualquier lugar y momento accede gratuitamente a la información que necesitas para planificar tus desplazamientos.

# ¡Llévanos contigo!




AUTOPISTAS = SEGURIDAD

**autopistas.com en tu móvil.**

Entra y descubre las ventajas de tenernos siempre en tus manos.

abertis autopistas

autopistas.com el camino más corto



EL NUEVO TRAMO DE LA LAV SEVILLA-CÁDIZ INCLUYE UNA ESTACIÓN EN LEBRIJA

# Doble vía en la campiña



*Vista de uno de los tramos en variante de trazado, con el viaducto del arroyo de la Molineta en primer plano.*

JAVIER R. VENTOSA
FOTOS: DG FERROCARRILES

La línea de alta velocidad Sevilla-Cádiz ha registrado un nuevo impulso con la entrada parcial en servicio del tramo Las Cabezas de San Juan-Aeropuerto de Jerez, de 31,4 kilómetros. La actuación ha consistido en la duplicación de la vía única existente y su adaptación a los estándares de alta velocidad, además de la apertura de una nueva estación en Lebrija. La doble vía, destinada a tráfico mixto, permitirá doblar la capacidad de la infraestructura y mejorará las frecuencias.

El nuevo tramo de la línea de alta velocidad Sevilla-Cádiz, que se desarrolla por la campiña sevillana y gaditana, a caballo de ambas provincias, entró parcialmente en servicio el pasado 7 de julio, lo que permitió también la parada de los primeros trenes en la nueva estación de Lebrija, inaugurada previamente por la ministra de Fomento, Ana Pastor. Con 31,4 kilómetros de longitud, el tramo Las Cabezas de San Juan-Aeropuerto de Jerez es uno de los más largos de la línea, abarcando un tercio del trazado de esta infraestructura en la provincia de Sevilla.





*La nueva plataforma ferroviaria discurre bien en variante (izquierda) o en paralelo al trazado de la línea convencional (derecha).*

Con una inversión global de 160,6 M€, la obra desarrollada por la Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento ha consistido en la duplicación de la línea convencional existente, con la construcción de un trazado de doble vía en paralelo a la anterior, incluidas algunas variantes de nuevo trazado que mejoran los radios mínimos de ciertas curvas. Sobre esta infraestructura se ha montado la superestructura compatible con la alta velocidad (vía, electrificación y sistemas de comunicaciones y señalización) que permitirá las circulaciones de tráfico mixto (trenes de Larga y Media Distancia, servicios de Cercanías de Sevilla y Cádiz, y trenes de mercancías, que ya coexisten en este tramo y lo harán también en el futuro).

> El nuevo tramo, de 31,4 kilómetros de longitud, incorpora una superestructura apta para el tráfico mixto de trenes

En esta primera fase ha entrado en servicio una vía única (vía 1) de las dos construidas, debido a la existencia de una serie de interferencias con la vía convencional actual que impiden la finalización de la vía 2 hasta que no cesen las circulaciones por la vía antigua. El tráfico ferroviario ha sido desviado a la vía 1, quedando la vía convencional existente sin servicio, por lo que ahora ya prosiguen sin interferencias las obras que faltan para la finalización completa de la vía 2. Estas actuaciones se prolongarán hasta final de año, cuando está previsto completar los trabajos de la vía 2.

## Beneficios del tramo

Pese a su puesta en servicio parcial, los beneficios de la actuación se han comenzado a notar ya en la reducción de los tiempos de viaje en este tramo, que en el escenario final dejarán la estación de Lebrija a 33 minutos de Sevilla-Santa Justa y a 47 minutos de Cádiz. No obstante, la mejora principal respecto a la línea convencional se hará más evidente con la entrada en servicio de la doble vía en la totalidad del tramo, lo que permitirá aumentar la velocidad de los trenes S 130 hasta 200 km/h (ahora alcanzan 160 km/h), además de doblar la capacidad de la infraestructura y mejorar con ello la frecuencia de los servicios. También se incrementa la seguridad debido a la desaparición de los pasos a nivel de la línea convencional en este tramo.

Junto a ello, en el tramo ha entrado en servicio una nueva estación en Lebrija, ubicada al suroeste del casco urbano, que ha pasado a desempeñar las funciones de la antigua terminal, enclavada en la zona noroeste. La nueva








*Fachada principal de la nueva estación de Lebrija, vestíbulo principal y nueva doble vía de acceso a la terminal.*

estación, con una inversión de 9,4 M€, es un edificio funcional de 672 m$^2$ en una sola planta distribuidos en tres zonas: vestíbulo principal, espacio multitienda (227 m$^2$) y zona de instalaciones y servicios. Se trata de una instalación plenamente accesible para personas con movilidad reducida, con ascensores para el acceso a los andenes y la inclusión de 12 plazas especiales de aparcamiento.

La zona ferroviaria consta de dos andenes de 240 metros de longitud, parcialmente cubiertos por marquesinas metálicas, y una anchura de 6,9 metros el primero y 7,8 metros el segundo –triplicando la anchura existente en la estación antigua–, conectados a través de un paso inferior para enlazar con el vestíbulo, lo que mejora la seguridad de los viajeros. Dos ascensores conectan los dos andenes a través del paso inferior. También se ha construido un edificio técnico de unos 150 m$^2$ para instalaciones auxiliares. Junto a la estación se ha dispuesto un aparcamiento público con 239 plazas, ampliables a 441 en una segunda fase, así como parada de taxis y autobuses. Además, se ha prolongado el carril bici del pueblo hasta la estación.

## Características técnicas

El tramo Las Cabezas de San Juan-Aeropuerto de Jerez discurre a lo largo de 31,4 kilómetros entre el final del futuro puesto de adelantamiento de trenes de Lebrija, junto a las Marismillas, y el pk 99+970 de la línea convencional, junto al aeropuerto de Jerez. Situado entre los tramos Utrera-Las Cabezas de San Juan (en ejecución) y Aeropuerto de Jerez-Jerez Norte (en servicio), este recorrido se subdividió a efectos de construcción en tres subtramos: Las Cabezas de San Juan-Lebrija, Lebrija-El Cuervo y El Cuervo-Aeropuerto de Jerez.

El trazado discurre por los términos municipales de Las



*Vista de la nueva plataforma con doble vía de alta velocidad en paralelo a la vía única de ancho convencional, ya sin servicio.*

Cabezas de San Juan, Lebrija (ambos en la provincia de Sevilla), El Cuervo (Sevilla-Cádiz) y Jerez de la Frontera (Cádiz), a través de unos terrenos eminentemente llanos. Se desarrolla en paralelo junto a la línea de ferrocarril convencional Sevilla-Cádiz, aunque se han construido hasta cinco variantes de trazado para mejorar las condiciones geométricas de la línea. Los principales obstáculos que intercepta la traza son la carretera SE-689, el arroyo de la Molineta y el canal de Guadalcacín, salvados mediante distintas estructuras.

La vía que ha entrado en servicio tiene medidas de ancho ibérico (1.668 mm), sobre la que se han montado traviesas PR-01 polivalentes y carril de 60 kg/ml. En total, se han dispuesto 122.000 m³ de balasto y montado un total de 54.500 traviesas. La catenaria instalada es del tipo CR-220 a 3 kV en corriente continua, adaptable a 25 kV en corriente alterna. El sistema de seguridad y comunicaciones de la línea será el ERTMS con el sistema ASFA de respaldo.

A lo largo del trazado se han ejecutado un total de 10 pasos superiores y siete pasos inferiores que dan continuidad a los caminos y a la carretera que intercepta. Para salvar el arroyo de la Molineta se han construido sendos viaductos isostáticos de vigas artesa, de 700 y 375 metros de longitud respectivamente. En el capítulo de drenaje, tanto de tipo transversal como longitudinal, se han ejecutado un total de 55 obras a lo largo de la traza. Dentro de los trabajos de electrificación también se ha construido una subestación eléctrica de tracción en El Cuervo. ■

## Una línea al 85% de ejecución

La línea de alta velocidad Sevilla-Cádiz, prevista en el programa de inversiones del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI), prolongará el eje Madrid-Sevilla hasta Cádiz. Esta infraestructura, de 154,8 kilómetros y con un coste total de 1.170 M€, consiste en la duplicación de la vía única del ferrocarril Sevilla-Cádiz y la adaptación a los estándares de alta velocidad, incluidas las mejoras de trazado. Está equipada con traviesas polivalentes PR-01, lo que permite su explotación para tráfico mixto.

El Ministerio de Fomento ha dado en esta legislatura un impulso a la línea, destinando a la misma 62 M€ en 2012 y 83,7 M€ en 2013. Con estas inversiones se ha puesto en servicio, en diciembre pasado, el subtramo Aeropuerto de Jerez-Jerez Norte y se ha desbloqueado el soterramiento de Puerto Real con la firma de un convenio con el Ayuntamiento. A ello se suma ahora la apertura de la primera vía en los subtramos Las Cabezas de San-Juan-Lebrija, Lebrija-El Cuervo y El Cuervo-Aeropuerto de Jerez. Estos avances han permitido que la línea presente un grado de ejecución del 85%

En la actualidad están en servicio diez de los once subtramos de la línea en la provincia de Cádiz (68,4 kilómetros), incluidas una decena de estaciones, la mayoría en la zona de la bahía de Cádiz. Queda únicamente en ejecución el subtramo de soterramiento en Puerto Real (2,2 kilómetros, con un túnel de 800 metros a su paso por la localidad), en fase muy avanzada.

En la provincia de Sevilla, con un trazado de 86,4 kilómetros, están ya en servicio cinco de los seis subtramos. Además de la finalización de la vía 2 del tramo Las Cabezas de San Juan-Aeropuerto de Jerez, ya en curso, se trabaja en la duplicación de vía y electrificación del subtramo Utrera-Las Cabezas de San Juan (26,4 kilómetros), que incluye una nueva estación, y en el puesto de adelantamiento de trenes de Lebrija (3,5 kilómetros). Estas actuaciones, adjudicadas en 2011, serán las últimas de la línea en entrar en servicio.

# LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD
# SEVILLA - CÁDIZ

## Tramo Utrera - Aeropuerto de Jerez

## Subtramo Las Cabezas de San Juan - Lebrija








L.A.V. LEBRIJA UTE

COMSA

GEA 21

VARIAS EMPRESAS ESPAÑOLAS TRABAJAN EN LA CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO BUQUE INSIGNIA DE AIRBUS

# GRANDES HORIZONTES



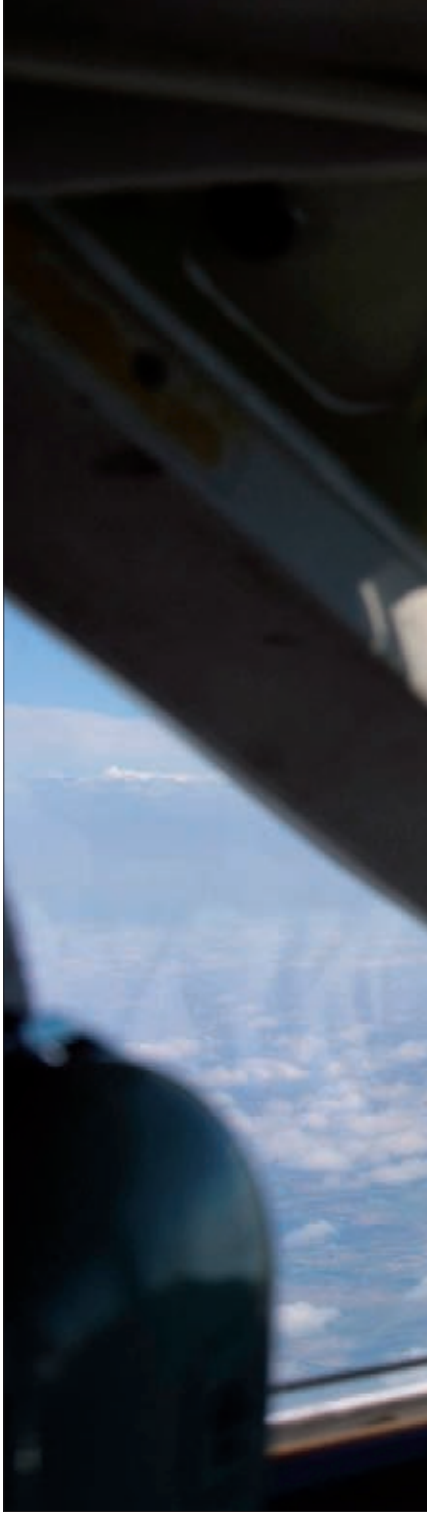
Jaime Arruz Fotos: Airbus

El Airbus A350 entra en su fase final de desarrollo. La apuesta del consorcio europeo para el segmento de 250-400 pasajeros sigue completando etapas y ya está a menos de un año para que comience a distribuirse entre las compañías aéreas, con las primeras entregas previstas para la segunda mitad de 2014. Una inversión de más de 12.000 M€ para competir con los Boeing 777 y 787 Dreamliner.









*El A350 estacionado para su primer vuelo en Toulouse-Blagnac (arriba) y operación de repostaje (debajo).*

El Airbus A350 completó el pasado 14 de junio su vuelo inaugural y suma ya casi 100 horas en el aire, por lo que su fase de pruebas y puesta a punto está cada vez más cerca. Si todos los acontecimientos se suceden tal y como está previsto, las primeras unidades del A350 surcarán el cielo a mediados de 2014. Será una década después de que el proyecto arrancara.

El A350 XWB (siglas de Extra Wide Body, o cuerpo o fuselaje extra ancho) es un avión de doble pasillo, hasta diez asientos por fila y de 60,5 a 73,9 metros de longitud, con una autonomía de vuelo de unos 15.000 kilómetros, aunque puede llegar hasta los 19.100 kilómetros. Hay tres variantes diferentes, que se distinguen por el número de pasajeros que pueden transportar. El A350-800 tiene 270 plazas, el A350-900 incorpora 315 asientos y el A350-1000 tiene capacidad para 350 pasajeros, aunque podría llegar a un máximo de 550.

Este nuevo avión de largo radio de Airbus está equipado con dos motores Rolls-Royce Trent XWB, de 3 metros de diámetro y desarrollados *ex profeso* para el A350. Está fabricado, en buena parte (53%), con materiales compuestos como plástico reforzado y fibra de carbono. También hay piezas de titanio y aleaciones de aluminio, llegando al 70% del total el porcentaje de materiales avanzados en la estructura del A350. Todo ello permite rebajar el peso del conjunto y reducir un 25% el consumo de carburante frente a otros modelos de su tamaño. A ello también contribuye el diseño de sus alas, con las puntas curvadas hacia arriba casi cin-




*El vuelo inaugural del A350 visto desde otro avión.*

co metros para mejorar la aerodinámica.

El A350 tiene las ventanillas más grandes instaladas en un avión de pasajeros de Airbus. Una de sus principales características para mejorar el confort de los pasajeros es que el aire tiene un 20% más de humedad que en los modelos anteriores fabricados por el consorcio europeo. Este incremento se consigue gracias a los materiales compuestos de su fuselaje, no solo más ligeros sino que además resisten mejor la humedad y la corrosión.

> Las familia del Airbus A350 incluye tres variantes con capacidades que oscilan entre 270 y 350 asientos

Cada unidad del A350 tiene un precio de entre 195 a 255 M€, en función de la versión elegida. Para el desarrollo de todo el proyecto han sido y serán necesarios más de 12.000 M€.

## Evolución del proyecto

Fue a finales de 2004 cuando Airbus dio luz verde al proyecto A350, en principio sobre la base del A330. Sin embargo, el rechazo unánime de los clientes potenciales al primer diseño hizo que el consorcio europeo se decantara por la creación de un modelo casi completamente nuevo. El impulso definitivo llegó a mediados de 2005, con el




*Presentación antes del vuelo inaugural del A350, un avión con una longitud máxima de casi 74 metros.*

anuncio de compra de 80 unidades por parte de Qatar Airways. Desde entonces, Airbus ha registrado 678 pedidos en firme por parte de 34 clientes de todo el mundo.

El 6 de octubre de 2005 se anunció el inicio del programa industrial, con un presupuesto de 3.500 M€. Tras unas primeras valoraciones negativas del primer diseño, muy parecido al del A330, Airbus rectificó y presentó en el Salón Aeronáutico de Farnborough (Inglaterra) de 2006 una propuesta más atractiva. El 1 de diciembre de 2006, el Consejo de Administración de Airbus aprobó el lanzamiento industrial del A350 XWB, en sus variantes A350-800, A350-900 y A350-1000.

Inicialmente, estaba previsto que las primeras entregas, que corresponderían a los A350-900, se harían a mediados de 2013, para posteriormente, entre 12 y 24 meses más tarde, comenzar a hacer llegar a los clientes los A350-800 y A350-1000, respectivamente. Sin embargo, Airbus tuvo que retrasar el lanzamiento oficial tanto por no alcanzar un acuerdo sobre cómo financiar el desarrollo del proyecto como por los retrasos de otro de sus aviones, el A380.

También contribuyeron a este retraso los cambios en el diseño que reclamaban los clientes. Todo ello, además de dilatar los plazos iniciales, casi duplicó los costos de desarrollo, desde los 5.500 M€ originales hasta 9.700 M€. Finalmente serán necesarios más de 12.000 M€ de inversión para que el A350 sea una realidad.

## Fabricación española

Hasta en el 11% de la fabricación del A350 XWB están presentes las empresas españolas, responsables de diferentes piezas, algunas de ellas básicas, del nuevo buque insignia de Airbus. Es un 3% más que en el caso del A380, que comenzó a operar en 2007. Así, parte de las alas se fabrican en la planta de Airbus de Illescas (Toledo) y el estabilizador horizontal, una de las piezas más sofisticadas de la cola del aparato, una especie de «timón de cola» fabricado en fibra de carbono, se produce en las fábricas del consorcio en Puerto Real (Cádiz) y Getafe (Madrid).

También se construye en Puerto Real, en la planta de la compañía Alestis, la panza y el cono de cola del A350, mientras que los componentes de las turbinas de baja presión de los dos motores Rolls-Royce que propulsan este nuevo Airbus se fabrican en la planta que la compañía ITP tiene en Zamudio (Bizkaia) y se montan en Ajalvir (Madrid). Aernnova, con plantas en Toledo, Albacete, Miñano (Álava) e Illescas (Toledo), es otra de las compañías españolas inmersas en el proyecto y participa en la fabricación de las piezas del estabilizador horizontal y los timones de profundidad y dirección. Aciturri Aeronáutica, con plantas en Boecillo (Valladolid), Tres Cantos (Madrid) y Miranda de Ebro (Burgos) es otra de las empresas suministradoras de primer nivel (TIER 1) y fabrica el cajón del estabilizador vertical y piezas para el cono de cola. En el segundo nivel de suministro figura asimismo un buen número de empresas españolas, entre ellas Cesa, en cuya planta de Getafe se diseñan y fabrican diversos componentes del tren de aterrizaje..

Todo el proceso constructivo que se ha llevado a cabo o se va a acometer en el futuro en España va a generar alrededor de 4.450 empleos directos, con una cifra de negocio próxima a los 4.600 M€. Como cooperante en el programa del A350, España aportará unas ayudas por valor de 543 M€, en el periodo 2010-2014.







*Despegue del A350 para su vuelo inaugural (arriba) y vista inferior del mismo en el aire (debajo).*

A principios de septiembre de 2007, Airbus confirmó que emplearía materiales compuestos. La fase de desarrollo sobre plano terminó en 2009, comenzando su fabricación por el primer componente estructural en diciembre de ese año. La producción del primer juego de alas arrancó en agosto de 2010 y la de la primera sección del fuselaje se inició a finales de ese mismo año.

El proceso constructivo de la primera unidad, la destinada a realizar el vuelo inaugural, finalizó entre marzo y abril de 2013 con el montaje de todo el fuselaje y el acople de los dos motores. En mayo se pintó y se serigrafió para dejar esta primera unidad preparada para su primer vuelo de prueba. Éste se produjo el pasado 14 de junio, bajo el cielo cubierto de Toulouse (Francia) y la mirada expectante de miles de empleados de Airbus. Terminó tras cuatro horas, en las que el primer A350 sobrevoló los Pirineos.

Un mes después, el A350 sumaba ya 92 horas de vuelo con diez pilotos diferentes. Es solo una pequeña parte de las 2.500 horas que una flota de cinco prototipos del A350 volará para certificar que la nueva creación de Airbus cumple con todas las expectativas. La primera fase de pruebas contempla las pruebas iniciales de todos los sistemas clave de la aeronave, como los motores, el sistema eléctrico, la turbina de aire de impacto –Ram Air Turbine (RAT)–, el tren de aterrizaje, los frenos, el dispositivo de suministro de combustible y la presurización de la cabina, así como la función de piloto automático, entre otros. ■

I+D+i

EL CENTRO INTEGRAL DE SERVICIOS FERROVIARIOS (CISF) TOMA FORMA EN BOBADILLA

# Factoría de homologaciones





*Vista aérea de la nave principal del CISF, muy cerca de la estación de Bobadilla.*

PEPA MARTÍN FOTOS: ADIF

La construcción del Centro Integral de Servicios Ferroviarios (CISF), en Bobadilla (Málaga), ha concluido en su primera fase con la ejecución de la obra civil y ha entrado en la segunda fase con la licitación del equipamiento industrial contratado y el montaje de un haz de vías. En estas instalaciones punteras se podrá homologar y probar el material ferroviario.

Cerca de la estación de Bobadilla, en el término municipal de Antequera (Málaga), en unos terrenos propiedad del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif), el Ministerio de Fomento ha invertido casi 13 M€, con la colaboración del Ministerio de Economía y Competitividad, y cofinanciados por los Fondos Europeos para el Desarrollo (Feder), en la construcción de las instalaciones del Centro Integral de Servicios Ferroviarios (CISF), aunque en su conjunto la inversión en materia de ensayo y experimentación en la comarca de Antequera superará los 400 M€.

Estas nuevas instalaciones, que forman parte del Centro de Ensayos de Alta Tecnología Ferroviaria (CEATF), permitirán realizar las pruebas y ensayos necesarios para completar las homologaciones del material rodante, al contar con unos bancos de ensayos al efecto en la zona considerada como laboratorio, y también las reparaciones puntuales y puesta a punto de los trenes que vayan a realizar pruebas en el futuro anillo ferroviario del CEATF.

## Características

La instalación dispone de una nave con dos espacios contiguos (una zona laboratorio y otra zona de taller) que forman un único cuerpo, en la que el Ministerio de Fomento ha invertido 6,6 M€, a los que hay que sumar otros 3,5 M€ para equipamiento y 2,7 M€ para los bancos de ensayo, que corresponden al equipamiento industrial contratado.

El CISF tiene una superficie de 19.140 $m^2$, en un edificio de planta rectangular de




*Gatos situados sobre mesa-baja, equipo que permitirá desmontar cualquier componente situado bajo un vehículo.*

220 x 87 metros, con zonas en dos plantas sobre rasante. La planta baja tiene unas dimensiones de 220 metros de longitud por 87 metros de ancho. La primera planta está dividida en tres zonas: una de 220 metros de longitud por 9 metros de ancho en el área del laboratorio y dos de 50 y 80 metros de longitud por 9 metros de anchura en el área del taller.

La planta baja se divide en dos áreas de trabajo diferenciadas, situadas una a continuación de otra:

**Área de taller multifuncional y de preparación de ensayos.** Permitirá, por un lado, desarrollar correctamente la actividad de ensamblaje de primer nivel, montaje y desmontaje de equipos de los trenes de pruebas y tareas de puesta a punto de los diferentes sistemas a bordo de los trenes; y por otro lado, servirá de instalación complementaria a los trenes laboratorio para desarrollar actividades de I+D+i. Cuenta con cuatro vías de tres hilos, en ancho ibérico y UIC.

> El CISF dispondrá de bancos de ensayo para realizar las pruebas necesarias que completarán la homologación del material rodante

**Área de laboratorio de ensayos.** Servirá para facilitar los ensayos y las tareas de experimentación necesarias para investigar el comportamiento óptimo del material rodante. También se utilizará para la validación y la homologación del comportamiento dinámico de vehículos ferroviarios. Tiene dos vías de cuatro hilos en ancho ibérico, UIC y métrico.

En el área de laboratorio se realizarán las pruebas de material rodante en parado especificadas en la norma UNE-EN 14.363, necesarias para la certificación de producto. Se podrán hacer pruebas con todo tipo de vehículos y en cualquier ancho de vía, según la tipología siguiente: resistencia mecánica de componentes en bancada universal, par de rotación caja-*bogie* e inscripción de *bogie* en curvas, peso por rueda, descarga de rueda y coeficiente de *souplesse*, comprobación de la calibración de ejes dinamométricos, comprobación de la calibración de pantógrafos instrumentados y verificación del gálibo.

## Equipamientos

El área de taller dispone de los siguientes equipamientos:

- Mesa baja-*bogies*: permitirá el montaje y desmontaje de elementos de gran tamaño, como los *bogies* de los vehículos.
- Mesas baja-vías: instaladas en vía de doble ancho con 1+ 2 carriles, permitirán el desmontaje de cualquier componente situado debajo de un vehículo (equipos auxiliares, ejes, etc.).
- Puentes-grúa: sistema de elevación de cargas de hasta 25 toneladas.
- Plataformas autodesplazables: permiten el acceso a los laterales y al techo del tren en sentido longitudinal, vertical y horizontal, además de recorrer longitudinalmente toda la nave taller.
- Polipastos: de tipo monorraíl con guardacadenas, se emplean para levantar y mover cargas con una capacidad en elevación de 2 toneladas y una altura de elevación superior a 6,6 metros.
- Líneas de vida: permiten que los operarios realicen de forma segura los trabajos sobre los techos de los vehículos.

Por su parte, el área de laboratorio constará de los siguientes equipamientos:

- Plataforma giratoria e inclinable: se usará para realizar distintas mediciones de la rotación del *bogie* (rodadura) del tren cuando el vehículo se en-



*El área de taller multifuncional incorpora puentes-grúa, un sistema de elevación de cargas de hasta 25 toneladas.*

cuentre en distintos planos de inclinación.

- Banco de ensayos de descarga de rueda y determinación del coeficiente de *souplesse*: servirá para verificar que el vehículo objeto de la prueba puede circular con seguridad por vías en curva, especialmente en los tramos de transición entre vía horizontal y vía inclinadas, o bien en tramos con defectos de nivelación transversal.
- Comprobación y calibración de ejes dinamométricos sin necesidad de desmontarlos del vehículo.
- Verificación de gálibos: permitirá comprobar que las medidas exteriores del material rodante correspondientes a su gálibo se ajustan a las admitidas en la normativa vigente.
- Comprobación de la calibración de pantógrafos sin necesidad de desmontarlos ni de que el operario tenga que subir al techo del vehículo para hacer las mediciones.
- Báscula, para la medición del peso por eje (hasta 35 Tm).
- Bancada de ensayos universal: hará posible llevar a cabo ensayos de fatiga para determinar el comportamiento de los materiales bajo cargas fluctuantes con objeto de fijar en su superficie las máquinas y equipos de ensayo. Sus dimensiones (8 x 8 metros) la convierten en una de las mayores de Europa.



*Intalación del banco de ensayos de descarga de rueda.*

Además de las instalaciones mencionadas, se ha construido en el centro una nueva subestación eléctrica que sustituye a la anterior, que estaba ubicada en los terrenos donde se levanta el CISF. Cuenta con grupos de transformación y rectificación para 3.300 kVA de potencia, con el fin de garantizar la seguridad y la fiabilidad del suministro eléctrico a las circulaciones de la línea de ancho convencional Bobadilla-Málaga. Además, podrá alimentar al CISF en corriente continua.




*El anillo ferroviario de Antequera permitirá homologar los nuevos des arollos de alta velocidad. En la foto, tren laboratorio de Adif.*

También se ha ejecutado la reposición del cargadero de balasto sobre el antiguo muelle existente en la estación de Bobadilla. Esto ha supuesto demoler un edificio que se encontraba en mal estado y ha permitido recuperar una zona de la estación que estaba en desuso.

## El anillo ferroviario

El Centro Integral de Servicios Ferroviarios formará parte del CEATF, cuya futura construcción ha sido licitada recientemente por el Gobierno. En una segunda fase, también licitada recientemente, el CISF se completará con la instalación del equipamiento industrial contratado y con el montaje del haz de vías que conectarán esta instalación con la estación de Bobadilla y el futuro CEATF.

Este centro constará de instalaciones singulares dirigidas al desarrollo de trenes e infraestructuras de alta velocidad, un mercado en creciente demanda. El trazado principal será un anillo circular de unos 58 kilómetros de longitud de alta velocidad diseñado en ancho internacional. Permitirá alcanzar velocidades de homologación de 450 km/h y máximas puntuales de hasta 520 km/h, con una recta de 9 kilómetros y curvas de gran radio, estructuras tipo viaducto y túnel. Constará también de conexiones ferroviarias y de vías de ensayos singulares, así como una subestación eléctrica multitensión.

Esto hará posible que el sector ferroviario realice en estas instalaciones los ensayos necesarios para homologar nuevos desarrollos de material rodante, entre ellos los de los trenes de alta velocidad, además de poder probar y experimentar proyectos relacionados con el ferrocarril, tanto en la infraestructura como en las vías e instalaciones y en los trenes.

El CEATF permitirá probar velocidades por encima de las que hoy se encuentran en explotación comercial, además de desarrollar, validar y homologar soluciones tecnológicas de infraestructura, superestructura y material rodante, ofreciendo un entorno de desarrollo de estas tecnologías que dará respuesta, por otra parte, a las cada vez más importantes limitaciones de uso para ensayos de las líneas en explotación comercial.

Una vez finalice su construcción, el anillo del CEATF será el mayor centro de este tipo, superando a los que ya existen en la República Checa, Alemania, Francia, Rusia y Estados Unidos. De este modo, se refuerza la competitividad internacional de un sector clave en nuestro país como es el ferroviario, posicionándolo al frente de la vanguardia tecnológica europea y mundial.

La fórmula de colaboración público-privada (CPP) ha sido la elegida tanto para la construcción del anillo, en la que está previsto invertir más de 386 M€, como para su explotación durante 25 años, que se espera pueda arrancar en el primer trimestre de 2016. La construcción será encargada a la Sociedad de Propósito Específico (SPE), que estará formada por el consorcio de empresas a las que se adjudique. La mayor parte de las 40 empresas del sector consultadas por Adif han mostrado su interés para participar en esta iniciativa. ■

## Centro de Tecnologías Ferroviarias

El Centro de Tecnologías Ferroviarias (CTF) al que está asociado el CISF cuenta actualmente con la participación y presencia de varias empresas dedicadas a distintos ámbitos relacionados con el sector, como son las telecomunicaciones, la señalización, la superestructura ferroviaria, construcción y obra civil, material rodante ferroviario, energía y sostenibilidad. En conjunto, un total de 116 técnicos e investigadores de estas empresas y de Adif desarrollan actualmente más de cien proyectos en el CTF.

Por orden de incorporación, en 2010 se integraron en el CTF las empresas Adif (24 investigadores y técnicos) e Indra. En 2011 se sumaron Abengoa (12), Acciona (6), Ferrovial (1), Ineco (4), Sando (3), Schneider Electric (1), Sice (2), Technosite 3) y Tría Ingeniería (3). En 2012 se incorporaron Alstom (4), Ayesa (1), Azvi (1), Cetren (1), Comsa Emte (19, Deimos Space (2), FCC (1), Isolux Corsán (1), Siemens (5), Teams (1), Thales (3), TJH2B (3), Vías (3) y Wind Inertia (2). Finalmente, en 2013 se agregó Citracc (1).

El CTF alberga ya cinco laboratorios especializados de Adif, que se ofrecen a las empresas alojadas en el CTF y al sector ferroviario en general en condiciones ventajosas para la realización de ensayos, desarrollo de proyectos o validación de tecnologías.




SALVAMENTO MARÍTIMO COORDINA UNA OPERACIÓN INTERNACIONAL DE LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN EN EL MEDITERRÁNEO

# Control desde el cielo

R. F. Fotos: Sasemar

Por primera vez, aguas españolas acogieron una operación internacional de vigilancia y lucha contra la contaminación promovida por la Organización Marítima Internacional (OMI) a través de su Centro Regional de Respuesta a Situaciones de Emergencia de Contaminación Marina en el mar Mediterráneo (REMPEC). En ella han participado aviones de Francia, Italia, Marruecos, Argelia y España que, con base en el aeropuerto de Son Sant Joan (Palma de Mallorca), han patrullado una amplia zona del Mediterráneo para controlar el tráfico marítimo.



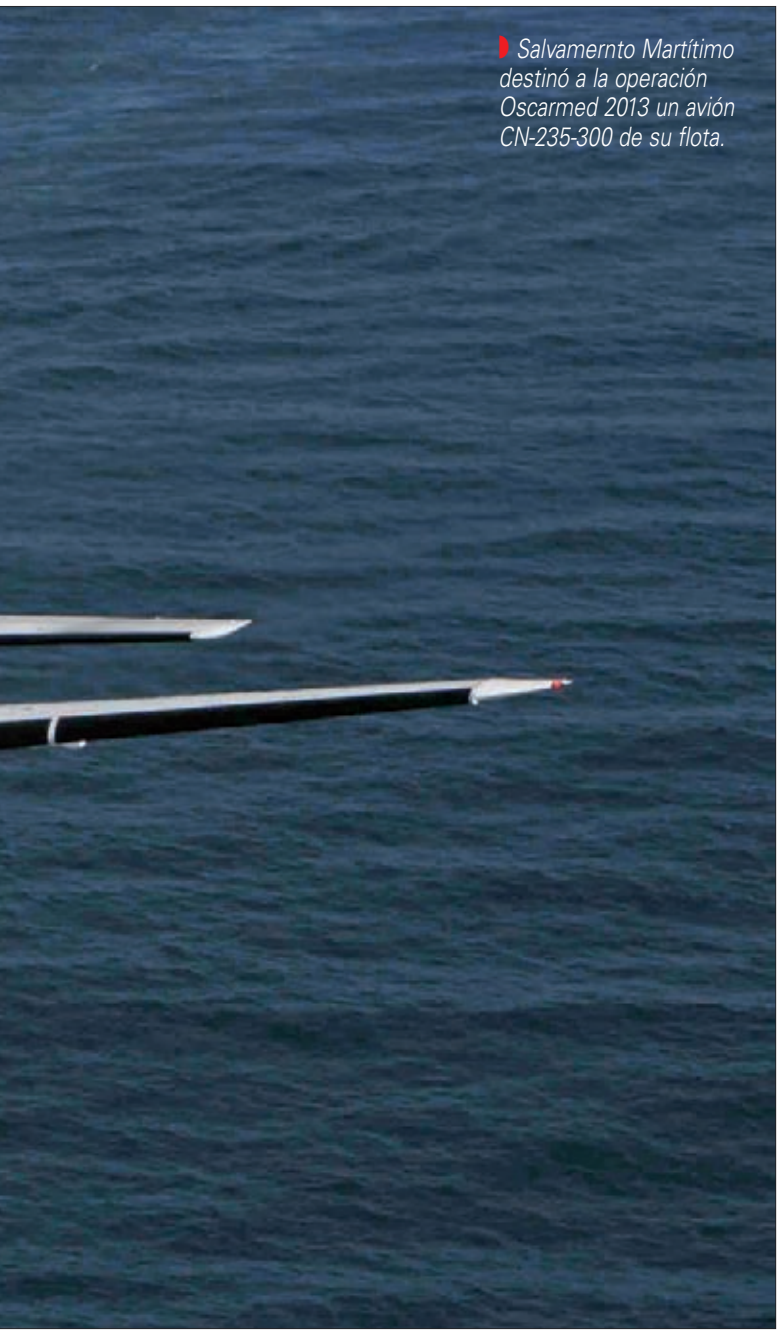

Desde las 18:00 horas del 24 de junio y hasta las 12:00 horas del 26, ininterrumpidamente, cinco aviones de Argelia, Francia, Italia, Marruecos y España han patrullado en relevos de cuatro horas una amplia zona del mar Mediterráneo, desde las proximidades del estrecho de Gibraltar hasta el canal de Ibiza, con el objetivo de localizar e identificar cualquier descarga o vertido ilegal procedente de alguno de los numerosos buques que a diario transitan por la zona.

> Se trata del primer ejercicio de REMPEC en aguas españolas y bajo coordinación de los servicios de Salvamento Marítimo

Los aviones, algunos de ellos equipados con avanzados dispositivos de vigilancia nocturna –se estima que desde la puesta de sol y hasta el amanecer es la franja horaria en que tiene lugar la mayoría de los vertidos ilegales de los buques en ruta– despegaban del aeropuerto de Son Sant Joan con una misión específica, asignada de acuerdo con sus características y la zona a patrullar.

## Cooperación

Este ejercicio operativo, concebido para intensificar la cooperación en la zona del Mediterráneo occidental y denominado Oscarmed 2013 –siglas en francés de «operación de vigilancia coordinada aérea de descargas en el Me-



*Salvamernto Martítimo destinó a la operación Oscarmed 2013 un avión CN-235-300 de su flota.*

diterráneo»–, es el segundo de estas características que organiza REMPEC y es también el primero que tiene lugar en aguas españolas y bajo coordinación de nuestros servicios de Salvamento Marítimo. El anterior se llevó a cabo en el año 2009, con centro del despliegue operativo en la base aérea de Toulon (Francia) y la participación de aviones procedentes de Francia, Italia y España.

Durante las 44 horas de vuelo de la operación Oscarmed 2013, los aviones participantes en el dispositivo realizaron la vigilancia de unos 700 buques, cubriendo una superficie de mar cercana al millón de kilómetros cuadrados. Para la mejor localización de los objetivos en las patrullas de vuelo se utilizaron imágenes satelitarias facilitadas por el programa Clean Sea Net de la Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA).

Las misiones a desarrollar por cada vuelo comprendían

## Equipamiento de los aviones para la detección de vertidos

La vigilancia aérea se ha convertido en la mejor herramienta tanto para la prevención como para la detección temprana de la contaminación. Para ello, los tres aviones EADS-CASA 235-300 de Salvamento Marítimo, como el utilizado en la operación Oscarmed 2013, están equipados con una avanzada tecnología, entre la que destaca:

- Radar de barrido lateral (SLAR) para la detección de vertidos de hidrocarburos al mar.
- Sensor (IR/UV) infrarrojo y ultravioleta, que permite realizar análisis de cualquier tipo de contaminación y de la superficie afectada.
- Sensor microondas (MRW) para medir el espesor de la capa del contaminante en la superficie marina, tanto de día como de noche y bajo condiciones meteorológicas adversas.
- Láser fluoresensor (LFSL), para la discriminación y clasificación del tipo de agente contaminante.



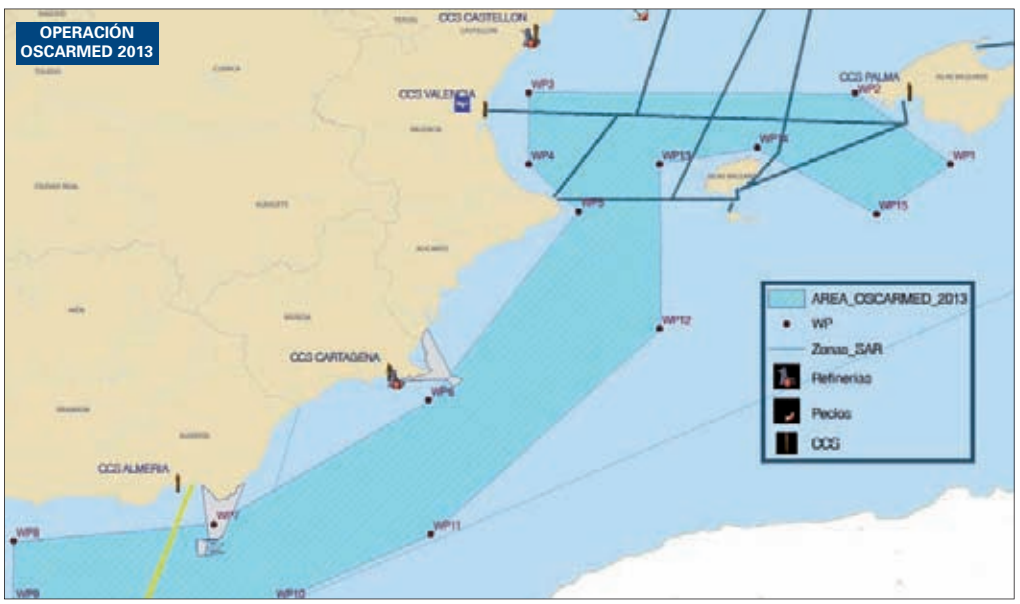
*Interior del CN-235, con avanzados equipos de detección.*

# Contra la contaminación en el Mediterráneo

REMPEC, el Centro Regional de Respuesta a Situaciones de Emergencia de Contaminación Marina en el mar Mediterráneo, está administrado por la Organización Marítima Internacional (OMI), y se creó en 1976 al amparo de la Convención de Barcelona, a la que pertenecen en la actualidad 21 países del Mediterráneo y de la Unión Europea. Creado para asistir a los países que lo integran en situaciones de emergencia causada por episodios de contaminación marina y fomentar la cooperación entre ellos, sus funciones se han ido incrementando con el paso de los años, comprendiendo no solo la preparación y respuesta frente a la contaminación marina, sino también la prevención y, desde 2005, la adopción de estrategias conjuntas a nivel regional. De este modo, el seguimiento de episodios de contaminación, la vigilancia de vertidos o descargas ilegales y la aplicación de la ley y el enjuiciamiento de los presuntos infractores se han convertido en los objetivos prioritarios de REMPEC.



*Los CN-235 reúnen condiciones idóneas para la vigilancia aérea sobre el mar.*






*Tripulaciones de Salvamento Marítimo que participaron en el ejercicio.*

básicamente cuatro grandes objetivos: vigilar la mitad sur de las rutas de tráfico marítimo que discurren próximas a la costa española y que conectan Francia e Italia con el estrecho de Gibraltar; vigilar las entradas y salidas del puerto de Valencia y de las islas Baleares; controlar el mayor número posible de barcos en navegación, y controlar también los buques desde un radio lo más cercano posible al Estrecho.

El dispositivo aéreo se completó con otro de seguimiento en tierra, con base en el Centro de Coordinación de Salvamento Marítimo de Palma de Mallorca. La operación de vigilancia aérea incluyó la celebración de unas jornadas y talleres que contaron con la participación de técnicos y expertos en la detección y sanción de contaminaciones marinas de 16 países: Francia, Malta, Albania, Bosnia-Herzegovina, Chipre, Dinamarca, Alemania, Israel, Italia, Líbano, Montenegro, Marruecos, Palestina, Eslovenia, Turquía y España.■




**RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN**

*Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.*




PVP: 10 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

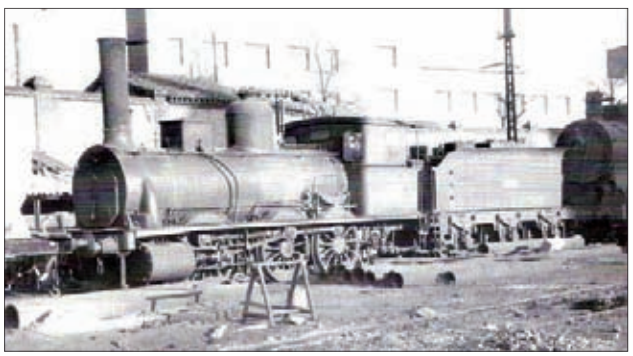
SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es



Estación de Delicias, construida en 1933, destino de la línea Madrid-Zaragoza.

150 AÑOS DE LA CONEXIÓN FERROVIARIA MADRID-ZARAGOZA

# El tren más esperado



Locomotora Sharp Steward en la estación de Campo Sepulcro.

JULIA SOLA LANDERO
FOTOS: ASOCIACIÓN CULTURAL PASO A NIVEL

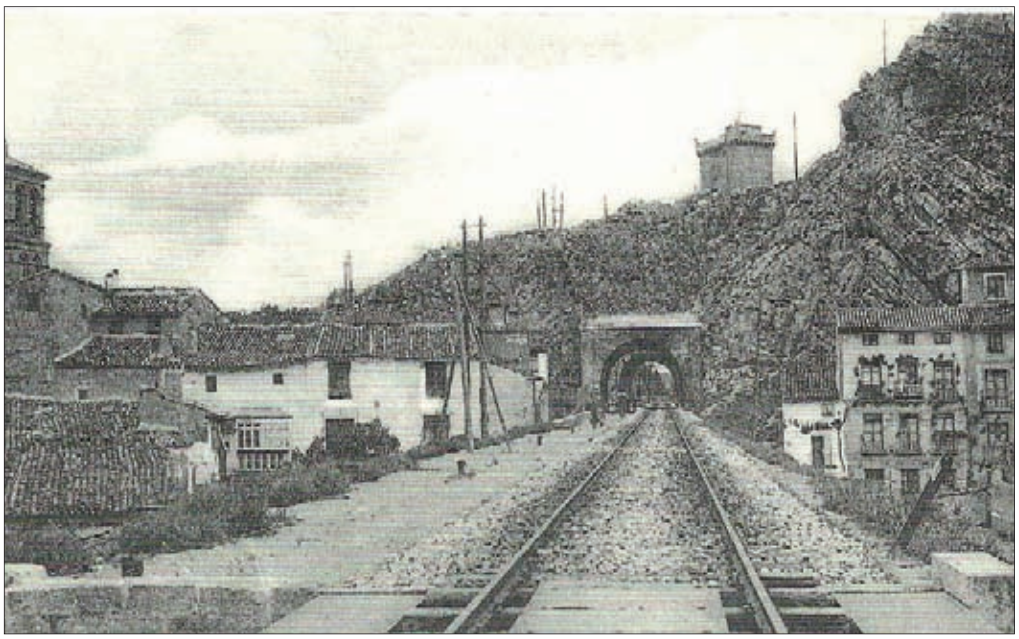
En mayo de 1863 llegaba por primera vez un tren al zaragozano barrio de Las Delicias, a la estación provisional de Santo Sepulcro. La conexión de Madrid con la capital aragonesa contribuía a desarrollar un eje de comunicación esencial para la vertebración del país. La llegada de aquel ferrocarril supuso también un definitivo impulso a la industrialización de la ciudad.

El 8 de marzo de 1856 a las 2:25 de la tarde, el general Espartero, a la sazón presidente del Consejo de Ministros, envió un despacho telegráfico al Ayuntamiento Constitucional de Zaragoza, comunicando la subasta definitiva a la empresa «Del Gran Central de Francia» del ferrocarril desde Madrid a la capital aragonesa, por la cantidad de 209,99 reales de vellón por kilómetro de vía. Nada más recibirlo, el alcalde, Joaquín Marín, dictó un bando para dar a conocer a los zaragozanos la buena nueva, en el que auguraba las «inmensas ventajas, no sujetas a cálculo, que vamos a reportar», y se congratulaba anticipadamente del júbilo de todos los aragoneses por «tan fausto acontecimiento».

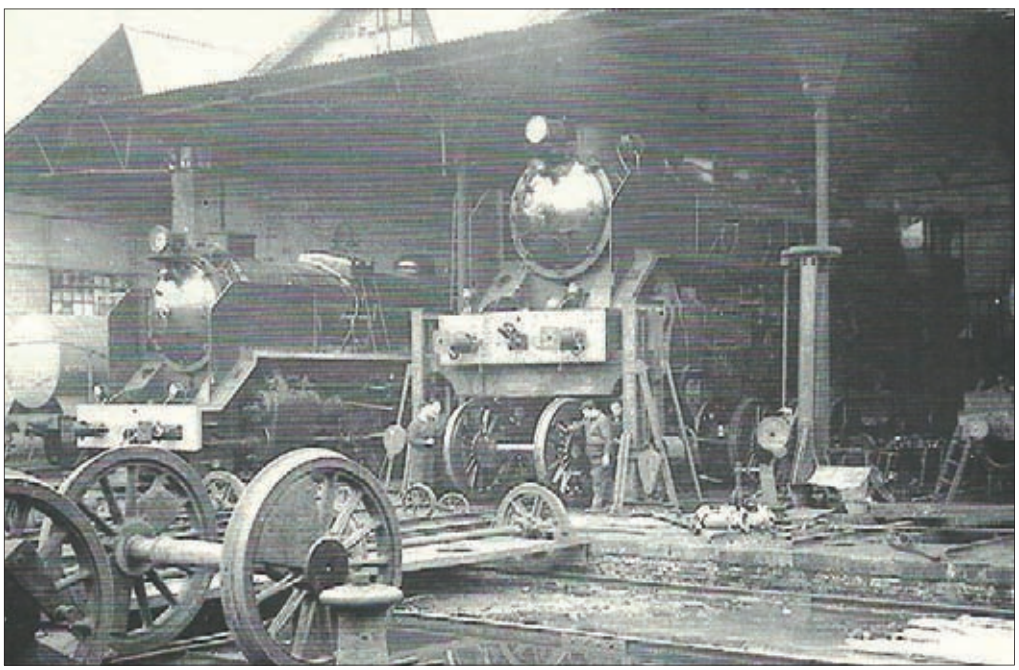




La línea Madrid-Zaragoza fue declarada de interés general por el Estado y su construcción fue considerada prioritaria.



La construcción de línea Madrid-Zaragoza alcanzó la ciudad de Alhama de Aragón en 1863.



Material móvil almacenado en la estación zaragozana de Campo Sepulcro.

Este año se conmemoran los 150 años transcurridos desde que tuvo lugar aquel anhelado acontecimiento: la llegada del primer tren desde Atocha a la estación provisional de Campo Sepulcro en el barrio de Las Delicias. Sucedió siete años después de aquel despacho oficial: el 16 de mayo de 1863.

La línea había sido declarada de interés general por el Estado y su construcción fue considerada prioritaria. En aquel proyecto se vislumbraba el arranque de una gran arteria de comunicación que desde Madrid llegase a la frontera de Francia a través de los Pirineos. Y para demostrar el interés que tenía el Estado en aquella obra, el 10 de mayo de 1856 el propio Espartero puso la primera piedra de la línea.

Las obras marcharon a buen ritmo y en 1859, cuando la línea ya había llegado a Guadalajara, la compañía concesionaria puso en marcha en la ciudad alcarreña un servicio de diligencias que trasladaba a los viajeros hasta Zaragoza. La construcción progresó durante los años siguientes acompañada de algunas dificultades económicas y técnicas, pero sin pausas. A principios de 1863 la línea ya alcanzaba Alhama de Aragón y muy poco después llegaba a Zaragoza.

Durante veinte años la estación fue provisional. Las du-





Fachada principal y depósito de Campo Sepulcro, estación de MZA construida en el año 1896.

## Conmemoración

La Asociación Cultural Paso a Nivel, la Junta Municipal de Delicias y el Centro Cívico Esquinas del Psiquiátrico, en colaboración con la Universidad Popular de Zaragoza, han conmemorado el 150º aniversario de la llegada del tren a la estación de Delicias con una exposición fotográfica y un ciclo de conferencias sobre el desarrollo del ferrocarril en la segunda mitad del siglo XIX, ambos celebrados entre los meses de mayo y julio.

La exposición fotográfica ha sido fruto de una interesante recopilación de imágenes sobre la evolución de la estación MZA-Campo del Sepulcro, desde su construcción en 1896, hasta su desaparición en 1970; la posterior construcción de la estación Zaragoza-El Portillo, desde su inauguración en 1973, las reformas realizadas en 1995, su desaparición como estación en 2003 y su conversión en apeadero desde 2008.

También se ha podido ver la documentación fotográfica recopilada sobre las restantes estaciones y apeaderos ferroviarios de la ciudad de Zaragoza, así como de los enlaces ferroviarios de los directos Miraflores-Campo del Sepulcro, Arrabal-Química, Arrabal-Cogullada, puentes del ferrocarril, escuela de aprendices y demás infraestructuras ferroviarias ya desaparecidas.



Material móvil estacionado en las vías de la estación de Campo Sepulcro.

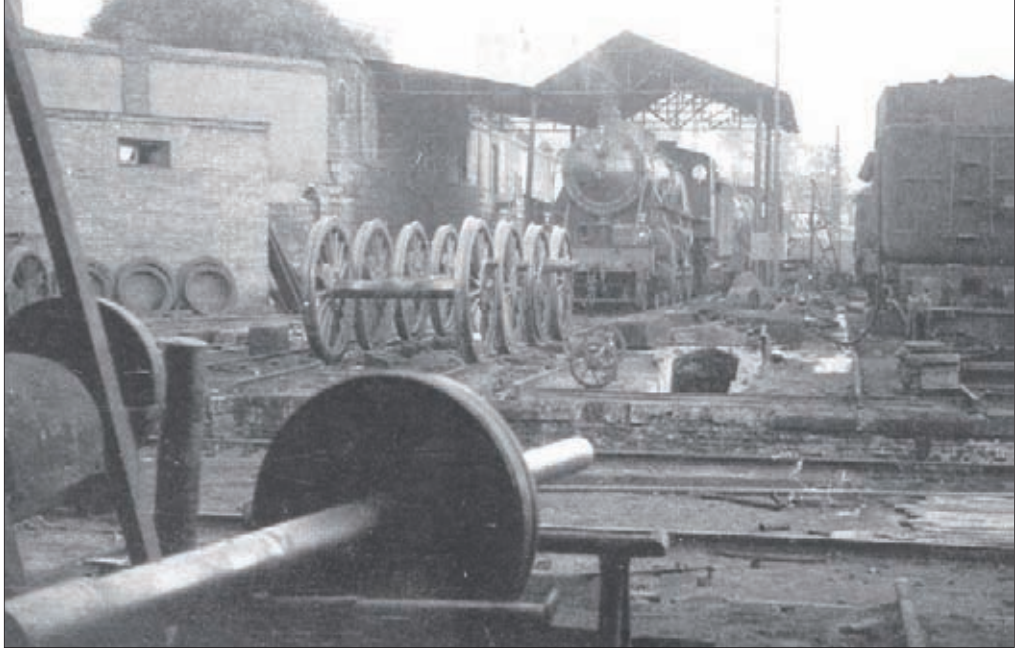
> La construcción de la línea férrea Madrid-Zaragoza, que arrancó en mayo de 1856, se prolongó durante siete años

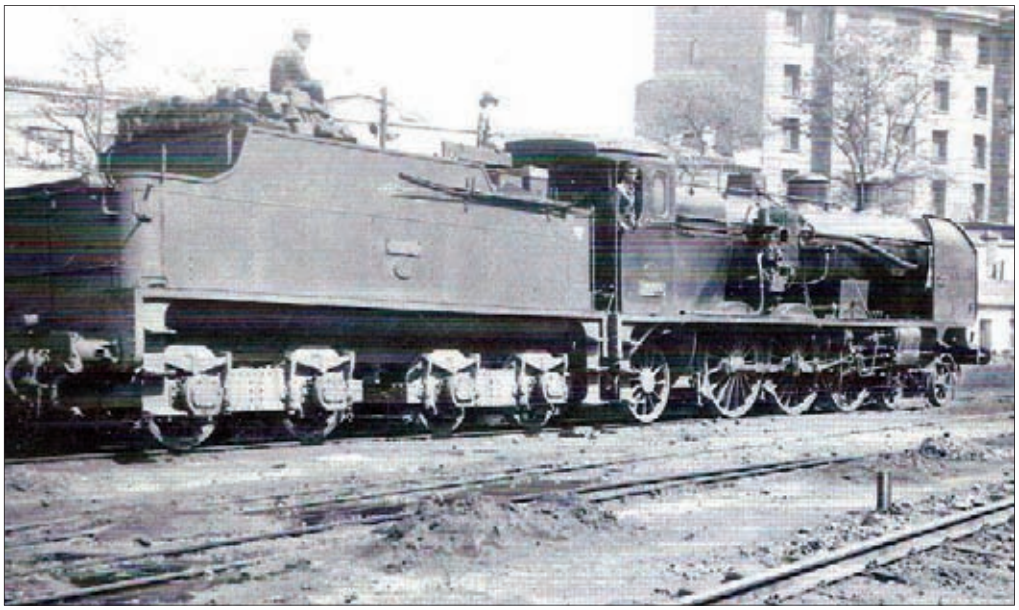
### De la diligencia al tren

Aquel venturoso año de 1856 en que se concedió el tren a Zaragoza, se inauguraba una década en la que tendría lugar la eclosión de la red ferroviaria española de la mano de la Compañía de los Ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y Alicante (MZA), constituida ese mismo año, y de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España, creada en 1858.

La compañía MZA surgió a raíz de producirse la subasta de la línea Madrid-Zaragoza. En aquel momento tomó cuerpo la idea de crear una compañía ferroviaria que agrupara la nueva línea y la

das al comienzo de la explotación de la línea sobre si la estación tendría un carácter terminal o pasante, unidas a las dificultades para la obtención de los terrenos necesarios, retrasaron su construcción definitiva hasta 1895, después de que se fusionaran MZA y la Compañía del Ferrocarril de Tarragona a Barcelona y Francia (TBF), y se decidiera el carácter pasante de la estación. En 1896 se pudo finalmente inaugurar la estación definitiva, un sobrio edificio de traza neoclásica con una generosa fachada de 140 metros de longitud, formado por un cuerpo central flanqueado por dos pabellones de mayor altura.





*Campo Sepulcro fue durante años la principal terminal ferroviaria de la ciudad de Zaragoza.*

de Madrid-Alicante, cuyo impulsor era el marqués de Salamanca, junto con el grupo francés Chemin de Fer du Gran Central. Su fusión se produjo oficialmente el 31 de diciembre de 1856, con un capital de 456 millones de reales, que estaban repartidos en 240.000 acciones.

En la capital aragonesa la llegada del ferrocarril se había hecho esperar; tanto, que Zaragoza ocupó el lugar decimonoveno en la relación de capitales de provincia que tenían tren. Sin embargo, comenzaba por entonces una época de grandes cambios en las comunicaciones ferroviarias de la ciudad. De hecho, solo dos años antes de la puesta en marcha de la línea Madrid-Zaragoza –el 16 de septiembre de 1861–, el rey consorte Francisco de Asís había inaugurado la línea Zaragoza-Barcelona, con la que el tren llegaba a la primitiva estación de Arrabal.

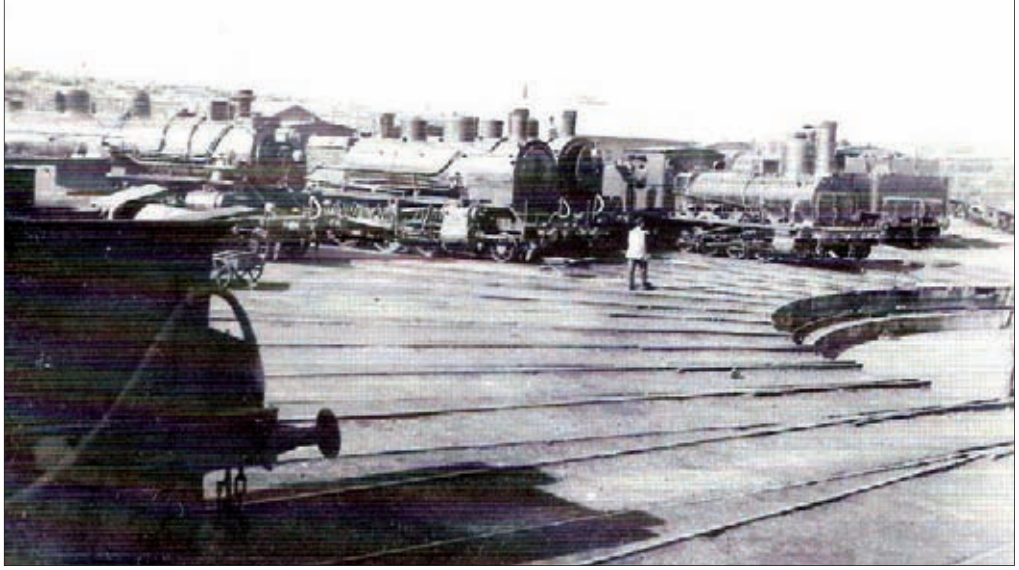
Por otra parte, la Compañía del Ferrocarril de Zaragoza a Pamplona construyó entre los años 1860 y 1865 la mayor parte de la línea, mientras que el enlace final entre Casetas y Zaragoza fue ejecutado en 1871 por la Compañía de los Ferrocarriles de Zaragoza a Pamplona y a Barcelona, fruto de la fusión de la primera con la Compañía del Ferrocarril de Barcelona a Zaragoza.



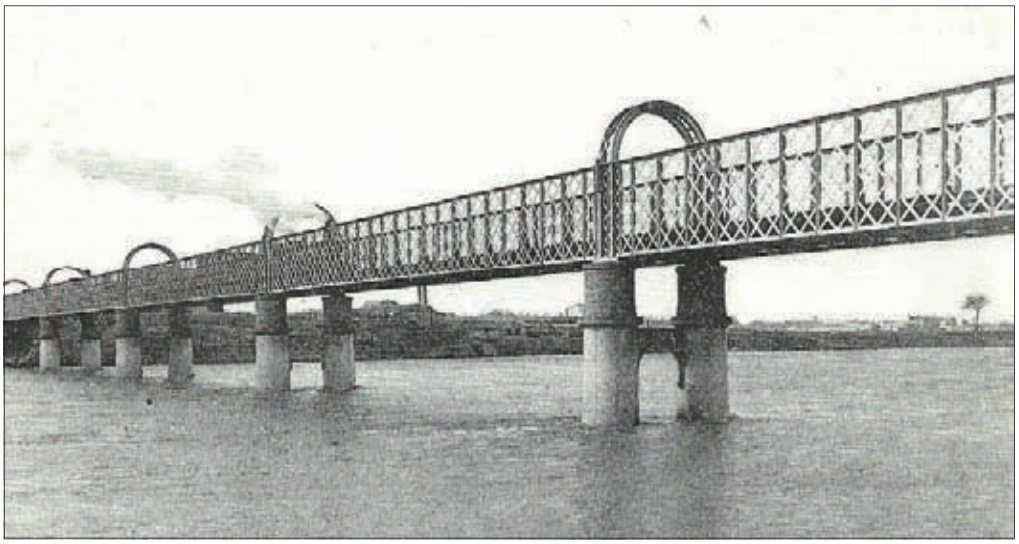
El impulso definitivo, sin embargo, vino de la mano de la línea de Madrid. Si hasta su llegada alcanzar Zaragoza desde la capital del reino en diligencia suponía más de tres días de viaje por tortuosos caminos, con el tren el tiempo empleado se redujo drásticamente en más de 48 horas. Ese enlace tan rápido para aquellos tiempos y la creación de la estación, en la periferia de la ciudad, fueron clave para el futuro urbano de Zaragoza. Se cumplía el pronóstico expresado en el bando del alcalde: «La nueva línea hará desaparecer distancias y dará un extraordinario impulso a nuestra agricultura, y a nuestra industria y comercio, tan abatidos y postrados hoy por falta de buenas vías de comunicación».

Efectivamente, el tren impulsó la economía de la región, propiciando el nacimiento de abundantes industrias y fábricas a su alrededor, y de nuevos barrios en torno a ellas donde se asentaban los trabajadores de aquéllas. Así nacieron, entre otros, el barrio de las Delicias, que surgió junto a la carretera de Madrid, entre la estación de Campo Sepulcro y la de Caminreal; o el barrio de la Química, fundado alrededor de las industrias químicas situadas en la salida hacia Madrid, entre la estación de Madrid y la del Norte, o el de Miraflores, que nació junto a la fábrica de cervezas La Zaragozana.

La ciudad se fue conformando al calor de las nuevas líneas férreas que iban sur-



Tras 20 años de provisionalidad, Campo Sepulcro fue la primera estación formal de la ciudad.



Puente de la Almozara sobre el Ebro, construido para enlazar las líneas Madrid-Zaragoza y Zaragoza-Barcelona.

giendo –las de Cariñena, Caminreal, Utrillas, Francia por Canfranc–; y al albur de los intereses de las distintas compañías ferroviarias, que dibujaron una malla de líneas un tanto inconexa y articulada mediante enlaces ferroviarios y numerosas estaciones, se fue fraguando la renovación de la ciudad aragonesa.

## Puente de la Almozara

Las dificultades surgidas por la precaria planificación de las conexiones impulsó al Gobierno a licitar, en 1869, el proyecto de un puente que permitiera la comunicación directa entre las dos principales vías férreas de la capital aragonesa. Así surgió el puente de la Almazora, que se hizo necesario debido a que las diferentes concesiones ferrovias habían dejado el trayecto Madrid-Zaragoza y Zaragoza-Barcelona dividido entre la terminal de la compañía MZA, que tenía cabecera en la céntrica estación de Campo Sepulcro, y la de la Compañía del Norte, que había construido su propia terminal en la estación del Norte para su concesión Zaragoza-Barcelona en 1861. Ambas líneas estaban enlazadas entre sí, de forma que los viajeros que querían proseguir viaje tenían que cruzar la ciudad en tartanas.

Su construcción permitió hacer la ruta completa Madrid-Barcelona sin transbordos. El puente fue inaugurado en 1870 y tras una vida agitada, incluidas ampliaciones y remodelaciones causadas por inundaciones y los daños debidos al uso, fue reconvertido en un puente peatonal y carretero. Hoy en día es uno de los principales pasos sobre el Ebro y un punto clave del tráfico en las riberas del río.



Locomotora de vapor de MTM en Zaragoza.

## Estaciones

En el siglo y medio transcurrido desde la llegada del tren desde Madrid, las líneas férreas que atraviesan Zaragoza se han ido transformando y adaptando a los nuevos tiempos hasta llegar a convertir la capital aragonesa en un importante nudo dentro de la red de alta velocidad.

La antigua estación de Campo Sepulcro fue ampliada y reformada por Renfe en 1973, y rebautizada como Zaragoza-El Portillo, concentrando los servicios que prestaban las estaciones de Sepulcro, Delicias y Arrabal. Más tarde, en 2008, se inauguró la nueva estación construida en una parte de los terrenos de la histórica estación Zaragoza-El Portillo. Fue la principal estación de la ciudad, tras la clausura de las antiguas estaciones de Cariñena, Utrillas y Caminreal, hasta la apertura de Zaragoza-Delicias.

En total, la ciudad de Zaragoza ha tenido diez estaciones ferroviarias: Arrabal y Campo Sepulcro, Cariñena, Utrillas, Delicias, El Portillo, Miraflores, la Intermodal de Delicias, la de clasificación de La Almozara y el apeadero de la Química. La llegada del AVE a Zaragoza y la construcción de la gran estación de Delicias ha supuesto un nuevo y decisivo impulso para la definitiva expansión de Zaragoza y su conversión en una gran urbe. ■

Revista del Ministerio de

# Fomento







# TRENES HISTÓRICOS Y TURÍSTICOS EN ESPAÑA

*Monográfico julio-agosto 2012*











GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

RESERVE SU EJEMPLAR EN TELF.: 91 597 6478 / 6449
Por fax: 91 597 61 86 (24 horas).
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es



HACE 80 AÑOS SE INICIÓ LA CONSTRUCCIÓN DEL GOLDEN GATE BRIDGE, EMBLEMA DE LA INGENIERÍA MODERNA

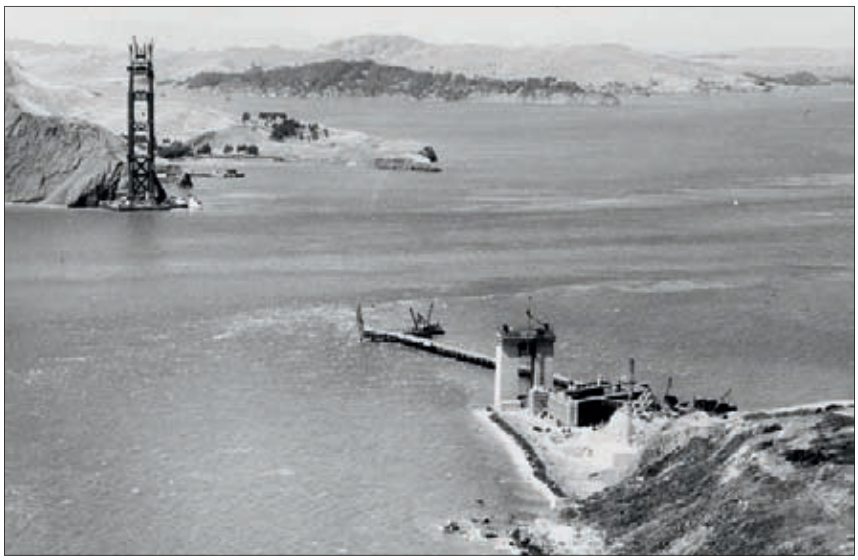
# Un puente para no olvidar

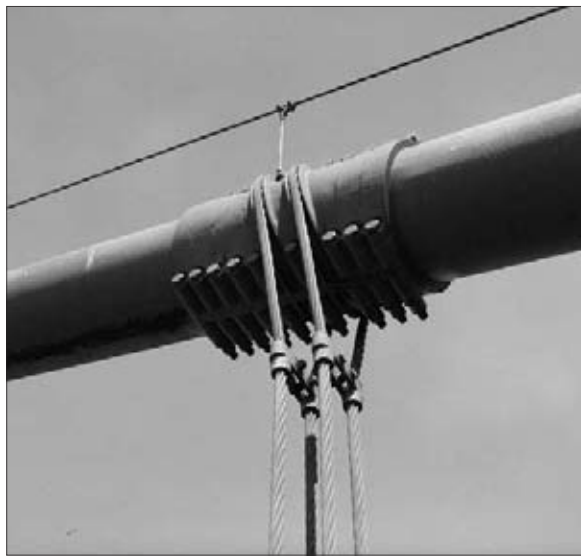
Rick Nieweroski Jr.

BEGOÑA OLABARRIETA
FOTOS: LIBRARY OF THE CONGRESS

Con 75 años ya de historia, el paso del tiempo confiere cada día más carga simbólica a una obra que en su día pulverizó todos los récords. Mayor obra de ingeniería de su época, puente colgante más largo del mundo durante 27 años, gigantesco monumento art decó, símbolo universal de la bahía de San Francisco y su ciudad, niño mimado por la industria cinematográfica de Hollywood, obra civil más retratada y filmada, 'puerta dorada' hacia la eternidad... un sueño que comenzó hace 80 años.







El año pasado se conmemoró el 75º aniversario de la finalización y puesta en servicio del mítico puente Golden Gate sobre la bahía de San Francisco (California, EE UU). El 27 de mayo de 1987, más de 300.000 personas lo cruzaron a pie para celebrar su 50º aniversario. El mismo día de 1937, más de 18.000 ya lo habían hecho en el marco de la semana de festejos por su inauguración.

Sin embargo, toda historia tiene su principio y éste tuvo lugar hace 80 años, el 5 de enero de 1933, cuando se iniciaron oficialmente las obras de la mayor infraestructura de su época; pero es preciso remontarse aún más lejos en el tiempo para determinar los orígenes del proyecto. Corría 1846 cuando John C. Fremont, aventurero, político, capitán de ingenieros, promotor de la independencia de California y de su posterior anexión a los Estados Unidos, divisó la entrada a la bahía de San Francisco desde el océano Pacífico y llamó a ese estrecho «la puerta de oro», porque le recordaba a la del mismo nombre en Estambul, la que separa Europa de Asia.

Bautizado el estrecho, solo faltaba la idea de construir el puente. Frente a la bahía, el





*La construcción del puente, iniciada con la cimentación de sus dos grandes pilares en el mar, se prolongó durante siete años.*

condado de Marin, salida natural al norte de San Francisco, veía cómo los ferries que cubrían la ruta de ida y vuelta empezaban a ser incapaces de transportar un tráfico rodado que se había multiplicado por siete durante la década siguiente a la Primera Guerra Mundial.

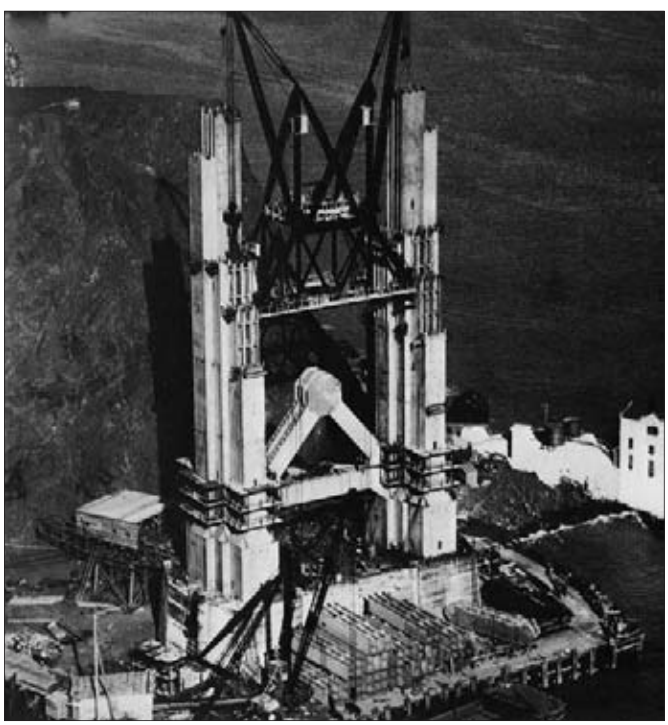
La necesidad ya era patente, únicamente faltaba lograr la financiación para acometer el proyecto de ingeniería más ambicioso de su tiempo, el puente de la Puerta de Oro. Acababa de nacer el Golden Gate Bridge.

## 17 millones de dólares

En 1921, en respuesta a la demanda de la ciudad, el ingeniero Joseph Baermann Strauss presentó sus bocetos y, lo que es más importante, la estimación de un coste de 17 millones de dólares. Mientras el gran proyecto empezaba a andar, la vida siguió su curso: el diseño constructivo original cambió por el actual, la burocracia llegó hasta el punto de hacer necesario el permiso del Departamento de Guerra –que no sería afirmativo has-



Carol M. Smith



ta años después–, estalló el *crack* del 29, se generalizó la depresión y se agotaron los fondos federales.

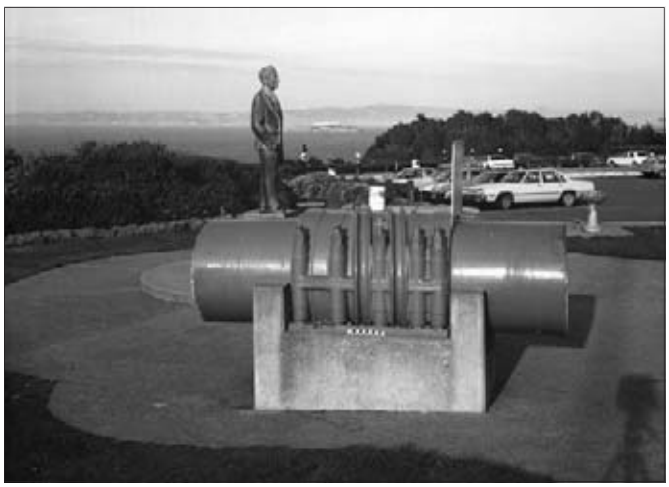
Los seis condados implicados en la construcción del puente emitieron en 1930 bonos por valor de 35 millones de euros para costear los gastos, con el aval de sus casas, granjas y negocios. La confianza y las garantías no bastaron, y fue finalmente un potentado californiano, Amadeo P. Gianini, fundador del Bank of America, quien compró la emisión y lo hizo posible.

Con la luz verde financiera y el proyecto dirigido por el ingeniero jefe, Joseph Strauss, ese 5 de enero se iniciaron oficialmente las obras. Al principio, la mayor parte del tra-

## La obra en cifras

- Longitud total del puente, incluidos los enfoques de pilar a pilar: 2.737 metros.
- Longitud de la suspensión, incluyendo vano principal y tramos laterales: 1.966 metros.
- Longitud del tramo principal de la estructura suspendida (distancia entre torres): 1.280 metros.
- Anchura del puente: 27 metros.
- Peso total del puente, los anclajes y los enfoques: 894.500 toneladas.
- Altura bajo su estructura para el paso de buques: 67 metros.
- Altura de las torres por encima del agua: 227 metros.
- Altura de las torres por encima de calzada: 152 metros.
- Número de remaches en cada torre: 600.000 aproximadamente.
- Peso de las dos torres principales: 44.000 toneladas.
- Diámetro de los dos cables principales: 0,92 metros.
- Longitud de cada cable principal; 2.332 metros.
- Número de alambres de acero galvanizado en cada cable principal: 27.572.
- Longitud total de cable de acero galvanizado utilizado en los dos cables principales: 129.000 kilómetros.
- Peso de los dos cables principales, cables y accesorios de liga: 24.500 toneladas.
- Cantidad de hormigón utilizado: 297.475 metros cúbicos.
- Cantidad de acero estructural utilizado: 75.293 toneladas.
- Calzada de seis carriles y carriles protegidos para bicicletas y peatones.
- Coste total: 35 millones de dólares USA de 1930.





*El puente visto desde el nivel del mar. Debajo, detalle de cable y estatua del ingeniero jefe, Joseph Strauss.*

bajo se llevó a cabo no ya en el agua, sino bajo la misma, con equipos de buceadores que realizaron una difícil labor entre peligrosas corrientes y frecuentes temporales y tormentas. Los turnos de trabajo fueron de 20 minutos de inmersión cuatro veces al día, siempre mientras bajaba la marea y la menor fuerza del agua evitaba la fuerte resaca de las olas.

Su misión era preparar la construcción de los dos grandes pilares que servirían de cimientos a las torres. En la del norte, el lecho de roca facilitó el desarrollo de los trabajos de cimentación; pero en la sur, la base rocosa se encontraba a 30 metros de profundidad. La solución fue construir sobre la misma una estructura en forma de cajón hasta la superficie y a continuación extraer con bombas todo el agua para poder trabajar en seco.

## Seis meses y nueve días

Tras la cimentación, enormes grúas facilitaron la construcción de la estructura de acero de las torres, cuya elevación permitió tender las fibras de ese mismo material entre ambas y unirlas hasta formar los cables principales. La complejidad de cada proceso la muestra el tiempo necesario para el giro de los 27.572 *hilos* que componen cada cable principal: seis meses y nueve días. Todo el acero, fabricado en la costa Este, llegó a San Francisco vía canal de Panamá.

Por último, plancha por plancha, se construyó la cubierta. Las dos secciones del tramo principal del puente se unieron en el centro el 18 de noviembre de 1936, encontrándose físicamente los equipos de trabajo de ambos lados: los grupos de San Francisco y los de Marin. El 28 de abril de 1937 se clava en el puente el último remache, de oro ceremonial, que simboliza la finalización de la estructura.

El alto contenido de sal en el aire obligó a pintarlo rápidamente para proteger a su acero de la oxidación y la corrosión. El color elegido no fue el negro carbono ni el gris acero, habituales en la época. Tampoco se pintó de rayas negras y amarillas para facilitar aún más la visibilidad a los buques en tránsito. Se impusieron los criterios estéticos y se eligió un color más cálido, el denominado naranja internacional, tan característico y único del Golden Gate.



Los mismos patrones de imagen que vistieron la estructura original de *art decó* y que el arquitecto elegido, Irving Morris, elevó al máximo al elegir una iluminación suave que resaltara la impresionante estructura de acero.

## A mitad del camino del infierno

Un muerto por cada millón de dólares gastado. Ese era el estándar asumido, en esa época, en la construcción de infraestructuras en Estados Unidos, pero el ingeniero Joseph Strauss se propuso rebajar esa cifra al mínimo y promovió el uso de rigurosas e innovadoras medidas de seguridad. La siniestra estadística le dio la razón: 35 millones de dólares gastados y 11 muertos durante la construcción. Cifra que podría haberse reducido a un único fallecido, de no ser por un accidente múltiple con 10 víctimas mortales a tres meses de su finalización.

La medida de seguridad más conocida fue la implantación de una red suspendida bajo el puente, cuyo coste ascendió a 130.000 dólares, una salvaguarda para frenar el *camino del infierno*, como los trabajadores denominaban a la caída del puente, ya que la muerte era prácticamente segura.

Durante la construcción, 19 hombres cayeron en la red y no solo salvaron sus vidas, sino que desde entonces son miembros de uno de los clubes más exclusivos del mundo, el Half way to Hell Club (Club a mitad de camino del infierno), nombre que eligieron los propios supervivientes y que permanece para la posteridad.

Además de la red y las cuerdas de seguridad, las precauciones abarcaban casi todos los ámbitos del trabajo. Así, los trabajadores usaban desde cascos modificados y máscaras respiratorias, hasta gafas contra el deslumbramiento y cremas especiales para protegerse de los fuertes vientos. Esas medidas llegaron incluso a la elaboración de dietas formuladas para evitar los mareos y a brebajes que ayudaban a combatir la resaca.



*El Golden Gate Bridge es el gran icono de San Francisco.*



Una bella obra de arte y una eficaz gesta de ingeniería que a lo largo de su historia solo ha tenido que cerrarse tres veces al tráfico por fuerte temporal, y que desde mayo de 1937 al mismo mes de 2012 había facilitado el cruce de la bahía de San Francisco a 1.970.331.117 vehículos.

Un puente que exige permanentemente mantenimiento y que genera nuevos proyectos, como el actual de reforzamiento contra seísmos o la barrera anti suicidios, al ser uno de los más *populares* para esos actos.

El Golden Gate Bridge necesitó «dos décadas y 200 millones de palabras para convencer a la gente que el puente era factible», en palabras de su gran impulsor, Joseph Strauss, quien en 1932, antes de iniciar la construcción, respondió sin dudar a la pregunta que no paraban de formularle: «¿Cuánto tiempo va a durar el puente? Para siempre». ■

## Bajo la protección de Superman

El Golden Gate Bridge ya no es el puente colgante más largo del mundo. Lo fue durante 27 años hasta que el Verranzano Narrow, de Nueva York, le arrebató el récord. Actualmente ocupa el noveno lugar de los diez más largos, una lista que encabeza el puente Akashi-Kaikyo, en Japón; pero que domina China con holgura, ya que cinco de los mayores están construidos en su territorio. Tampoco es el más alto del mundo –por estructura–, lista que encabeza el Baluarte en México y que cierra el Golden Gate con una honrosa décima plaza; pero sí ha sido y sigue siendo el puente más mimado por la industria del cine.

Su mítica imagen no sólo sirvió de fondo a intrigas clásicas como *El halcón maltés* o *Vértigo* y a películas de acción como *La roca*, sino que también fue escenario de las proezas humanas de James Bond y de las kriptonianas de Superman, así como de varias entregas de *Star Trek*, alguna de *X-Men*, *Terminator* y la última incorporación en 2011 a la saga del *Planeta de los simios*.

En algunas de las películas y series televisivas la ficción ha ido más lejos, ya que ha recreado la posible destrucción del Golden Gate por causas tan diversas y fantásticas como la propia imaginación: la potencia aniquiladora de los tentáculos de un pulpo gigante, la exposición a los corrosivos rayos del sol en una atmósfera sin capas que los filtren, por un terremoto, por los poderes magnéticos de un mutante, el mordisco de un megatiburón o la terrorífica lucha de un robot contra un insecto con poderes sobrenaturales.

RECUPERACIÓN DEL FERROCARRIL MINERO DE LANGREO

# Viaje al fondo de la mina





Begoña Olabarrieta
Fotos: Eduardo Urdangaray

En la década de los años 40 del siglo XIX, en plena expansión de la industria minera, la vida en el valle asturiano de Samuño giraba en torno a la extracción del carbón. Una ardua tarea para la que se crearon imponentes infraestructuras –como la torre del Pozu San Luis, una de las más emblemáticas–, o el ferrocarril –tecnología de vanguardia para el transporte de trabajadores y mercancías–. Casi dos siglos después, la recuperación del tren minero de Langreo permite al visitante hacer un viaje en el tiempo recorriendo las mismas vías férreas que durante décadas bajaban al fondo de la mina.





*Interior de la Casa de Máquinas, de 1930, uno de los edificios más singulares del complejo minero.*

En aquellos años del siglo XIX, los responsables de la empresa Carbones La Nueva difícilmente podrían haber imaginado que el ferrocarril minero iba a convertirse en atracción turística. Eran tiempos en los que las explotaciones de extracción del carbón crecían rápidamente en un entorno que dejaba atrás el mundo preindustrial para dar cabida a bocaminas, pozos, vías férreas e industrias.

Todo ello en el valle de Samuño, de unos 8 kilómetros de extensión en el corazón de Langreo, un paraje estrecho y frondoso que habla de la historia de la minería, que aún los mayores recuerdan, y que tras la época de crisis derivada del fin del ciclo económico basado en el carbón ha decidido reinventarse.

La idea fue aprovechar este escenario único para crear lo que es hoy el Ecomuseo Minero, un original proyecto de recuperación de la zona destinado a usos formativos y turísticos. En este escenario se han rehabilitado varios espacios emblemáticos, como la torre del Pozu San Luis, y su desarrollo continuaba el pasado mes de junio con la puesta en marcha del ferrocarril que recorría el camino hacia las minas.

El tren minero de Langreo recupera un tramo del ramal del ferrocarril de la antigua empresa Carbones La Nueva y ofrece a los visitantes un viaje al interior de una mina única en su género, en plena naturaleza, haciendo el mismo recorrido que aquellos vagones del siglo XIX, llegando hasta la base del Pozo San Luis, a 32 metros de profundidad, y garantizando sensaciones de realidad bajo unas estrictas medidas de seguridad.

Para conseguir esta aventura en la mina se han construido 10 coches, encargados a la empresa Stroifer siguiendo los patrones de los vagones antiguos, que van sobre *bogies*, cerrados y adaptados a personas con movilidad reducida, conformando un convoy que circula sobre vías de 60 centímetros de anchura de origen checo.

El resultado ha sido la creación de dos trenes, con el clásico gálibo minero, similares a los usados en la explotación, pero en este caso tirados por locomotoras diésel que circulan a 20 kilómetros por hora, con capacidad de 70 viajeros cada uno.

## Dos tramos

El viaje comienza en la estación de El Cadavíu, centro de recepción de visitantes, donde se inicia el primer tra-




*Pozu San Luis, con su espectacular castillete, uno de los mejor conservados de España.*

mo del recorrido. Un camino que discurre por el valle siguiendo el curso fluvial del Samuño en medio de una frondosa vegetación que conforma un auténtico corredor verde, y cruzando el túnel de La Trechora, anexo a la bocamina bautizada con el nombre del río.

Es el Pozu Samuño, que se atraviesa para entrar en el segundo tramo, aún más espectacular, circulando por el interior del Socavón Emilia, un auténtico transversal minero en el que se aprecian claramente las capas de carbón.

El viaje por el interior de la tierra finaliza en el embarque original de la primera planta del Pozu San Luis, que se corresponde con el mencionado socavón y que estuvo en funcionamiento hasta el último día de 2001. Allí desembarcan los pasajeros, a 32 metros de profundidad, para contemplar la imagen más tradicional de las infraestructuras mineras con todas las garantías de seguridad gracias a la rehabilitación de la estructura.

> La importancia patrimonial de los edificios y máquinas del Pozu San Luis le ha valido la consideración de Bien de Interés Cultural

La experiencia se hace aquí aún más intensa, entendiendo mejor cómo se sostenían las profundas galerías, cómo se arrancaba y transportaba el carbón, cómo se conseguía evacuar las aguas y se mantenía la iluminación, uno de los hitos que mejoró enormemente las condiciones de trabajo de los mineros.

Este tramo final desde el Socavón Emilia hasta la misma base del pozo constituye, con sus 980 metros, el mayor tramo de mina que se puede visitar en España a bordo de un ferrocarril.

Desde aquí, los visitantes se embarcan en una nueva experiencia: ascender a la superficie en la *jaula* del Pozu San Luis, un ascensor que cubre una altura equivalente a 11 pisos y que recrea los sonidos que escuchaban los mineros en su lento camino hacia la luz.

Un original ascenso con el que se llega a la base del castillete del pozo, uno de los mejor conservados y más singulares de España, al haberse



*El Ecomuseo Minero incluye una interesante visita a una exposición de maquinaria y herramientas ferroviarias de época.*

## Para completar la visita

Además de la experiencia a bordo del ferrocarril minero el Ecomuseo ofrece una exposición de maquinaria, herramientas y trenes, interpretada mediante paneles explicativos, con la posibilidad de hacer visitas guiadas adaptadas a cada tipología de visitante. La intención es explicar el patrimonio y la historia de la minería, de los mineros, sus familias y su forma de vida en el valle de Samuño.

Pero, además, para los amantes de la naturaleza la experiencia puede continuar a pie o en bicicleta de montaña a través de sus rutas de senderismo. Entre ellas destacan la senda «Los Molinos« (PR.AS-164), la Senda Verde del Tren Minero, la Senda Circular de Ciañu (PR.AS-41) o parte de la Vuelta a Langreo (PR.AS-44). Todas ellas recorren parte del paisaje protegido de las cuencas mineras, del que el valle de Samuño forma parte.





*Galería subterránea (arriba) y edificios del complejo minero (debajo).*

construido con la técnica de roblonado en lugar de la soldadura habitual.

La visita continúa entonces a pie recorriendo las instalaciones del Pozu San Luis que, gracias a su importancia patrimonial con edificios y maquinaria originales y bien conservados, le han hecho valedor de la declaración de Bien de Interés Cultural (BIC) en la categoría de Conjunto Histórico Artístico.

Encontramos aquí la Lampistería, la Casa de Aseos, los talleres, la cantina, el botiquín y la Casa de Máquinas, de 1930, un ejemplo de edificación al servicio de la industria diseñado para albergar la maquinaria que dota a la instalación minera de energía neumática y gobierna el funcionamiento del castillete.

Este intenso viaje, de tan solo dos kilómetros, culmina de nuevo en la estación de El Cadavíu, a donde los pasajeros retornan a bordo del tren, poniendo fin a una experiencia única que nos traslada a otros tiempos. ■

IRF

# 17º CONGRESO MUNDIAL DE LA IRF

**Líder del sector viario internacional en 2013**

Sede: Arabia Saudita

## La Asociación Española de la Carretera coordina la participación nacional



- Más de 50 ponencias en las sesiones técnicas
- Un Pabellón de 400 m² con una docena de entidades participantes
- Precio especial en las inscripciones para delegados españoles

**Riad, Arabia Saudita**

**9 - 13 de Noviembre de 2013**

**España, de nuevo referente mundial en el ámbito de las carreteras**

Más información: 91 577 99 72 o mrodrigo@aecarretera.com

ferrovial agroman

# Crecimiento basado en la Innovación

Ferrovial Agromán apuesta por la innovación y el desarrollo, así como por la aplicación de nuevas tecnologías en todos los ámbitos de su actividad de diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras.

Con más de 80 años de experiencia y más de 50 años de actividad en 50 países de 5 continentes distintos y más de 650 proyectos realizados con éxito, Ferrovial Agromán es pionera en el proceso de internacionalización de su actividad y referente en la aplicación de las técnicas más avanzadas en la ejecución de sus obras.



ferrovial agroman

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:

**www.fomento.gob.es**

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

Título de la obra: ***Revista del Ministerio de Fomento, nº 631, Septiembre 2013***

Año de edición: ***Octubre 2013***

Edición digital:
1ªedición electrónica: ***Octubre 2013***
Formato: ***PDF***
Tamaño: ***11 MB***

NIPO: 161-13-004-6
I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA incluido): 1,50 €

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

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARIA GENERAL TECNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Revista del Ministerio de
Fomento

Octubre 2013 ● Nº 632 ● 3 €



# Infraestructuras viarias con sello español en el mundo

● Programa de Rehabilitación del Patrimonio ● Abierto el primer tramo de la A-27 en Tarragona ● Integración del ferrocarril en Logroño

# Tecnología y Eficiencia de extendido BOSCHUNG











DIRECCIÓN COMERCIAL / TÉCNICA
Crta. de la Marañosa Km. 0,8 • A-4 Salida Km. 20 • 28320 Pinto (MADRID)
tel. 91 307 81 33 - fax 91 357 47 62 - www.emsamaquinaria.es

El camino más firme

Revista del Ministerio de Fomento

# En este número

OCTUBRE 2013
Nº 632



Octubre 2013 • Nº 632 • 3 €

**Infraestructuras viarias con sello español en el mundo**

● Programa de Rehabilitación del Patrimonio ● Abierto el primer tramo de la A-27 en Tarragona ● Integración del ferrocarril en Logroño



Sacyr

## CARRETERAS

**4. Con acento español.** *La presencia de las empresas españolas en la construcción de infraestructuras viarias en el mundo.*

## ARQUITECTURA

**14. Renovado esplendor.** *El programa de Rehabilitación del Patrimonio recupera conjuntos arquitectónicos de especial valor histórico.*

## CARRETERAS

**22. En marcha la A-27.** *Entra en servicio el primer tramo de la autovía Tarragona-Montblanc.*

## FERROCARRIL

**28. El ferrocarril se integra en Logroño.** *La primera fase de las actuaciones, a punto de culminar.*







## Y además...

**34. Vanguardista y sostenible.** *Nueva terminal de pasajeros del puerto de Sevilla.*

**38. La gran prueba.** *125 años de la Exposición Universal de Barcelona.*

**44. Buques y puertos limpios.** *Proyectos piloto para reducir las emisiones de $CO_2$ en los puertos de Gijón y Valencia.*

**48. Un octogenario infatigable.** *El aeropuerto de Madrid-Barajas cumple 80 años.*

**54. La gran aventura de la Mar del Sur.** *500 años del descubrimiento del océano Pacífico.*

**Director de la Revista:** Antonio Recuero.
**Edición:** Javier R. Ventosa. **Maquetación:** Aurelio García. **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Fotografía:** José Caballero. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti. **Portada:** OHL.
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
**Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos)
**Colaboran en este número:** Jesús Ávila, María del Carmen Heredia, Begoña Olabarrieta y Julia Sola Landero.
**Comité de redacción: Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín *(Subsecretario de Fomento).* **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez *(Secretario General Técnico).* **Vocales:**, María García Capa *(Directora del Gabinete de Prensa),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Eloísa Contín Trillo-Figueroa *(Jefa del Gabinete del Subsecretario),* Juan Antonio López Aragón (*Director del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Pedro Guillén Marina *(Director del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director de la Revista).*
**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O'Donnell, 18, 5º H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPO: 161-13-005-1

**Edita:**
Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.

Revista del Ministerio de

# Fomento





# VIADUCTOS SINGULARES DEL SIGLO XXI

## (CARRETERAS)





**MONOGRÁFICO**
Julio-Agosto 2013

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

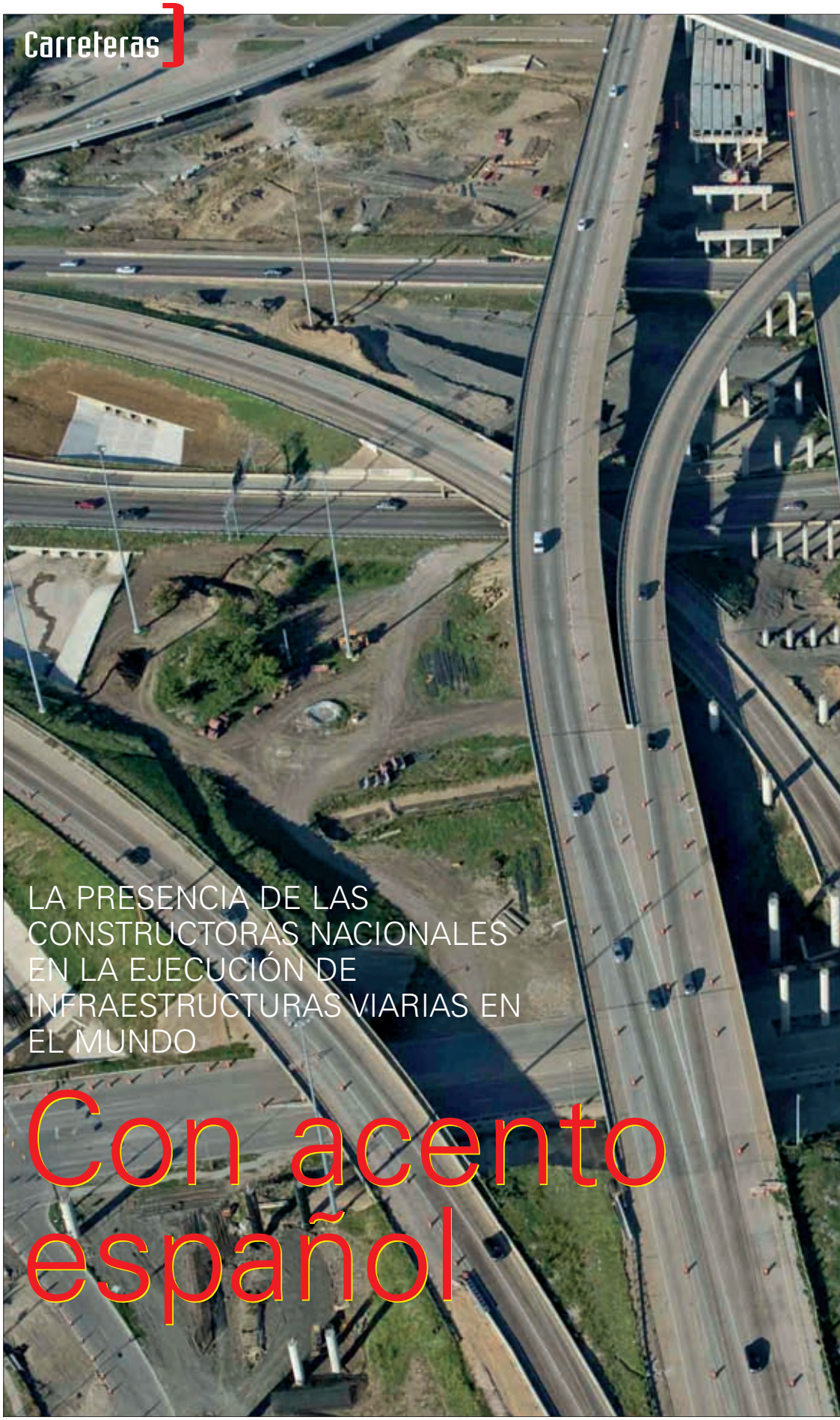


Saltillo – Monterrey Highway, 95 km | Mexico
Construction of the Viaduct Veracruz, on the Highway Perote – Banderilla and Xalapa Bypass, 60 km | Mexico
BR-116 Highway, 681 km, State of Bahia | Brazil
S-30 Road Bahia de Santander | Spain
Highway M-40. Remodeling of Link Road M-511 | Spain
NH8 Kishangarh – Beawart Highway, 93,56 km | India
Campeche – Mérida Road | Mexico
NHI Panipat – Jalandhar Highway, 291 km | India
Upgrade the C17 interchange between Montcada and Reixach | Spain

# Building the present
# Shaping the future

ISOLUX CORSÁN

www.isoluxcorsan.com



LA PRESENCIA DE LAS CONSTRUCTORAS NACIONALES EN LA EJECUCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS VIARIAS EN EL MUNDO

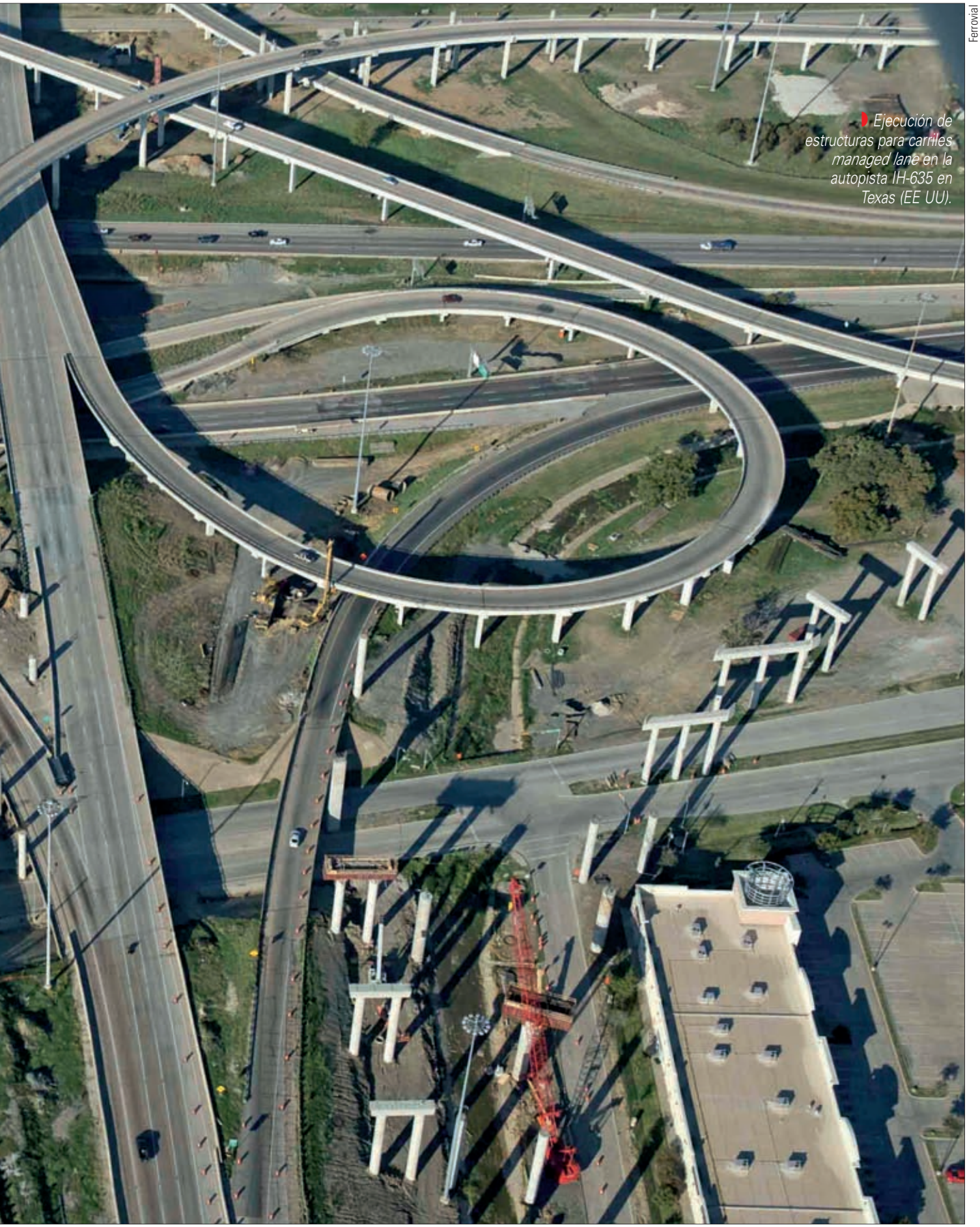
# Con acento español

JAVIER R. VENTOSA

Ampliación de autopistas en EE UU, túneles urbanos en Australia, viaductos singulares en el Reino Unido o México, nuevas vías de gran capacidad en Polonia, Chile o India, anillos de circunvalación en Brasil o Canadá, autopistas elevadas en Kuwait... La presencia de empresas españolas en la construcción de infraestructuras viarias en el mundo ha crecido significativamente en los últimos cinco años y ofrece un catálogo de actuaciones muy variadas para mejorar la movilidad.

El proceso de internacionalización de las empresas de construcción españolas, provocado por la reducción de la demanda interna, sigue su curso. Actualmente más del 80% de las obras (edificación y obra civil) de las grandes constructoras nacionales se realiza fuera del país, un porcentaje que crece cada año. En este porcentaje tienen gran relevancia los proyectos de infraestructuras de transporte, particularmente las carreteras, sector en el que la reputación exterior de estas empresas está muy extendida.

Según datos de Seopan, patronal de grandes empresas del sector, las empresas españolas se han adjudicado en este siglo más de 230 proyectos de infraestructuras viarias en todo el mundo, de las que más de 170 se han desarrollado o se desarrollan a partir de 2008. Esto significa que en los últi-



Ferrovial

*Ejecución de estructuras para carriles managed lane en la autopista IH-635 en Texas (EE UU).*

mos cinco años, coincidiendo con la crisis económica en España, han dado el gran salto al exterior buscando, y encontrando, nuevos mercados en países desarrollados y emergentes con fuertes inversiones en infraestructuras. Su actuación en el exterior, mediante concesiones u obra tradicional, se realiza bien a través de las matrices o de filiales, habitualmente integrando consorcios internacionales, y aprovechando esquemas de participación público-privada en varios países.

A continuación se resumen los principales proyectos de infraestructuras viarias que desarrollan las empresas españolas en el mundo agrupados por continentes, salvo en África, sin apenas presencia.

## EUROPA

El viejo continente ha sido el mercado natural para las empresas españolas. Desde la concesión a Acciona en 1998 para construir y explotar el túnel de Envalira (Andorra), han obtenido cada vez más obras para exportar su acreditado *know how* en la ejecución de autopistas y carreteras. Según datos de Seopan, en este siglo se han hecho con más de un centenar de concesiones y contratos de obra tradicional en este ámbito, la mayoría desde 2008. De mercados preferentes como Portugal e Irlanda han saltado a Europa central y oriental.

En Portugal, destino prioritario desde finales del siglo XX, las empresas españolas han construido mediante concesiones más de 1.000 kilómetros de autopistas. Siete de ellas están en explotación. Las dos más recientes son las autopistas Scut Azores (93 km, espina dorsal de la isla de San Miguel, abierta en 2011 por Ferrovial, una obra compleja a través de una orografía volcánica) y Transmontana (134 km, obra de FCC acabada en



Acciona

*Señalización en la Nouvelle Autoroute A-30, by-pass de la ciudad de Montreal (Canadá).*

## Atirantados británicos

Dos de las más singulares estructuras que se construirán en esta década en el Reino Unido llevarán sello español. En Escocia, ACS ha iniciado ya los trabajos del puente atirantado de Firth of Forth, que enlazará Edimburgo con la costa norte sobre un estuario y permitirá reparar otro puente cercano. La obra, adjudicada en 2011 por 971 M€, contempla la construcción de un puente principal de 1.300 m dividido en dos vanos, a 60 m sobre el agua, con 41 m de anchura y torres de 210 m de altura, más dos viaductos de aproximación de 543 y 203 metros, lo que generará una estructura continua de 2.700 m, con una sección atirantada de 2.100 m. El proyecto incluye 5,4 km de carriles, 5,2 km de carreteras nuevas y 3,9 km de conexiones de transporte público. La estructura se construye en paralelo a los emblemáticos puentes Firth Rail (ferrocarril) y Forth Road (carretera), conformando una imagen única. Deberá concluirse en 2016.

Más al sur, en Liverpool, FCC construirá el puente Mersey Gateway, una concesión por 30 años adjudicada en junio por 700 M€. El proyecto consiste en un puente atirantado de 1 km de longitud y 42 m de anchura, apto para seis carriles, que salvará el río Mersey a una altura máxima de 125 m entre Widnes y Runcorn. También prevé 7 km de carreteras de acceso, 2,4 km de autopistas de peaje y la mejora de 4,5 km de carreteras de peaje. Con una previsión de 80.000 vehículos/día, el puente incorporará un sistema de peaje *free flow*, que realiza el cobro mediante la lectura automática de la matrícula. La construcción se iniciará a final de año y deberá concluir en 2017.


FCC



Ferrovial

*Viaducto Ribeira das Tres Voltas, una de las estructuras singulares de la autopista Scut Azores en la isla de San Miguel (Portugal).*



ACS

*Tramo en servicio de la autopista A-1 en Polonia, destino predilecto de las empresas españolas en Europa.*

agosto, básica para la conexión Oporto-España, incluye el viaducto atirantado de Corgo, de 2,7 km). En otras tres, sin finalizar, se han renegociado las condiciones para reducir los costes constructivos, incluida la autopista do Marao, con el túnel más largo del país. En Irlanda, otro mercado preferente donde operan desde hace más de una década, Sacyr, FCC, Ferrovial y ACS han construido en concesión tramos de ocho autopistas, incluido el anillo de Dublín, firmando estructuras como el viaducto de Waterford (465 m, el más largo del país), y actualmente explotan seis de ellas, con más de 200 km. Y en el Ulster, Ferrovial construyó y gestiona el proyecto de carreteras más importante de la provincia, DBFO-2, que cierra la autopista Dublín-Belfast; la empresa inició en junio el tramo (14,5 km) que completará la autopista Belfast-Larne. .

En los grandes países de Europa occidental, donde las concesionarias españolas explotan más de 6.000 km de autopistas en Reino Unido, Francia e Italia, las constructoras tienen una notable presencia en grandes proyectos. Así, en el Reino Unido, ACS y FCC construirán dos de las principales estructuras del país: los puentes atirantados de Firth of Forth y Mersey; Ferrovial ejecuta importantes contratos de mantenimiento de carreteras y acaba de obtener una concesión para completar la red de autopistas de Escocia central valorada en 520 M€, y compite, junto a ACS, por la circunvalación de Aberdeen (45 km y 900 M€). En Italia, Sacyr, que fue elegida para el proyecto del puente sobre el estrecho de Messina, luego abandonadodo, opera con dos concesiones: al sur, un tramo de la autopista Salerno-Reggio Calabria, de 31 km, con 26 km por viaductos y túneles, e inversión de 800 M€, ya en explotación; y al norte, construirá los 94 km de la Pedemontana-Veneto entre Vicenza y Treviso (2.200 M€).

Desde hace unos años, FCC y ACS operan en el mercado germánico. En Austria, una filial de la primera ha construido dos túneles alpinos: Bosruck (5,5 km) y Pfänder (6,5 km). En Alemania, la segunda amplía un tramo de 58 km de la autopista A-8. Y en Holanda iniciará en breve la ampliación de un tramo de 20 km de la autopista Ámsterdam-Almere, obra de 800 M€. En la Europa nórdica, FCC accedió con su filial al mercado noruego con un contrato para ampliar la autopista A-6 y otro para construir el puente atirantado de Kafjord (300 m), el más septentrional del planeta.

Si la presencia española en



ACS

*Bertha, la tuneladora de presión de tierras más grande jamás construida, protagoniza la perforación del túnel de Seattle (EE UU).*

la construcción de infraestructuras viarias en la Europa más desarrollada es creciente, Europa del Este es desde hace poco el gran destino continental. En esta región, de la mano de planes de modernización de infraestructuras financiados por los fondos comunitarios, y con el apoyo de filiales conocedoras del mercado, se concentra el mayor volumen de obras de carretera de las constructoras españolas en Europa. Según datos de Seopan, desde 2008 han obtenido más de 40 contratos de infraestructuras viarias en la región, con una inversión superior a 3.500 M€.

Polonia, con más de la mitad de esos contratos, es el mercado principal. Aquí están presentes cinco de las seis grandes constructoras españolas y algunas medianas, adjudicatarias a partir de 2007 de una docena de concursos para construir tramos de las principales autopistas del país (A-1, A-4, S-17 y S-18), varios en ejecución, así como otras actuaciones. Como obras singulares destacan el túnel bitubo de una autovía urbana en Gdansk bajo el río Vístula, que OHL ejecuta con tuneladora, y el puente atirantado sobre el Odra, de 1,7 km, uno de los más largos del mundo en su tipo, firmado por Acciona. Además de en Polonia, el sello español está presente en República Checa (tramo de los anillos de Praga y Brno, obra de las filiales de FCC y OHL), Eslovaquia (tramo de la D1, principal autopista del país, adjudicado en 2013 a OHL), Serbia, Bosnia o Rumania (media docena de contratos, incluido el puente de Vidin-Calafat sobre el Danubio, construido por FCC), y las constructoras están atentas a los planes de modernización viaria previstos en Rusia y Croacia. En Grecia, la notable presencia española en los consorcios que construían dos autopistas del plan estatal de infraestructuras cesó por problemas de financiación.

## AMÉRICA

De norte a sur del continente, la huella hispana en las vías americanas es cada vez más visible. Según Seopan, las empresas españolas han obtenido en este siglo más de 110 concesiones y obras tradicionales de infraestructuras viarias, de ellas más de 80 desde 2008. Este dato expone el carácter estratégico que este mercado tiene para las empresas, que combinan su tradicional apuesta por Sudamérica con una creciente presencia en Norteamérica.

> Las constructoras españolas combinan su tradicional apuesta por Sudamérica con una creciente presencia en Norteamérica

Canadá es un buen exponente de ello. Las únicas autopistas con sello español en los años 90 (407 ETR y Fredericton-Moncton) han dado paso desde 2011 a seis concesiones en Quebec, Ontario, Alberta y Columbia, con 150 km. Acciona y ACS explotan desde diciembre la primera de ellas (Nouvelle Autoroute, un *by pass* de Montreal de 42 km, con inversión de 1.200 M€ y explotación por 30 años, cuyo hito es un puente de 2,5 km sobre el canal de Beauharnois) y desarrollan otra (Windsor Essex, 11 km y 1.100 M€, la mayor inversión en carreteras de Ontario). ACS construye dos autopistas más (South Fraser, de 40 km, y el tramo de 27 km de cierre del anillo de Edmonton, una inversión conjunta de 2.300 M€), Acciona ultima el tramo de 25 km que concluirá el anillo de Calgary y Ferrovial construye desde 2012 y explotará la 407 EDG, de peaje, paralela al anillo de Toronto.

Estados Unidos es el mercado donde con más rapidez crece la implantación de em-



ACS

*Ejecución de managed lanes y puente sobre una intersección en la autopista interestatal I-595 en Florida (EE UU).*

presas españolas de infraestructuras viarias, muy activas en la puja de contratos de renovación de autopistas en varios estados. Cuatro de las seis grandes (OHL, FCC, ACS y Ferrovial) desarrollan allí, con filiales y en consorcios, casi una treintena de proyectos de concesión u obra tradicional, la mayoría desde 2008, que se financian mediante mecanismos de colaboración público-privada. Las concesiones más relevantes desde el punto de vista económico son las ampliaciones de capacidad que Ferrovial y ACS llevan a cabo en tres autopistas de Texas y Florida (North Tarrant Express, LBJ e I-595), mediante carriles adicionales de peaje dinámico (*managed lanes*), una solución para atenuar los problemas de congestión en atestados corredores. Su elevado coste (más de 6.000 M€) obedece a la complejidad de la obra, ya que se trata de renovar autopistas, introducir nuevos carriles y construir estructuras, rampas y enlaces en corredores con más de 100.000 vehículos al día.

Otras grandes concesiones en el país, en manos de Ferrovial, son nuevas autopistas de peaje o autopistas mejoradas. En el primer grupo se inscriben la recién estrenada estatal SH 130, una alternativa rápida (posee el límite de velocidad del país, con 130 km/h) a un atestado corredor del centro de Texas, en la que la empresa construyó dos tramos (64 km, 1.064 M€) y que operará durante 50 años; y la federal US 460 (88 km, 1.070 M€), paralela a una congestionada ruta de Virginia, que se iniciará

## Más capacidad con los *managed lanes*

La congestión de tráfico en entornos urbanos sin espacio para desarrollar vías alternativas es un problema creciente en EE UU. Una solución innovadora son los *managed lanes*, concepto que abarca la rehabilitación de una autopista urbana ya existente y la construcción en su plataforma de nuevos carriles de peaje dinámico, electrónicos y sin barreras. Con ello se permite al conductor elegir entre un trayecto más lento y gratuito por los carriles generales o uno más rápido y de peaje por los nuevos, con tarifas ajustadas en función del nivel de congestión de los carriles libres.

Empresas españolas están implantando esta solución en dos estados del país. En Texas, Ferrovial ejecuta *managed lanes* en tres concesiones de construcción, mantenimiento y explotación de autopistas, cuya inversión supera los 4.500 M€. La primera, North Tarrant Express, en ejecución avanzada, consiste en la ampliación de capacidad de 21,4 km de dos autopistas en el eje Dallas-Fort Worth (IH 820 y SH 121/183), con 145.000 vehículos diarios, mediante cuatro nuevos carriles de peaje y la renovación de dichas autopistas, que en 2015 tendrán entre 16 y 18 carriles. A esta concesión se sumó en marzo una segunda para ampliar dos tramos más (16,1 km) del proyecto NTE. En la tercera concesión, LBJ Express, Ferrovial actúa sobre 27,4 km de las autopistas IH-635 e IH-35E para implantar cuatro *managed lanes* y renovar los carriles generales. En 2015, la IH-635 renovada doblará su capacidad para afrontar la demanda de 500.000 vehículos diarios prevista para 2020.

En Florida, ACS ha implantado tres *managed lanes* en la mediana de la I-595, relevante eje viario del sur del estado con 120.000 vehículos al día, con inversión de 1.200 M€. La autopista tiene ahora entre 17 y 19 carriles en algunos tramos. También en Miami, FCC implantó en la interestatal I-95 un total de 17,5 km de nuevos carriles *express*. Todas estas actuaciones han obtenido premios por su carácter innovador.



OHL

*Viaducto Bicentenario, estructura elevada de 10 km de longitud sobre un autopista de la capital mexicana.*

## Viaducto de vértigo

Entre las obras de ingeniería española en el exterior sobresale por su altura una estructura ya terminada en México. Se trata del viaducto de San Marcos, principal estructura de la autopista de peaje Nueva Necaxa-Ávila Camacho, del corredor México DF-Tuxpán, que FCC construye desde 2011 en el estado de Puebla, con la previsión de inaugurarla en diciembre. La autopista atraviesa la accidentada sierra Madre Oriental, obligando a construir tres viaductos de más de 100 m. de altura y seis túneles. El más alto es el viaducto de San Marcos, diseño de FCC, una estructura de 850 m. de longitud, con un tablero único para dos calzadas de 18 m. de anchura y vanos de 180 m. de luz, que se alza a 220 m. sobre la profunda garganta del río San Marcos mediante seis pilas. Una de ellas, la 4, mide 208 m. desde la parte superior de la cimentación hasta la parte inferior de la viga (tiene, además, una cimentación de 14 m), lo que la convierte en la segunda más alta del mundo, solo superada por las pilas del viaducto francés de Millau (343 m).

en 2014. En el segundo grupo figuran dos autopistas de peaje modernizadas del norte del país: Indiana Toll Road y Chicago Skyway.

Paralelamente, las empresas españolas desarrollan otra veintena de actuaciones en EE.UU (nuevos tramos de autopista, ampliaciones, enlaces, túneles y viaductos), la mayoría con formato de obra tradicional, por importe superior a 3.000 M€. En el primer capítulo destaca el mayor intercambiador de Miami, un entramado de autopistas en tres niveles que ejecuta OHL para mejorar la movilidad en una zona congestionada (más de 200.000 vehículos/día), que operará en 2015. Entre los viaductos brillan dos concesiones: un puente de 11 km en una zona pantanosa de Carolina del Norte (ACS) y el puente atirantado Gerald Desmond (305 m), adjudicado a FCC por 540 M€, que sustituirá en 2016 al existente en el puerto de Los Ángeles. Y entre los subterráneos, la mayor obra del país es el túnel urbano que ACS construye en régimen de concesión en Seattle para sustituir a un viaducto afectado por un terremoto, con una inversión de 438 M€. La ejecución de sus 2,7 km, que albergarán carriles en dos niveles, se ha encomendado a la tuneladora de origen japonés *Bertha*, que es la TBM de presión de tierras más grande jamás construida (17,5 m de diámetro y 7.000 tn de empuje). La excavación se inició en junio y el plazo de la obra concluye en 2015.

La presencia española en México, anterior que en EE UU, se ha reforzado en los últimos años con varias concesiones de autopistas a grandes y medianas constructoras. OHL ha construido y opera cinco autopistas en los estados de México, Puebla y el Distrito Federal (360 km, inversión superior a 5.600 M€). El objetivo de cuatro de ellas es mejorar la movilidad en la atestada región metropolitana de México DF: el Circuito Exterior Mexiquense (110 km de autopistas al nordeste de la capital que evitan atravesarla), el viaducto Bicentenario (dos viaductos elevados de 10 km de longitud sobre una autopista urbana, con peaje inteligente, de los que ya se ha construido el primero) y las autopistas de peaje Urbana Norte (también un viaducto, de 9 km) y Supervía Poniente (5 km), todas en servicio. Otro grande, FCC, desarrolla sendas concesiones en Puebla y Veracruz: la autopista Nueva Necaxa-Tihuatlán (85 km, 37



Sacyr

*Tramo de la autopista Caldera-Vallenar, ya en servicio, una de las ampliaciones de la Ruta 5 o Carretera Panamericana en Chile.*



FCC

*Viaducto de San Marcos, principal estructura de la autopista de peaje Nueva Necaxa-Ávila Camacho, en el estado de Puebla (México).*

de ellos nuevos de peaje, con uno de los viaductos más elevados de América) y el túnel sumergido de Coatzalcoatos (un vial de 2.280 m y cuatro carriles para unir Coatzalcoatos con Allende a través de un río, con 690 m de cajones prefabricados sumergidos bajo el agua, previsto para final de año). Isolux, por su lado, explota dos autopistas construidas en concesión (155 km), y Aldesa y Azvi desarrollan otras siete actuaciones más.

En Sudamérica, Chile es el mercado preferido en el ámbito viario por las empresas españolas, cuyas concesiones suponen el 80% de las autopistas de peaje del país y el 90% de los accesos a Santiago. Su presencia constructiva allí es hoy muy activa. Sacyr tiene seis concesiones en el país, una en explotación desde 2011 (autopista Caldera-Vallenar, de 187 km) y cinco en construcción, adjudicadas entre 2011 y 2013, que suman más de 540 km. Acciona y ACS desarrollan otras dos (145 km). Casi todas estas obras son desdoblamientos de calzada, tres de ellas en la Ruta 5 o Carretera Panamericana, que recorre Chile de norte a sur. Junto a media docena más de actuaciones en curso, las empresas españolas pujan por nuevos proyectos, como el puente colgante de Chacao, de 2,6 km, que unirá la isla de Chiloé con el continente y será el mayor de Latinoamérica en su tipo. Sacyr, ACS y OHL integran tres consorcios que optan a esta obra de 575 M€, que se adjudicará en 2014.

Además de Chile, Brasil y Colombia son otros mercados prioritarios. En Brasil, con un gran programa de infraestructuras en marcha y más de 2.000 km de autopistas en concesión en manos españolas, tres empresas (Acciona, Isolux y Copasa) han iniciado la construcción de cuatro de los seis tramos (39 km, 1.000 M€) que cerrarán la circunvalación de Sao Paulo (177 km), la mayor obra de autopistas en curso en el país. Isolux también se adjudicó en junio la ampliación de cuatro tramos de la autopista federal BR-381. Y en Colombia, cinco de las grandes constructoras optan al nuevo plan estatal de autopistas de peaje, que prevé tres nuevas autopistas (372 km) por importe de 2.500 M€. La presencia española en Latinoamérica, con concesiones de autopistas de peaje en explotación en Argentina (4) y Costa Rica (2), se completa con obras en marcha en Perú (concesión a OHL para duplicar 238 km de la Panamericana y construc-



Acciona

*El túnel de Legacy Way en Brisbane (Australia), construido mediante tuneladora, es una de las grandes obras con sello español en Australia.*

ción por Isolux del singular puente de Chilina en Arequipa), Bolivia (duplicación por Isolux de 77 km de la vía La Paz-Oruro), Panamá (FCC ultima un puente de acceso al puente Centenario, en el canal) y Puerto Rico (autopista urbana PR.9, que ejecuta Ferrovial), entre otras.

## ASIA

La presencia española en las infraestructuras viarias asiáticas, casi inexistente, ha florecido en el último lustro con las primeras obras. En India, Isolux, en consorcio, obtuvo entre 2008 y 2010 concesiones para ampliar y explotar autopistas (700 km) en cuatro estados, con una inversión superior a 2.000 M€. Una de ellas, la NH-1, ya está en explotación. En Rajastán, Grupo San José ha iniciado en 2013 una concesión para construir y mantener el anillo de peaje de Jaipur (47 km), una inversión de 157 M€. En Kerala, Sacyr se ha hecho con la construcción de una carretera. Y en Jammu y Cachemira, al pie del Himalaya, una filial de ACS participa en la ejecución del túnel de Chenani-Nashri (9,2 km), el más largo del país.

En el golfo Pérsico, la presencia española en las infraestructuras viarias también es reciente. En los últimos tres años han obtenido contratos en Qatar y Omán. En este sultanato, con un gran plan de infraestructuras en curso, ACS amplía un tramo de 75 km de la autovía Bidibid Sur (220 M€) y Ferrovial acaba de ganar un contrato para construir en consorcio 41 km de la autopista Batinah (260 M€), con ocho carriles. La principal obra de la región, no obstante, se produce en Kuwait. OHL opera aquí en el consorcio que construye el puente Jamal Abdul Nasser, uno de los mayores desarrollos de infraestructuras del emirato (650 M€). La obra consiste en la transformación de una arteria de Kuwait City en una autopista elevada de 6-8 carriles, que segregue los tráficos y aumente la capacidad de la vía. Fijada para 2016, la actuación es de una gran complejidad técnica y contempla la construcción de varios viaductos, vías de acceso y enlaces.

## OCEANÍA

Como en Asia, la presencia española en las infraestructuras viarias de este continente ha aflorado desde 2010, y lo ha hecho en Australia con importantes concesiones y otras obras. Las dos concesiones corresponden al plan de infraestructuras de la ciudad de Brisbane para mejorar las conexiones metropolitanas. Por su volumen inversor (2.900 M€), Airport Link, construido y explotado por una filial de ACS, es la mayor obra. Se trata del mayor túnel del país (6,7 km), que conecta el distrito central con la autopista del aeropuerto, con 25 viaductos y rampas. En servicio desde julio de 2012, con un sistema de peaje inteligente, prevé captar 120.000 vehículos/día. La segunda concesión es el túnel Legacy Way, que construye y operará por 10 años un consorcio con presencia de Acciona, por 1.100 M€. Se trata de dos túneles paralelos de 4,6 km, de peaje, que unirán la autopista Centenary con el anillo metropolitano, a 40 metros de profundidad. Dos tuneladoras ejecutan los subterráneos, a terminar en 2014.

La presencia española se puede reforzar con el proyecto East West Link, el mayor concurso de carreteras del país (4.200 M€), una autopista de peaje de 18 km a través de Melbourne, en buena parte bajo tierra. ACS, Acciona y Ferrovial integran tres de los cuatro consorcios concursantes. ■



OHL

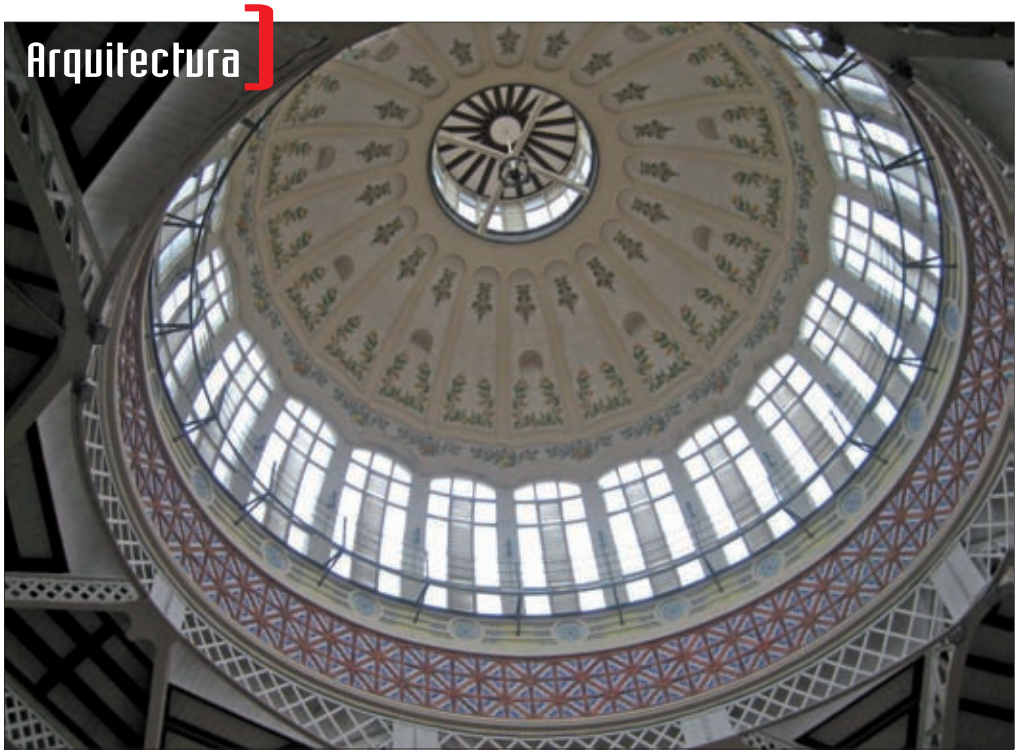
*Dovela fabricada para el puente Jamal Abdul Nasser, de Kuwait.*




ACS

ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS

# Un grupo líder mundial en el desarrollo de infraestructuras



Cúpula del Mercado Central de Valencia, con detalles de gusto modernista.





Muralla rehabilitada y restos defensivos de la Alcazaba de Badajoz.



Exterior del modernista Celler Cooperatiu de Sant Cugat del Vallés.

R. F. Fotos: DG Arquitectura, Vivienda y Suelo

El monasterio de Montserrat, las murallas de la Alcazaba de Badajoz, el teatro Real Coliseo de Aranjuez o el Mercado Central de Valencia son algunas de las grandes joyas de nuestro patrimonio arquitectónico y cultural en las que ha intervenido recientemente el Ministerio de Fomento a través de la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo y de su programa de Rehabilitación del Patrimonio.



*La intervención en Montserrat ha realzado la monumentalidad del conjunto monástico.*

EL PROGRAMA DE REHABILITACIÓN DEL PATRIMONIO RECUPERA CONJUNTOS ARQUITECTÓNICOS DE ESPECIAL VALOR HISTÓRICO

# Renovado esplendor

La Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo del Ministerio de Fomento viene desarrollando una serie de actuaciones que se enmarcan dentro del programa de Rehabilitación del Patrimonio. Los principales objetivos de este programa son, entre otros: la rehabilitación, restauración y recuperación de nuestro patrimonio arquitectónico a través de la programación, evaluación, gestión y desarrollo de proyectos y actuaciones, tanto en conjuntos arquitectónicos como en entornos y espacios urbanos y rurales. Otros de sus objetivos destacados son la creación, mejora o mantenimiento de equipamientos, dotaciones o servicios de interés y uso público, así como la elaboración, tramitación, coordinación y seguimiento de protocolos y convenios de cooperación y de financiación con otras Administraciones Públicas en relación con las actividades de rehabilitación, restauración y recuperación del patrimonio arquitectónico. En todas estas actuaciones el Ministerio de Fomento participa como órgano de contratación tanto de las obras como de los contratos de servicios a ellos asociados (redacción de proyectos y direcciones facultativas de las obras), efectuándose por parte de los técnicos del ministerio un control y seguimiento continuos en todas las fases de ejecución de las actuaciones.

Dentro de ese programa destacan varios proyectos recientemente finalizados o cuyo desarrollo se encuentra ya en fase muy avanzada de ejecución. Así, en Cataluña se han concluido en estos últimos meses dos actuaciones que han tenido como prota-



*La intervención en el Monasterio de Montserrat tenía, entre otros objetivos, facilitar los flujos de visitantes al lugar.*

gonistas dos grandes monumentos considerados magníficos exponentes de su rico patrimonio arquitectónico y cultural: el Monasterio de Montserrat y el Celler Cooperatiu de Sant Cugat del Vallés, una de las obras más representativas del modernismo tardío, proyectada en 1921 por el arquitecto César Martinell i Brunet.

Financiadas en su totalidad por el Ministerio de Fomento, en el **Monasterio de Montserrat** se han llevado a cabo las obras para el refuerzo estructural y la remodelación de sus plazas exteriores, que han contado con un presupuesto de ejecución de 4.575.917,06 €. Esta intervención tenía entre sus principales objetivos mejorar la conectividad entre los distintos espacios del complejo monástico, emplazados a tres alturas o niveles, facilitando los flujos de visitantes y la accesibilidad para personas con movilidad reducida. Se han redimensionado así algunos espacios, como la plaza de Santa María, en la cota superior, y se ha dotado de más realce a los diferentes accesos, potenciando la monumentalidad del conjunto y una mayor integración de las distintas dependencias.



*Acceso al renovado Celler Cooperatiu de Sant Cugat del Vallés.*

## Joya modernista

Recientemente han concluido también las obras del **Celler Cooperatiu de Sant Cugat del Vallés**, financiadas íntegramente por el Ministerio de Fomento y con un presupuesto de adjudicación de 489.382,27 €. El *celler*, que antes de la intervención se encontraba en un lamentable estado de abandono, formaba parte de un proyecto más ambicioso del arquitecto César Martinell i Brunet y estaba destinado a ocupar el centro de la antigua plaza del Camp del Rebaix. De entre las distintas secciones que hoy se conservan destaca especialmente el cuerpo sur, integra-



El Mercado Central es uno de los mejores exponentes de la arquitectura modernista que se conservan en la ciudad de Valencia.

do por una serie de arcos catenarios de ladrillo sobre los que descansa la gran cubierta de bóvedas catalanas tensadas con tirantes de hierro.

Entre los trabajos realizados en esta joya de la arquitectura civil modernista, que el Ayuntamiento de Sant Cugat destinará a diversos usos, incluido el de museo local, cabe destacar la pavimentación y adecuación de los restos arqueológicos. Para ello se ha utilizado hormigón, acero y vidrio, de modo que los visitantes del edificio pueden hacerse una idea, a través de itinerarios marcados, de la actividad que en otro tiempo se desarrollaba en el *celler*. Bajo el pavimento se han hecho así visibles los canales por los que circulaba el mosto, las prensas y lagares subterráneos junto a otra maquinaria conservada en la bodega. Además de sanear y repasar las cubiertas del *celler*, se ha procedido al levantamiento de una verja perimetral que aísla y protege el conjunto frente a cualquier posible intrusión. También y a fin de adecuarlo a sus nuevos usos como equipamiento público, además de dotarlo de las instalaciones y suministros necesarios, los antiguos muelles de descarga se han habilitado como miradores aprovechando los espacios inferiores para aseos y almacenes. Se han creado igualmente dos amplios espacios con capacidad para acoger la celebración de actos públicos. Otra actuación importante llevada a cabo ha sido la construcción de la cubierta de la torre, efectuada conforme al proyecto original de Martinell, mediante bóveda tabicada y revestida con mortero de cal y fragmentos de vidrio de diversos colores.



Vista de la renovada sección de pescadería del Mercado Central.

En Valencia finalizaron el pasado diciembre las obras de renovación integral de la sección de pescadería del Mercado Central. Esta actuación, fruto de un convenio con el ayuntamiento de la ciudad del Turia, cuenta con una inversión de 3.959.126,72 €, cofinanciados al 50% entre el Ministerio de Fomento y el Ayuntamiento valenciano.

El **Mercado Central de Valencia** es uno de los mejores exponentes de la arquitectura modernista que se conservan en esa ciudad. Obra de los arquitectos Alejandro Soler i March y Francisco Guardia Vial, es un edificio de planta poligonal y cuenta con una estructura metálica de pilares y vigas en celosía en planta baja. En su fachada destaca la profusa utilización de materiales como el hierro colado y forjado, vidrio, azulejos y sillería de piedra caliza, que le confieren una gran riqueza ornamental. Pero su elemento más singular es su cúpula cen-

tral, esférica, de 27 metros de altura y 14 de diámetro.

Las obras acometidas en la sección de pescadería del mercado han tenido como finalidad subsanar las diversas patologías que afectaban a esta zona tras la reforma de 1990. Para ello se ha realizado una renovación completa de los puestos, agrupados en dos tipologías: los de isletas centrales y los de borde. Esa reforma integral se ha extendido desde la plataforma de base de los puestos con bordillo perimetral hasta los mostradores y marquesinas, cuyo diseño se ha adaptado a los nuevos requerimientos estructurales y funcionales del mercado. Se ha renovado también todo el pavimento en la planta, que ahora es de gres porcelánico antideslizante, así como las instalaciones de electricidad, iluminación, fontanería, saneamiento, megafonía y datos.

## Cortesano e ilustrado

Las obras de rehabilitación del teatro **Real Coliseo Carlos III de Aranjuez** (Madrid) se han visto finalmente culminadas el pasado año tras un largo proceso de vicisitudes desde el inicio del proyecto en 1990. La inversión en ellas ha ascendido a 7.102.996,43 € y ha correspondido íntegramente al Ministerio de Fomento.

El Coliseo de Aranjuez, que fue fundado en 1769, es gemelo del de El Escorial y de su misma época. En 1933 pasó a manos de particulares y sufrió una brutal reforma para convertirlo en sala de cine, siendo demolidos por entonces sus hermosos palcos originales, aunque se mantuvieron otros elementos como la fachada, cubiertas y techo. La restitución de los elementos desaparecidos ha exigido una minuciosa tarea de investigación sobre planos y también a partir del estudio del Coliseo escurialense.

Como criterio general, el proyecto, obra del arquitecto Mariano Bayón Álvarez, ha puesto especial cuidado en lograr una reconstitución lo más fidedigna posible respecto al estado original del edificio, uno de los grandes exponentes de la arquitectura cortesana durante la Ilustración. En algunas estructuras como fachadas, cubiertas, vestíbulos, sala o escenario, la reconstrucción se ha podido hacer a partir de los elementos mejor conservados del edificio, recurriendo a documentación gráfica y escrita para asegurar el máximo respeto a su estado original. Allí donde no se conservaron los elementos originales, la reconstrucción se ha documentado siguiendo lo más fielmente otros proyectos de Jaime Marquet, el arquitecto que también levantó para Carlos III otros edificios como los cuarteles de las Reales Guardias Españolas y Walonas (Aranjuez), la Real Casa de Correos (Madrid), y los coliseos de El Pardo y El Escorial. Finalmente, en aquellos otros espacios de nueva creación, tras el escenario y sótanos, se ha procedido a buscar su integración mediante una arquitectura neutra y de encaje lo más armónico posible con los elementos reconstituidos.



Escenario, patio de butacas y palcos del remodelado teatro Real Coliseo de Aranjuez.

> El Coliseo de Aranjuez es un ejemplo de la arquitectura cortesana durante la Ilustración



Techo recuperado con pinturas románticas del Real Coliseo de Aranjuez

En Extremadura se han llevado a cabo otras dos importantes actuaciones: las obras de restauración y consolidación de la Alcazaba de Badajoz, en el tramo comprendido entre las puertas de Carros y del Alpendiz, y la rehabilitación del Palacio Episcopal de Llerena para uso museístico.

**La Alcazaba árabe de Badajoz**, cuyos más de 72.000 m² de superficie la convierten en



*Tramo de la muralla rehabilitada de la Alcazaba de Badajoz, desde donde se divisan la ciudad y el río Guadiana.*



*Museo histórico de la ciudad, nuevo uso del rehabilitado Palacio Episcopal de Llerena.*

la mayor de toda la península Ibérica, conserva buena parte de los elementos defensivos construidos bajo diferentes etapas de dominación árabe, desde el año 875 hasta 1169, en que los almohades refuerzan todas las estructuras defensivas, configurándolas prácticamente tal y como se han conservado hasta hoy.

Las obras, concluidas en julio del pasado año, han afectado a unos 675 metros lineales de muralla y han revestido una especial complejidad, pues los rellenos de tierras en diferentes épocas junto al trasdós de los lienzos, además de ocultar estructuras preexistentes, habían cegado los desagües primitivos y eran el origen de humedades y de la proliferación de vegetación invasora. Durante las obras se sucedió el descubrimiento de hallazgos arqueológicos de gran interés: dos escaleras almohades, tres silos del Paleolítico, el trazado del caserío medieval adosado a la muralla, el sistema de drenaje original de la alcazaba, etc., cuya protección exigió modificar y ampliar el proyecto. Este, obra de los arquitectos Julián Prieto Fernández y Jorge López Álvarez, no se ha ceñido solo a la restauración física de las murallas, eliminando las humedades preexistentes y recuperando su sistema de drenaje natural, sino que también ha comprendido la pavimentación e impermeabilización del paseo de ronda, limpieza de márgenes, colocación de barandillas en las zonas de riesgo de caída y el seguimiento de los trabajos arqueológicos con la recuperación de las estructuras y niveles originales.

**El Palacio Episcopal de Llerena** remonta sus orígenes a época bajomedieval, si bien su planta y alzado actuales se deben a la reforma impulsada en 1494 por García Ramírez al acceder al priorato de San Marcos de León. A comienzos del siglo XVI fue sede del Santo Oficio, que durante algunos años destina a cárcel algunas de sus dependencias. Tras años de abandono, el Ayuntamiento de Llerena adquirió el edificio en 2005, acometiéndose actuaciones de emergencia en 2008 a cargo del Patrimonio Histórico Español. La rehabilitación concluida en junio de 2012 es fru-



*Fachada del castillo de la Luz, sometido a diversas actuaciones complementarias para finalizar fases de obra anteriores.*

to del convenio suscrito entre el Ayuntamiento de Llerena y el antiguo Ministerio de la Vivienda y ha supuesto una inversión de 2.872.769,65 € financiados en su totalidad por el Ministerio de Fomento. El proyecto, obra del arquitecto Vicente López Bernal, ha comprendido la rehabilitación del edificio principal, así como la recuperación del claustro mudéjar y el jardín y huerto antiguos. Destinado a museo histórico de la ciudad, la adecuación a su nuevo uso plantea un recorrido que conecta las calles Zapatería a Bodegones por el interior del edificio principal, el patio trasero y una plaza de nueva creación en la fachada principal. Se conforma así un paseo o pasaje que conecta dos partes de la ciudad, y dos grandes vestíbulos cubiertos por cristal facilitan el acceso de visitantes indistintamente por una y otra calle. La evocación a la cultura y arquitectura mudéjares es una constante tanto en interiores como en fachadas, especialmente mediante la musicalidad del agua en surtidores y la presencia de especies aromáticas como naranjos y jazmines.

En Las Palmas de Gran Canaria concluirán en este mes de octubre diversas obras complementarias en el **castillo de la Luz**, que remonta sus orígenes a finales del s. XV, tras la incorporación de Gran Canaria a la corona de Castilla. Las actuaciones han supuesto una inversión final de 2.313.166,66 €, financiados en su totalidad por el Ministerio de Fomento. Suspendidas en 2008 por quiebra de la anterior empresa adjudicataria, las obras han tenido como fin subsanar diversas deficiencias de fases de obras anteriores, así como daños causados por diversos actos de vandalismo durante esos casi cuatro años de interrupción, tanto en el castillo como en el edificio anexo. Los trabajos en este último han comprendido la restauración y limpieza tanto en exteriores como interiores, la restauración de muros de hormigón y la reparación y reposición de suministros eléctricos, fontanería, aire acondicionado, etc.

Por su parte, en el castillo, se han restaurado y fijado diversas piezas de la muralla y de la pasarela de acceso; se han reparado también diversas partes de las cubiertas del cubelo norte que presentaban humedades y se ha dotado de una barandilla perimetral y de una nueva puerta de acceso a la cubierta. ■



*Vestíbulos cubiertos de cristal, una de los resultados de la reforma del Palacio Episcopal de Llerena.*




**RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN**

*Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.*




PVP: 10 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

PRIMER TRAMO DE LA AUTOVÍA TARRAGONA-MONTBLANC

# En marcha la A-27



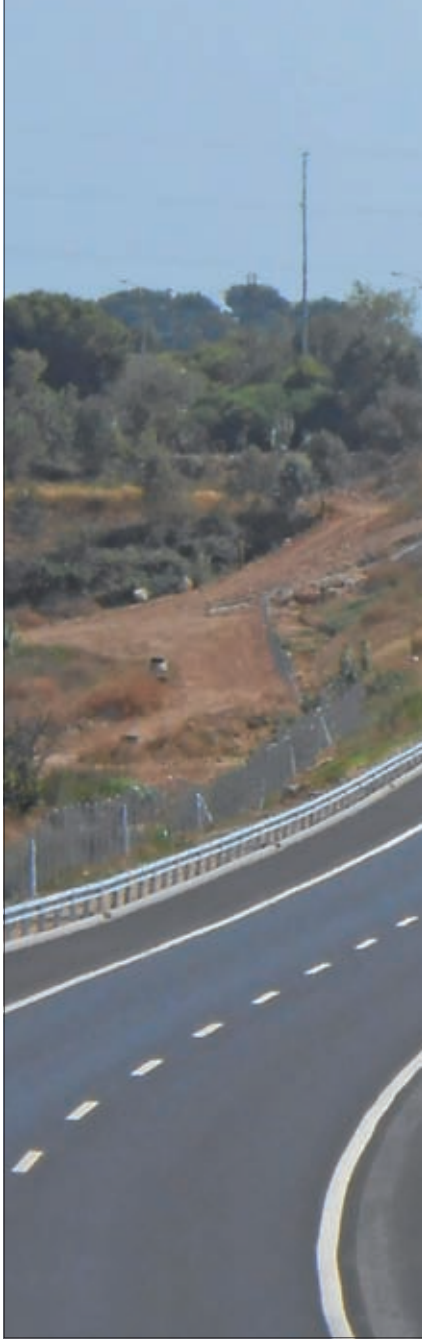



*Enlace de la A-27 con la A-7 a la entrada de la ciudad de Tarragona.*

JAVIER R. VENTOSA FOTOS: DCE CATALUÑA

El Ministerio de Fomento ha puesto en servicio el tramo Tarragona-El Morell de la autovía A-27, primero de los cuatro en que se divide esta futura carretera de gran capacidad. El nuevo tramo de autovía mejora la movilidad de los automovilistas en la zona y tiene un carácter estratégico para la industria local, el polo petroquímico y el puerto de Tarragona.



## La A-27, una autovía incipiente

La A-27 (Tarragona-Montblanc) es una autovía en fase de desarrollo, de casi 30 kilómetros de longitud, que servirá como alternativa a la carretera N-240 y enlazará la ciudad de Tarragona con la autopista AP-2. Con esta infraestructura, la capital tarraconense, muy bien comunicada por el litoral en sentido norte y sur mediante la autopista AP-7 y la autovía A-7, tendrá una nueva salida de gran capacidad hacia el noroeste, propiciando la comunicación por autovía con Lleida y con otros destinos del tercio norte peninsular. Para su construcción, la A-27 se ha dividido en cuatro tramos: Tarragona-El Morell (recién abierto), El Morell-Variante de Valls, Variante de Valls y Variante de Valls-Montblanc, cuyos hitos principales son la circunvalación de la ciudad de Valls (25.000 habitantes) y la conexión con la AP-2 cerca de Montblanc. Los tramos 2 y 3 se encuentran en ejecución, mientras que el cuarto está en fase de proyecto. Este último tramo entraña una gran dificultad técnica ya que atraviesa la zona montañosa del coll de Lilla, que requerirá la construcción de un túnel.

El nuevo tramo, que fue puesto en servicio el pasado 13 de agosto por la ministra de Fomento, Ana Pastor, inaugura el trazado de la autovía A-27 (Tarragona-Lleida), una carretera de gran capacidad prevista en el programa de inversiones del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda PITVI (2012-2024), que mejorará las comunicaciones de la capital tarraconense con Lleida y el norte peninsular.

La apertura de este segmento inicial de la A-27 ha mejorado la movilidad general en la zona, al conectar entre sí varias localidades de la corona metropolitana de Tarragona (El Morell, La Pobla de Mafumet, Constantí), y también ha aliviado rápidamente el intenso tráfico de la carretera N-240 (Tarragona-Bilbao), utilizada a diario por 32.000 vehículos en esta zona (con un importante porcentaje de pesados), al captar parte de los usuarios de largo y medio recorrido, así como de otras carreteras locales. Además, también contribuye a mejorar la seguridad vial al evitar el anterior paso de este tráfico por la travesía de Sant Salvador.

> El nuevo tramo enlaza entre sí importantes zonas industriales y propicia el acceso directo a la autopista AP-7 y a la autovía A-7

Pero, sobre todo, el nuevo tramo supone «un antes y un después», en palabras de la ministra de Fomento, para las industrias establecidas en la zona. Y es que el segmento Tarragona-El Morell permite enlazar entre sí mediante una moderna vía de gran capacidad importantes zonas industriales (el complejo petroquímico norte y los polígonos de Riu Clar, Constantí y El Morell) y propicia el acceso directo a la autopista AP-7, a la autovía A-7 y a la carretera N-241 (desdoblada) que conduce al puerto de Tarragona, que también ha visto mejorado su accesibilidad con el nuevo tramo.

Una vez en servicio, los mayores índices de tráfico en el nuevo tramo se registran al




*El tramo Tarragona-El Morell ha permitido reducir la congestión en la carretera N-240, a la que sirve como principal alternativa.*

principio del mismo, en el recorrido entre la N-241, la autopista AP-7 y la autovía A-7, correspondientes en gran parte a vehículos con origen o destino en el puerto que han dejado de utilizar la N-240, con el consiguiente ahorro en costos para el transporte. El nuevo tramo también ha propiciado una conexión directa por autovía entre el puerto y el complejo petroquímico norte, cuyos trabajadores (más de 2.000) se desplazan ahora mayoritariamente hasta allí a través de la A-27. Por todo ello, el tramo Tarragona-El Morell tiene, según la ministra de Fomento, un carácter «estratégico» para las industrias instaladas en la zona y contribuye a mejorar su competitividad.

La inversión del Ministerio de Fomento en el tramo se ha elevado a 71,24 M€. De esa cantidad, 59,30 M€ corresponden al presupuesto de obra, a los que se han sumado el coste de la redacción del proyecto, el importe estimado de las expropiaciones y la asistencia técnica para el control y vigilancia de la obra.

## Características técnicas

El nuevo tramo, de 7.780 metros de longitud, se desarrolla por los términos municipales de Tarragona, Constantí, La Pobla de Mafumet y El Morell, por terrenos llanos, al oeste de la carretera N-240 a la que sirve de alternativa. El primer tercio del trazado discurre en paralelo al río Francolí y muy próximo a él, alejándose progresivamente del mismo hasta quedar, en el último tercio, separado del río por la refinería petroquímica.

Como principales características técnicas, el tramo tiene una pendiente máxima del 2,50%, radios mínimos de 700 metros y máximos de 5.000 metros, lo que permite una velocidad de proyecto de 100 km/h. El tronco consta de un total de 11 alineaciones: una recta, cuatro curvas a derechas y seis curvas a izquierdas. La sección está formada por dos calzadas de dos carriles de 3,50 metros de anchura cada uno, arcenes exteriores de 2,50 metros e interiores de 1,5 metros, separados por una mediana de 3 metros.

El trazado, en sentido surnorte, se inicia unos 400 metros antes del enlace de la autovía del Mediterráneo (A-7), permitiendo el acceso tanto a esta autovía como la continuación hasta el puerto de Tarragona por la carretera N-241 (desdoblada). Bordea seguidamente el polígono in-



*En el trazado se han construido nueve pasos superiores para garantizar la permeabilidad territorial y dar continuidad a las vías interceptadas.*

## Condicionantes de la obra

El trazado definitivo del nuevo tramo en sus primeros 3 kilómetros fue elegido para obviar dos importantes condicionantes para la obra: la proximidad del río Francolí y la existencia de minas de agua, acequias subterráneas construidas para regadíos, algunas de más de 200 años de antigüedad, en delicado estado de conservación. En el primer caso, al alejar el trazado de la cuenca fluvial se elevó la cota de la autovía, evitando así el peligro de inundación, lo que también supuso que la A-27 discurriera sobre la autopista AP-7 en lugar de por debajo, como estaba previsto inicialmente. En el segundo caso, el nuevo trazado evitó el paso sobre la principal zona de minas de agua, aunque también se actuó sobre aquellas afectadas por la obra para restituirlas y propiciar la continuidad de sus funciones de riego. Otro condicionante fue la presencia del *rack* (conjunto de tuberías de varios productos) que enlaza el complejo petroquímico norte con el puerto, que tuvo que ser sorteado.

## MAGNITUDES DE OBRA

| | |
|---|---|
| Excavación | 1.257.788 m³ |
| Terraplén | 1.633.572 m³ |
| Suelo estabilizado III | 88.022 m³ |
| Suelo cemento | 58.010 m³ |
| Zahorra artificial | 26.097 m³ |
| Mezclas bituminosas | 97.081 t |
| Acero para armar | 3.129.162 kg |
| Acero pretensado | 49.118 kg |
| Hormigón | 52.237 m³ |

dustrial de Riu Clar por la margen derecha del río Francolí y continúa paralelamente a él cruzando sobre el área de peaje de la autopista AP-7, alrededor del PK 1+750 hasta el 2+700, donde comienza a separarse del río Francolí, orientándose hacia el oeste y pasando entre la refinería y las poblaciones de Constantí y La Pobla de Mafumet. El trazado finaliza una vez cruzado el torrente Manyer y el ferrocarril Reus-La Pobla de Mafumet-Perafort.

### Enlaces y estructuras

A lo largo del trazado se han construido tres enlaces. El primero es una glorieta superior con siete conexiones para unir la A-27, la carretera N-240, la autopista AP-7 y el polígono industrial de Riu Clar. El segundo, también con tipología de glorieta superior, enlaza con la carretera T-721, que permite el acceso a Constantí y a La Pobla de Mafumet. El tercero es una glorieta inferior con seis conexiones que permiten unir la A-27 y las carreteras T-721 y T-750, que conecta La Pobla de Mafumet con la refinería petroquímica. También se ha reordenado el enlace con la autovía A-7.

En el trazado se han construido un total de 18 estructuras: cinco viaductos, 9 pasos superiores, 3 pasos inferiores y un acueducto, así como 18 obras de drenaje transversal. Los viaductos, con longitudes comprendidas entre 105 y 41 metros, la mayoría construidos mediante vigas prefabricadas, salvan los distintos obstáculos del trazado: la AP-7, el río Francolí, los torrentes Mas Blanc y Manyer, y las vías del ferrocarril.

El presupuesto para las medidas de integración ambiental se ha elevado a 2,7 M€. Las principales actuaciones han sido la revegetación de taludes de terraplenes y desmontes empleando tierra vegetal e hidrosiembra, la plantación de especies autóctonas de árboles y arbustos, la instalación de pantallas acústicas en zonas cercanas a las poblaciones, la construcción de pasos de fauna y las prospecciones arqueológicas. ■

# **3M** Soluciones seguras para señalización de obras

Invierta en tranquilidad a la hora de señalizar zonas de obra. 3M le ofrece materiales y equipos específicos de señalización vertical, horizontal y balizamiento para mejorar al máximo la seguridad y la fluidez en los tramos afectados.




# La seguridad no tiene precio

Para que pueda planificar y ubicar los elementos de señalización más eficaces para su seguridad y la de los usuarios de la vía 3M le ofrece los siguientes materiales que cumplen la normativa vigente:

### Señalización vertical y balizamiento

Láminas retrorreflectantes

- 3M High Intensity Prismatic™ HIP de clase RA2 Amarillo, o Amarillo Fluorescente
- 3M High Intensity Prismatic™ HIP de clase RA2 Flexible para conos
- 3M Diamond Grade Cube DG$^3$ de clase 3
- 3M Diamond Grade Cube Amarillo Fluorescente
- 3M Diamond Grade Cube Amarillo Limón Fluorescente

Delineador de barrera metálica o de hormigón 3M LDS

### Marcaje de pavimentos

Cintas retirables para marcaje temporal

- Cinta negra mate para enmascarar Stamark 715
- Cinta amarilla Stamark Series 651, 711, 731 y 721

Captafaros cuerpo Amarillo Serie 291 con marcado CE

Llamada Gratuita
900 210 584
3M Centro de Información al Cliente
www.3m.com/es/Seguridadvial
e-mail: trafico.es@mmm.com



BEGOÑA OLABARRIETA FOTOS: JOSÉ HEVIA BLACH

Hace 150 años llegaba el primer tren a Logroño, un hecho que cambiaría la fisonomía y la vida de la capital riojana en aras de la modernidad y el crecimiento económico. Un hito que se repite siglo y medio después con el avance de las obras de integración del ferrocarril en la ciudad, marcadas esta vez por la necesidad de adaptarse a la alta velocidad, la recuperación de espacios para los ciudadanos y la mejora de los accesos a los servicios ferroviarios.

LA PRIMERA FASE DE LAS OBRAS, A PUNTO DE CULMINAR

# El ferrocarril se integra en Logroño



*Nuevo parque urbano sobre la estación soterrada de Logroño.*



*Andenes y vías de la estación de Logroño, en servicio desde julio de 2012.*

Logroño asistía al final de las vacaciones estivales con una mirada retrospectiva a la llegada del tren a la ciudad hace ya 150 años. Imágenes que hablaban de unos tiempos modernos en los que la revolución se imponía sobre raíles y que, para contento de muchos y estupor de otros, cambiaría para siempre la ordenación urbana.

Una historia que se repite en el tiempo con el avance de las obras de integración del ferrocarril en la capital riojana, un ambicioso proyecto que comenzó en el año 2008 y que a finales del pasado mes de agosto marcaba un nuevo hito con la finalización del módulo sur de la estación de trenes, una superficie de 1.700 metros cuadrados, de los que 960 serán destinados a locales comerciales.

> La fase I de la integración ha permitido cubrir 1,4 km de corredor ferroviario y construir sobre el mismo un parque lineal

## Nuevos usos

Se trata de un proyecto de grandes proporciones, en el que hasta ahora se han invertido 184 M€ en una serie de actuaciones conjuntas llevadas a cabo por el Ministerio de Fomento, el Gobierno de La Rioja y el Ayuntamiento de la ciudad. El proyecto funde infraestructura, arquitectura y urbanismo con el objetivo de integrar 6 kilómetros de corredor ferroviario en el entorno urbano, soterrar las vías y adaptarlas a la llegada de la alta velocidad, al tiempo que diseñar el espacio liberado.

Como afirmaba el secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Rafael Catalá, en la inauguración de la exposición «150 aniversario de la llegada del tren a la ciudad de Logroño», a finales del pasado mes de agosto, el objetivo es «mejorar el ferrocarril y su entorno del modo que esta ciudad necesita».

Se culminaba entonces, casi al cien por cien, la ejecución de la primera fase de la integración, la más compleja, que ha supuesto una inversión de 169 M€. En esta fase se ha puesto en funcionamiento la



*De la cubierta verde generada sobre la estación emergen singulares módulos triangulares que sirven como lucernarios.*

nueva estación (julio de 2012), se han finalizado las obras ferroviarias con la construcción de 2,8 kilómetros de nueva vía entre el paso superior de República Argentina y las proximidades del río Iregua, y la duplicación de la vía única existente entre las proximidades de la estación y el río. Trabajos que se completan con el cubrimiento de 1,4 kilómetros del corredor ferroviario, además de las obras del módulo sur recién acabadas.

## Avance en 2013

Una integración que está avanzando rápidamente este año y que ha dejado tras de sí la mejora de los accesos y del tráfico en la ciudad gracias a la prolongación de calles, solo posible después del soterramiento, y una estela verde marcada por la apertura de un parque urbano sobre la cubierta de la estación y los antiguos terrenos ferroviarios.

Dentro del Plan Especial Ferrocarril, que recoge las directrices del proyecto urbanístico derivado de la integración, se ha dado especial importancia a los espacios verdes a la hora de diseñar los 213.000 metros cuadrados de superficies liberadas.

Así, con la integración de las nuevas infraestructuras ferroviarias se ha generado un cinturón verde en el casco urbano que preside la nueva estación. Un parque a modo de corredor que sigue el trazado de las vías, con una superficie total de 150.599 metros cua-

## Viajando entre dos siglos

El 2 de septiembre de 1863 llegaba el primer ferrocarril a la capital riojana, una parada más de la línea Tudela-Bilbao. Autoridades y «fuerzas vivas» de la ciudad no se perdieron el momento, al igual que curiosos y recelosos que veían este nuevo invento divididos entre el temor y la expectación.

Recuerdos en imágenes en blanco y negro que se exhiben en la exposición «Viajando entre dos siglos. 150 años de la llegada del ferrocarril a Logroño», abierta hasta el 8 de diciembre en la Casa de las Ciencias municipal.

Fotos y piezas históricas de los archivos del Ayuntamiento de Logroño e Histórico de La Rioja, así como del archivo de la Asociación de Amigos del Ferrocarril, que muestran cómo se vivió en aquel entonces la llegada del tren en una España empresarial que caminaba hacia la modernidad.

De hecho, fueron los empresarios vitivinícolas de La Rioja los que hicieron posible la llegada del ferrocarril buscando una salida al mar en el puerto de Bilbao. El cambio en la ciudad no se haría esperar. La primera estación se situó en lo que es hoy la Gran Vía, variando la ordenación urbana y promoviendo el desarrollo de la capital riojana.

Una historia de progreso que hoy camina de la mano de la alta velocidad.



*Estación de Logroño en 1869* (Foto: J. Laurent. Patrimonio Histórico . Ministerio de Educación , Cultura y Deporte)

## Integración en cuatro fases

La integración del ferrocarril en la ciudad de Logroño se desarrolla en cuatro fases.

Fase previa

- Sustitución de las vías, andenes y el parque de telecomunicaciones de la antigua estación de tren por otros de carácter provisional situados unos metros más al sur.
- Construcción de instalaciones auxiliares en Arrúbal para ubicar las dependencias dedicadas al mantenimiento de la electrificación.

Fase 1

- Duplicación y adaptación de la vía a los requerimientos de la alta velocidad en todo el tramo y soterramiento de las infraestructuras entre las calles Vara del Rey y Baltasar Gracián.
- Urbanización de la cubierta del tramo soterrado.
- Construcción de la nueva estación (diseñada por Iñaki Ábalos, responsable del Plan Especial Ferrocarril).
- Transformación del entorno liberado en zona verde.
- Redefinición del entramado viario.
- Construcción de un aparcamiento subterráneo de 300 plazas (pendiente de ejecución).

Fase 2

- Intervención en el extremo más occidental, entre la calle Murrieta y el puente Sagasta.

Fase 3

- Intervención en tramo central, entre la calle Murrieta y Vara del Rey. Finalización del proceso de integración.



*La luz natural accede a la playa de vías de la estación de Logroño mediante grandes lucernarios.*

drados, con pasos para peatones y una red de nuevos viales que rompen definitivamente la división urbana que provocaba la línea férrea.

Para su diseño, la Sociedad Logroño Integración del Ferrocarril contó con la colaboración de la Universidad de la Rioja, aplicando sus recomendaciones a la hora de pensar este pulmón verde urbano.

### Futuro inmediato

Además, está previsto que en los próximos meses se siga trabajando en las obras de un aparcamiento subterráneo de 300 plazas de capacidad, que dará servicio a la estación. También se iniciarán los trámites para la licitación de la nueva subestación de tracción y, en colaboración con el Ayuntamiento, se redactará el proyecto de la nueva estación de autobuses de la ciudad.

Con ello se pasaría a las fases 2 y 3 de la integración, que contemplan la intervención en el extremo más occidental del trazado, y, finalmente, a las actuaciones sobre el tramo central para finalizar la total integración.

Una vez que concluyan las obras se habrá conseguido la adaptación de las infraestructuras a los tráficos que se generan con la conexión de alta velocidad entre Zaragoza, Logroño y Pamplona.

También se habrá conseguido mejorar las condiciones de acceso al modo ferroviario de transporte con instalaciones diseñadas con criterios de accesibilidad para todos los ciudadanos, y Logroño se podrá beneficiar de un nuevo centro urbano gracias a los terrenos liberados por el soterramiento y a la actuación urbanística en los mismos. 150 años después, el ferrocarril vuelve a cambiar la ciudad. ■



*El nuevo parque lineal sobre la estación rompe el efecto barrera que generaban las vías en s uperficie.*



Porque creemos que la innovación es la única manera de ser competitivos.
Porque creemos que el único mercado es el mundo entero.
Si crees como nosotros. **Creemos contigo.**

Sacyr

www.sacyr.com





EL PUERTO DE SEVILLA ESTRENA TERMINAL DE PASAJEROS

# Vanguardista y sostenible

BEGOÑA OLABARRIETA FOTOS: AUTORIDAD PORTUARIA DE SEVILLA

Sostenibilidad y economía son las dos claves de la nueva terminal de pasajeros del puerto de Sevilla, una apuesta por la construcción vanguardista y ecológica para recibir cruceros de lujo, y un espaldarazo a las actividades portuarias de la capital andaluza que se adapta a los nuevos tiempos afianzándose gracias a su inmejorable situación geográfica y al desarrollo de infraestructuras.

Los 554 pasajeros llegados a bordo del crucero *Azamara Quest* el pasado mes de abril fueron los primeros en pisar la nueva estación marítima del puerto sevillano a orillas del Guadalquivir. Una construcción de vanguardia realizada con contenedores reciclados, en los que se han aprovechado todos los ele-



*La nueva terminal es una construcción vanguardista a orillas del Guadalquivir que da un servicio de calidad.*

mentos originales, que tardó menos de un mes en instalarse, y cuyo coste no ha superado los 300.000 euros.

Una terminal económica, ecológica y sostenible para dar servicio de calidad a pasajeros de cruceros de lujo, y que culmina la remodelación total del muelle de Delicias, punto de atraque en el puerto de Sevilla.

Para su construcción se optó por una arquitectura de vanguardia utilizando contenedores de transporte de mercancías por mar que se levantan sobre una superficie de 500 metros cuadrados mirando al río, y en la que se tuvieron en cuenta criterios de sostenibilidad en el diseño y la construcción, considerando además la climatología de la zona, todo ello conjugado con un lenguaje arquitectónico integrado de pleno en el ambiente portuario.

## Juego de cubos

La estructura de la estación marítima es sencilla: una fila de contenedores separados y apoyados en el suelo sobre los que descansan otros colocados encima del hueco que estos dejan entre sí. Se consigue así un espacio diáfano, a dos alturas, que permite que el aire cálido se quede en la parte superior, y donde puertas y ventanas se colocan de tal manera que favorecen la entrada de corriente, disminuyendo la temperatura y ahorrando energía. Además, los contendores superiores usados a mo-




*La nueva terminal de pasajeros es una apuesta de la Autoridad Portuaria para generar crecimiento económico mediante los cruceros de lujo.*

do de lucernarios crean un juego de luces y sombras que animan el interior.

Se trata de la primera construcción realizada con este tipo de material en la capital hispalense y la de mayor planta en Andalucía. Su diseño es obra de los arquitectos sevillanos Juan Manuel Rojas, José Luis Sainz-Prado y Ramón Cuevas.

Los contenedores usados, que llegaron desde Algeciras, se pulieron y trataron en la localidad cordobesa de Lucena, en las naves de Construcciones Cabello, junto con la colaboración del estudio cordobés Tercera Piel. Todo ello para perfilar el proceso de montaje, en el que se ha buscado reutilizar todo lo posible todos los materiales originales, de modo que sólo se añadieron las puertas y ventanas acristaladas y los apliques de luz.

Para ello primero hubo que tratar las estructuras para corregir sus imperfecciones y posteriormente teñirlas de blanco con una pintura especial, con componentes cerámicos que rechazan el 90% de la radiación solar, aislando y evitando el calentamiento.

También los suelos originales de los dos contenedores inferiores, de madera de gran resistencia, se trataron para utilizarlos como pavimentos en los inferiores, mientras que los de los superiores, recortados para conseguir la doble altura, se aprovecharon para pavimentar los espacios ente los dos volúmenes de la planta baja.

Por su parte, las puertas originales, que se retiraron de los contenedores superiores para producir las aperturas este-oeste, se aprovecharon para los accesos en el interior de la terminal.

Al final, toda la construcción, realizada como si fuera un mecano –con piezas machihembradas sin utilizar cemento, ni hormigón, ni cualquier otro material de obra–, es una solución reciclable, sostenible, barata, removible y modular que permite su evolución futura en función de las necesidades.

## Aire natural

Un resultado que ofrece un gran espacio diáfano adecuado para las necesidades de embarque y desembarque de los cruceristas, que especialmente arriban en periodo estival y que planteaba otro reto a sus creadores: conseguir de forma natural, sin utilizar aire acondicionado, una temperatura interior cercana a la del confort, todo un desafío considerando el material que compone la terminal marítima, la chapa, y las altas temperaturas que se llegan a registrar, sobre todo en verano, en la capital andaluza.

La solución vino de la propia concepción de la estructura. Además de la pintura refractaria utilizada para los contenedores, se diseñó una arquitectura que conjugaba lo formal y lo funcional con el funcionamiento termodinámico.

## Referencia logística del sur

La captación de cruceros es una de las estrategias de crecimiento de la infraestructura portuaria sevillana, referencia logística y de distribución del sur que, gracias al espectacular crecimiento del tráfico ferroviario, ha abierto además la posibilidad de acceder al mercado interno peninsular hacia Madrid, Valencia y Tarragona para el movimiento de contenedores. A ello se unen los corredores logísticos marítimo-ferroviarios, en especial el puente logístico (tren + barco) Península-Sevilla-Canarias, como servicio preferente para numerosas empresas de distribución y logísticas.

Una oferta intermodal que genera beneficios y mitiga la huella ecológica derivada del transporte, con conexiones ferroviarias en todo el recinto portuario formadas por más de 30 kilómetros de vías y entrada directa a la red general de ferrocarril.

En total, en 2012 han circulado por el recinto sevillano 1.038 trenes, incrementándose en un 10% los contenedores movidos por este medio hasta alcanzar las 40.169 unidades TEU, y 625.540 toneladas brutas. Con veinte servicios semanales regulares con Madrid, Valencia y Cataluña, el año pasado se sumó además una nueva unidad de carga, las cajas móviles, lo que ha situado al puerto de Sevilla entre las diez Autoridades Portuarias de España que mayor volumen de mercancías mueven por ferrocarril.



*Vista del remodelado muelle de Delicias, punto de atraque de los cruceros de lujo que surcan el Guadalquivir desde el océano Atlántico.*

## Apuesta por los grandes cruceros

La nueva estación marítima del puerto de Sevilla responde a la estrategia que la Autoridad Portuaria viene desarrollando en los últimos años para generar crecimiento económico, en esta ocasión a través de los cruceros de lujo, además de reactivar los espacios portuarios.

A ello responde el remodelado muelle de Delicias, punto de atraque de los grandes barcos de pasajeros que llegan a través de la esclusa Puerta del Mar, que permite, desde su puesta en servicio en diciembre de 2011, la entrada de buques de hasta 280 metros de eslora y 39 de manga. Se trata de una apuesta clave para potenciar estos tráficos que «no ha pasado desapercibida para las compañías navieras, que se están volcando en la demanda», se asegura desde la Autoridad Portuaria.

Dos compañías han confirmado ya sus operaciones con escala en Sevilla (Saga Ocean Cruises y Royal Caribbean Cruises), sumándose así a otra, Croise Europe, que con su buque La Belle de Cadix utiliza el puerto sevillano desde mayo de 2005, con una media de 9.000 pasajeros anuales.



Básicamente, el mantenimiento de una sensación agradable dentro de la estructura se produce por estratificación, es decir, la flotabilidad del aire por microcambios en su densidad a diferentes temperaturas, de modo que el más caliente se acumula en las partes altas de los lucernarios superiores.Estos, además, se construyeron con aperturas este-oeste, en la dirección de los vientos dominantes, asegurando de esta manera una ventilación cruzada que se encarga de retirar el aire caliente y mejorar las sensaciones térmicas en el interior.

La estrategia funcionó. Cuando los primeros cruceristas estrenaron las instalaciones en pleno mes de abril la temperatura exterior era de 30 grados, mientras que en el interior había 24, seis menos, gracias tan sólo a las estrategias bioclimáticas diseñadas.

Con esta nueva estructura la Autoridad Portuaria de Sevilla ha dejado de utilizar la carpa que instalaba hasta el momento para recibir a los pasajeros, al tiempo que ofrece una construcción más actual y coherente con el contexto del puerto.

Una sencillez de planteamiento y formas que, sin embargo, permite las funciones buscadas con la nueva terminal: ser un centro de servicios para los pasajeros de grandes cruceros, mejorando la calidad y la agilidad de las prestaciones en tierra.

Todo con un coste que no ha llegado a los 300.000 euros, ya que este tipo de estructuras, además de ser sostenibles y recicladas, suponen un abaratamiento de hasta un 50% respecto a lo que costaría una construcción tradicional.Buenas ideas para tiempos de crisis. ■

125 AÑOS
DE LA EXPOSICIÓN
UNIVERSAL DE
BARCELONA



# La gran prueba



*El Arco del Triunfo, entrada al recinto de la Exposición Universal, fue realizado enteramente en ladrillo rojo.*

Texto y fotos: Jesús Ávila Granados

En la primavera de 1888, Barcelona acogió por primera vez una gran Exposición Universal. Fue un acontecimiento que supuso un antes y un después no solo en la imagen de la ciudad, sino también en su modo de crecer y desarrollarse. Visto en retrospectiva, fue también la gran oportunidad para demostrar su capacidad de adaptarse y saber evolucionar con los nuevos tiempos.

Barcelona, a mediados del siglo XIX, según los relatos de los viajeros románticos que la descubrieron, no era una ciudad de grandes atractivos sino más bien una urbe algo desangelada, vieja, incómoda y mortecina, de sombras más que de luces. Consecuencia, en gran parte, de unas murallas antiguas y medievales que hasta 1854 aún la estrangulaban, impidiendo cualquier intento de desarrollo. Sólo había por entonces dos áreas urbanas a extramuros, cargadas de tipismo: la Barceloneta, un barrio de pescadores, bañado por el mar, en torno a la plaza e iglesia de San Miguel, y la vecina villa de Gràcia, sobre la ladera meridional de la Serra de Collserola. El puerto no había cobrado aún el peso que más tarde le otorgaría el desarrollo industrial y su papel como motor económico era por entonces muy circunstancial.



*Vista general de la fachada oriental del Museo de Zoología, también conocido como castillo de los Tres Dragones.*

Pese a todo, en ese tejido urbano aún arcaico, una burguesía emprendedora buscaba con ahínco abrirse paso en el mundo de los negocios y en el contexto europeo y mundial. Esta nueva burguesía necesitaba con urgencia adquirir y proyectar su impronta a través de un gran logro colectivo: una ciudad verdaderamente moderna y un arte representativo. Y una de las mejores formas para lograrlo era convocando en Barcelona una Exposición Universal, que rivalizara con las anteriormente celebradas en París, Londres, Liverpool, Viena o Amberes, para mostrar los logros alcanzados por la capital catalana.

> La Exposición Universal de 1888 fue el escaparate para proyectar al mundo la imagen de una Barcelona moderna

Desde el punto de vista económico, la Exposición Universal de Barcelona de 1888 pretendía reunir en un solo lugar y momento lo más representativo de la producción industrial, artesanal y artística de todos los países del mundo, y la Ciudad Condal, que era una urbe un tanto desconocida para la Europa de aquel tiempo, quería ofrecerse al mundo con todas sus virtudes, a partir de un potencial socio-cultural notable y basado en buena medida en el incipiente arte modernista.

## La génesis de un sueño

Todo comenzó en marzo de 1885, cuando Eugenio Rufino Serrano de Casanova, un gallego de Neda (Ferrol), antiguo militar carlista retirado en París, decidió presentar instancia al Ayuntamiento de Barcelona «en súplica de que se le cediesen los terrenos necesarios del Parque para levantar los edificios y tinglados que debieran acoger los productos de todas las naciones del mundo». En realidad, Serrano ya tenía una gran experiencia en ese tipo de acontecimientos, pues había asistido a la mayoría de exposiciones celebradas en Europa como periodista y comisario regio de España. Su propuesta fue bien acogida por el alcalde, Francesc Rius i Taulet, quien al tomar progresivamente conciencia de la repercusión del acontecimiento para la ciudad otorgaría mayores poderes al Ayuntamiento en su organi-





*Arriba, fachada del Museo de Geología. Debajo, puerta meridional del Jardín Tropical.*

zación. Rius formó y encabezó un comité para el seguimiento del proyecto y puso al frente de las obras al arquitecto Elies Rogent.

El lugar cedido a Serrano de Casanova, el parque al que se refería en su súplica, eran los terrenos de la Ciutadella, la antigua fortaleza símbolo de la represión de Felipe V tras la toma de la ciudad. Cedida al Ayuntamiento en 1868 y demolida en parte, sobre su solar se levantaba desde 1872 un parque a partir de un proyecto original del arquitecto Josep Fontserè. Este concibió un gran jardín monumental, mezcla de estilos inglés e italiano, contando con la colaboración de Antoni Gaudí en el diseño de su espacio más relevante: la Cascada Monumental, un espacio en el que tuvieron cabida también varias esculturas de los mejores artistas del momento: Vallmitjana, Gamot, Nobas, Flotats o Fuxá, entre otros.

Sobre ese proyecto de Fontserè se fueron aprovechando espacios y levantando nuevos pabellones hasta configurar el recinto de la Exposición Universal, que ocuparía finalmente una superficie cercana a los 450.000 m$^2$. Tras el Arco del Triunfo de la entrada, obra de Josep Vilaseca, se accedía a un largo paseo, en el que se ubicaban el Palau de Belles Arts, el de la Ciencia, la Cascada Monumental antes mencionada, el Museo de Zoología actual (por entonces un restaurante) obra de Domènech i Montaner, el Círculo del Liceu, el Invernáculo y otros edificios y pabellones de menor relevancia. Luego, en la antigua plaza de Armas de la Ciutadella, se levantaba la Fuente Mágica y el edificio central de la Exposición, el Palacio de la Industria, proyectado por Jaume Gustá i Bondia, donde se alojaban las representaciones internacionales. Tras el palacio se levantó un puente que permitió conectar con otros terreno más próximos a la costa y sobre los que se levantaron otros pabellones de carácter más comercial.

La Exposición se abrió al público el 8 de abril, aunque su inauguración oficial tuvo lugar el 20 de mayo, permaneciendo abierta hasta el 9 de diciembre. Hubo más de 12.000 expositores y, según los registros del Ayuntamiento, pasaron por ella casi dos millones y medio de visitantes, pero algunas estimaciones elevan la cifra por encima de los cuatro millones. Sus efectos en la revitalización económica de la ciudad fueron inmediatos, pese a las enormes críticas y polémicas que su organización suscitó en los meses previos.



*Rius i Taulet flanqueado por el trabajo y la cultura.*

## Un alcalde para la memoria

Francesc Rius i Taulet (1833-1889), abogado y político, declarado monárquico y liberal, diputado a Cortes por Barcelona en dos ocasiones, en representación del Partido Liberal (entre marzo de 1876 y junio de 1881), fue alcalde de Barcelona, reelegido en cuatro ocasiones. Rius i Taulet fue el principal impulsor de



*Salón de Víctor Pradera, eje vial de la Exposición Universal. Debajo, la cercana estatua de Colón, en el paseo del mismo nombre.*

la Exposición Universal de 1888, facilitando con su apoyo a este certamen el avance urbanístico y económico más importante de la historia de Barcelona hasta entonces, al amparar todas y cada una de las reformas urbanísticas que experimentó la Ciudad Condal con motivo de este acontecimiento.

El 27 de septiembre de 1901 se colocó un monumento en su homenaje frente a la entrada principal del parque de la Ciutadella, construido bajo su alcaldía. El monumento en bronce lleva la siguiente inscripción: «A Rius y Taulet, siendo alcalde de Barcelona alcanzó para la ciudad prosperidad y renombre. Realizó en España la primera Exposición Universal celebrada en 1888 y con ilustrada iniciativa y actitud incansable protegió la industria y enalteció las ciencias y las artes».

Rius i Taulet falleció en Olérdola (Barcelona) a la edad de 57 años, pocos meses después de clausurarse la Exposición Universal. Su herencia, la de la Exposición Universal de 1888, alcanza hoy algunas de las zonas con más personalidad de la ciudad, como el parque de la Ciutadella, una de sus mayores zonas verdes y de expansión ciudadana; la apertura hacia el frente marítimo por el paseo de Colón y el Moll de la Fusta.



Una idea de la intensidad con que se trabajó para tener a punto las instalaciones para aquel gran acontecimiento la da la construcción del Gran Hotel Internacional. Para ello, se aprovechó un terreno ganado al mar, en el nuevo paseo de Colón, frente al edificio de la Capitanía General. El establecimiento, debido al genio del arquitecto Lluis Domènech i Montaner (1850-1923), se levantó en el tiempo récord de 69 días, con cinco pisos y una fachada de 160 metros, sobre un solar de 5.000 $m^2$. Tenía capacidad para 2.000 huéspedes y fue concebido con un sistema modular basado en criterios que anticipaban algunos procesos de construcción industrializada, como instalación temporal para acoger a los visitantes.



*Vista de la Cascada Monumental, el espacio más relevante del parque de la Ciutadella, en cuyo diseño colaboró Antoni Gaudí.*

Lamentablemente, al finalizar la Exposición Universal fue derribado. Mejor suerte tuvo otra genial realización de este arquitecto: el Café-Restaurant antes mencionado, hoy Museo de Zoología, conocido también como castillo de los Tres Dragones, de diseño arquitectónico casi perfecto. Es probable que la falta de tiempo no le permitiera a Domènech i Montaner la incorporación de toda la decoración que él pretendía, pero a pesar de ello el edificio está considerado una de las obras más sublimes del movimiento moderno en su conjunto. La simplicidad que muestran tanto las traviesas de acero que sobrevuelan la fachada superior, como el uso de las paredes dobles que envuelven casi todo el edificio a fin de filtrar la luz, son solo algunas de las muchas lecciones que se pueden destacar de esta ejemplar obra.

Fruto también de la Exposición y de la iniciativa de Rius i Taulet fue la urbanización de la zona contigua al recinto, en torno a la calle Comercio, el barrio de la Ribera y la iglesia de Santa María del Mar, lo que se conoce en la actualidad como la zona del Born. Allí se levantó el monumental edificio de hierro del Mercat del Born (entre 1884 y 1886) y actualmente han aparecido restos de una villa romana en los cimientos.



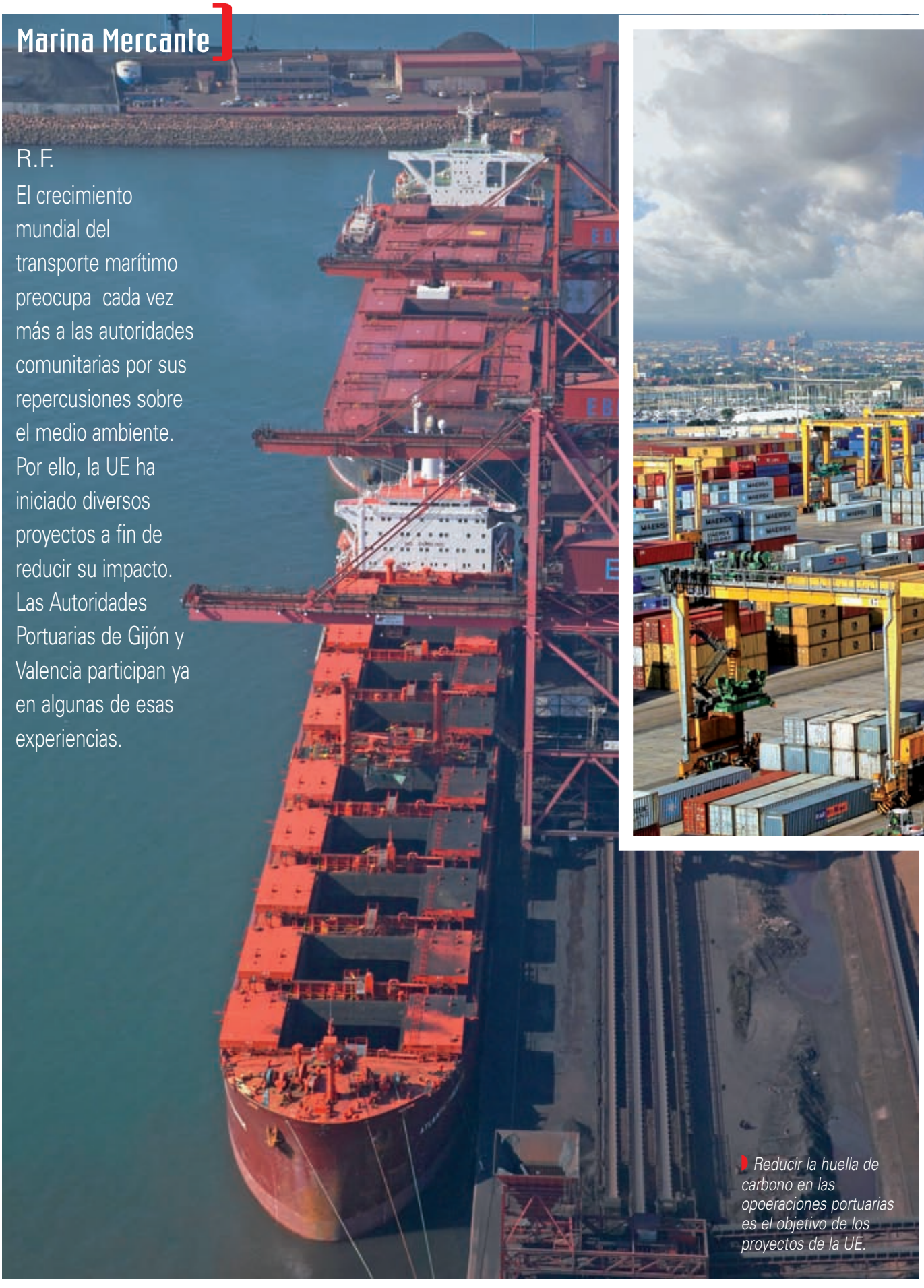
*Hierro y cristal son los dos elementos básicos del Mercado del Born.*

Necesario es reseñar también la instalación de alumbrado eléctrico por primera vez en algunas de las principales calles de Barcelona (la Rambla, el paseo de Colón, la plaza de Sant Jaume, la vía Layetana, así como en el interior del recinto de la Exposición Universal). Así como que bajo su mandato se emprendieran otras construcciones no menos necesarias para la ciudad, como el Palacio de Justicia (1887-1908), el Cementerio del Suroeste, en la montaña de Montjuïc; el Laboratorio Municipal y el Instituto Municipal de Higiene de Barcelona. ■

R.F.

El crecimiento mundial del transporte marítimo preocupa cada vez más a las autoridades comunitarias por sus repercusiones sobre el medio ambiente. Por ello, la UE ha iniciado diversos proyectos a fin de reducir su impacto. Las Autoridades Portuarias de Gijón y Valencia participan ya en algunas de esas experiencias.





*Reducir la huella de carbono en las opoeraciones portuarias es el objetivo de los proyectos de la UE.*

LA UE BUSCA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN CAUSADA POR EL TRANSPORTE MARÍTIMO

# Buques y puertos limpios



Autoridad Portuaria de Valencia

*Terminal de contenedores del puerto de Valencia donde se llevará a cabo el proyecto Green Cranes.*

La Unión Europea está decidida a implantar medidas que contribuyan a reducir la contaminación atmosférica derivada de la navegación en sus mares y de la actividad en las zonas portuarias, donde su proximidad a aéreas urbanas acentúa su impacto en la población. Aunque al transporte marítimo solo se atribuye a nivel mundial el 4% de las emisiones totales de $CO_2$, el importante crecimiento del tráfico y el comercio internacionales a través de buques ha obligado a diversos organismos a revisar sus estudios y proyecciones de futuro respecto a ese porcentaje.

Según datos de la OMI (Organización Marítima Internacional), a comienzos de 2011 la flota de buques comerciales era de 103.392 a nivel mundial, lo que representaba casi el doble de unidades respecto a 1985. Ese notable crecimiento se ha traducido también en otro no menos importante incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la navegación y las actividades en puerto de esos buques. Pese a las dificultades para determinar con rigor el impacto de esa contaminación, se estima que sería equivalente al del consumo de unos 400 millones de toneladas de fuel al año. Y las previsiones de crecimiento del comercio internacional para los próximos años hacen prever que el aumento de la flota mercante mundial seguirá pautas similares. Así, de acuerdo con el informe *Regulating Air Emission from Ships: the state of the art on methodologies, technologies and Policy options*, presentado por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (JRC), se subraya que, de no tomarse medidas para reducir ese crecimiento, las emisiones de los buques a la atmósfera, que hoy dejan una huella de $CO_2$ similar a la de Alemania, podrían crecer en la UE hasta un 200% hacia el año 2050.

## Ayudas UE

Por todo ello, y a fin de que también el transporte marítimo contribuya a los objetivos de reducción de la contaminación establecidos en la Agenda 2020, donde se fija el



*Blue Change* investiga el uso de GNL como combustible en la propulsión de buques. En la foto, depósitos de GNL en el puerto de Gijón.

compromiso de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al menos un 20% sobre los niveles de 1990, la UE ha comenzado a impulsar una serie de programas de ayudas para el sector, donde se estima que el potencial de reducción de emisiones puede tener aún mucho recorrido.

En concreto, a través de las líneas de ayuda del programa para impulsar las redes transeuropeas de transporte TEN-T, nuestro país, junto a Italia y Eslovenia, ha sido de los primeros en acoger proyectos-piloto. Así, el puerto de Gijón lidera el proyecto *Blue Change*, destinado a evaluar el uso de gas licuado como combustible alternativo al gasóleo. El proyecto comprende los estudios de viabilidad y la planificación necesaria de las infraestructuras que requerirá esa implantación, así como la evaluación del uso del gas en buques, su rendimiento en motores y efectos en la reducción de emisiones contaminantes. La Agencia Ejecutiva del programa TEN-T financia todos estos estudios con 2.216.000 euros. En el proyecto *Blue Change*, además de la Autoridad Portuaria de Gijón, participan la Universidad Politécnica de Madrid y las empresas Cepsa y Suardiaz Logística. Los estudios y sus conclusiones deberán estar finalizados a finales de 2014.

## Otros proyectos

Pero este no es el único proyecto en que participa la Autoridad Portuaria gijonesa, que también está integrada en el consorcio EU-Cargoxpress, cuyo objetivo es desarrollar un prototipo de buque de carga experimental que utilice fuentes de energía más sostenibles, reduciendo el consumo de combustibles fósiles y potenciando así el transporte marítimo y fluvial.

Este proyecto de I+D, que es coordinado por Acciona Trasmediterránea, cuenta con un presupuesto de 3,3 M€ y la participación también de la




Autoridad Portuaria de Valencia

Prototipo de la cabeza tractora propulsada por GNL que se utilizará en el puerto de Valencia.



Autoridad Portuaria de Gijón

Universidad Politécnica de Madrid, el Instituto Noruego de Tecnología Marítima, el Real Instituto de Tecnología de Estocolmo o la Universidad Técnica Nacional de Atenas, así como diversas empresas del sector naval, entre ellas Siemens AG Marine Solutions, Kockums AB o Fjellstrand AS Shipyards.

Financiado también a través del programa TEN-T de la Unión Europea, a finales del pasado año el puerto de Valencia acogió la presentación oficial del proyecto *Green Technologies and Eco-Efficient Alternatives for Cranes and Operations at Port Container Terminals* (*Green Cranes*). Destinado a las terminales portuarias de contenedores, tiene como objetivo explorar nuevas vías para la implantación de nuevas tecnologías, combustibles más limpios y de menor consumo energético en la cadena logística portuaria. Mediante una serie de pruebas-piloto y partiendo de una serie de trabajos de investigación previos, *Green Cranes* promoverá la implantación de tecnologías eco-eficientes en colaboración con los gestores de las terminales de contenedores. Además de la Autoridad Portuaria de Valencia, en el proyecto participan también los puertos de Koper (Eslovenia) y Livorno (Italia).

> La UE estima que el sector portuario tiene un gran potencial de reducción de emisiones contaminantes



En el puerto de Valencia los ensayos del proyecto *Green Cranes* buscan evaluar el uso de gas natural licuado (GNL) en los equipos utilizados en terminales de contenedores y obtener comparativas de rendimiento con respecto al gasóleo más usado hasta ahora. En este sentido, está previsto ensayar en la terminal de contenedores Noatum Container Terminal Valencia la puesta en funcionamiento del primer prototipo europeo de cabeza tractora propulsada con GNL.

Por su parte, en el puerto de Koper está prevista la implantación de un sistema de monitorización en tiempo real de los consumos de combustible durante las operaciones en la terminal. Y por último, en el puerto de Livorno se trabaja en la adaptación del motor de un vehículo manipulador telescópico adaptado para la utilización de gas licuado, hidrógeno o biocombustible, a fin de reducir emisiones contaminantes y el consumo energético. ■

EL AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS CUMPLE 80 AÑOS DE VUELOS COMERCIALES CON LA LLEGADA DEL PASAJERO 1.000 MILLONES

# Un octogenario infatigable




JULIA SOLA LANDERO FOTOS: AENA AEROPUERTOS

Cientos de millones de despedidas y llegadas de pasajeros conforman la historia del aeropuerto de Madrid-Barajas, que acaba de cumplir 80 años de vida. En este periodo, el modesto campo de vuelos abierto en 1933 ha ido creciendo en sucesivas etapas hasta convertirse en un coloso aeroportuario a escala continental.

El 15 de mayo de 1933 aterrizaba en Madrid un Fokker VII trimotor de la compañía Líneas Aéreas Postales Españolas (LAPE), procedente de Barcelona. El avión surcó una pista de hierba sobre un campo de vuelos que dibujaba un gran círculo bordeado de blanco con el nombre de Madrid en su interior. Aquel fue el primer vuelo comercial en el Aeropuerto Nacional de Madrid.

Ochenta años después, aquel aeropuerto, renombrado en el año 1965 como Madrid-Barajas, acaba de celebrar la llegada del pasajero número 1.000 millones a bordo de un Airbus A340-600 de Iberia procedente de Bogotá. En este periodo de tiempo, el aeropuerto ha operado 10,65 millones de vuelos, y ocupa el quinto puesto del *ranking* de aeropuertos europeos y el 19º del mundo por volumen de tráfico. Para ello se ha sometido a una verdadera metamorfosis, incorporando las últimas tecnologías y extendiendo su zona aeroportuaria hasta las 4.000 hectáreas.

Las cifras de Madrid-Barajas reflejan que es un centro de actividad incesante. Solo el año pasado se realizaron cerca de 375.000 operaciones y por sus pasillos transitaron 45





*Vista de la terminal satélite (T-4S) y la torre de control. Derecha, obras de la Terminal Nacional (T-2) en 1954.*



Vista de la terminal T 2 en 1965, que se extenderá en años posteriores hacia ambos extremos.




Mostradores del aeropuertto en los años 60 del pasado siglo.




Recepción al pasajero un millón de Iberia en 1964.

millones de pasajeros que viajaron en 80 compañías aéreas y volaron a 179 destinos correspondientes a 65 países. Toda esa actividad genera más de 250.161 puestos de trabajo y un volumen de negocio superior a 12.000 M€ anuales, lo que hace de él el principal centro productivo de España.

## Aeropuerto Nacional

El crecimiento de sus instalaciones ha sido incesante desde su apertura al tráfico aéreo. En 1931 Madrid contaba con los aeródromos de Cuatro Vientos y Getafe. La creación de Barajas se gestó con la pretensión de sustituir aquellas primeras bases aéreas por un moderno aeropuerto. Corrían los años 20 y la demanda de tráfico aéreo comenzaba a crecer imparable.

> El «Plan Barajas», aprobado en 1992, constituye el proceso de ampliación más importante en la historia del aeropuerto madrileño

En marzo de 1929 se convocó un concurso para elegir el terreno donde se ubicaría el nuevo aeropuerto civil. Se eligió Barajas, municipio ubicado a 12 kilómetros de la capital y muy cerca de la carretera de Francia. Era un páramo yermo de casi 200 hectáreas de superficie, sin obstáculos alrededor, que fue adquirido por 730.000 pesetas. En abril del año siguiente se falló el concurso para la construcción del aeropuerto, en el que resultó ganador el proyecto del ingeniero Marqués de los Álamos y el arquitecto Luis Gutiérrez Soto. Los primeros trabajos fueron la habilitación de la pista de aterrizaje y la instalación de un aerofaro. Antes de acabar el año ya se habían comenzado a instalar las redes de energía eléctrica, de agua y tres depósitos de gasolina.

El 22 de abril de 1931 se abrió el tráfico aéreo para vuelos de pruebas, exhibiciones y vuelos militares. Una pista de aterrizaje de hierba, un edificio para los servicios del aeropuerto, y algunas instalaciones auxiliares fueron las modestas construcciones con las que contó en un primer momento. En los años sucesivos continuaron con las obras de construcción de una plataforma de estacionamiento, iluminación y balizamiento del campo y la primera terminal de pasajeros, entre otros.

## Vuelos comerciales

En el primer año de funcionamiento se operaron 378 vuelos que transportaron a 2.873 pasajeros. LAPE (futura Iberia) pronto estableció las primeras líneas regulares Madrid-Sevilla y Madrid-Barcelona, a un precio de 125 y 150




*Fachada de la Terminal Norte (T3), en servicio desde 1974 para acoger el novedoso puente aéreo entre Madrid y Barcelona.*

pesetas respectivamente. En 1934, LAPE abre una nueva ruta hasta Valencia, que en unos años llegará hasta Palma de Mallorca. Y un año después se establece la línea internacional Madrid-París, más tarde Madrid-Lisboa y posteriormente, en 1936, Madrid-Berlín.

La demanda comercial y los requerimientos de los modernos aviones demandaban nuevas reformas, de modo que en la década de los 40, superada la paralización impuesta por la Guerra Civil, comienza la expansión del aeropuerto. Inicialmente se construyó la primera pista pavimentada, de 1.400 metros de longitud y 48 de anchura, además de una terminal destinada a acoger a 30.000 pasajeros anuales, varios hangares y el edificio del Avión Club. En julio de 1946, el aeródromo se abre al tráfico internacional y cuando aquella década toca a su fin ya tenía tres pistas más.

Entrados en los 50, Barajas ya rebasa el medio millón de pasajeros anuales. La Terminal Nacional, hoy T-2, está casi finalizada y se dota al aeropuerto de las primeras instalaciones radioeléctricas para la navegación y el aterrizaje.

Con la llegada de los años 60, el *boom* del turismo desborda todas las previsiones. La década feliz inaugura una nueva cifra de tráfico de pasajeros: un millón doscientos mil, cantidad que doblaba las previsiones del Plan de Aeropuertos. Se hace inevitable plantearse una remodelación que incluye la creación de dos grandes pistas cruzadas, la primera de las cuales, de 4,1 kilómetros de longitud, la más larga de Europa por entonces, entra en servicio en 1965. También se construye una terminal de carga y una plataforma de estacionamiento. Es en 1965 cuando el aeropuerto abandona su primera denominación y es rebautizado como aeropuerto de Madrid-Barajas.




*Llegada al aeropuerto de Barajas del primer B-747 Jumbo, en 1970. Foto Archivo Monterde.*

## Llegan los Jumbos

En la imparable carrera del transporte global ocurrida en los 70, la llegada del B-747 –el Jumbo– escenifica el auge del turismo de masas. El aeropuerto alcanza los 4 millones de pasajeros/año. En 1971 se inicia la construcción de una nueva terminal de pasajeros dedicada al tráfico internacional (la actual T-1). En 1974 Iberia inaugura con el puente aéreo, que unía Madrid y Barcelona en 50 minutos, el nuevo concepto de «llegar y volar», y comienza la construcción de la Terminal Norte (la T-3), para el puente aéreo.

Pocos años después, con motivo del Mundial de fútbol de 1982, se acomete una ampliación de las dos terminales. Al acabar las obras, el aeropuerto dispone de 78.000 $m^2$ en la Terminal Internacional, 80.000 en la Nacional y 2.000 en el puente aéreo.



*Obra de ampliación de la zona de embarque internacional mediante el dique Sur, en 1999.*



*Interior del CGA, cerebro del aeropuerto de Madrid-Barajas.*

## El «Plan Barajas»

Las ampliaciones realizadas en aquella época se proyectaron con la idea de que no se saturarían hasta el año 2000. Pero la liberalización del mercado aéreo y el crecimiento sostenido del tráfico hacen que se roce la saturación ya en 1988, por lo que se piensa en nuevas medidas para evitar que el aeropuerto se colapse en 1992. Se manejan distintas soluciones: desde ampliar las instalaciones existentes hasta crear un nuevo aeropuerto en Campo Real y cerrar Barajas. Se optó por la primera y en 1991 se redacta un Plan Director que incluye un programa de creación de infraestructuras por un periodo de 15 años y un plan de acción inmediata para cubrir las carencias. La ampliación del aeropuerto acordada en 1992 con el denominado «Plan Barajas» recogía la primera fase propuesta por el Plan Director con un horizonte de capacidad para ocho años y contemplaba la construcción de una nueva pista, una torre de control, y otra terminal, además de nuevas plataformas.

En los años 90 las transformaciones se suceden con rapidez: Aena constituye, en 1994, la sociedad Centros Logísticos Aeroportuarios, S.A. y para construir el Centro de Carga del Aeropuerto de Madrid–Barajas se levanta el edificio de interconexión entre la T1 y la T2 y se moderniza la torre de control. Paralelamente se estrena el dique Terminal Norte y la nueva torre de control, de 71 metros de altura. La construcción de la tercera pista hizo necesaria la ampliación de la zona de embarque internacional mediante el dique Sur, inaugurado en 1999. Con una extensión lineal que supera el medio kilómetro de edificación, el dique Sur incrementa en 25.000 m² la superficie de terminales. Por estas fechas se cambia la distribución de las terminales: el dique Sur y la mayor parte de la Terminal Internacional pasan a denominarse T1; el resto de la Terminal Internacional y la Terminal Nacional serán ahora la T2 y el Dique Norte se convierte en la T3.

Finalizando aquella década de grandes transformaciones se abrió una nueva pista –la 18R-36L, que sustituyó a la 18-36–, que con sus 4.400 metros de longitud por

## El aeropuerto en cifras

- Superficie total: 4.000 hectáreas
- Superficie edificios terminales: 940.000 m²
- Plataforma: 3.000.000 m²
- Pistas:
  - –18L/36R 3.500x60 metros
  - –18R/36L 4.350x60 metros
  - –14L/32R 3.500x60 metros
  - –14R/32L 4.110x60 metros
- Tres terminales en línea: T1, T2 y T3, una nueva área terminal, la T4, con un satélite T4S, y una Terminal Ejecutiva para aviación corporativa y de negocios.
- Tres torres de control
- Cerca de 400 mostradores de facturación
- Más de 90 máquinas de auto-*check-in*
- 224 puertas de embarque distribuidas en 13 zonas
- 6 salas de recogida de equipaje
- 46 cintas de equipajes
- 7 áreas de control de seguridad
- Ocho áreas de aparcamiento público con 18.764 plazas
- 374 puestos de estacionamiento de aeronaves comerciales y 61 para aviación corporativa y de negocios
- 128 pasarelas de embarque
- Capacidad para 120 operaciones a la hora
- 135 km. de cintas transportadoras (45 km. de alta velocidad).
- 45.000 equipajes facturados cada día
- 40.000 empleados directos o indirectos
- 38.000 m² de tiendas y locales de restauración
- Los viajeros generan una riqueza de 1.700 M€ en Madrid, y de 4.700 M€ en el resto de España




Caballero

*La terminal T-4, un icono del diseño arquitetctónico, es el edificio más emblemático del aeropuerto de Madrid-Barajas.*

60 de anchura repitió récord europeo. Cuando empieza el nuevo milenio, se ha pasado de los 16 millones de pasajeros de 1990 a los 32 en 2000.

Faltaba una asignatura pendiente que se aprobó rozando ya el fin del milenio. En 1999 el metro enlaza el aeropuerto desde la estación Mar de Cristal y llega hasta Nuevos Ministerios, en 2002. El viejo proyecto de unir Barajas y el centro de la capital era por fin una realidad.

## La T-4 y T-4S

El aeropuerto va adaptándose con soltura al vertiginoso crecimiento del tráfico aéreo que trae el nuevo milenio. Treinta y cuatro millones de pasajeros utilizan cada año sus instalaciones.

El Plan Barajas preveía que en pocos años aumentaría hasta los 70 millones de pasajeros al año. No había más remedio que acometer nuevas ampliaciones, un ambicioso proyecto firmado por los arquitectos Antonio Lamela y Richard Rogers, consistente en dos nuevas terminales, la T-4 y su satélite la T-4S, separadas entre sí por 2,5 kilómetros y conectadas en el subsuelo por un *people mover* (tren sin conductor), además de dos pistas, con una capacidad para 120 vuelos por hora, y la torre Oeste, inaugurada en 2006 junto con la T-4, para gestionar los movimientos de las aeronaves en tierra en torno a dicha terminal.

Cuando entró en servicio la nueva terminal, en 2006, el resto de las terminales tenían una ocupación del 100%, lo que impedía operar más vuelos y ampliar su oferta de compañías. Los vuelos internacionales y los controles de inmigración se han establecido en la T-4S, mientras que los vuelos Schengen, nacionales y puente aéreo operan en la T-4.

La T-4 suma 470.000 m$^2$ de superficie y capacidad para 35 millones de pasajeros al año. Tiene seis plantas sobre rasante y tres subterráneas, 76 puertas de embarque, 174 mostradores de facturación y una zona de embarque con 37 pasarelas. Por su parte, la T4-Satélite cuenta con 290.000 m$^2$ distribuidos en tres plantas sobre rasante: la primera, dedicada a Schengen, con 19 puertas de embarque; la segunda, para salidas internacionales, tiene 48 puertas de embarque; y la tercera recibe los vuelos de llegadas internacionales. Su capacidad es de 15 millones de pasajeros/año.




*El pasajero 1.000 millones de Barajas y su acompañante, junto a la directora del aeropuerto, Elena Mayoral, en julio pasado.*

Y sobre todo ese cúmulo de terminales, torres de control, salas de equipajes, pistas de despegue y aterrizaje y edificios auxiliares que conforman el complejo de Madrid-Barajas está el Centro de Gestión Aeroportuaria (CGA). Situado en la T4, es un amplio recinto presidido por paneles y pantallas que informan sobre operaciones, seguridad, servicio al pasajero y mantenimiento de las instalaciones. Todo está automatizado. Es el cerebro del aeropuerto y el ojo que todo lo ve. Las más de 70 personas que trabajan en ese centro de operaciones velan las 24 horas del día por que la normalidad sea la rutina cotidiana en el aeropuerto. Desde allí se controla todo lo que sucede en el recinto, desde la gestión de las puertas de embarque a la ubicación de aeronaves, pasando por la anticipación de las incidencias meteorológicas o la gestión de equipajes en tiempo real. Un engranaje de precisión matemática. ■

500 AÑOS DEL DESCUBRIMIENTO DEL OCÉANO PACÍFICO POR VASCO NÚÑEZ DE BALBOA

# La gran aventura de la Mar del Sur



MARIA DEL CARMEN HEREDIA CAMPOS

En septiembre se cumplieron 500 años del descubrimiento de la Mar del Sur por Vasco Núñez de Balboa y un grupo de seguidores españoles e indios cueva. Tras un largo y escabroso camino a través del Darién (Panamá), siguiendo las indicaciones de los indios que aseguraban que al otro lado de las montañas y selvas existía un gran mar que abría un camino hacia tierras donde había mucho oro, descubrieron el paso del océano Atlántico al océano Pacífico, salvando así la gran barrera que separaba Oriente de Occidente y abría el camino directo hacia las ansiadas Indias de Colón y las especies.



Vivienda de los indios kuna en la zona del Darién, en el Pacífico. Foto Concepción Fontes.




Grabado de Vasco Núñez de Balboa. Foto Carmen Heredia.

Vasco Núñez de Balboa nace en Jerez de los Caballeros (Badajoz) y se educa en las letras y las armas en Moguer (Huelva) como paje del gobernador. Sobre su edad solo se sabe que el padre Las Casas dice, en 1510, que contaba «hasta treinta y cinco ó pocos más años», aceptándose así su nacimiento en 1475. De familia perteneciente a la nobleza no titulada, se enrola en la expedición de Rodrigo de Bastidas, que parte en 1500 de Cádiz llevando consigo al piloto y cartógrafo Juan de la Cosa. Con Bastidas recorre Balboa la costa del mar Caribe desde el cabo de la Vela hasta la región de Urabá (hoy Colombia) y con lo ganado se instala, en 1502, como granjero en La Española (Santo Domingo).

No se le da bien este oficio, se endeuda y empieza a pensar en embarcarse cuando Fernando el Católico llama a concurso, en 1508, para la gobernación y colonización de Tierra firme, que había dividido en dos gobernaciones a cargo de dos pesos pesados de la conquista: Nueva Andalucía, desde el cabo de la Vela hasta el golfo de Urabá o del Darién, para Alonso de Ojeda, y Veragua, desde este lugar hasta el cabo de Gracias a Dios, para Diego de Nicuesa.

Balboa no logra incorporarse a ninguna expedición al no permitirle la ley la salida de la isla sin pagar sus deudas, embarcándose de polizón con su perro en un bergantín de la expedición de Martín Fernández de Enciso que partía en 1510 con todo lo necesario para el mantenimiento de la colonia fundada por Ojeda, San Sebastián de Urabá. En alta mar Balboa comparece ante Enciso, que, muy airado, le



*India kuna tejiendo una «mola» (tejido decorativo tradicional). Foto C. Fontes.*

## Supervivencia de las culturas indígenas

No pareciendo aconsejable aplicar los instrumentos conceptuales de hoy al análisis de las actuaciones en el Nuevo Mundo de hace 500 años, sí que se puede afirmar que, si graves fueron las consecuencias del descubrimiento para los indígenas, a pesar de las instrucciones de la reina Isabel la Católica y de las Leyes de Indias protegiéndolos, también muchos españoles perecieron y no volvieron ricos y se permitió a los caciques, normalmente, continuar en sus tierras con su organización administrativa, y ambas culturas se mezclaron en muchos aspectos dando lugar a matrimonios e hijos de un mestizaje poco frecuente en otras culturas. Etnias indias panameñas desaparecieron totalmente, otras se adaptaron y algunas más conservan aún su identidad. De estas últimas, en el Darién, destacan los organizados indios kuna y sus enemigos, los emberá, que aún lanzan dardos envenenados con sus cerbatanas y viven en palafitos.



amenaza con abandonarlo en una isla. Este, a su vez, le brindará su valioso conocimiento del territorio cuando al llegar a los restos de la colonia de Ojeda, asaltada por los indios de flechas envenenadas, sugiere su traslado al otro lado del golfo de Urabá, mejor dotado y donde «la gente della no ponía hierba en sus flechas».

### Fundación de la Antigua

La colonia se traslada al lado oeste del golfo de Darién, la provincia más extensa, más salvaje y menos poblada de Panamá, y Enciso funda, a orillas del río Darién, Santa María de la Antigua, en 1510, y se proclama alcalde mayor, tras expulsar de sus tierras al cacique Cemaco. Las desavenencias acaban enfrentando a Enciso y Balboa por el trato dado a indios y españoles por el jefe de la expedición. Núñez de Balboa logra la destitución de Enciso y que se convoque cabildo, en 1511, saliendo elegidos como alcaldes él y Martín de Zamudio. Eliminaba, así, un contrincante pero ganaba un enemigo en Enciso.

Un nuevo problema surge cuando Nicuesa, gobernador del territorio donde ahora estaban instalados los de Balboa, es buscado, encontrado con 30 supervivientes en su colonia Madre de Dios, atacada por los indios, y convencido de venir a gobernar La Antigua, donde al llegar encuentra aquellos buenos deseos ya tornados en su contra. Hay lucha en Santa María, pierde Nicuesa y Balboa le envía a los tribunales de La Española. Un mes después Balboa prende a Enciso por intento de usurpación de autoridad al cabildo, aunque este logra su libertad a cambio de abandonar la colonia. Ambos incidentes serían decisivos en el juicio de residencia que precipitaría el final trágico de Balboa.

A finales de 1511, Núñez de Balboa es nombrado gobernador interino del Darién por el virrey Diego Colón, y se dedica a la organización de la colonia, por lo que es considerado el creador de Santa María de la Antigua. Repartió tierras, trazó calles, sembró maíz y yuca, introdujo el cerdo y se atrajo a los indios, prohibiendo la esclavitud y los impuestos a cambio de alimentos, oro y ropa.

En sus expediciones se informó de la existencia, al oeste, de los indios cueva y sus riquezas en oro. Se dirigió a estos por la costa hacia poniente y tras un enfrentamiento con el cacique Careta, llega a una alianza por la que este le proporcionaría los alimentos y él le defendería de sus enemigos, los caciques Ponca y Comogre. Resuelto el primer asunto con la huida de Ponca, los cueva le traen alimentos, oro y mujeres y Careta le ofrece a su joven hija Anayansi. Con Comogre no combatió porque fue recibido en paz por este y su hijo mayor, Panquiaco, quien, tras recriminar a los españoles sus incomprensibles luchas por el reparto del oro, les habló de un lugar con abundancia de este metal distante seis soles (seis días) de camino yendo hacia otra mar que existía en el sur. Y fue esta la primera noticia de la existencia del mar al otro lado del istmo, que por en-



*Poblado de los indios kuna en la orilla del océano, una de las culturas supervivientes desde los tiempos de Núñez de Balboa. Foto C. Fontes.*

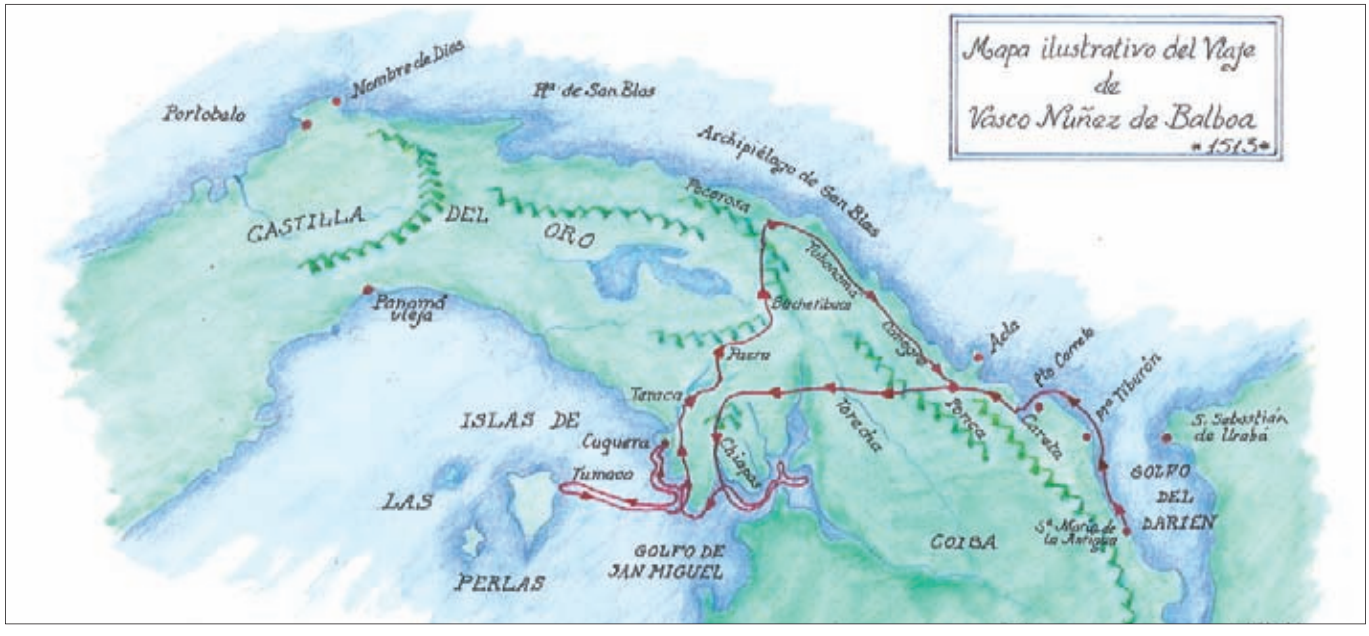
tonces no podía significar otra cosa que la ansiada ruta marítima hacia las islas de la Especiería, objetivo de la expedición de Cristóbal Colón que, sin proyectarlo, le llevó a descubrir América en 1492.

> Núñez de Balboa conoció de boca de un indio la existencia de un mar al otro lado del istmo panameño

## En busca del nuevo mar

En 1513, Vasco Núñez emprende el viaje al anunciado mar y parte el 1 de septiembre con 190 hombres, 10 piraguas, un galeón, indios y perros amaestrados para combatir al enemigo. Se dirige por la costa hacia al puerto de Careta, donde deja el galeón, y con los guías cueva que le proporciona el cacique comienza su travesía por tierra de norte a sur del Darién. Salva 25 leguas (125 kilómetros) de pantanos, selvas, ríos y montañas atravesando los territorios de los caciques Ponca y Torecha. El 25 de septiembre sube a un cerro de la cordillera de Chucunaque, acompañado por su perro *Leoncico*, contempla el mar y lo bautiza como la Mar del Sur. El escribano de la expedición, Andrés de Valderrábano, plasmó en su diario: «En martes veinte y cinco de septiembre del año de mil e quinientos y trece, a las diez horas del día, yendo el capitán Vasco Núñez en la delantera de todos los que llevaba por un monte raso, vido desde encima de la cumbre la Mar del Sur, antes que ninguno de los cristianos compañeros que allí iban».

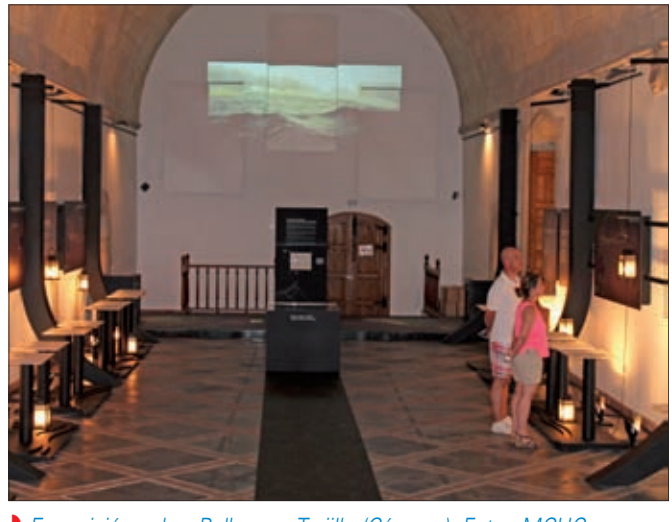
El día 29 cruzó las tierras de Chiapes, se acercó a las aguas de un golfo que bautizó como de San Miguel, y se adentró en ellas. Con el agua hasta las rodillas, armadura y yelmo, la espada en la mano izquierda y el estandarte de la virgen con las armas de Castilla en la derecha, tomó posesión «destas mares e tierras, e costas, e puertos, e islas australes...» en nombre de los reyes Fernando de Aragón y Juana de Castilla. En los días siguientes, tomó muchas perlas en las costas para luego aventurarse a las islas donde gobernaba Tumaco, que llamó Islas de las Perlas. Emprende el regreso a primeros de noviembre por una ruta más al oeste para explorar nuevos territorios donde va recogiendo oro, comida y ropa de los caciques Teraca, Pacra y Bocheribuca hasta llegar al territorio de Pocorosa, y continuar por los territorios de Tubanamá, muy rico, y de Comogre para volver por el de Ponca al puerto de Careta, donde retoma su galeón y arriba a La Antigua el 19 de enero de 1514, tras cuatro meses y 11 días, con gran botín y sin perder un hombre. Envió a Pedro de Arbolancha con informe para el Rey, el quinto real, de 20.000 castellanos de oro (92 kilogramos) más




Itinerario de Núñez de Balboa del descubrimiento del océano Pacífico (ida y vuelta). Acuarela de María del Carmen Heredia Campos.



Mapa de las costas del Caribe. Theodor de Bry 1594. (Cáceres).



Exposición sobre Balboa en Trujillo (Cáceres). Fotos MCHC.

200 finas perlas, y su solicitud de nombramiento en firme como gobernador del Darién.

## Despojado del mando

La nave de Arbolancha con tan importante noticia no llegó a la corte a tiempo de contrarrestar el informe negativo que sobre Balboa estaba dando Enciso al rey, que, alarmado, envió en abril de 1514 a Pedro Arias de Ávila como gobernador de Castilla del Oro (nuevo nombre dado a Tierra firme), con 22 naves y carabelas y 2.000 colonos llenos de lujos, con médicos y artesanos y hasta un obispo, fray Juan de Quevedo, para instalarse en Santa María de la Antigua del Darién. Pedrarias Dávila (así conocido) fue incapaz de comprender, a sus 73 años, la necesidad de libertad que tenían unos hombres de acción que fueron al Nuevo Mundo buscando un nuevo status fuera de España. La decepción de Pedrarias, al ver que Santa María era un poblado carente de la infraestructura esperada, fue el inicio de la difícil relación que estableció con Balboa, quien, por su parte, se vio despojado de su mando. Pedrarias llevaba orden de tomarle juicio de residencia a Balboa y al resto de los alcaldes del Darién.

Dicho juicio, instrumento usual de la Administración, consistía en la evaluación del desempeño de su oficio cuando el titular de un puesto de relevancia era sustituido por su sucesor. Bajo presión de Pedrarias, el licenciado Gaspar de Espinosa declaró culpable a Balboa por los sucesos de Nicuesa y Enciso y fue apresado y despojado de sus riquezas, aunque el obispo Quevedo obligó a su puesta en libertad.

En octubre de 1514, el rey, ya informado de la gesta de Núñez de Balboa y recibido el quinto real, le concede los títulos de Adelantado de la Mar del Sur y gobernador de las provincias de Panamá y Coiba, con los que tenía libertad para hacer sus expediciones aunque sujeto jerárquicamente a Pedrarias, que, a su vez, debía consultar a Balboa toda resolución de importancia para el descubrimiento. Pedrarias intentó que el rey anulase o modificase el nombramiento, y al no lograrlo apartó a Balboa de las exploraciones en el Mar del Sur, enviando a otros capitanes, y cuando supo que este planificaba una expedición para fundar poblados a orillas de los dos mares y establecer una ruta comercial entre ellos, como parte de la «ruta de la Especiería», y en caso de no



Escena de las Indias, 1687. Archivo General de Indias.

# El mito de Vasco Núñez de Balboa

Pocos conquistadores cuentan con buen nombre y estatuas en las tierras colonizadas por ellos. No ocurre así con Vasco Núñez de Balboa, personaje que en Panamá es un símbolo de la cultura e historia panameñas. Allí se celebra durante todo 2013 el quinto centenario del descubrimiento con la exposición «Balboa y los cueva, el origen de una identidad», en Panamá Viejo, conmemorando un acontecimiento considerado por los panameños como el más importante desde la llegada de Cristóbal Colón a América. Esta exposición trata de dar un punto de vista integrador de la conquista y resalta el papel que jugaron los indios cueva y su cacique Careta en el descubrimiento de la Mar del Sur, a pesar de que luego perecieron en otra fase de la colonización.



Estatua de Núñez de Balboa en la Ciudad Universitaria de Madrid.

lograrlo, navegar hacia el sur a descubrir nuevas tierras, trató de enjaularlo delante de su casa acusándolo de rebelión. Lo impidió, de nuevo, la intervención de Quevedo, que logró un pacto de no agresión por el que Pedrarias aceptaba la boda de Vasco Núñez con su hija María, mientras Balboa se comprometía a no abandonar La Antigua para sus exploraciones. Situación bien frágil para dos gobernadores en tan reducido espacio: el uno acostumbrado al poder y la pleitesía de la corte, con el mando militar y judicial en su mano pero odiado por los indios y temido por los españoles; el otro, rebelde, emprendedor, buen negociador con los indios y descubridor de una mar donde no podía hacer sus exploraciones teniendo el título para ello.

Al emparentar, pareció apaciguarse la relación entre Balboa y Pedrarias y este le permitió su viaje de exploración por la Mar del Sur, pero antes debería poblar Acla, fundada por él a fines de 1515 en el puerto de Careta, construir sus barcos y fundar otro asentamiento en la Mar del Sur. Ytodo ello en el plazo máximo de año y medio que finalizaría por San Juan de 1518. Balboa pobló Acla en seis meses y a finales de 1516 creó allí la Compañía del Sur para el intercambio comercial entre los dos mares.

Mientras, en la corte crecía el descontento con las alarmantes noticias que llegaban sobre el mandato de Pedrarias, lo que culminó con el nombramiento por el rey Carlos I de un nuevo gobernador para Castilla del Oro, Lope de Sosa, para sustituir a Pedrarias. Por entonces, Balboa ya había iniciado sus preparativos para explorar el golfo de San Miguel, pero debía preparar las maderas, anclas, alquitrán y cordajes en Acla y llevarlos al sur para construir allí los barcos, y todo ello en el plazo estipulado, tarea difícil de cumplir.

## Proceso y condena

Próximo a finalizar su labor, ya pasado el plazo, en otoño de 1518, Núñez de Balboa se entera de la inminente llegada del nuevo gobernador, y ante otra posible negativa a su proyecto acelera los trabajos y realiza movimientos que proporcionan a su enemigo Pedrarias el motivo para que lo lleve a juicio y lo condene a muerte por rebelión: para Pedrarias, lo que estaba preparando Balboa, sin autorización, era la fundación de una población en la orilla de la costa sur, en Chepavare, camino de Chepo a Panamá, y con su propia flota ir a conquistar Birú (Perú).

Pedrarias, mandó llamar a Acla al Adelantado so pretexto de conversar sobre su viaje, pero envió a Pizarro a detenerlo en el camino, lo encarceló, lo acusó de traición al Rey y a él por su intención de independizarse en la Mar del Sur y ordenó a Espinosa procesarle por traidor. Espinosa, favorable a Pedrarias, lo declaró culpable el 12 de enero de 1519 con pena de muerte, firmada sin dilación por el propio gobernador. Al reo no se le permitieron testigos a su favor, ni alegaciones, ni el recurso a la justicia del rey, ni a la del virrey de La Española. También se condenó a cuatro de sus mejores capitanes. Dos días después el verdugo les cortó la cabeza a Vasco Núñez de Balboa y a sus fieles capitanes en la plaza pública, mientras Pedrarias contem-



*Viviendas de una comunidad de indios kuna en la región de Urabá, en el Caribe colombiano. Foto C. Fontes.*

plaba la ejecución tras unas cañas.

A la corte se le ocultó esta muerte tanto que en octubre de 1519 aún no se conocía y se le daba por preso y sentenciado a muerte. Se solicitó el envío del proceso, pero este no apareció y tan sólo se remitió el mandamiento de Pedrarias. El autor de tan injusta ejecución, que disgustó en gran manera a la corte y al Consejo de Indias, fue muy criticado por los cronistas coetáneos entre ellos el padre Las Casas, que le llamó «instrumento del furor divino», achacando sus acciones a la envidia y los celos. Fue el nieto de Pedrarias, más tarde, quien se vio en el trance de tener que defenderlo, sin éxito, en una interesante documentación que intercambió con el cronista Antonio de Herrera, cuando este relataba, en sus *Hechos de los castellanos*, los malos actos de Pedrarias.

## Algunas conmemoraciones del centenario

En Trujillo (Cáceres), el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y el Gobierno autónomo de Extremadura han celebrado este verano una exposición conmemorativa con el título "Pacífico. España y la aventura de la Mar del Sur", con interesantes documentos y algunas copias perfectas en las que el visitante podía pasar las páginas e incorporarse a la evolución de las exploraciones, rutas marítimas y terrestres, asentamientos y cartografía y percibir el impacto que produjo el descubrimiento tanto en los pueblos del Pacífico como en el viejo mundo europeo. Esta exposición, con originales, se repitió en Sevilla en septiembre y viajará en octubre a Manila (Filipinas).

Por su parte, la ruta Quetzal BBVA 2013, con 225 expedicionarios de 53 países, ha viajado a Panamá y atravesado la selva del Darién para alcanzar la Mar del Sur rememorando los pasos de Núñez de Balboa.

### La ruta a Cipango

La muerte del descubridor del Pacífico –nombre que dio Magallanes a la Mar del Sur– dejaba expedito el viaje por mar hacia el sur para que otros realizasen las exploraciones que él proyectaba hacer; así le tocó a Pizarro el honor de descubrir el Perú. Pedrarias trasladó la población de Santa María de la Antigua a la bahía de Panamá, al sur del istmo, donde fundó Panamá la Vieja (1519-1671), y La Antigua y Acla desaparecieron.

La ansiada vía comercial con Asia se abrió desde Acapulco (México) a Manila (Filipinas), aunque el tornaviaje (viaje de regreso) no fue fácil hasta 1565 con la ruta trazada por el fraile Andrés de Urdaneta, cosmógrafo de la expedición de Legazpi, por el paralelo 40, más al norte que la ruta de ida cuyos vientos desfavorables causaban naufragios cuando se tomaba de vuelta. El Pacífico ofreció gran número de islas descubiertas por españoles y se abrió la importante ruta oceánica conocida como el Galeón de Manila de intercambio comercial y cultural entre tres continentes: Europa, América y Asia. ■




# MONOGRÁFICO ESPECIAL DE LA REVISTA DEL MINISTERIO DE FOMENTO

La construcción de puentes, presas y puertos; los caminos de postas y el transporte; el desarrollo urbano; la cartografía y la astronomía; la construcción de buques y la navegación..., todas las grandes realizaciones de la ingeniería en la España de los siglos XVI y XVII contadas con amenidad e ilustradas con más de 300 imágenes y grabados de época.




**2ª EDICIÓN**

P.V.P. : **10 €**

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 6478 / 6449
Por fax: 91 597 61 86 (24 horas).
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

# Crecimiento basado en la Innovación



Con más de 80 años de experiencia y más de 50 años de actividad en 50 países de 5 continentes distintos y más de 650 proyectos realizados con éxito, **Ferrovial Agroman** es pionera en el proceso de internacionalización de su actividad y referente en la aplicación de las técnicas más avanzadas en la ejecución de sus obras.

**Ferrovial Agroman** está realizando una profunda transformación de la Autopista LBJ en Dallas, (Texas, EEUU) que comenzó en 2011 y está previsto que acabe a finales de 2015. Las obras de la "LBJ Express" se extienden a lo largo de 27,4 kilómetros en pleno corazón de la zona Norte de la ciudad de Dallas, la cuarta mayor área metropolitana de Estados Unidos. La nueva LBJ Express duplicará la capacidad de circulación de la antigua LBJ.

ferrovial
agroman

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:

**www.fomento.gob.es**

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

Título de la obra: ***Revista del Ministerio de Fomento, nº 632, Octubre 2013***

Año de edición: ***Octubre 2013***

Edición digital:
1ªedición electrónica: ***Noviembre 2013***
Formato: ***PDF***
Tamaño: ***11 MB***

NIPO: 161-13-004-6
I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA incluido): 1,50 €

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

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Revista del Ministerio de
Fomento

Noviembre 2013 ● Nº 633 ● 3 €



# Presupuestos 2014 del Grupo Fomento

● Nuevos tramos de las autovías A-60 y A-8 ● La industria ferroviaria crece en el exterior ● Tendencias del transporte en la UE

# Tecnología y Eficiencia de extendido BOSCHUNG











DIRECCIÓN COMERCIAL / TÉCNICA
Crta. de la Marañosa Km. 0,8 • A-4 Salida Km. 20 • 28320 Pinto (MADRID)
tel. 91 307 81 33 - fax 91 357 47 62 - www.emsamaquinaria.es

El camino más firme

Revista del Ministerio de Fomento

# En este número

NOVIEMBRE 2013
Nº 633

Noviembre 2013 ● Nº 633 ● 3 €



**Presupuestos 2014 del Grupo Fomento**

● Nuevos tramos de las autovías A-60 y A-8 ● La industria ferroviaria crece en el exterior ● Tendencias del transporte en la UE



## PRESUPUESTOS

**2. Apuesta por la competitividad.** *Presupuesto para 2014 del Grupo Fomento, con inversiones que ascienden a 8.989 M€.*

## CARRETERAS

**12. Alternativa en el páramo.** *Puesta en servicio del tramo Valladolid-Aeropuerto de Villanubla, primero de la autovía A-60 en la provincia.*

## CARRETERAS

**16. Un eslabón más de la A-8.** *Abierto al tráfico el subtramo Pendueles-San Roque del Acebal de la autovía del Cantábrico.*

## FERROCARRIL

**22. Proyección exterior.** *La internacionalización de la industria ferroviaria española.*







## Y además...

**30. Un nuevo modelo para Renfe.** *La operadora se reorganiza para ganar competitividad.*

**36. Siempre en movimiento.** *Tendencias del transporte en la UE.*

**44. Modelo de cooperación.** *Premio de la ONU al Plan Nacional de Observación del Territorio del IGN.*

**48. La Troya ibérica.** *Conjunto amurallado ibero de Els Vilars (Lleida).*

**54. La sencillez más perdurable.** *300º aniversario de Fray Junípero Serra, fundador de las misiones de Baja California.*

**Director de la Revista:** Antonio Recuero.

**Edición:** Javier R. Ventosa. **Maquetación:** Aurelio García. **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Fotografía:** José Caballero. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti. **Portada:** DCE Asturias/FCC Construcción.
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
**Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos)
**Colaboran en este número:** Jesús Ávila, Jaime Arruz, Pepa Martín y Beatriz Terribas.
**Comité de redacción: Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín *(Subsecretario de Fomento).* **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez *(Secretario General Técnico).* **Vocales:**, María García Capa *(Directora del Gabinete de Prensa),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Eloísa Contín Trillo-Figueroa *(Jefa del Gabinete del Subsecretario),* Juan Antonio López Aragón (*Director del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Pedro Guillén Marina *(Director del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director de la Revista).*
**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O'Donnell, 18, 5º H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPO: 161-13-005-1

**Edita:**
Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.







LAS INVERSIONES DEL GRUPO FOMENTO ASCENDERÁN A 8.980 M€ EN 2014

# Apuesta por la competitividad




Chou Pesqueira

R. F.

El Grupo Fomento dispondrá el próximo año de un presupuesto total de 17.310 M€. De ellos, está previsto dedicar 8.980 M€ a inversiones tanto para la ampliación y mejora de las redes y sistemas de transporte como para el desarrollo de las nuevas políticas de vivienda. Por sectores, el ferrocarril concentrará el 51% de esas inversiones, hasta un total de 4.573 M€, seguido de carreteras, que dispondrá de 2.153 M€ (24%), puertos y seguridad marítima, que contará con 861 M€ (10%), vivienda, con 788 M€ (9%), y aeropuertos y seguridad aérea, con 559 M€ (6%).

En consonancia con el objetivo de reducción del déficit en el conjunto de las Administraciones Públicas hasta el 5,8% del PIB, planteado por los Presupuestos Generales del Estado para 2014, el proyecto de presupuesto del Ministerio de Fomento y las diferentes entidades a él adscritas prevé una asignación total de 17.310 M€ para el próximo año. De esa cantidad, el total destinado a inversiones ascenderá a 8.980 M€, a los que habrá que sumar 1.288 M€ del capítulo de subvenciones al transporte y otros 86 M€ destinados a reducir las tarifas de peaje en algunas autopistas. En su presentación, la ministra de Fomento, Ana Pastor, señaló que «además de mantener el esfuerzo de austeridad y de ahorro en el sector público iniciado en el año 2012, los presupuestos de Fomento para el próximo año garantizan el compromiso del ministerio con sus objetivos prioritarios: asegurar la vertebración territorial y movilidad de los ciudadanos; mejorar la planificación y la gestión de las infraestructuras haciéndolas más competitivas; promover la liberalización y las reformas de los operadores; mejorar la intermodalidad del sistema de transportes y el impulso de la Estrategia Logística, y contribuir al desarrollo económico y a la creación de empleo».



*La ampliación de la red de alta velocidad recibirá el 70% de las inversiones destinadas a ferrocarriles en 2014.*

## Ferrocarril

Con respecto a las principales partidas de inversión, el ferrocarril concentra el 51% del total, ascendiendo a un total de 4.573 M€. Y dentro de este capítulo, las partidas dedicadas a la ampliación y mejora de la red de alta velocidad suponen el 70% del total, hasta alcanzar 3.194 M€.

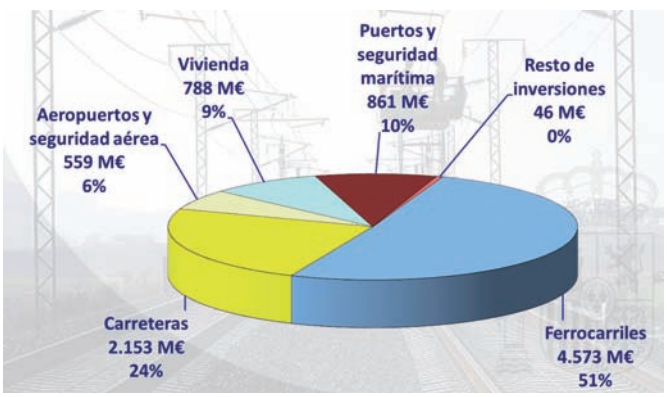
Por corredores, el Corredor Noroeste de alta velocidad dispondrá de 1.077 M€, de los que 876,6 M€ se asignarán al tramo Olmedo-Lubián-Ourense-Vigo, otros 195,4 M€ se destinarán al Eje Atlántico y otros 5M€ a la línea Ourense-Lugo-A Coruña.

Por su parte, el Corredor Mediterráneo, definido como uno de los ejes prioritarios en la futura Red Transeuropea de Transporte, contará con una asignación presupuestaria de 1.005,5 M€. De esa cantidad, 606,3 M€ se destinan a actuaciones en diversos tramos, concretamente: 216,2 M€ al eje Tarragona-Valencia-Alicante-Murcia, 136,7 M€ para Bobadilla-Granada, 100,4 M€ para Murcia-Almería, otros 108 M€ al tramo Vandellós-Tarragona y 45 M€ para Barcelona-Frontera francesa. Para la adaptación del tercer carril para ancho UIC, la partida de gasto asciende a 306,1 M€, de los que se asignan 235,0M€ al tramo Castellón-Castellbisbal, otros 68,6 M€ a Valencia-Castellón y 2,5 M€ a estudios y proyectos diversos, como los de la conexión Alicante-Murcia. Asimismo, se destinarán otros 93,1 M€ a diversas actuaciones en el Corredor Mediterráneo, entre las que destacan las siguientes: mejoras de accesos al puerto de Barcelona y otros puertos (32,2 M€), mejoras en la Corredor Antequera-Algeciras (50 M€), conexión Font Sant Lluis-San Isidre (7,5 M€), estudios del Tren de la Costa (0,5 M€), estudios para el corredor litoral de la Costa del Sol y otros (2,9 M€).

Las inversiones en el Corredor Norte de alta velocidad ascenderán a 750 M€, de los que 372,6 M€ serán para la LAV a Asturias: Venta de Baños-León (182,6 M€) y Variante de Pajares (190) M€), y otros 377,4 M€ para la LAV al País Vasco: Valladolid-Venta de Baños (77,9 M€), Venta de Baños-Burgos (109 M€) y 190,5 M€ para la Y vasca (Vitoria-Bilbao-San Sebastián).

En el Corredor Sur de alta velocidad se invertirán 85,59 M€ en tres actuaciones: línea Sevilla-Cádiz, incluido el soterramiento en Puerto Real (52,43 M€); estación de Huelva en la línea Sevilla-Huelva (10 M€) y línea Madrid-Jaén (23,16 M€).

### Inversión 2014 Grupo Fomento
### Total: 8.980 M€

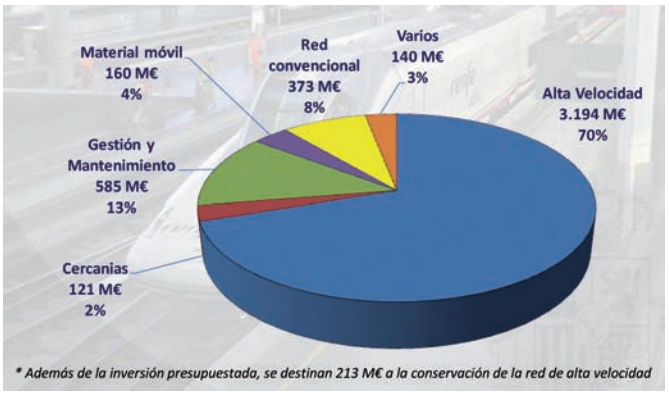




Sacyr

Los corredores Noroeste y Mediterráneo (en la imagen) son los que reciben mayor aportación de fondos.

## Inversión 2014 Ferrocarriles
### Total: 4.573 M€




* Además de la inversión presupuestada, se destinan 213 M€ a la conservación de la red de alta velocidad

Finalmente, las inversiones en líneas de alta velocidad previstas para el ejercicio 2014 se completan del siguiente modo: línea Madrid-Extremadura-Frontera portuguesa (199,2 M€); conexión en ancho UIC Atocha-Chamartín (12 M€); cuadruplicación de vía Torrejón de Velasco-Atocha (12 M€); estudios y proyectos para el tramo Zaragoza-Castejón-Logroño-Miranda (6,6 M€), y conexión Castejón-Pamplona-Y vasca (14,3 M€).

En cuanto a las principales inversiones en la red convencional cabe destacar, entre otras, las siguientes: Palencia-Santander (63,8 M€); electrificación Medina-Salamanca-Fuentes de Oñoro (35,1 M€); renovaciones de vía en varias líneas (10,4 M€); renovación en la línea a Ávila (7,5 M€); mejoras en la línea Madrid-Extremadura (4 M€); mejoras en subestaciones (6,8 M€); mejoras en la línea Huesca-Canfranc (1,3 M€), y proyecto para la electrificación Guillarey-Tuy (0,21 M€). Otras inversiones importantes en la red convencional serán las encaminadas a impulsar el transporte de mercancías, entre ellas: el nuevo acceso ferroviario al puerto de Barcelona (32,2 M€), proyectos de mejora de los accesos a los puertos de Ferrol y A Coruña (0,59 M€), acceso al bajo de La Cabezuela y otros accesos portuarios (0,8 M€), mejoras en la línea Almoraima-Algeciras (50 M€) y desarrollo de plataformas logísticas y otras actuaciones en materia de transporte ferroviario de mercancías (12,6 M€). En mejoras de la red convencional destaca también la ejecución de obras en el túnel de La Serrería (4 M€) y la variante de Camarillas (5 M€).

Por último, al capítulo de mejora de la seguridad en la circulación se destinan un total de 60,6 M€. Además, se asignan otros 50 M€ para el equipamiento del sistema ERTMS en varias líneas, otros 44,6 M€ para la supresión de pasos a nivel y 4,4 M€ más a otras mejoras de la seguridad y operatividad.

## Carreteras

Las inversiones en carreteras ascenderán a 2.153 M€, destinados a actuaciones de conservación, mantenimiento, ampliación y mejora de la Red de Carreteras del Estado, que en la actualidad cuen-

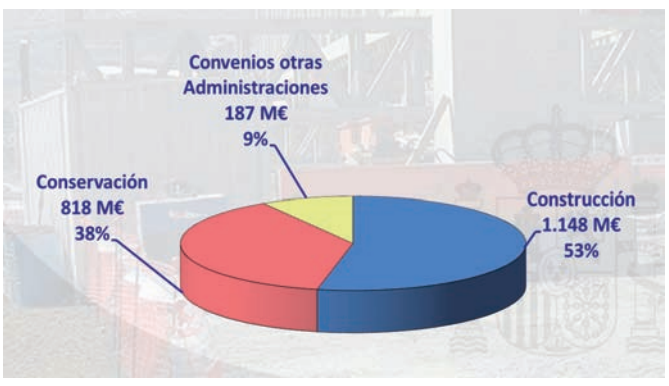
## Carreteras

### Principales actuaciones en fase de construcción

- Variante de Padrón de la N-550 (A Coruña)
- Tramo As Lonzas-Zapateira de la AC-14 (A Coruña)
- Tramos Mondoñedo-Lindín y Lindín Careira de la A-8 (Lugo)
- Tramos Otur-Villapedre y Unquera-Pendueles y subtramo Pendueles-San Roque de la A-8 (Asturias)
- Tramos Solares-La Encina y La Encina-Torrelavega de la A-8 (Cantabria)
- Tramo Monasterio de Rodilla-Cubo de Bureba de la N-I (Burgos)
- Variante de Santa María de Ribarredonda de la N-I (Burgos)
- Variante de Aranda de Duero de la A-11 (Burgos)
- Conexión de Aguilar de Campóo sobre la A-73 (Palencia)
- Tramos Medinaceli-Radona y Sauquillo-Almazán de la A-15 (Soria)
- Tramo Valladolid-Villanubla de la A-60 (Valladolid)
- Tramo Hormilla-Hervías de la A-12 (La Rioja)
- Tramo Recajo-Logroño de la LO-20 y conexión con la AP-68 (Logroño)
- Tramos Nueno-Congosto de Isuela, Congosto de Isuela-Arguís, Arguís-Alto de Monrepós, Caldearenas-Lanave y Sabiñánigo Sur-Sabiñánigo Este de la A-23 (Huesca)
- Variante de L'Aldea de la N-340 (Tarragona)
- Puente sobre el río Ter (Girona)
- Variante de Benidorm (Alicante)
- Ronda Sur de Elche (Alicante)
- Tercer carril del tramo Carraixet-Puçol de la V-21 (Valencia)
- Variante de la Font de la Figuera de la A-33 (Valencia)
- Variante Suroeste de Talavera de la Reina de la N-502 (Toledo)
- Nuevo puente sobre la bahía de Cádiz
- Tramos de la A-7 en Granada.
- Mejora de la A-4 en Córdoba
- Tercer carril entre Bormujos y Benacazón de la A-49 (Sevilla)
- Completar el acceso sur al aeropuerto de Málaga

## Inversión 2014 carreteras

### Total 2.153 M€






DGE Castilla y León Occidental

*El 53% de la inversión en carreteras será para nueva construcción.*

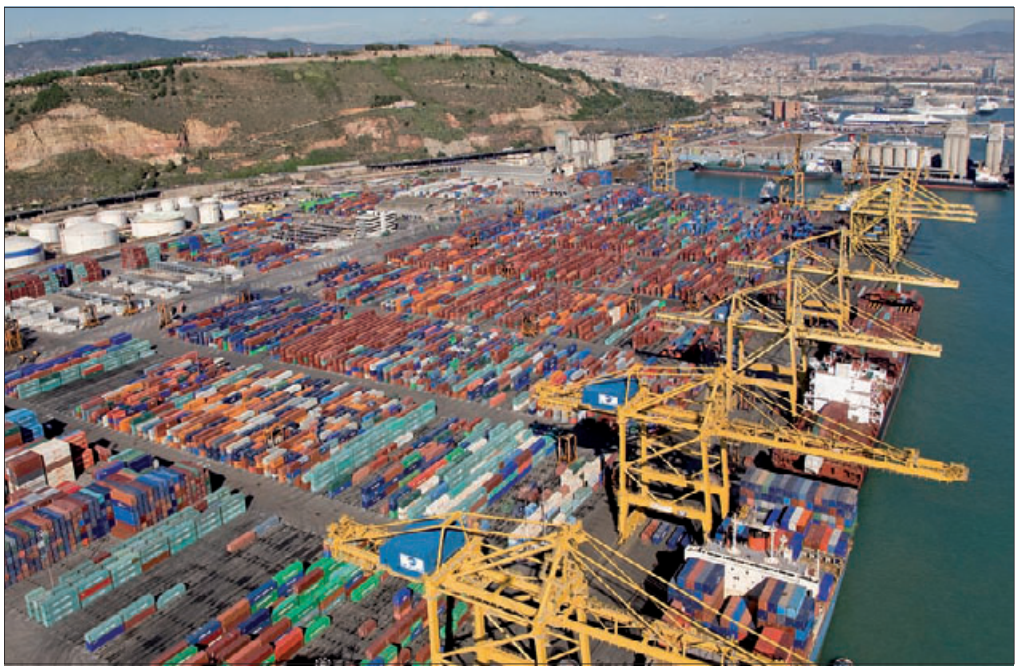
ta con 26.038 kilómetros. De esa cifra, un 53% (1.148 M€) se dedicará a actuaciones de nueva construcción. Así en la red de autovías está previsto completar o avanzar en la ejecución de los siguientes tramos: finalización de los tramos aún en obras en la A-7 hasta completar su paso por la provincia de Granada; en la A-8, tramos Mondoñedo-Lindín, Lindín-Careira, Otur-Villapedre, Unquera-Pendueles, Solares-La Encina y La Encina-Torrelavega y subtramo Pendueles-San Roque; en la A-11 se acometerá la variante de Aranda de Duero; en la A-12 a su paso por La Rioja, el tramo Hormilla-Hervías; en la A-15, los tramos Medinaceli-Radona y Sauquillo-Almazán; en la A-23, los tramos Nueno-Congosto de Isuela, Congosto de Isuela-Arguís, Arguís-Alto de Monrepós, Caldearenas-Lanave y Sabiñánigo Sur-Sabiñánigo Este; en la A-33 a su paso por Valencia se acometerá la variante de La Font de la Figuera; en la A-49, la construcción de un tercer carril entre Bormujos y Benacazón (Sevilla), y en la A-73, el enlace con Aguilar de Campóo. Otras actuaciones destacadas en poblaciones serán las variantes de Benidorm, la ronda Sur de Elche, la variante Suroeste de Talavera de la Reina, la variante de Padrón de la N-550 y el tramo As Lanzas-Zapateira de la AC-14 en A Coruña, el acceso sur al aeropuerto de Málaga, el tramo Monasterio de Rodilla-Cubo de Bureba de la N-I y la variante de Santa María de Ribarredonda (N-I) en Burgos, el tramo Recajo-Logroño de la LO-20 y conexión con la AP-68, el tercer carril del tramo Carraixet-Pozul de la V-218, la variante de L'Aldea en Tarragona, y diversas obras de mejora en la A-4 en Córdoba. En grandes poblaciones proseguirán también las obras del nuevo puente sobre la bahía de Cádiz y en Girona sobre el Ter (ver ac-

## Carreteras
### Otras actuaciones

- Tramo Lavacolla-Arzúa de la A-54 (A Coruña)
- Tramos Guntín-Monte de Meda, Monte de Meda-Vilamoure y Vilamoure-Nadela de la A-54 (Lugo)
- Tramo Vilaboa-A Ermida de la A-57 (Pontevedra)
- Remodelación del enlace de Puzo-Lira de la A-52 (Pontevedra)
- Acceso al puerto de Barcelona
- Conexión del Baix Llobregat con la AP-7 (Barcelona)
- Tramos de la A-2 y N-II (Girona)
- Tramo Lleida-Roselló de la A-14 (Lleida)
- Calicasas-Albolote de la A-44 (Granada)
- Úbeda-Torreperogil de la A-32 (Jaén)
- Enlace de Fuengirola (Málaga)
- Tramo Alcalá de Guadaira-Dos Hermanas de la SE-40 (Sevilla)
- Tramo Peñíscola-Benicarló-Vinaroz de la N-340 (Castellón)
- Tramo Jumilla-Yecla de la A-33 (Murcia)
- Tramo Límite de Provincia con Castellón-Ráfales de la N-232 (Teruel)
- Circunvalación Sur de Albacete de la A-32
- Viaducto de Castilblanco de la N-502 (Badajoz)
- Navaconcejo-Tornavacas de la N-110 (Cáceres)
- Remodelación del enlace de la M-40 con la A-6 (Madrid)
- Mejora de accesos a Parque Coimbra (Móstoles)
- Nuevo puente sobre el arroyo de La Gaznata de la N-403 (Ávila)
- Tramo Fuentes de Oñoro-Frontera Portugal de la A-62 (Salamanca)
- Circunvalación de Segovia
- Tramo Benavente-Zamora de la A-66 (Zamora)



*La inversión en aeropuertos se destina a la puesta en valor de las infraestructuras y a mejorar el servicio.*



*La inversión en puertos y seguridad marítima ascenderá a 861 M€ el próximo año.*

tuaciones completas en recuadros).

En cuanto al capítulo de conservación, finalizadas las actuaciones en todos los tramos de las autovías de primera generación, a excepción de la A-3 a su paso por Cuenca, donde aún proseguirán las obras, la inversión ascenderá 818 M€, lo que supondrá el 38% del total dedicado a carreteras. Estarán destinados a la rehabilitación de firmes y a mejoras de la seguridad (nueva señalización vertical y horizontal, barreras de contención, etc.) en diversos tramos.

La partida de carreteras destinará también 187 M€ al desarrollo de convenios con otras Administraciones y otros 86 M€ para subvenciones de reducciones de peaje en diversas autopistas.

## Aeropuertos

La puesta en valor de las infraestructuras existentes, evitando el sobredimensionamiento de efectivos y la capacidad ociosa; mejorar la calidad y la seguridad operacional en aeropuertos y sistemas de navegación aérea, e impulsar la sostenibilidad y la eficiencia energética manteniendo la base de activos son los principales objetivos de las inversiones destinadas al sector aeroportuario, que en conjunto suman 559 M€. Entre las actuaciones más importantes que se desarrollarán a lo largo del próximo año destacan: la nueva pista de vuelo del aeropuerto de A Coruña,




*Las actuaciones en los puertos se destinarán principalmente a obras de ampliación y también al desarrollo de las autopistas del mar.*

así como las ampliaciones en los nuevos edificios terminales de Gran Canaria y Vigo. Se realizarán también obras de ampliación en las zonas comerciales de Madrid-Barajas, Barcelona-El Prat y Málaga-Costa del Sol. Está previsto avanzar, además, en el proceso de certificación de aeropuertos, en la implantación del nuevo diseño del Sistema Automatizado de Tránsito Aéreo (Sacta), en la Red de Datos de Navegación Aérea y el nuevo Sistema de Comunicaciones de Voz, así como en la de Sistemas de Navegación y Vigilancia (Ruta, TMA y Aeropuertos) y en el desarrollo de la red de radioayudas.

## Puertos

Puertos y seguridad marítima dispondrán de un total de 861 M€ de inversión a lo largo de 2014. Entre las actuaciones más destacadas cabe mencionar: las obras de la galería para tuberías y del dique Oeste, en Punta Langosteira (A Coruña), así como las del túnel de La Marina del puerto de A Coruña; las obras de la primera fase del dique Exterior del puerto de Almería; la terminal de contenedores y su vial de acceso en el puerto de Cádiz; la ampliación de accesos viarios y ferroviarios del puerto de Barcelona; la prolongación del dique de Punta Sollana y el espigón central en el puerto de Bilbao; la prolongación del dique y cierre sur de La Esfinge en el puerto de Las Palmas; la prolongación del dique de Los Mármoles en Arrecife y obras de abrigo en el puerto de Granadilla (Tenerife); la prolongación del dique, el dragado de la dársena Azucenas y el canal de entrada del puerto de Motril; las obras del muelle Raos 9 del puerto de Santander; mejoras del acceso marítimo-fluvial en el puerto de Sevilla, y las obras de ampliación del muelle y de la terminal de cruceros en el sector norte del puerto de Valencia. Está previsto igualmente continuar con la promoción y




*La ministra de Fomento, flanqueada por el secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda y por el subsecretario del Departamento, durante la presentación de los Presupuestos de 2014.*

desarrollo de las autopistas del mar Gijón-Nantes y Vigo-Saint-Nazaire, así como con la mejora de los accesos viarios y ferroviarios en la mayoría de puertos de la red.

Subvención al transporte

Las subvenciones y ayudas al transporte de pasajeros registrarán un importante crecimiento en 2014 en sus dos grandes partidas, hasta alcanzar un total de 1.262,70 M€. En concreto, la bonificación de billetes de transporte aéreo y marítimo de los residentes en territorios no peninsulares y familias numerosas ascenderá a 430,60 M€ (343,60 M€ para el modo aéreo y 87 M€ para el marítimo). Este esfuerzo presupuestario permitirá mantener la bonificación del 50% en los billetes de los residentes no peninsulares y del 25% en los billetes de transporte marítimo entre islas.

Por su parte, las partidas destinadas a la financiación de las Obligaciones de Servicio Público (OSP) también experimentan un notable crecimiento. Así, la partida para compensación por los servicios ferroviarios de Cercanías y Media Distancia alcanza los 818 M€, que suponen un incremento de más del 70% con respecto a 2013 e incluye la compensación por los servicios prestados por Renfe Operadora en Cataluña desde 2011 a 2013. También se destinan otros 3,7 M€ para compensaciones por las OSP de transporte aéreo a cuatro rutas aéreas entre islas de Canarias y para la ruta Menorca-Madrid, mientras que a las líneas marítimas de Interés Público (Algeciras-Ceuta, Málaga-Melilla, Almería-Melilla y Península-Canarias) se asignan otros 10,4 M€.

Finalmente, se destinan otros 25,31 M€ a subvenciones para el transporte de mercancías, tanto desde Canarias y Baleares como para las autopistas del mar.



*Las políticas de vivienda del Ministerio de Fomento tendrán un presupuesto aproximado de 800 M€.*

## Vivienda

El presupuesto destinado a las políticas de vivienda en 2014 busca impulsar el cambio de modelo y reactivar de manera especial el sector, tan castigado por la crisis. Las inversiones se acercarán a 800 M€. De ellos, la partida más importante (613,7 M€) se dedicará a impulsar el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbanas 2013-2016. A su vez, otros 139 M€ resultantes del cierre del anterior modelo se canalizarán también hacia las distintas ayudas del nuevo Plan 2013-2016, mientras que el programa de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico dispondrá de 21,4 M€ para inversiones y al desarrollo de convenios específicos (Amate, Melilla y Hospitalet) se destinan 15 M€. Y, por último, el programa de Conservación del Patrimonio Histórico 1,5% Cultural dispondrá de unas transferencias de capital estimadas en 16,7 M€. ■

Revista del Ministerio de

# Fomento





# VIADUCTOS SINGULARES DEL SIGLO XXI

## (CARRETERAS)





**MONOGRÁFICO**
Julio-Agosto 2013

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

# Centro virtual de publicaciones

Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales




SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

**www.fomento.gob.es**



*Enlace de acceso al aeropuerto. Al fondo, la rotonda que conecta con la «herradura» del aeropuerto en la N-601.*

EN SERVICIO EL TRAMO VALLADOLID-AEROPUERTO DE VILLANUBLA DE LA A-60

# Alternativa en el páramo

R. F. Fotos: DCE Castilla y León Occidental

La autovía A-60 (León-Valladolid) ha dado un paso más en su incipiente proceso constructivo con la entrada en servicio del tramo Valladolid-Aeropuerto de Villanubla, primero de esta carretera de gran capacidad en la provincia. El nuevo tramo, que discurre en su mayor parte por un páramo, es una alternativa de gran capacidad al noroeste de la ciudad de Valladolid y ha permitido eliminar una molesta travesía y el paso por la larga curva en forma de herradura del aeropuerto de Villanubla.

La A-60 (León-Valladolid) es una nueva infraestructura viaria contemplada en el programa de inversiones del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI) del Ministerio de Fomento como una de las autovías a desarrollar en los próximos años.

Esta futura autovía, que servirá como alternativa a la carretera N-601 entre las ciudades de León y Valladolid, inició su andadura en noviembre del año 2012 con la apertura del tramo León-Puente Villarente y acaba de poner en servicio el segundo, Valladolid-Aeropuerto de Villanubla.

## Mejora de movilidad

El nuevo tramo fue abierto el pasado 1 de octubre por la ministra de Fomento, Ana Pastor, quien destacó que se trata de «una vía muy importante para Valladolid y muy reclamada por todos los vecinos de la comarca, porque mejora la movilidad de todos». En efecto, las condiciones de circulación en esta zona han mejorado con el nuevo trazado de autovía, 2,4 kilómetros más corto que el de la N-601, ahorrando unos 7 minutos (el 30% del tiempo de recorrido), y que permite a los automovilistas una conducción más segura y cómoda. Por estas razones, la autovía ha comenzado a captar la mayor parte de los 9.000-12.500 vehículos que a diario circulaban por esta zona, relegando a la carretera N-601 para los tráficos locales.

Como principales beneficios, el nuevo tramo facilita la conexión de Valladolid con su aeropuerto y evita la molesta travesía de Villanubla, que cuenta con intersecciones reguladas por semáforos, mejorando la calidad de vida de sus vecinos. Su entrada en servicio también ha relegado al olvido a la larga curva (radio de 250 metros) que bordea la pista del aeropuerto, sustituida ahora por una curva mucho más suave.



*La zona periurbana de la travesía de Zaratán constituye el origen del nuevo tramo.*

El presupuesto de inversión en la obra es de 48,04 M€, cantidad que sumada al coste de redacción del proyecto, al importe estimado de las expropiaciones (4,8 M€) y a la asistencia técnica para el control y vigilancia de la obra arroja una inversión total de 56,37 M€.

El nuevo tramo de autovía, con una longitud de 16,7 kilómetros, discurre por dos entornos diferenciados: uno de carácter periurbano, situado entre el enlace con la autovía de Castilla (A-62), donde se inicia la autovía A-60, y la travesía de Zaratán, y otro más alejado del núcleo urbano, entre Zaratán y el aeropuerto, que discurre sobre terrenos rústicos alejados de zonas urbanizadas, cuya función es actuar como variante de Villanubla y nuevo acceso al aeropuerto.



*Tronco y paso superior de la carretera de acceso al centro penitenciario y pasos superiores de caminos.*




La sección tipo de autovía está formada por dos calzadas de 7 metros de anchura, en las que se alojan dos carriles de 3,50 metros cada uno, arcenes exteriores de 2,50 metros e interiores de 1 metro, siendo la mediana de 10 metros de ancho. La velocidad de proyecto del tramo es de 120 km/h, salvo en los dos primeros kilómetros, al coincidir con la travesía del término municipal de Zaratán.

## Trazado

El nuevo trazado arranca al noroeste de la ciudad de Valladolid, en un primer tramo de 2,5 kilómetros que discurre a lo largo de la travesía de Zaratán sobre la carretera N-601, que se encuentra desdoblada con vías de servicio unidireccionales en ambas márgenes. Al final de esta travesía aparece el primer enlace del tramo, de acceso a Zaratán.

A partir de aquí se desarrolla un segundo tramo hasta el p.k. 5+000, ascendiendo al páramo con una pendiente máxima del 5,15%. En esta zona el trazado es sensiblemente paralelo a la N-601, habiéndose minimizado el espacio entre las dos infraestructuras. A partir del p.k. 5+000 el trazado gira hacia el este, situándose en el p.k 5+600 el segundo enlace, que permite el acceso a Villanubla por el sureste a través de la N-601.

Tras un tramo recto, gira hacia el norte y mediante una curva de radio 3.200 metros se aleja y bordea las pistas del aeropuerto de Villanubla (evitando la famosa «herradura» de la N-601, de 4 kilómetros de longitud). En esta zona se sitúa el tercer enlace, con tipología de diamante con pesas, que conecta con la N-601 y permite el acceso tanto al aeropuerto como a la localidad de Villanubla desde el noroeste. El resto del trazado hasta conectar con la N-601 en el final del tramo se desarrolla ha-



*Enlace final del tramo, que conecta con las carreteras a Villalba de los Alcores y Peñaflor de Hornija.*

cia el oeste, hasta finalizar paralelo a la carretera. Las pendientes en todo el tramo del páramo son mínimas. Al final del tramo se sitúa el cuarto y último enlace, que conecta con la N-601 y con las carreteras a Peñaflor de Hornija (VP-5502) y a Villalba de los Alcores (VP-4502).

En el proyecto destaca el tratamiento dado a la seguridad vial, gracias a márgenes con pendientes reducidas y pasos superiores sin pilas en la mediana. En total, se han construido seis pasos superiores y otros tantos pasos inferiores para dar continuidad a las carreteras y caminos interceptados por la autovía. También se han reforzado los mecanismos de drenaje mediante la construcción de balsas laterales, canales y zanjas para distribuir y filtrar el agua en la zona del páramo. Asimismo, se han colocado dos nuevas estaciones de aforo en el nuevo tramo y se ha repuesto otra afectada en la N-601. En esta obra dirigida por la Demarcación de Carreteras del Estado de Castilla y León Occidental han trabajado una media de 86 operarios, llegando hasta 165 en los momentos álgidos.

## MAGNITUDES DE OBRA

| | |
|---|---|
| Volumen de desmonte | 1.626.973 m³ |
| Volumen de terraplén | 1.076.180 m³ |
| Volumen de suelo cemento | 122.231 m³ |
| Mezclas bituminosas | 220.002 t |
| Barreras de protección | 59.629 m |

## Integración ambiental

Al capítulo de medidas de integración ambiental se ha destinado 2 M€. Entre las actuaciones destacan la repoblación vegetal de los taludes de terraplenes y desmontes empleando tierra vegetal e hidrosiembra, la plantación de especies autóctonas de árboles y arbustos, la instalación de 455 metros de pantallas antirruido en zonas cercanas de población, la construcción de pasos de fauna, la restauración de préstamos y vertederos y, finalmente, el tratamiento paisajístico mediante la mínima elevación posible de la rasante de la autovía respecto de la línea de horizonte del páramo, una condición de la Declaración de Impacto Ambiental.

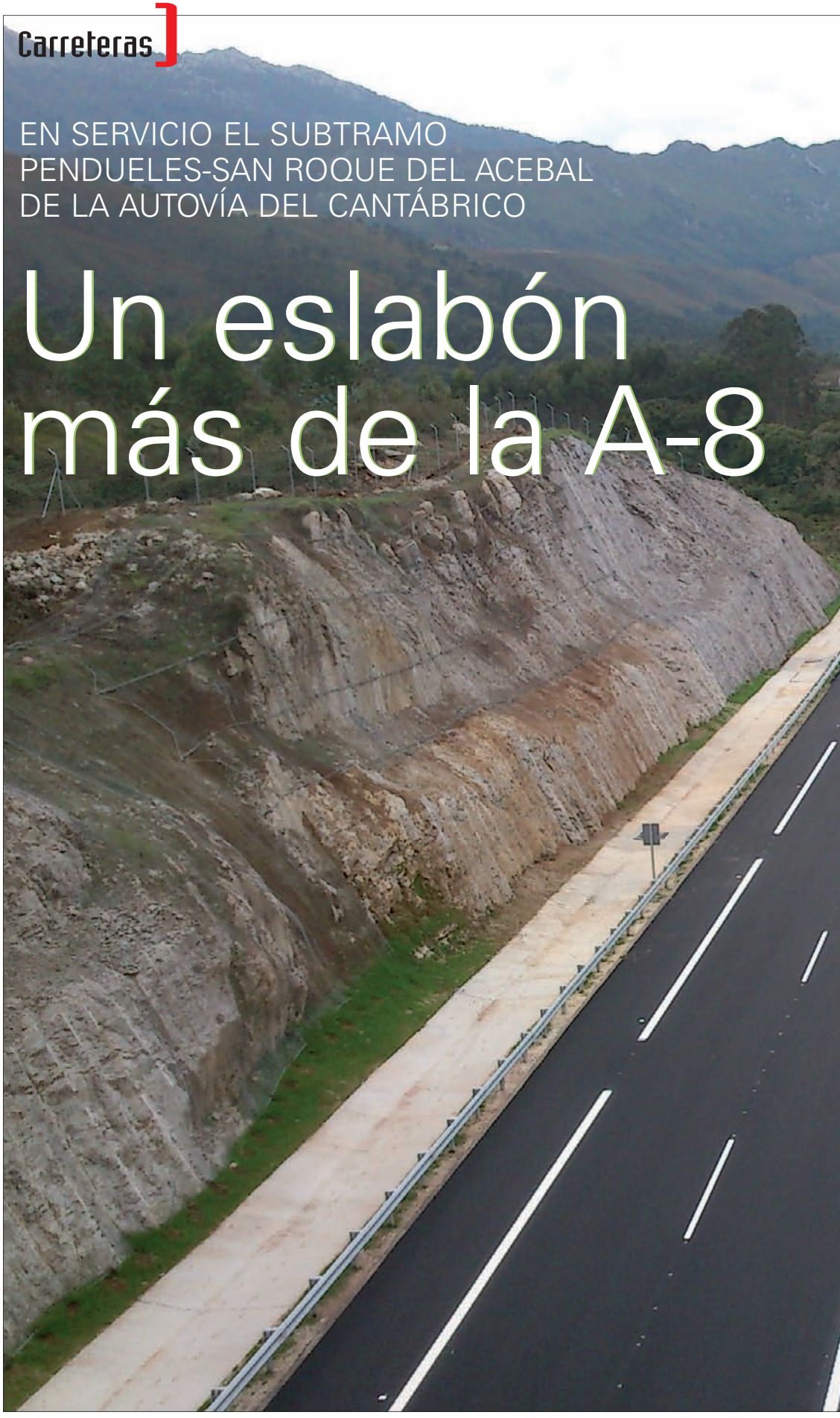
El proyecto ha incluido otras actuaciones como la construcción de nuevas vías de servicio al centro penitenciario de Villanubla y a la carretera Villanubla-Fuensaldaña (VP-4501), así como el acondicionamiento de las vías de servicio en Zaratán. Actualmente hay en marcha actuaciones complementarias, como el acondicionamiento de la travesía de Villanubla (mejora de firmes y aceras), la nueva intersección del acceso desde la N-601 al Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos y la glorieta de acceso del aeropuerto, obras que se prolongarán durante los próximos meses. ■

EN SERVICIO EL SUBTRAMO PENDUELES-SAN ROQUE DEL ACEBAL DE LA AUTOVÍA DEL CANTÁBRICO

# Un eslabón más de la A-8

R. F. Fotos: DCE Asturias, Apia XXI

El Ministerio de Fomento ha puesto recientemente en servicio el subtramo Pendueles-San Roque del Acebal de la autovía del Cantábrico (A-8), 5,4 nuevos kilómetros de doble calzada que suponen un eslabón más para cerrar esta infraestructura de gran capacidad en el Principado de Asturias. El nuevo recorrido mejora la movilidad en el Oriente de la provincia y permite a los usuarios una conducción más segura y rápida.



El nuevo subtramo Pendueles-San Roque del Acebal, junto con el subtramo contiguo San Roque del Acebal-Llanes, en servicio desde septiembre de 2012, completa el tramo Pendueles-Llanes de la A-8, con una longitud total de 10,7 kilómetros y que disminuye en 10 minutos la duración del trayecto entre estas dos localidades por la carretera N-634. La apertura del nuevo subtramo se ha realizado con una antelación de un mes respecto a la fecha de terminación prevista.

Su inauguración el pasado 2 de octubre, a cargo de la ministra de Fomento, Ana Pastor, constituye el penúltimo paso para completar el trazado de esta gran autovía entre Gijón y Santander y el antepenúltimo para su finalización en el Principado de Asturias, a falta tan solo de los segmentos Unquera-Pendueles y Otur-Villapedre, ambos en fase de ejecución. Actualmente



los automovilistas ya pueden circular por 211 de los 233 kilómetros que tiene esta infraestructura de gran capacidad en Asturias.

El subtramo Pendueles-San Roque del Acebal representa una importante mejora en la comodidad, velocidad y seguridad de la circulación para los conductores que transitan por la N-634 en esta zona del Oriente asturiano, al evitar el trazado sinuoso de la carretera nacional y el paso por las travesías de Vidiago, Riego y Puertas de Vidiago, donde la velocidad está limitada a 50 km/h y existe conflicto tanto en el tránsito de peatones, con el consabido riesgo, como con el tráfico de corto recorrido.

> Más de 10.000 vehículos diarios se pueden beneficiar de las ventajas que ofrece el nuevo recorrido

Los tráficos que anteriormente circulaban por la N-634 (10.000 vehículos diarios, 600 de ellos pesados, cantidad que se eleva a 16.000 en época estival) se han trasvasado en gran parte a la autovía, abandonando la N-634. Esta carretera, no obstante, mantiene una función de eje vertebrador de los dispersos núcleos de población de la comarca (Pendueles, Vidiago, Riego, Puertas de Vidiago y San Roque del Acebal), que a través de dos enlaces tienen acceso a la autovía. Los beneficios de la nueva infraestructura se trasladan también a los habitantes de estos núcleos, que evitan las molestias y los peligros ocasionados por el tráfico de la carretera nacional.




*El tramo Pendueles-Llanes reduce en 10 minutos el trayecto entre ambas localidades asturianas.*

## Magnitudes de obra
**(Tramo Pendueles-Llanes)**

| | |
|---|---|
| **Movimiento de tierras** | |
| Excavación | 2.417.383 m³ |
| Terraplén | 1.374.146 m³ |
| Terraplén estabilizado con cal | 362.560 m³ |
| **Firmes** | |
| Zahorra artificial | 44.390 m³ |
| Suelo cemento | 60.048 m³ |
| Mezclas bituminosas | 134.807 t |
| **Estructuras** | |
| Acero estructural | 3.391.865 kg |
| Acero pasivo | 218.667 kg |
| Hormigones | 43.173 m³ |

El presupuesto del contrato de obras del tramo Pendueles-Llanes de la A-8, a la que pertenece el subtramo ahora inaugurado, asciende a 65,97 M€, cantidad que sumada al coste de redacción del proyecto (1,91 M€), al importe estimado de las expropiaciones (8,03 M€) y al coste de la asistencia técnica para el control y vigilancia de la obra (1,83 M€) arroja una in-



*El nuevo recorrido de autovía mejora la seguridad vial al evitar el paso por varios núcleos urbanos de la zona.*

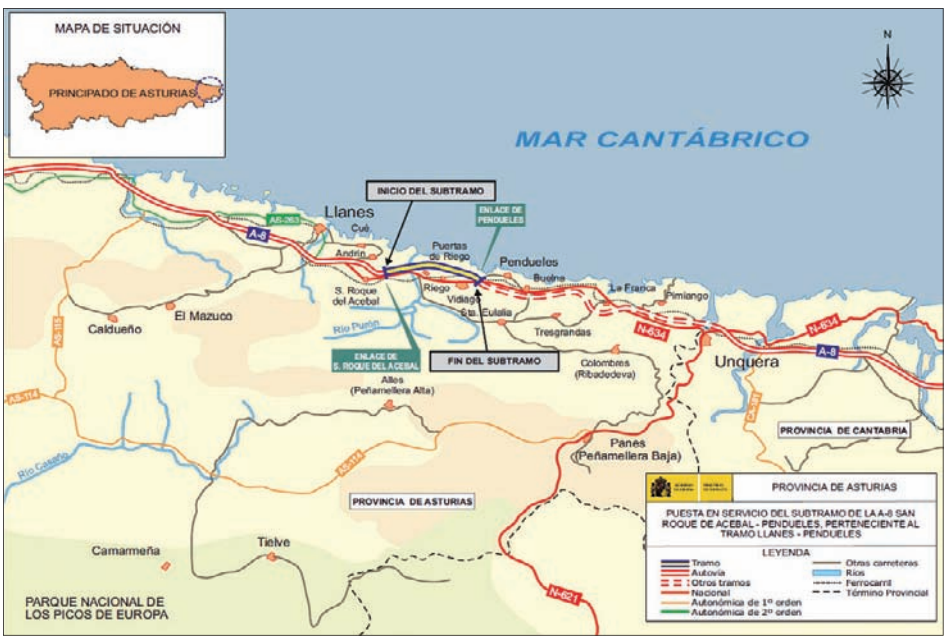
## Un rinoceronte bajo la autovía

Como consecuencia de la existencia de abundantes cuevas y cavidades en la zona del trazado entre Pendueles y Llanes se ha realizado un exhaustivo seguimiento arqueológico, que ha permitido importantes hallazgos. Entre ellos destacan un cráneo de época asturiense (5.000 a.C.) bien conservado, una estructura neolítica y restos paleontológicos de fauna glaciar, tales como un *coleodonta antiquitatis* (rinoceronte lanudo) y más de un millar de huesos de diversas especies datadas en más de 30.000 años a.C., que se encuentran en fase de estudio. Los hallazgos de estos yacimientos se han producido en tres cuevas situadas junto al trazado: La Toral 3, Jou Puerta y Cuartamentero. En esta última, por recomendación de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Principado de Asturias, se ejecutó un muro no contemplado en el proyecto que ha permitido proteger la entrada natural de la cueva de los derrames de la traza.

versión total de 77,74 M€. Si se suma, además, el coste del enlace de San Roque del Acebal (4,13 M€), el presupuesto supera los 81 M€.

### Características técnicas

El nuevo subtramo, con una longitud de 5,4 kilómetros, discurre íntegramente en el municipio de Llanes, al este de esta población, conectando por el oeste con la autovía A-8, en servicio hasta Gijón y Luarca, y por el este con el tramo Unquera-Pendueles, actualmente en fase de obras. La sección transversal de la autovía consta de dos calzadas con dos carriles de 3,5 metros cada una, arcenes exteriores de 2,5 metros e interiores de 1 metro, separadas por una mediana de 4 metros. El firme está formado por 20 centímetros de suelo cemento y tres capas de aglomerado para un total de 20 centímetros. El radio mínimo es de 850 metros y la pendiente máxima del 3,15%, con una velocidad de proyecto de 100 km/h.





*El viaducto de Purón, de 178 metros de longitud, es la principal estructura del nuevo subtramo.*

El tramo discurre en variante de trazado hacia el norte de la antigua N-634. Existen dos enlaces, uno en cada extremo del subtramo. En el extremo oriental se sitúa el enlace de Pendueles, con tipología de diamante con pesas, formado por siete ramales y dos glorietas sobre la N-634, que conecta con esta carretera y permite acceder a Pendueles, Vidiago y Riego. Funcionará como enlace completo cuando entre en servicio el tramo contiguo Unquera-Pendueles. Y en el extremo opuesto se dispone el enlace de San Roque del Acebal, de tipo trompeta, que conecta con la N-634 a través de una glorieta sobre la misma, dando acceso al núcleo de San Roque del Acebal. Este enlace ya estaba parcialmente en funcionamiento desde que se puso en servicio el subtramo San Roque-Llanes.

Para mantener la permeabilidad del territorio se han construido un total de 11 estructuras: un viaducto, dos pasos superiores, cinco pasos inferiores y tres pasos sobre el ferrocarril de Feve, que permiten suprimir dos pasos a nivel, mejorando la seguridad del entorno de Vidiago. También se han construido numerosas obras de drenaje transversal que dan continuidad a los cauces interceptados.

La principal estructura del subtramo es el viaducto de Purón, con 178 metros de longitud divididos en tres vanos (56,5 +65+56,5), constituido por dos tableros paralelos de 11,5 metros de ancho y cuatro pilas con una altura máxima de 16 metros, permitiendo salvar el río y la zona del Lugar de Interés Comunitario (LIC). Su tipología es de vigas prefabricadas, con ocho vigas martillo sobre pilas y 12 vigas más de canto constante en la zona central del vano, cosidas entre sí por medio de barras de acero postesadas.

Uno de los pasos del ferrocarril de Feve ha sido construido para resolver el cruce de esta línea con la autovía, consistiendo en una estructura de tipo pérgola de 177 metros de longitud de un solo vano isostático y 81 vigas, de 15,10 metros de longitud, que presenta un esviaje de 18º respecto del eje de la autovía.

Entre las medidas de prevención y corrección del impacto ambiental llevadas a cabo, con un presupuesto que supera los 2,5 M€, destacan los seguimientos arqueológicos por las numerosas cuevas existentes en la zona, la revegetación de los taludes de terraplén y desmonte con hidrosiembras y plantaciones, la colocación de valla de cerramiento a lo largo de la autovía para obstaculizar el paso de fauna terrestre y la instalación de 570 metros de pantallas acústicas en las zonas más sensibles al ruido. ■

## Cuenta atrás para la A-8

La autovía del Cantábrico (A-8), el gran eje que vertebra las cuatro comunidades litorales del norte peninsular, está cada vez más cerca de finalizar su trazado. La conclusión de esta autovía es una obra prioritaria para el Ministerio de Fomento, que en los dos últimos años ha puesto en servicio cuatro tramos de la A-8. Actualmente los automovilistas pueden circular ya por 423 de los 486 kilómetros de esta autovía, pero a partir del próximo diciembre se sumarán casi 25 kilómetros más, correspondientes a los tramos Mondoñedo-Lindín y Lindín-Careira, en Galicia, y Otur-Villapedre, en Asturias, que el ministerio tiene previsto abrir al tráfico ese mes. Con esa triple puesta en servicio el trazado de la A-8 estará finalizado en Galicia y a falta de un único tramo en Asturias (Unquera-Pendueles), además de los dos que restan en Cantabria (Solares-La Encina y La Encina-Torrelavega). En total, cerca de 40 kilómetros, todos en obras, para los que el ministerio ha previsto inversiones que permitirán completarlos en dos fases: el tramo asturiano (dividido a su vez en dos subtramos) en el año 2014 y los dos tramos cántabros en 2015.



APIAXXI
diseñando progreso

INGENIERÍA

www.apiaxxi.es

Autovía del Cantábrico. A-8
*Tramo Pendueles - Llanes, Asturias*



Revista del Ministerio de Fomento

## TARJETA DE SUSCRIPCIÓN

NOMBRE Y APELLIDOS/EMPRESA ..... N.I.F. .....

DOMICILIO ..... Nº .....

LOCALIDAD ..... PROVINCIA ..... C. P. .....

PAÍS ..... TELÉFONO ..... CORREO ELECTRÓNICO .....

| MODALIDAD DE SUSCRIPCIÓN | ESPAÑA | EXTRANJERO |
|---|---|---|
| ☐ 1 año (11 números) | **25 €** | **35 €** |
| ☐ 2 años (22 números) | **40 €** | **50 €** |

Envíenme gratis la el nº extraordinario *"Alta velocidad en España 1992-2011"* que regalan por una suscripción de dos años*
**(Hasta agotar existencias)*

FORMA DE PAGO ☐ **Envío cheque adjunto** ☐ **Envío giro postal nº** ..... ☐ **Domiciliación bancaria** (sólo suscriptores)

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal, usted tiene derecho al acceso, cancelación, rectificación y oposición de los datos facilitados mediante solicitud por escrito a : Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. E-mail: cpublic@fomento.es

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento**
**Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid.** **Información y suscripciones: 91 597 64 49.** **Correo electrónico: cpublic@fomento.es**

## DOMICILIACIÓN BANCARIA

Entidad bancaria .....

Domicilio entidad ..... Nº .....

C.P. ..... Localidad ..... Provincia .....

Muy Sres. míos:
Ruego que, con cargo a mi cuenta y hasta nuevo aviso, atiendan el pago de los recibos correspondientes a mi suscripción que les presentará al cobro la Revista del Ministerio de Fomento, editada por el Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento.

Les saluda atentamente
(firma)

| CÓDIGO CUENTA CLIENTE | | | |
|---|---|---|---|
| Entidad | Oficina | D.C. | Núm. de cuenta |
| | | | |

....., de ..... de 201

EL TITULAR, Fdo. .....

Enviar a: **Revista del Ministerio de Fomento. Pº de la Castellana, 67. 28071 Madrid.**

La industria ferroviaria española es uno de los sectores económicos que más se ha internacionalizado en la última década, situándose como el segundo que más ha crecido en el exterior durante 2012, unos resultados auspiciados por el desarrollo de la red de alta velocidad en nuestro país y la colaboración entre el Ministerio de Fomento y las empresas del sector. Ambos factores han contribuido a que el sector ferroviario se haya consolidado como puntero en todos sus ámbitos, desde la construcción de material e infraestructuras hasta el diseño, la señalización y las telecomunicaciones o los nuevos desarrollos tecnológicos.

Hoy, un buen número de empresas nacionales del sector desarrolla tecnología punta y forma destacados profesionales, un hecho favorecido por el esfuerzo inversor en infraestructuras ferroviarias realizado en España, que permite que muchas de esas iniciativas se abran paso en el mercado exterior.

## Presencia internacional

La experiencia tecnológica ha fructificado en productos cada vez más competitivos en calidad y prestaciones, contribuyendo a que los países receptores de trenes, equipos y servicios ferroviarios españoles hayan aumentado en los últimos años. Francia, Turquía, Italia, México y Brasil son los cinco primeros mercados que reciben soluciones tecnológicas, material rodante y servicios ferroviarios nacionales, seguidos por Alemania, Argelia, Venezuela, Reino Unido y Chile. Estos diez países son solo una parte de los 90 en los que nuestra industria está presente.

La demanda para la puesta en marcha de nuevas infraestructuras se extiende tanto al transporte en tren de alta ve-



*El primer tramo de la línea de alta velocidad Ankara-Estambul (Turquía) ha sido construido por una empresa española y es operado por trenes fabricados en España.*

LA INTERNACIONALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA FERROVIARIA ESPAÑOLA

# Proyección exterior

PEPA MARTÍN

La tecnología ferroviaria desarrollada en nuestro país pisa fuerte en el exterior, donde ha incrementado su presencia con la creciente adjudicación de contratos tanto para construir algunas de las redes de trenes más importantes del mundo como para participar en la renovación de material móvil y sistemas de señalización y seguridad.

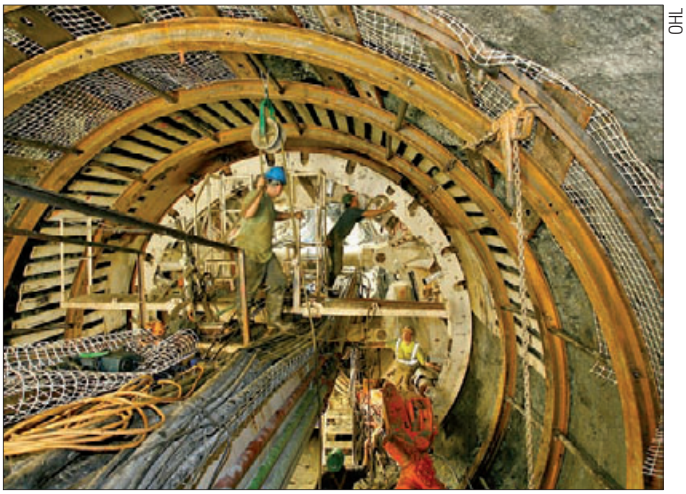



OHL

locidad, larga y media distancia, cercanías y metropolitanos, así como al resto de actividades y servicios, desde la construcción de infraestructuras, consultoría e ingeniería, sistemas de señalización, mantenimiento, seguridad o la construcción de locomotoras y todo tipo de vagones.

Como resultado de ello las empresas españolas se han adjudicado recientemente importantes contratos. El proyecto más importantes es la construcción de la línea de alta velocidad Medina-La Meca, en Arabia Saudí. Junto a las empresas públicas Adif, Renfe e Ineco, adscritas al Ministerio de Fomento, participan varias compañías nacionales, entre ellas Indra, OHL o Talgo. Las obras están presupuestadas en 6.736 M€, de los que el 40% corresponde a exportaciones españolas.

En Oriente Medio la presencias de empresas españolas es creciente. FCC se adjudicó en julio la construcción de tres líneas del futuro metro de Riad (Arabia Saudí), el más grande del mundo en proyecto, con 176 kilómetros de vías. En Catar, OHL ganó un contrato para construir las principales estaciones del metro de Doha, donde ACS ejecuta la primera línea de tranvía. Y en Israel, Vossloh España es un suministrador habitual de locomotoras para los ferrocarriles del país. Otros proyectos en curso en la región son el Ferrocarril del Golfo, una red mixta de 2.000 kilómetros de alta velocidad para mercancías en los Emiratos Árabes, la red ferroviaria de Omán o los planes de alta velocidad en Egipto, donde Thales España renovará la señalización de la línea El Cairo-Alejandría. En el continente africano, FCC construye actualmente dos líneas férreas en Argelia y Vossloh España acaba de recibir un pedido para fabricar 70 locomotoras para Sudáfrica.



OHL

*Construcción de túnel ferroviario del East Side Access de Nueva York.*

## Colaboración público-privada

La Administración y las empresas privadas españolas trabajan conjuntamente en la consecución de soluciones que incrementen la competitividad de nuestro país en el sector de la industria ferroviaria. Un buen ejemplo de esta labor conjunta es el Centro de Tecnologías Ferroviarias de Adif en Málaga, concebido como un espacio de innovación abierta y multidisciplinar que ya se ha convertido en un referente en el entorno I+D+i. Con Adif a la cabeza como empresa puntera en el sector de la tecnología ferroviaria tanto europea como mundial, el centro cuenta actualmente con la presencia de 37 empresas privadas y más de un centenar de investigadores dedicados a campos tan diversos como las telecomunicaciones, la señalización y superestructura ferroviaria, la construcción y obra civil, el material rodante ferroviario, la energía y la sostenibilidad. Fruto de distintos acuerdos de colaboración entre los ministerios de Fomento, Economía y Hacienda y Ciencia e Innovación, la Junta de Andalucía y las universidades de Sevilla y Málaga, actualmente desarrolla 48 proyectos de I+D+i que están en fase de ejecución, otros seis aprobados en la convocatoria Innpacto 2011, y uno más de Interconecta.



*El proyecto Marmaray prevé un túnel ferroviario sumergido bajo el estrecho del Bósforo en Estambul (Turquía).*



Mafex

*España ha exportado el sistema de gestión ferroviaria al metro de Medellín (Colombia).*



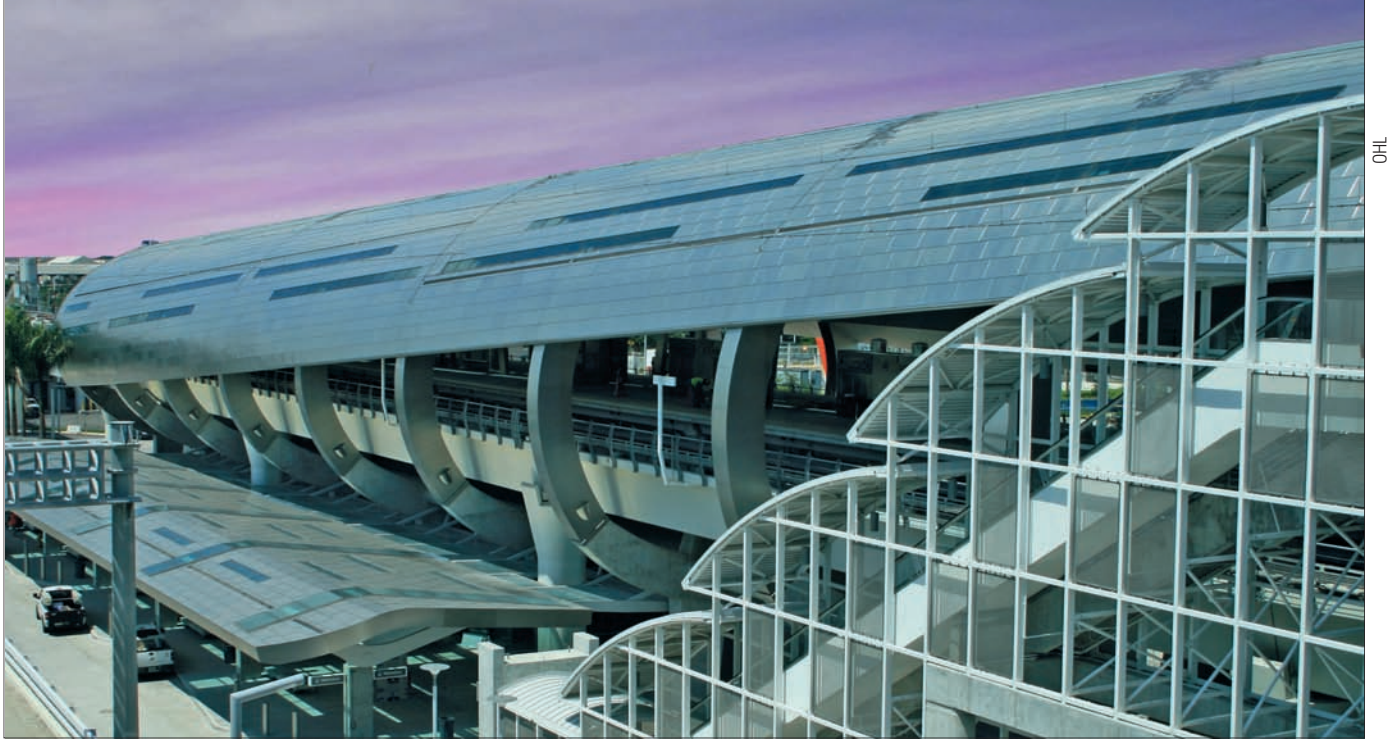

OHL

En Turquía, un mercado en el que la industria nacional está asentada con éxito desde hace años, varias empresas españolas participan en el proyecto de alta velocidad entre Ankara y Estambul. OHL construyó el primer tramo de la línea, en servicio desde 2009, Thales España instaló y mantiene el sistema de señalización ETCS y CAF suministra las unidades del tren HT 65000 que circula por esta infraestructura. Además, el consorcio OHL-Dimetronic participa en el proyecto Marmaray,

> La industria ferroviaria española tiene actualmente presencia en más de 90 países de los cinco continentes

en ejecución avanzada, que enlazará las orillas asiática y europea de Estambul mediante un túnel sumergido bajo el estrecho del Bósforo -a cuya inauguración el 29 de octubre asistio invitada la ministra de Fomento- y que integrará ejes de alta velocidad, mercancías y cercanías de la red ferroviaria turca. Thales España suministrará equipos y sistemas de mando y control de trenes para este proyecto. Y Adif, Renfe e Ineco colaboran con los ferrocarriles turcos a través de acuerdos de colaboración. En obra civil, además, Comsa participa en la ampliación del metro de Ankara y construye líneas de tranvía en Bursa y Gaziantep.

Por su parte, Talgo ha encontrado un importante mercado en Asia Central. La empresa española fabricó para Uzbekistán el tren Afrosiyob (basado en el Talgo 250), primer proyecto de alta velocidad de la región, en servicio desde 2011. Y en la vecina Kazajistán ha obtenido importantes contratos para el mantenimiento por 15 años de más de un millar de coches de



OHL

*Estación de la línea naranja del Metrorail, tren urbano elevado que comunica Miami con su aeropuerto, una obra con acento español.*

pasajeros del parque ferroviario existente y para la fabricación, en dos pedidos en 2011 y 2013, de otro millar de unidades para trenes de larga distancia, lo que le ha permitido asegurar su carga de trabajo industrial hasta 2019.

## Latinoamérica

Las empresas españolas participan también en buena parte de los principales proyectos ferroviarios en curso en Latinoamérica, como los metros de Panamá, Quito (Ecuador), Santiago de Chile, Caracas (Venezuela), Medellín (Colombia), Sao Paulo y Fortaleza (Brasil), así como en la renovación de material móvil para las redes de cercanías de Argentina, Chile y Brasil, o de nuevos tranvías para Brasil. En este país, España opta al proyecto de alta velocidad entre Río de Janeiro y Sao Paulo, que se licitará en 2015, mediante un consorcio compuesto por Renfe, Adif e Ineco, y en el que participa Talgo.

Las perspectivas en Brasil se extienden también a otros proyectos de infraestructuras que se pondrán en marcha hasta 2020, motivo por el que el Instituto de Comercio Exterior (ICEX), en colaboración con la embajada española, celebró unas jornadas en Sao Paulo para ayudar a aquellas empresas españolas interesadas en entrar en el mercado brasileño, con un déficit de infraestructuras importante y que se esfuerza en contrarrestar de cara al Mundial de Fútbol (2014) y a los Juegos Olímpicos de Río (2016). Así, el Programa Estatal de Transporte diseñado para los próximos 25 años incluye la construcción de 3.350 kilómetros de nuevas líneas de transporte de pasajeros y el reforzamiento de las conexiones de mercancías con otros 14.500 kilómetros adicionales.

México es otra economía emergente con importantes planes de inversión ferroviaria en marcha que hacen de este país un destino atractivo para la industria española, que ya ha participado en el Tren Suburbano Buenavista-Cautitlán, en los principales proyectos de metro y en las conexiones de cercanías, como el Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México. Entre los nuevos proyectos de interés para las empresas españolas figuran la red ferroviaria México-Querétaro, el Tren Transpeninsular Yucatán-Quintana Roo y los planes de viabilidad de la nueva línea Toluca-México DF.



AlpTransit Gotthard Ltd.

*Interior del túnel ferroviario de San Gotardo, ya construido, que comunicará Suiza e Italia.*



Talgo

*Prototipo del Talgo 350 Haramain, el material que operará en la línea de alta velocidad Medina-La Meca (Arabia Saudí), actualmente en ejecución.*

## Pioneras en innovación

Las empresas españolas de la industria ferroviaria son, además de uno de los principales referentes tecnológicos mundiales, pioneras en los avances en materia de movilidad sostenible en todos sus ámbitos, ya que han conseguido aportar en los últimos años soluciones y sistemas de última generación tanto en eficiencia energética como en sostenibilidad. En este sentido, se están obteniendo excelentes resultados en el desarrollo de importantes innovaciones, como es la plataforma tecnológica más avanzada del mundo para la gestión ferroviaria, el sistema Da Vinci, propiedad de Adif y desarrollado en colaboración con Indra. Se trata de un sistema muy versátil implantado en la red de alta velocidad española pero que también tiene utilidades en otras redes de características distintas, como las de Feve; también se ha implantado en ferrocarriles de otros países, como en los metros de Medellín o Londres, además de en la red ferroviaria de Marruecos.



Caballero

*El sistema Da Vinci de Adif está operativo en el Centro de Gestión de Red 24 H de Atocha (Madrid).*

### Otros mercados

En Europa, las empresas españolas participan en proyectos de obra civil relevantes, como los túneles de base alpinos de San Gotardo y Brenner –los más largos del mundo, con 57 y 55 km respectivamente–, que conectarán Suiza y Austria con Italia, ejecutados con participación de una filial de FCC; el proyecto Crossrail, nuevo enlace ferroviario que cruzará bajo el centro urbano de Londres (Reino Unido), en el que participa Ferrovial; la construcción de un túnel urbano de alta velocidad en Stuttgart (Alemania), la modernización de líneas férreas en Polonia o las ampliaciones de los metros de Bucarest, Atenas y Lisboa. En material rodante, la fábrica de Bombardier en Trápaga (Bizkaia) realiza para Italia los equipos de propulsión del V300 Zefiro, el tren más veloz del mundo; Vossloh España fabrica locomotoras para un operador británico y aspira a un gran contrato en Alemania; y CAF suministra unidades para los ferrocarriles de Letonia y para los metros de Roma, Bruselas, Bucarest y Helsinki, así como tranvías para una decena de ciudades europeas.

El mercado de EE UU cuenta con presencia de 25 empresas ferroviarias españolas, que poco a poco consolidan sus actividades y se posicionan de cara a licitaciones como los nuevos tramos de la línea de alta velocidad San Diego-Sacramento (California). Entre los proyectos con presencia espa-



AlpTransit Gotthard Ltd.

*Bocas de los túneles alpinos de San Gotardo, el mayor subterráneo ferroviario del mundo, construido con participación española.*

ñola destacan el East Side Access, en Nueva York, obra para extender el cercanías desde Long Island hasta Manhattan, en la que participan ACS y OHL; la línea de metro construida por la segunda en Miami; la nueva base de mantenimiento de Talgo en Seattle –suministra material móvil al país desde 1994– o los acuerdos con Adif para compartir su *know how* en alta velocidad. En Canadá, donde FCC y OHL amplían el metro de Toronto, ACS construirá y explotará el metro ligero de Ottawa.

Rusia también está en el punto de mira de las empresas españolas, ya que tiene en marcha un plan de modernización de 450.000 M$ hasta 2030, con proyectos como las líneas de alta velocidad Moscú-San Petersburgo y Moscú-Kazán o la renovación del extenso parque móvil. Hasta ahora hay un acuerdo con Talgo para el diseño de trenes a la medida del país, contratos firmados para el suministro y mantenimiento de vagones fabricados por Patentes Talgo, y OHL se adjudicó el proyecto Ural Polar, nueva línea de 390 km con una inversión de 1.950 M€.

La presencia española en la región de Asia-Pacífico es reciente. Además de las expectativas abiertas por el tren de alta velocidad Singapur-Kuala Lumpur y la extensión del metro de Singapur, existen actuaciones españolas de obra civil de metro en India y de tranvía en Taiwán. Por su parte, ACS ha entrado en 2013 en el mercado australiano con contratos para ampliar el metro de Sidney y construir líneas férreas en Melbourne y Victoria. CAF suministra también trenes y tranvías a este país desde 2011.

## Datos positivos

Entre los datos que corroboran el respaldo internacional a la industria ferroviaria nacional destaca el aumento constante de las exportaciones de empresas españolas. Según Mafex, entidad oficial colaboradora del Ministerio de Industria que agrupa a 71 empresas, durante 2012 solo las exportaciones ferroviarias de sus asociados (el 85% de las exportaciones del sector) superaron los 2.507 M€, un 23% más que en 2011. Asimismo, en el último ejercicio, de la facturación total de las empresas de Mafex, cifrada en 11.930 M€, el 46% (4.359 M€) correspondió al sector ferroviario.

> La exportación de productos ferroviarios españoles creció un 23% en 2012 respecto al ejercicio anterior

Actualmente, la industria ferroviaria española tiene una consolidada posición en un mercado con unas perspectivas globales de inversión muy positivas, que apuntan a que para el periodo 2015-2017 alcanzará un volumen de negocio de 170 billones de euros, por encima de los 146 billones del periodo 2009-2011.

Por otra parte, la industria ferroviaria mundial ha incrementado su peso sobre el PIB mundial, y aunque el volumen de negocio haya caído en sectores como el transporte de mercancías en algunas regiones europeas, la demanda de servicios para el transporte de pasajeros apenas se ha visto afectada por la crisis. Por ello, el ICEX y Mafex han puesto en marcha una agenda de acciones de promoción en varios países para apoyar la internacionalización del sector a través de la organización de delegaciones comerciales y la participación en ferias y congresos internacionales. ■

Revista del Ministerio de

# Fomento







# TRENES HISTÓRICOS Y TURÍSTICOS EN ESPAÑA

*Monográfico julio-agosto 2012*











GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

RESERVE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 6478 / 6449
Por fax: 91 597 61 86 (24 horas).
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es




LA OPERADORA SE REORGANIZA PARA GANAR COMPETITIVIDAD

# Un nuevo modelo para Renfe




R. F. Fotos: Renfe Operadora y Caballero

Renfe Operadora tiene ya trazada su hoja de ruta para adaptarse a la liberalización del transporte ferroviario. En el nuevo esquema organizativo será la matriz y propietaria al cien por cien del capital de cuatro nuevas sociedades mercantiles de titularidad estatal: Renfe Viajeros, Renfe Mercancías, Renfe Fabricación y Mantenimiento y Renfe Alquiler de Material Ferroviario. El objetivo es ganar en competitividad y fomentar la libre concurrencia en el sector.

*Renfe Mercancías asumirá los servicios de transporte de mercancías y de operador logístico ferroviario.*

Renfe Operadora ya dispone del nuevo modelo empresarial con el que iniciará su singladura en el entorno de un mercado ferroviario más abierto y competitivo, conforme se establece en el Real Decreto–ley 22/2012, de 20 de julio por el que se adoptan diversas medidas en materia de infraestructuras y servicios ferroviarios, y el Real Decreto-ley 4/2013 de 22 de febrero, de apoyo al emprendedor y de estímulo del crecimiento y creación de empleo

Renfe Operadora seguirá siendo la matriz y poseerá el 100% del capital de un grupo empresarial que estará constituido por cuatro nuevas sociedades mercantiles estatales: Renfe Viajeros, Renfe Mercancías, Renfe Fabricación y Mantenimiento y Renfe Alquiler de Material Ferroviario.

## Nuevo escenario

Además de reorganizar la sociedad Renfe Operadora para facilitar su adaptación a ese nuevo escenario más competitivo, el objetivo es que contribuya también a desarrollarlo, para lo que se prevé la constitución de la nueva sociedad de alquiler de material rodante –tanto de locomotoras y vagones, como de trenes completos–, estimulando de esta forma la creación de nuevos operadores y su concurrencia en la explotación de líneas y/o corredores ferroviarios.

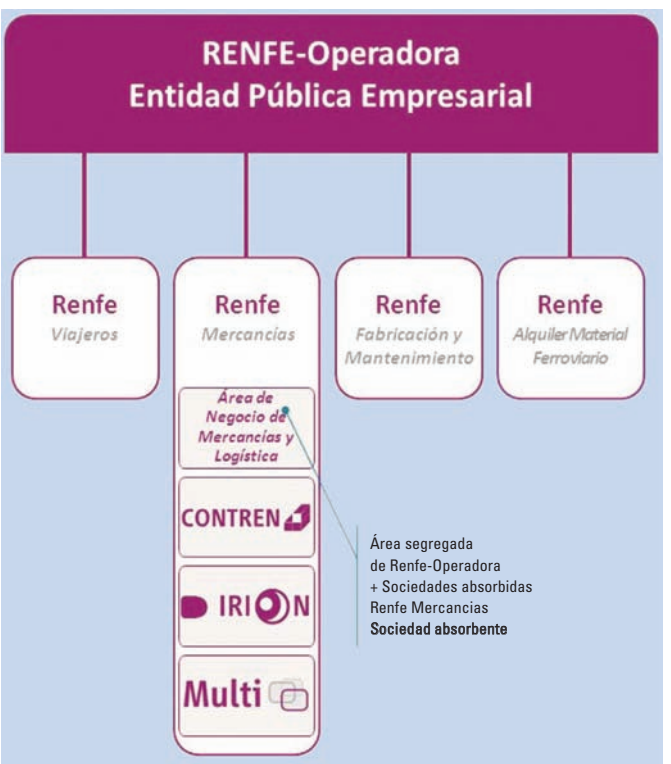
El nuevo modelo empresarial de Renfe, aprobado por el Consejo de Ministros del pasado 27 de septiembre, supondrá, además de la constitución de la nueva sociedad Renfe Alquiler de Material Ferroviario,




*La nueva Renfe Viajeros prestará servicios de viajeros por ferrocarril tanto en España como en otros países.*

la absorción por Renfe Mercancías de las sociedades Irion, Contren y Multi, que desarrollaban también distintas actividades en ese sector logístico. Por su parte, Renfe Viajeros, Renfe Mercancías y Renfe Fabricación y Mantenimiento se constituirán como sucesoras de las áreas de negocio que ya ostentaban. Conforme se contempla en la ley, los balances de segregación de las nuevas sociedades se corresponderán con las cuentas anuales formuladas y auditadas a 31 de diciembre de 2012 (incluidos los de Feve con anterioridad a su integración en Renfe, según determinaba el Real Decreto-ley 22/2012).

Renfe Operadora, como sociedad matriz del grupo, se encargará de definir sus estrategias de negocio promoviendo una gestión eficiente en cada área de actividad. Las nuevas sociedades, que tendrán sus propios órganos de dirección y gestión, podrán desarrollar sus actividades tanto dentro como fuera de España.




## Sevicio público

Conforme a la nueva estructura societaria, Renfe Viajeros tendrá como objeto social la prestación de servicios de viajeros por ferrocarril, en España y en otros países, así como la mediación en la prestación de cualesquiera servicios turísticos, organización, oferta y/o comercialización de viajes combinados o productos turísticos. También podrá prestar otros servicios o actividades com-



Renfe Fabricación y Mantenimiento asumirá la gestión de las instalaciones de la red de mantenimiento del parque de maquinaria de Renfe Operadora.

plementarias y relacionadas con el transporte ferroviario.

Desde su condición de empresa orientada a la oferta de servicios de transporte de viajeros, además de asumir servicios comerciales (AVE, Larga Distancia, etc.) continuará prestando servicios sometidos a Obligaciones de Servicio Público (Cercanías, Media Distancia, AVANT y Red de Ancho Métrico) de acuerdo al Reglamento 1370/2007 de la UE que regula la liberalización del mercado ferroviario.

En este último caso, y a fin de identificar las ayudas públicas percibidas por Renfe Viajeros en concepto de compensación del déficit originado por la prestación de los servicios considerados como Obligaciones de Servicio Público (OSP), esta entidad deberá seguir llevando una contabilidad analítica, con el desglose concreto para cada tipo de servicio prestado y sometida a auditoría anual. De acuerdo con las propias estimaciones de Renfe, el pasado año 2012 algo más de 463 millones de personas viajaron a bordo de alguno de sus trenes.



La sociedad Renfe Alquiler de Material Ferroviario dispondrá de 19 trenes de alta velocidad para alquiler.

> Renfe Operadora tendrá el 100% del capital de un grupo empresarial formado por cuatro nuevas sociedades mercantiles estatales

## Mercancías

Renfe Mercancías tendrá como objeto social la prestación de servicios de transporte ferroviario de mercancías y de operador logístico ferroviario, con plena capacidad para gestionar o participar en cualquier cadena logística integral, tanto nacional como internacional. También podrá prestar cualesquiera otros servicios y desarrollar actividades que estén relacionados con el transporte ferroviario de mercancías. En el año 2012, Renfe transportó algo más de 17 millones de toneladas de mercancías.

La sociedad Renfe Mercancías, creada a partir de la segregación parcial de Renfe, absorberá también a las actuales filiales Contren (especializada en transporte intermodal), Irion (transporte de material siderúrgico) y Multi (multiproducto).

Renfe Mercancías y Renfe Viajeros continuarán prestando los servicios ferroviarios que en la actualidad realiza Renfe Operadora. Para ello, sucederán en la capacidad de infraestructura asignada a Renfe hasta ese momento. En lo sucesivo, deberán solicitar esa capacidad al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif). Conforme se establecía en el Real Decreto-ley 22/2012, las dos sociedades contarán con licencia de empresa ferroviaria y certificado de seguridad, pero




*Renfe Viajeros asumirá servicios comerciales (AVE y Larga Distancia) y continuará prestando servicios públicos (Cercanías y Media Distancia).*

## Alquiler de material ferroviario

La nueva sociedad Renfe Alquiler de Material Ferroviario tiene entre sus principales objetivos estimular el proceso de liberalización del sector, contribuyendo al incremento de la oferta y a la concurrencia competitiva en los sectores de viajeros y mercancías. Para ello pondrá a disposición de los nuevos posibles operadores una parte de su material rodante (locomotoras, trenes y vagones), según se establecía en el Real Decreto-ley 22/2012.

Los activos de esta nueva sociedad estarán constituidos por una parte del parque de Renfe Operadora, que inicialmente será de 51 trenes autopropulsados de viajeros (19 de ellos de alta velocidad, de los que 7 están capacitados para circular en ancho UIC, 12 en ancho variable y otros 32 en ancho ibérico), 2 composiciones de coches Talgo, 37 locomotoras eléctricas, 12 locomotoras diésel y 1.173 vagones de mercancías (ver detalle en recuadro).

| TRANSPORTE DE VIAJEROS | TRANSPORTE DE MERCANCÍAS |
|---|---|
| **7 trenes de alta velocidad S 100** (300 Km/h, ancho UIC) | **37 locomotoras eléctricas S 269** |
| **12 trenes S 120** (250 km/h, ancho variable) | **8 locomotoras diésel S 333** |
| **10 trenes S 490** (220 Km/h, ancho convencional) | **4 locomotoras diésel S 319** |
| **5 trenes diésel S 598** (160 km/h, ancho convencional) | **1.173 vagones**<br>• 142 para siderúrgicos<br>• 679 para multiproducto<br>• 235 para intermodal<br>• 117 para automóviles |
| **17 trenes S 592** (160 km/ h, ancho convencional) | |
| **2 composiciones Talgo S-IV** | |





deberán formalizar ambas de nuevo en el plazo de seis meses y un año, respectivamente.

## Sociedad industrial

Renfe Fabricación y Mantenimiento será la sucesora de Renfe Integria, que conformaba su división industrial. Su objeto social será la prestación de servicios de fabricación, mantenimiento y transformación de material rodante, la reparación de componentes ferroviarios, la prestación de servicios de consultoría de ingeniería y gestión de instalaciones, además de aquellos otros servicios y actividades relacionadas. Esta nueva sociedad asumirá la gestión de las instalaciones que en la actualidad conforman la red de mantenimiento del parque de maquinaria de Renfe Operadora, desde los centros de reparación de componentes hasta sus bases de mantenimiento integral (BMI).■




**RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN**

*Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.*






PVP: 10 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es




LA COMISIÓN EUROPEA RADIOGRAFÍA LAS TENDENCIAS DEL TRANSPORTE EN LA UE

# Siempre en movimiento




Hochtief Concesiones (ACS)

*El vehículo particular es el medio de transporte preferido por los europeos.*



Caballero

*El metro es uno de los modos de transporte que más crece en la UE.*

JAIME ARRUZ

Los datos de la publicación *EU Transport in figures*, de la Comisión Europea, demuestran que la movilidad entre los ciudadanos de los 27 países de la UE crece año a año. Los europeos usan sobre todo el vehículo particular como medio de transporte, pero el avión, el tren o el metro y los tranvías crecen comparativamente mucho más.

Los ciudadanos de los 27 países miembros de la Unión Europea están en continuo movimiento, ya sea en coche, avión, tren, motocicleta, autobús, metro o barco, y año tras año la tendencia es un aumento del uso de estos medios de transporte. El vehículo particular sigue siendo el medio más utilizado, seguido del avión y los autobuses y autocares. Sin embargo, su uso no es el que más aumenta en los últimos años, como refleja la publicación *EU Transport in figures*, unas estadísticas de la Comisión Europea sobre el transporte en la Europa de los 27 (UE-27) dadas a conocer recientemente.

El transporte de pasajeros creció en todos los medios en Europa entre 1995 y 2011, salvo en el transporte marítimo, que bajó un 17,7%. El mayor aumento se produjo en el uso del avión (66,2%), seguido del metro y el tranvía (30,8%) y del coche (22,7%). Los menores crecimientos se dieron en el ferrocarril (16,2%) y, sobre todo, en autobuses y autocares (2,5%) y en los vehículos de dos ruedas (1,1%).

Analizando los dos últimos años de los que hay datos, 2010 y 2011, es destacable que casi todos los medios de transporte sufrieron un estancamiento en su uso, con muy ligeros crecimientos o un mínimo descenso, salvo el avión, cuya utilización aumentó un 10,1%. También creció el uso de vehículos de dos ruedas (2,9%) y el del metro y el tranvía (1,3%). Con crecimientos por debajo del 1% se quedaron el tren (0,7%) y los autobuses y autocares (0,5%). Mientras, el empleo del vehículo particular como medio de transporte descendió un 0,2% y el uso del barco cayó un 4%.




*La alta velocidad está ganando cuota de mercado en Europa en el transporte de pasajeros.*




Vera Nosti

*El tren convencional registró 407.100 millones de pasajeros-kilómetro en 2011.*

El coche sigue siendo el medio de transporte dominante en la Europa comunitaria, como ponen de manifiesto los 4,82 billones de pasajeros-kilómetro en 2011. Esta magnitud se obtiene del producto del número de pasajeros por el de kilómetros recorridos por cada uno de ellos y refleja mejor el tráfico que el número bruto de pasajeros. Por detrás del turismo particular se situaron el avión (575.000 millones de pasajeros-kilómetro) y los autobuses y autocares (512.000 millones). El ferrocarril se quedó en 407.000 millones, por delante del metro y el tranvía (93.000 millones) y del transporte fluvial interno (36.000 millones).

El uso del coche, al menos por lo que a millones de pasajeros-kilómetro se refiere, se mantiene estable en la UE-27 en los últimos años. Tras el crecimiento de 2009 con respecto a 2005, al pasar de 4,63 a 4,86 billones de pasajeros-kilómetro, las cifras se mantienen en el entorno de los 4,80 billones: en 2010 fueron 4,83 billones y en 2011 se alcanzaron los 4,82 billones. Sin embargo, comparando cifras de 2004 y 2010, se da la circunstancia de que la media europea de kilómetros recorrida en coche es ahora algo menor que en la década pasada. Los 9.500 kilómetros de media de 2010 son 100 kilómetros menos que en 2004.

## Más tren y más avión

Frente al estancamiento del uso del coche, otros medios de transporte sí han visto incrementada su utilización. Así, los metros y tranvías europeos experimentaron un repunte entre 2005 y 2011 al pasar de 83.000 a 93.000 millones de pasajeros-kilómetro. También creció el uso del tren, con 407.100 millones de pasajeros-kilómetro en 2011 frente a 377.100 millones de 2005. En alta velocidad se pasó de 80.100 millones de pasajeros-kilómetro a mediados de la década pasada a 110.300 millones a principios de la década actual.

En el periodo 2005-2011 el medio de transporte con mayor crecimiento en la Europa de los 27 fue el avión. Todas las aerolíneas que operan en territorio europeo aumentaron el número de pasajeros transportados, igual que en el periodo 2010-2011. Iberia fue en 2011 la novena compañía europea por tráfico de pasajeros, sumando 51,2 billones de pasajeros/kilómetro. Encabeza el *ranking* Lufthansa (147.800 millones de pasajeros-kilómetro), seguida de Air France (133.000 millones), British Airways (117.300 millones), Ryanair (85.700 millones) y KLM (82.000 millones). Después quedaron Easyjet (61.300 millones) Turkish Airlines (58.900 millones) y Air Berlin (52.100 millones de pasajeros-kilómetro), esta última justo por encima de Iberia.

El incremento de pasajeros se tradujo en un aumento del tráfico aéreo en los aeropuertos. Entre 2005 y 2011 casi todos los aeropuertos principales de Europa crecieron en términos de pasajeros, o si vieron reducidas sus cifras fue muy ligeramente. Comparando las cifras de 2010 y 2011, dos aeropuertos españoles (Barcelona y Tenerife Sur) están entre los que más vieron aumentada su cifra de viajeros, solo superados por el de Venecia. Este incrementó el número de pasajeros en un 25,1%, frente al 18,3% de Tenerife Sur y el 17,6% de Barcelona-El Prat. Madrid-Barajas perdió en tasa interanual un 0,6%.

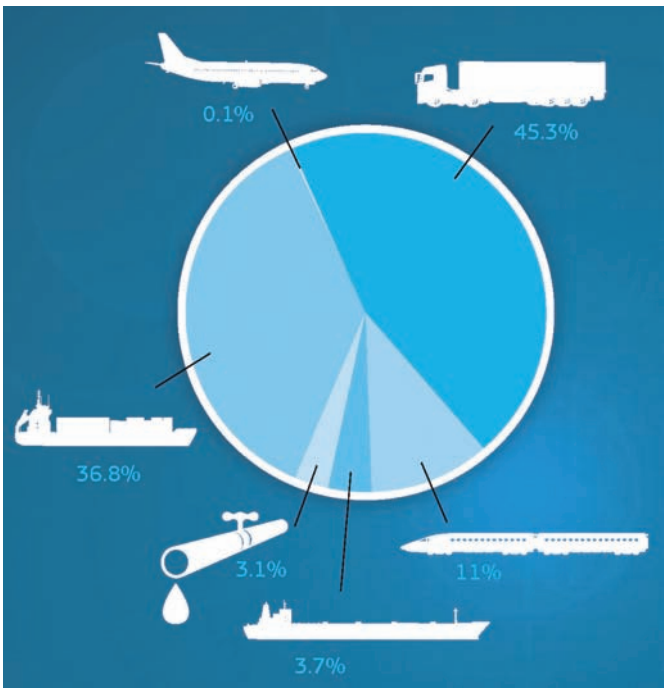
Londres-Heathrow encabezó en 2011 la lista de los ae-




*El avión ha sido el medio de transporte con mayor crecimiento en la UE-27 en el periodo 2005-2011.*

## Transporte de mercancías en tn/km en la UE-27

(en porcentaje)




ropuertos con mayor tráfico de pasajeros (69,4 millones), seguido de París-Charles de Gaulle (60,7 millones), Frankfurt-Main (56,3 millones), Ámsterdam-Schiphol (49,7 millones) y Madrid-Barajas (49,5 millones). Barcelona se colocó en octavo lugar (34,3 millones) y Palma de Mallorca fue undécimo (22,7 millones). Málaga ocupó el puesto 26 (12,7 millones), Alicante el 30 (9,9 millones) y Tenerife Sur el 40 (8,5 millones).

Los vuelos entre ciudades europeas con más pasajeros fueron, en el año 2011, los de Barcelona/Madrid-Barajas (3.102.400 viajeros), seguido por Toulouse-Blagnac/París-Orly (2.322.300) y el enlace Nice-Côte d'Azur/París-Orly (2.235.800). Las operaciones que más incrementaron su frecuencia tuvieron a España como protagonista, ya que fueron los vuelos Barcelona-Sevilla (24,6%), Ámsterdam-Barcelona (23,9%) y Londres-Gatwick/Málaga (23,8%). En los vuelos internacionales, el líder fue Londres-Heathrow con las rutas a Nueva York-JFK (2.679.000 pasajeros), Dubai (1.890.000) y Hong Kong (1.413.000). La ruta internacional que más creció en 2011 fue Londres-Boston (19%), seguida de las que conectan Ámsterdam (18,7%) y Düsseldorf (17,5%) con Antalya (Turquía).

Por su parte, los puertos con mayor tráfico de viajeros en Europa son el de Dover (Inglaterra), con 12.918.000 pasajeros, y los griegos de Paloukia Salaminas y Perama, ambos con 11.662.000 pasajeros. Muchos puertos europeos perdieron viajeros en 2011, y algunos pocos crecieron. En cabeza se situaron los

de Plombino (Italia), con un 14,2%, y Santa Cruz de Tenerife, con un 13,1%. Los que más retrocedieron fueron dos italianos: Messina (-25,1%) y Reggio Calabria (-22,1%).

En total, en 2011, cada ciudadano europeo realizó de media 13.060 kilómetros, según las estadísticas de la Comisión Europea de kilómetros recorridos por persona en la UE-27 incluyendo todos los medios de transporte, para un total de 6,56 billones de kilómetros entre los 503 millones de ciudadanos comunitarios. Estas cifras incluyen los transportes aéreo y marítimo, pero no las operaciones entre la UE y el resto del mundo. El coche es abrumadoramente mayoritario en esta estadística con el 73,4% de esa cifra de kilómetros, por delante de autobuses y autocares (7,9%), ferrocarriles (6,3%), motocicletas y otros vehículos de dos ruedas (1,9%) y el metro y los tranvías (1,4%). El transporte marítimo y aéreo dentro de la UE sumaron un 8,8 y un 0,6%, respectivamente.

El gasto de los hogares europeos en transporte sumó en 2011 más de 950.000 M€, el 13% del total. Más de la mitad (515.000 M€) se destinó a los servicios y los productos relacionados con los medios de transporte personal, mientras que el 27% (260.000 M€) fue a parar a la compra de vehículos y el resto (176.000 M€) se dedicó a los servicios de transporte colectivo como el avión, el tren o el autobús.

## Transporte de mercancías

Según el informe de la Comisión, el transporte de mercancías dentro del territorio comunitario se sigue realizando en gran medida por carretera (45,3%). A continuación se sitúan el transporte por barco (36,8%) y el ferrocarril (11%). Por detrás, con porcentajes mínimos, están los grandes barcos (3,7%), las tuberías y grandes conductos (3,1%) y el avión (0,1%), minoritario para desplazar mercancías.

El transporte por carretera y el transporte marítimo dentro de la UE-27 representaron en 2011 un total de 1,73 y 1,40 billones de toneladas-kilómetro, respectivamente. Muy lejos quedan el ferrocarril (420.000 millones), el transporte fluvial (141.000 millones) y los oleoductos (118.000 millones).

El aeropuerto que más mercancías mueve es el de Frankfurt-Main (2.214.600 toneladas en 2011), muy por delante de los de Londres-Heathrow (1.569.300 tn) y Ámsterdam-Schiphol (1.549.400 tn). Madrid-Barajas ocupa el puesto 10 (421.800 tn) y Barcelona-El Prat el 23 (98.000 tn).

En puertos, el de mayor actividad en tráfico de mercancías fue el de Rotterdam (Holanda), con 370.256 millones de toneladas, por delante de los de Amberes (Bélgica), con 168.547 millones, y Hamburgo (Alemania), con 114.369 millones. Algeciras movió 38.359 millones y Tarragona 31.307 millones. La mayor subida en 2011 se produjo en Bremerhaven (Alemania), con un crecimiento del 21,6%, y la mayor bajada se dio en Algeciras, con una caída del 34,5%.

En el periodo comprendido entre 1995 y 2011 el 34,6% de las mercancías en Europa se transportaron por carretera, el 25,9% por vía aérea, el 22,8% por mar, el 15,6% por



Caballero

*El transporte de pasajeros creció en todos los medios entre 1995 y 2011, salvo el marítimo, que cayó un 17,7%.*

**Entre 2007 y 2013 la UE destinó 7,21 billones de euros al desarrollo de 327 proyectos de infraestructuras de transportes (casi 14,50 € por persona)**



*Esquema de la Red Transeuropea de Transporte (TEN-T).*




Adif

*El transporte de mercancías en la Europa comunitaria se realiza mayoritariamente por carretera, barco y ferrocarril.*

cauces fluviales, el 8,8% por tren y el 3,2% por tuberías y grandes conductos. Comparando las cifras de los dos últimos años de los que hay datos, 2010 y 2011, se constata cómo solo creció el transporte ferroviario (7,3%). Los demás medios de transporte redujeron sus cifras entre un 4,8% (transporte fluvial) y un 0,5% (transporte marítimo). El transporte por carretera se redujo un 1,2% en 2011 respecto a 2010.

La crisis económica ha hecho mella en el sector del transporte europeo, como ponen de manifiesto estas cifras: si en 2005 el transporte nacional por carretera en la UE-27 sumaba 1,22 billones de toneladas-kilómetro, en los años 2010 y 2011 se redujo hasta 1,17 y 1,16 millones de tn-km, respectivamente. Sí se produjo un repunte en el transporte internacional por carretera, al pasar de 564.700 millones de tn-km en 2005 a 578.800 millones en 2010. En 2011 volvió a cifras de seis años antes (565.900 millones).

Algo similar ocurrió en el transporte ferroviario, que en el año 2005 movió 413.200 millones de tn-km y en 2010 se quedó en 391.200 millones, con una subida sustancial hasta los 420.000 millones en 2011. Se comportó de forma parecida el transporte fluvial, con 138.700 millones de tn-km en 2005 y 148.300 y 141.100 millones en 2010 y 2011, respectivamente. El transporte por tubería cayó en esos dos años respecto a 2005, ya que entonces supuso 136.400 millones de toneladas-kilómetro y en los años 2010 y 2011 se quedó en 120.600 y 118.600 millones, respectivamente.

## Proyectos de la UE

Entre 2007 y 2013, la UE ha invertido 72.000 M€ en 327 proyectos de infraestructura, con un gasto medio de 14,5 euros por habitante. En 2011, la UE tenía una red de carreteras de cinco millones de kilómetros y una red de autopistas y autovías de 69.500 kilómetros. Las vías férreas sumaban 212.800 km, a los que se añaden otros 112.000 km de líneas de ferrocarril electrificadas. Finalmente, había 40.600 kilómetros de vías navegables interiores y 37.400 km de tuberías y otros conductos para materiales líquidos o gaseosos.

Comparando esas cifras con las de Estados Unidos, Japón, China y Rusia, resulta que la UE-27 supera a todos estos países por kilómetros de carreteras, de vías de tren y de ferrocarril electrificado. Así, en Estados Unidos hay 4,4 millones de kilómetros de carretera, China tiene 3,3 millones, Japón 973.000 km y Rusia 786.000 km. Únicamente Estados Unidos se acerca a la UE 27 por kilómetros de vías férreas (204.000 km), y lejos quedan China (91.200 km), Rusia (86.000 km) y Japón (27.800 km). En ferrocarril electrificado, Rusia es el país que más se acerca a la UE-27, aunque tiene casi tres veces menos de kilómetros construidos: 43.200 frente a 112.000 km.




DCE Cataluña

*La red de autopistas UE-27 supera en kilómetros a la de EE UU.*



El uso del tranvía crece significativamente en las ciudades europeas.

En lo que se refiere a la motorización de la población, Europa y Estados Unidos superan ampliamente a Japón, China y Rusia, tanto en cifras globales como en coches por cada 1.000 habitantes. La UE-27 está por encima de EE UU por número total de vehículos de pasajeros (242 millones frente a 230 millones). Sin embargo, Estados Unidos tiene 742 vehículos por cada 1.000 personas, por los 483 de Europa. Japón está por encima de China en el número total de turismos –69,7 y 49,6 millones, respectivamente–. Rusia se queda en 34,6 millones. Entre estos datos, llaman la atención los 37 coches por cada 1.000 habitantes de China. En Japón hay 546 coches por cada 1.000 personas, más que en Europa (483). En Rusia, la cifra de vehículos por cada 1.000 personas alcanza los 244.

## Consumo energético

La publicación *EU Transport in figures* también recoge datos sobre el consumo energético y las emisiones contaminantes en el territorio comunitario. En 2011, la UE-27 consumió 1.103,3 millones de toneladas equivalentes de petróleo. El 41% de la energía consumida fue a parar a los hogares, la agricultura y los servicios, el 33% al transporte y el 26% restante a la industria. Dentro del 33% del transporte, la mayoría de las toneladas equivalentes de petróleo (81,7%) se destinó al transporte por carretera. El 13,9% fue para el transporte aéreo, el 2% al ferrocarril, el 1,6% al transporte por barco interno y el 0,8% a las tuberías y demás conductos.

> Un tercio de la energía consumida en la Europa comunitaria en el año 2011 corresponde al transporte

En emisiones de Gases de Efecto Invernadero, el transporte es responsable en Europa de 1.215,6 millones de toneladas de $CO_2$ equivalentes, según las cifras de 2010. Es una cifra superior a la de 2008 y 2009, así como a la de 2005 –en esos años se emitieron 1.228,6, 1.282,5 y 1.263,4 millones de toneladas de $CO_2$ equivalentes, respectivamente–. Frente a 2005 es un dato peor, ya que las emisiones en ese año fueron de 1.164,2 millones de toneladas..

Del total de emisiones, el transporte por carretera acapara la mayor parte de las mismas, con 876,6 millones (72,1%). Le siguen el transporte marítimo con 171,4 millones (14,1%) y el transporte aéreo con 150,2 millones (12,4%). El ferrocarril sumaba 7,4 millones de toneladas (0,6%) y otros transportes (tuberías, actividades en tierra en puertos y aeropuertos y actividades fuera de la carretera) otros 10 millones (0,8%).

Si se trata de toneladas de $CO_2$ totales, de los 1.201,1 millones registradas en el año 2010, el transporte por carretera fue responsable de 865,7 millones (72,1%), el transporte marítimo de 169,8 millones (14,1%) y el transporte aéreo de 148,8 millones (12,4%). El transporte ferroviario emitió 7 millones de toneladas de $CO_2$ (0,6%) y los otros transportes 9,8 millones (0,8%).

España ocupa el quinto lugar entre los países de la UE-27, con 130,1 millones de toneladas de $CO_2$, por detrás de Alemania (186,7 millones), Gran Bretaña (157,7 millones), Francia (154,4 millones) e Italia (133,8 millones). Son los únicos países que superan los 100 millones de toneladas de $CO_2$ en el transporte. En España estas emisiones suponen alrededor del 40% del total del país, más que la media europea (28,8%) y más que los cuatro países que lo preceden en la clasificación, en los que el porcentaje de las emisiones contaminantes del transporte con respecto al total oscila desde el 21,9% de Alemania hasta el 38% de Francia. ■




# MONOGRÁFICO ESPECIAL DE LA REVISTA DEL MINISTERIO DE FOMENTO

La construcción de puentes, presas y puertos; los caminos de postas y el transporte; el desarrollo urbano; la cartografía y la astronomía; la construcción de buques y la navegación..., todas las grandes realizaciones de la ingeniería en la España de los siglos XVI y XVII contadas con amenidad e ilustradas con más de 300 imágenes y grabados de época.




**2ª EDICIÓN**

P.V.P. : **10 €**

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es





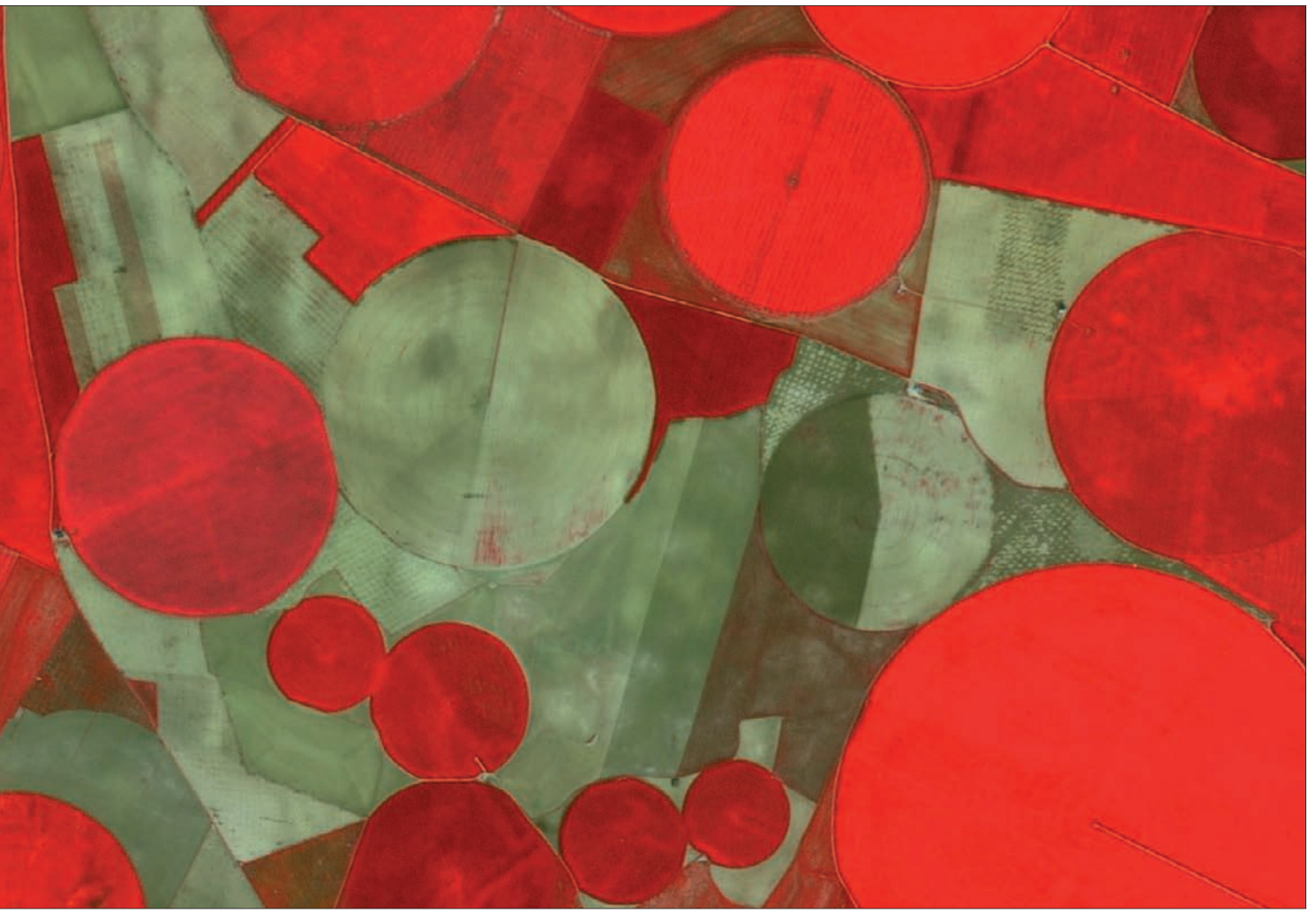
*Imagen de satélite infrarroja de pivots de regadío en La Mancha y, a la izquierda, en verde, de arrozales en la Albufera, obtenidas por el satélite Landsat.*

EL PLAN NACIONAL DE OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO DEL IGN, GALARDONADO POR LA ONU COMO SERVICIO PÚBLICO EXCELENTE

# Modelo de cooperación

PEPA MARTÍN
FOTOS: IGN

Dar respuesta a retos actuales como la gestión eficiente de recursos y el desarrollo sostenible de nuestro suelo es el principal objetivo del Plan Nacional de Observación del Territorio, un proyecto responsabilidad del Instituto Geográfico Nacional (IGN) que ha merecido el reconocimiento de Naciones Unidas como modelo de cooperación entre instituciones públicas.





**Premio de las Naciones Unidas - 2013**
**UNITED NATIONS PUBLIC SERVICE**
concedido al
**PLAN NACIONAL DE OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO - P N O T**






Disponer de información actualizada sobre nuestro territorio y su evolución es imprescindible a día de hoy para hacer frente de manera eficaz a la gestión de recursos bajo pautas de desarrollo sostenible, así como para priorizar aquellos objetivos y/o planes que permitan modernizar e impulsar las infraestructuras del modo más eficiente y dar respuesta puntual a las demandas sociales: comunicaciones, conservación del medio natural, prevención de catástrofes y riesgos naturales, etc.

Por todo ello, las Administraciones Públicas, además de compartir el mayor caudal posible de datos relativos al territorio, tienen el deber de mantenerlos actualizados de forma periódica, precisa y adaptada a los estándares internacionales de datos geográficos (ISO, OGC), asegurando que permanecen accesibles e integrados en las Infraestructuras de Datos Espaciales y Redes de Observación de la Tierra (Copernicus, GEO).

Desde hace ya un tiempo, el sistema aplicado en nuestro país para coordinar la obtención y la difusión de toda esta información geográfica se inscribe dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT). Se trata de un proyecto impulsado por el Consejo Superior Geográfico (CSG), apoyado por su Comisión Especializada de Observación del Territorio, y liderado y coordinado por el IGN. El PNOT, en el que colaboran la Administración General del Estado (AGE) y todas las comunidades autónomas, ha obtenido recientemente reconocimiento internacional al recibir el galardón al Servicio Público que otorga la ONU.



*Imagen aérea de la ría de Navia (Asturias) y de un viaducto de la autovía del Cantábrico.*

## Objetivos y utilidades

El Plan Nacional de Observación del Territorio, que da cumplimiento a la Directiva europea Inspire y que está cofinanciado por la AGE, las comunidades autónomas y la Unión Europea, permite disponer de un sistema de información integrado y centralizado para todo el territorio nacional. Y una de sus grandes ventajas es que también puede ser distribuido y coordinado entre todos los participantes satisfaciendo todas sus necesidades en materia de observación del territorio.

Toda la información proporcionada presenta múltiples aplicaciones y sirve como referencia para numerosos servicios de carácter público, configurándose como herramienta auxiliar prácticamente imprescindible en la tarea cotidiana de numerosos colectivos: emergencias, fuerzas y cuerpos de seguridad del Estado, catastro o la gestión del territorio ligada al medioambiente, como por ejemplo el seguimiento de los compromisos relativos a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero recogidos en el Protocolo de Kioto, o la gestión y el uso de acuíferos previstos en el Plan Hidrológico Nacional, etc.

Son precisamente todas estas aplicaciones las que justifican que la información tenga que estar actualizada permanentemente, ya que hay zonas sometidas a variaciones muy intensas, ya sea como consecuencia de la presión demográfica y los procesos urbanizadores, o bien por la ejecución de obras públicas, los incendios forestales y las reforestaciones, cambios en los sistemas y tipos de cultivo, etc.

A causa de todo ello, el Plan ha estado siempre caracterizado por una clara vocación de servicio público, procurando en todo momen-

## Premio Naciones Unidas al PNOT

El reconocimiento internacional a la utilidad del Plan Nacional de Observación del Territorio ha llegado de la mano de la Organización de Naciones Unidas (ONU), que lo ha galardonado como Servicio Público Excelente en la categoría de «Promoción de enfoques de gobierno integral en la era de la información».

Estos galardones, considerados como los más prestigiosos a la excelencia en el sector público, de concesión anual, premian las contribuciones creativas de las instituciones públicas dirigidas a mejorar la eficiencia de las administraciones de países de todo el mundo.

El premio comprende cinco categorías en función de la distribución geográfica, y en el caso del organismo español corresponde a la región Europa y Norteamérica, que se otorga a organizaciones, agencias y empresas que pertenecen a todos los niveles del sector público, así como sociedades público-privadas y empresas privadas que prestan servicios públicos.

La categoría en la que el PNOT ha sido premiado, una novedad en esta edición de 2013, pretende promover enfoques de colaboración entre instituciones y organismos, muy escasos actualmente, con la ayuda de las nuevas tecnologías.

En su exposición de motivos, los responsables de Naciones Unidas argumentan que el plan español ha sido premiado porque es un modelo de gestión basado en el consenso, la coordinación y la colaboración interadministrativa, en la co-producción de información geográfica y en la co-financiación de planes de observación territorial y de producción de información geográfica de forma descentralizada.

Consideran que esta fórmula evita duplicidad de esfuerzos y reduce costes en la generación de información al coordinar las actuaciones de las Administraciones Públicas, compartiendo la información obtenida y optimizando su difusión a los usuarios, y cubre las necesidades de las administraciones públicas españolas y de los organismos e instituciones del ámbito internacional.

Se ha premiado «para mantener y exportar un modelo de gestión que proporciona información geográfica de características únicas, precisa, de calidad, actualizada, libre y gratuita para el conocimiento básico del territorio y su dinámica».



Ortofoto de El Escorial (Madrid).

to que la información y datos aportados, los más precisos y fiables en materia de observación del territorio que existen en nuestro país, sean de acceso libre y gratuito siempre y cuando el solicitante acredite que su utilización no comporta fines lucrativos.

## Fuentes

Buena parte de la información y la periódica actualización de los datos que requiere el PNOT parten de los tres grandes proyectos en los que trabaja el Instituto Geográfico Nacional y que comparten la misma filosofía de gestión. Son, desde 2004, el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), que coordina la adquisición de imágenes aéreas y el desarrollo de modelos digitales del terreno; en segundo lugar, el Plan Nacional de Teledetección (PNT), que desde 2005 coordina la cobertura de nuestro territorio mediante la obtención de imágenes desde satélites de observación de la tierra, y por último, el Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE), creado también en 2005, y que aprovecha los



Imagen de nube de puntos con láser para la obtención de modelo digital del terreno.

> Toda la información del PNOT sirve de referencia a numerosos servicios públicos



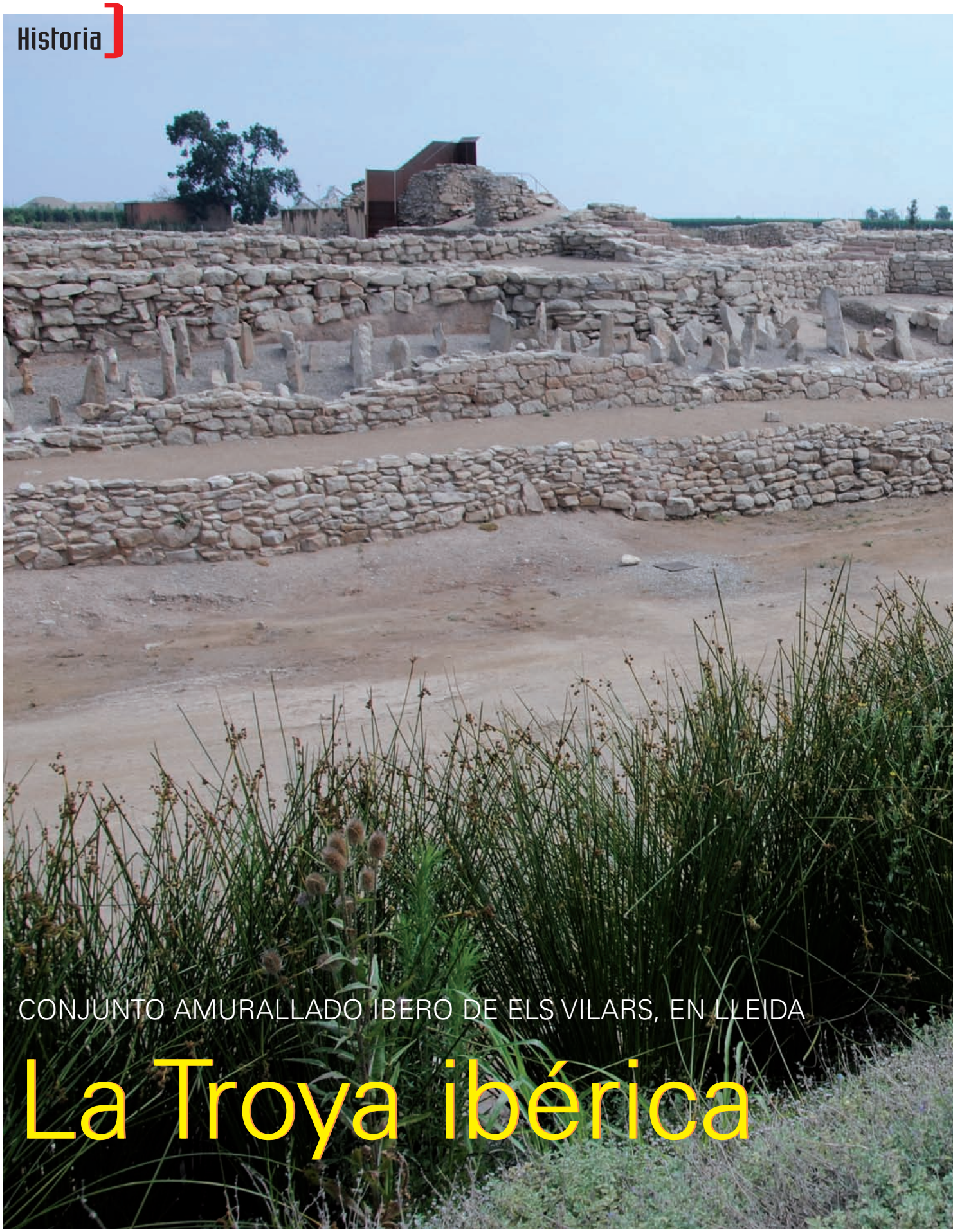
Mapa del Sistema de Información de Ocupación del Suelo (SIOSE).

datos obtenidos por los dos proyectos anteriores para, entre otros cometidos, elaborar cartografías de gran precisión que plasman la evolución de zonas muy concretas, tanto urbanas, como agrícolas, forestales, humedales, reservas y parques naturales, etc.

Para desarrollar todos y cada uno de estos proyectos los trabajos se organizan en tres fases, que pasan, en primer lugar, por captar imágenes aeroespaciales ya sea vía satélite o aérea, a través del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea y del Plan Nacional de Teledetección.

Una vez que se dispone de las imágenes se trabaja en la siguiente fase, que consiste en extraer y depurar todos los datos, convirtiéndolos en la información geográfica precisa, optimizándola en diferentes escalas en función del uso al que será destinada con posterioridad.

Luego, mediante la programación y coordinación de coberturas periódicas bien a través de satélite o avión, el contraste con las nuevas imágenes permite conformar la nueva información geográfica de base actualizada sobre la evolución del territorio. ■



CONJUNTO AMURALLADO IBERO DE ELS VILARS, EN LLEIDA

# La Troya ibérica



*Sector exterior del sureste del poblado de Els Vilars.*

Texto y fotos: JESÚS ÁVILA GRANADOS

A 300 metros sobre el nivel del mar, y a 4 kilómetros de Arbeca (Lleida), en medio de tierras de cultivo y olivares, se encuentra la partida de Els Vilars, en cuyas entrañas los arqueólogos sacaron a la luz la ciudad amurallada más impresionante de la civilización ibera, que recibió el nombre del lugar. Pese a lo avanzado de los trabajos de recuperación del recinto, son aún muchas las incógnitas que flotan sobre este lugar.

La existencia de piedras algo extrañas en este lugar era conocida por los paisanos, aunque lo que escondía la tierra no fue descubierto hasta 1983 a raíz de una excavación de urgencia del arqueólogo Emili Junyent, de la Universidad de Lleida. Dos años después, con el patrocinio de la Generalitat de Catalunya, el Ayuntamiento de Arbeca, la Diputació de Lleida y el Ministerio de Cultura, se procedió a la excavación firme de todo el conjunto arqueológico. En estas tres décadas, fruto de diversas campañas arqueológicas, se ha recuperado un conjunto arqueológico excepcional, gran parte de lo que fue una ciudad amurallada, única en España, con casi tres milenios de historia, y muy bien conservada. En 1998, Els Vilars fue declarado Bien Cultural de Interés Nacional, en la categoría de Zona Arqueológica, por la Generalitat de Catalunya.

## Entre historia y leyenda

La ciudadela y el recinto amurallado de Els Vilars comenzaron a construirse a finales de la Edad del Hierro, en el siglo VIII a.C. El enclave fue habitado inicialmente por unas 75 personas (época de máximo esplendor) y por unas 120 en su etapa final. Su abandono, por ninguna razón traumática o violenta, se produjo hacia el año 325 a.C. Por tanto, durante cerca de cuatro siglos esta ciudad mantuvo una habitabilidad ininterrumpida, siendo objeto de varias remodelaciones urbanísticas. Es probable que los ilergetes fueran los primeros constructores de esta hermética fortaleza. Gentes que a pesar de hallarse en tierras del interior debieron comerciar con los pueblos de ultramar (fenicios y griegos), como se desprende de los objetos encontrados (cerámica, piezas de telar, cuentas de collar, objetos de la vida cotidiana, armas, etc., procedentes del Mediterráneo oriental).

La razón del potencial militar de Els Vilars es tema de debate entre los investigadores. Unos aseguran que fue una pequeña ciudadela levantada para proteger a un príncipe o rey de los ilergetes; otros creen que se trataba de una empalizada fuerte, entre tierras de cultivo, para defender pasos de caminos de mucha actividad comercial, entre influyentes ciudades (*Ilerda*, *Tarraco*, *Gerunda*, *Barcino*…). Y hay quien asegura que bien pudo ser la residencia de un chamán, algo que parece inaudito pero que, una vez analizadas las formas y el conjunto del interior del trazado urbano de la ciudad, da que pensar.

Este baluarte no soportó asedio alguno por parte de los pueblos invasores (cartagineses y romanos), y parece que ni siquiera conoció de su presencia, pese a que a menos de 200 metros hacia el norte, en Del Aixaragall, existen restos de una villa agraria romana. Pero, ¿por qué cartagineses y romanos no se instalaron en Els Vilars ni lo destruyeron? ¿Fue, tal vez, porque en esta ciudadela gravitaba la fuerza de un ser superior, que velaba por la integridad del lugar? Lo cierto es que, al deambular por el recinto, se respira una paz difícil de describir. El yacimiento se alza sobre un pequeño altozano elevado sobre terrazas desde el que se domina la fértil vega circundante.

Sus habitantes eran agricultores y ganaderos –elaboraban pan ácimo (sin levadura), con harina de espelta y avena–, además de excelentes herreros, conservándose la vivienda que sirvió de fragua. Para los habitantes de Els Vilars tener caballos era señal de prestigio y riqueza. Sus équidos era una raza fuerte, aunque de más corta



Barrera de piedras del «campo frisio», destinadas a obstaculizar las agresiones desde el exterior.

## Els Vilars, en cifras

- Perímetro del recinto exterior: 172 metros.
- Superficie habitable aproximada: 2.164 m$^2$.
- Grosor de las murallas: 5 metros en el lado meridional y 7 metros en el lado norte.
- Altura de la muralla: entre 4 y 5 metros.
- Defensores: un 25 % de la población (40 soldados).
- Número de torres: 14 (trece construidas en la primera fase y una en la iberización).
- Puertas: 3 y una poterna.
- Sedimentación de los muros: 3 metros.
- Fosos: 4 (tres en el zona interior y uno que protege el puente).
- Profundidad de los fosos: 4 y 5 metros.
- Aljibe: 9 metros de profundidad y 6,5 metros de diámetro.
- Anchura de las calles laterales: 1,7 metros.
- Población: 100 / 175 habitantes.
- Periodo de habitabilidad: 400 años aproximadamente (desde el siglo VIII hasta el año 325 a. C.).

alzada que la de nuestros días, pero no se utilizaban como animales de carga, sino como distintivo de superioridad y prestigio respecto a los demás miembros de la sociedad. Para las labores agrarias utilizaban bueyes, y además eran ganaderos de ganado ovino, caprino y porcino. Por tanto, el caballo era un estatus de calidad. Ningún animal tenía permitida su entrada en la ciudad. Al otro lado del foso exterior se encontraban las cuadras, granjas y lugares de cría de las cabañas de los habitantes. Solo podían entrar en el recinto aquellos animales que iban a ser sacrificados a los dioses. El sacrificio más valioso era el ritual correspondiente al feto de un caballo que no ha nacido, por enfermedad de la yegua u otras circunstancias, según los hallazgos encontrados.

> El recinto fortificado fue habitado ininterrumpidamente durante casi cuatro siglos, siendo objeto de varias remodelaciones urbanísticas

Els Vilars disponía de un recinto de culto de 55 m$^2$ de superficie, localizado entre la puerta norte y el aljibe central. Este edificio, de planta trapezoidal, estaba vertebrado por tres espacios contiguos, comunicados entre sí por puertas. El primero, al que se accede directamente desde la calle principal, pudo servir para almacenar leña o acoger animales; el segundo era un aposento de tránsito, que enlazaba el vestíbulo con la sala posterior y ejercía de antecámara; y el tercero, de 39 m$^2$ de superficie, era la sala de culto para celebrar ceremonias y rituales, en cuyo pavimento se conserva el lingote chipriota, u hogar, en forma de piel de toro extendida, siempre con un fuego humeante en el centro en honor a los dioses. También apareció una piedra cilíndrica, próxima al ara, frente a un muro que, por su elevación, confirma que esta vivienda sobresalía en altura del resto de las construcciones del poblado. Esta ciudadela muy bien pudo haber representado para sus habitantes el astro rey en la Tierra: el trazado esférico de su planta y las torres exteriores, que simulan los rayos solares; el núcleo sería el círculo formado por el aljibe.

En cuanto a los enterramientos, los adultos encontraban la paz eterna en la necrópolis, a las afueras del po-



*Estructuras pétreas de las viviendas «unifamiliares», en la zona oriental de Els Vilars.*

blado, mientras que los recién nacidos, o las criaturas que fallecían con poco tiempo, al no tener entrada en el mundo oficial de los muertos, eran sepultados en el suelo de la vivienda de su familia, al no haber alcanzado la mayoría de edad y tener que estar bajo la tutela de los dioses domésticos y al amparo de la familia. Los enterramientos de bebés, con los cuerpecitos colocados de lado y superpuestos en una misma fosa, así lo confirman.

## Notables realizaciones

Desde un principio (siglo VIII a. C.), el baluarte fue concebido con todos sus derechos urbanísticos y defensivos básicos. A vista de pájaro, llama la atención el trazado ovalado del conjunto, con un perímetro de 172 metros de longitud, rodeado de murallas y erizado por 14 torres (de entre 6 y 8 metros de altura), con tres puertas de acceso: dos principales, orientadas al norte y este, respectivamente, y una poterna, a occidente, que protegía el paso de la cloaca hacia el exterior del recinto.

La muralla tiene un espesor muy notable: entre 5 y 5,5 metros lo que facilitaba el movimiento de los soldados, que serían unos 40 hombres de armas. La muralla se realizó en su primer nivel de piedra, con bloques casi ciclópeos, mientras que el segundo muro presenta una técnica mixta: adobe y zócalo revestido de piedra; después se elevaron dos niveles, con adobe y madera en el más reciente, para facilitar el movimiento de los defensores por un pasillo de ronda superior. Exteriormente, el tercer muro estaba revestido con arcilla rojiza.

Y la singularidad del sistema defensivo se observa en las áreas que delimitan exteriormente el grosor de las torres, en lo que se llama «campo frisio», caracterizado por la colocación de piedras hincadas en la línea que separa exteriormente cada torre. Esta barrera de piedras clavadas a modo de pequeños menhires hacía imposible acercarse a la ciudadela a caballo, porque rompía las patas de la caballería enemiga. De ahí el nombre científico francés (*chevaux-de-frise*), que se repite en otros lugares de Europa (Irlanda, Bretaña, Alemania, Escocia), y también en el castro celta de San Isidro, en San Martín de Oscos (Asturias).

El acceso a la fortaleza se hacía por el puente que conectaba con la puerta norte, donde se elevaba la torre más alta del recinto, de planta cuadrangular (de unos 9 metros de altura), que albergaba en sus bajos una puerta con un estrecho pasadizo que impedía también la entrada de más de una persona al mismo tiempo. El batiente de esta puerta era hacia afuera, algo



Zona central del baluarte oriental.



Tongadas de adobe intercaladas entre bloques de piedra.



Detalla del talud norte del recinto fortificado.

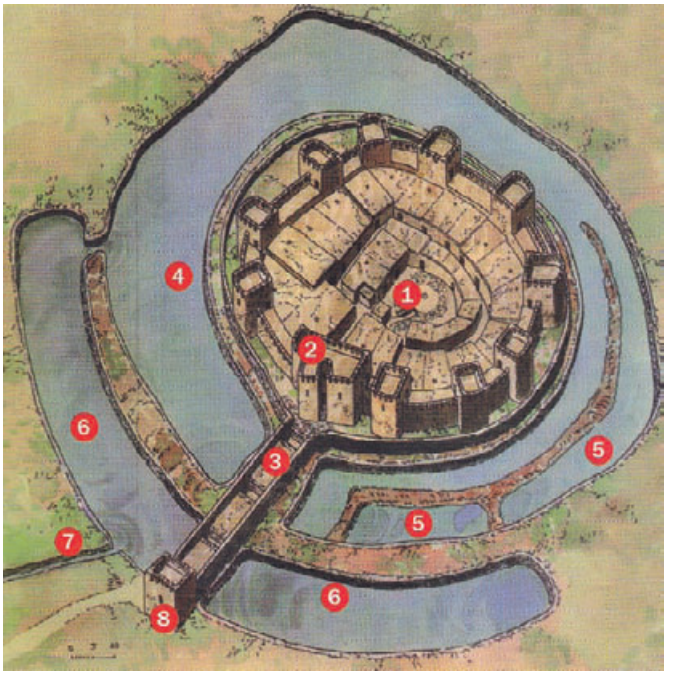
sorprendente. El puente constituía un serio obstáculo para los atacantes por la particularidad de tener tres grandes agujeros ocultos, que evitaban cualquier intento de entrada a pie, y menos aún mediante la pesada maquinaria de asalto o la caballería, como han demostrado las excavaciones de las últimas campañas. Debajo, dos fosos con una profundidad de agua de 4 y 5 metros respectivamente, en cuyos fondos debieron clavarse puntiagudas estacas de madera.

Es una vez ya dentro de Els Vilars cuando el visitante recuerda que los cambios urbanísticos siempre se realizaban de puertas adentro, quedando maravillado ante la variedad de construcciones concebidas por los arquitectos que diseñaron esta ciudad hace 2.800 años. El mérito de sus realizadores radica precisamente en la sencillez. Lo primero que se visita es la habitación que se abre en la zona interior de la parte derecha de la puerta, un recinto hermético que algunos especialistas creen pudo haber servido de prisión, o bien para el cuerpo de guardia.

El urbanismo interior está organizado radialmente en torno a una plaza presidida por una gran cisterna y una espaciosa sala que, por los hallazgos aparecidos, debió de haber sido utilizada como templo, donde se llevaban a cabo los rituales y ceremonias a las divinidades. Una calle, de trazado elíptico y bien pavimentada con anchas losas, facilita la entrada a las viviendas, cada vez más complejas y espaciosas. En su primera fase fueron concebidas en planta cuadrada, con pórtico, y luego pasaron a ser rectangulares, perdiendo el atrio. Todas ellas están adosadas en sus extremos a la muralla. Estas viviendas unifamiliares, de 30 y 35 m$^2$ de superficie, se cubrían con tejado a una sola vertiente, con caída hacia el interior de la población.

Pero, ¿de dónde salió la piedra para construir este recinto fortificado? En esta zona no hay presencia conocida de canteras, la más cercana se

## Plano de la fortaleza de Els Vilars




(1) Aljibe central o pozo, que también hacía las funciones de cisterna. (2 y 3) Puerta norte, precedida por una rampa de acceso igualmente fortificada. (4) Un foso rodeaba todo el perímetro exterior de la muralla. (5) Un doble foso, más profundo, en el sector noroeste. (6) Un cuarto foso más avanzado, en trazado de media luna, para proteger la fachada norte. (7) Entrada del canal de alimentación de agua. (8) Torre albarrana, también llamada de contraescarpa, el muro externo de todo el baluarte.



*Interior del aljibe o cisterna de Els Vilars, una infraestructura de carácter estratégico para la supervivencia del poblado.*

encuentra en Belianes, donde hubo una antigua, de la que se extrajo el mineral hasta que se agotó. Hay investigadores que defienden la posibilidad de que la piedra utilizada en Els Vilars procediera de El Mèdol, de donde se extrajeron los bloques que sirvieron para construir la ciudad de *Tarraco*. A esta teoría se contraponen tanto la lejanía de la cantera (unos 100 kilómetros) como la naturaleza de la piedra, más arenisca en El Mèdol. Los bloques de Els Vilars son de piedra caliza amarillenta.

Pero, además de la piedra, más de tres cuartas partes del volumen construido en el recinto de Els Vilars fue con adobe –ladrillos sin cocer y secados al sol–, un sistema constructivo empleado en las paredes de las viviendas, en el recinto amurallado y en las torres. El barro amasado era utilizado además en la mampostería, facilitando el revoque de los paramentos murales e impermeabilizaba las cubiertas de las casas.

> Sin una cantera cercana, aún persiste la incógnita de la procedencia de las piedras con que se construyó Els Vilars

La calle principal define los dos núcleos bien establecidos del interior del poblado: las apoyadas contra la fortificación (lado meridional) y la batería de viviendas más reducidas, en el lado opuesto. Después, en la fase más avanzada del poblado, tras la apertura de la puerta norte y dejar en segundo plano la que se abre a poniente, se diseñan calles más estrechas, de 1,7 metros de ancho, aunque con aceras y enlosados de anchas piedras.

En el exterior del poblado, en el lado sureste, se encontraba el corral, donde, en caso de peligro, se guardaba el ganado, especialmente los animales más valiosos: los caballos. El redil estaba lo suficientemente próximo a la muralla aunque al exterior del foso, como para poder ser defendido sin dificultad desde las murallas con armas arrojadizas.

## La importancia del agua

La vida en el poblado dependía del agua. Por ello, en el centro neurálgico de Els Vilars se encuentra el aljibe, o cisterna, de 9 metros de profundidad, por cuyo nivel inferior discurre una corriente de agua freática. Según las excavaciones realizadas, primero fue un modesto pozo, y luego, a medida que crecían el poblado y las necesidades de sus habitantes, se fue abriendo el hueco hasta formarse un aljibe cilíndrico, al que se descendía, por el lado norte, a través de un pasadizo, abierto en el siglo V a.C.. Todo ello está excelentemente conservado. Aún hoy sigue dando agua este nivel, y los arqueólogos deben aliviar su caudal a través de una manguera que se descarga de agua sobrante en el foso exterior.

Ante la espectacularidad de este yacimiento y la riqueza de elementos, pertenecientes a una civilización cuyas formas de vida estaban relacionadas con una sociedad agraria y ganadera, que levantó una ciudad inexpugnable en un terreno llano gracias a la solidez de recias murallas, poderosas torres, piedras hincadas, aljibe, viviendas, calles y profundos fosos y taludes, es fácil deducir que estamos ante un ejemplo de hábitat único en España, que se remonta a los inicios de la Edad del Hierro en la península Ibérica. Por tanto, podríamos bautizar a Els Vilars como la Troya ibérica. ■

300 AÑOS DEL NACIMIENTO DE FRAY JUNÍPERO SERRA, FUNDADOR DE LAS MISIONES DE BAJA CALIFORNIA

# La sencillez más perdurable





Cenotafio de la misión de San Carlos Borromeo de Carmel, en California.

Didier B.



*Misión de San Juan Capistrano, una de las diez fundadas en California.*

Bernard Gagnon Foundation

BEATRIZ TERRIBAS

En las lejanas tierras de la Sierra Gorda mejicana y en la península de California continúa evocándose con venerable admiración a Fray Junípero Serra, aquel incansable franciscano mallorquín, nacido en Petra el 24 de noviembre de 1713, que dedicó 35 años de su vida a defender la dignidad de los nativos americanos frente a las autoridades militares. Algunas de sus misiones, modelo de autosuficiencia en su día, son hoy Patrimonio de la Humanidad y, en agradecimiento a la labor que desarrolló en California, el Congreso norteamericano erigió una estatua en su honor en el Capitolio de Washington junto a otras que recuerdan a las personalidades más representativas de la historia de aquel país.

Según cuentan las crónicas de otro tiempo, el 25 de julio de 1531 un grupo de españoles capitaneados por Hernán Pérez Bocanegra y Córdoba fundó Querétaro tras sellar una alianza con el cacique Conín, de la etnia otomí. Este territorio mejicano, cuyo nombre en las lenguas indígenas significa «lugar de piedras gordas», pasó así a convertirse en una


JsBeatriz Terribas

Cayado y campana que señalan el Camino Real frente a la misión de San Francisco de Asís, en San Francisco (California).


Jerrye and Ray Klotz MD

Fachada original de la misión de San Diego de Alcalá, primera fundada por Fray Junípero en California.

provincia más del Virreinato de la Nueva España. Allí, donde la naturaleza propició una mezcolanza de paisajes áridos, bosques tropicales y manchas de coníferas y encinas, dirigiría sus primeros pasos como misionero Fray Junípero Serra.

Bautizado como Miguel José, aquel niño hijo de campesinos que vio por primera vez la luz en Petra (Mallorca), tras cursar sus primeros años escolares en el convento de San Bernardino, estudió filosofía en el monasterio de San Francisco de Palma de Mallorca, tomando el hábito franciscano a los 17 años. Fue entonces cuando cambió su nombre por el de Junípero, amigo de San Francisco de Asís por el que sentía gran admiración. Su formación, completada con los estudios de Teología, le llevaría a ocupar en 1744 la cátedra de Teología de la Universidad Luliana de Palma de Mallorca, donde impartió clases durante cuatro años, tiempo en el que afloraría su vocación de servir como misionero.

> Fray Junípero desarrolló a partir de 1749 la difícil tarea de evangelizar a los indígenas de la Sierra Gorda mexicana

En 1749 su deseo se vio satisfecho al ser autorizado para trasladarse al Colegio de Misioneros de San Fernando, en México, que se encargaba de impulsar la evangelización de los indígenas de la Sierra Gorda queretana, iniciada en el siglo XVI por agustinos, dominicos y franciscanos y desarrollada sin éxito dada la dificultad del territorio, la dureza del clima y la oposición de los aguerridos pames, chichimecas y jonaces. Ante esta situación, el Colegio aceptó como voluntario para desplazarse al corazón de aquellas tierras a Fray Junípero Serra, quien seis meses después de su llegada a México emprendió camino a pie con su discípulo Francisco Palou rumbo al Centro Fernandino de la Sierra Gorda, localizado en el enclave de Jalpán. Tras una larga travesía, muy penosa para Fray Junípero por la llaga que le había causado en una pierna la picadura de un insecto, los franciscanos llegaron el 16 de junio de 1750. Su trabajo sería mantener las misiones de Jalpán, Landa, Tilaco Tancoyol y Concá, fundadas en 1744 por el capitán José de Escandón y caracterizadas por sus capillas y claustros de madera y cubierta vegetal.

Hasta la llegada de Fray Junípero, los enfrentamientos entre los nativos y los destacamentos militares habían sido continuos, situación que cambiaría a partir de 1750. Llegar al corazón de los indios, alimentarles y defenderles de los militares marcaría la línea a seguir por el misionero, dedicado inicialmente al aprendizaje de las lenguas nativas para poder comenzar su labor docente y evangelizadora en estas misiones que constituyeron la última fase de la cristianización de México. Con respeto y tesón, Fray Junípero consiguió alejar de los indios su aversión hacia los



Jsweida Creative Commons

*Misión de San Carlos Borromeo, donde está sepultado Fray Junípero Serra.*

españoles, impidiendo además que el ejército interviniera en las misiones. Los nativos, acostumbrados a subsistir a base de raíces y frutos silvestres, aceptaron las enseñanzas agrícolas y ganaderas de los religiosos, que también les familiarizaron con la costura, carpintería y albañilería, para que pudieran ser autosuficientes cuando se secularizasen las misiones.

## Misiones de Sierra Gorda

Una vez conseguida la convivencia pacífica, Fray Junípero decidió la construcción de los nuevos edificios de las cinco misiones de la Sierra Gorda, que todavía hoy se pueden admirar y fueron declaradas Patrimonio Mundial Cultural de la Humanidad por la Unesco en 2003.

Comenzaron a levantarse en 1751 y las obras se prolongaron hasta 1766. Jalpán, Concá, Tilaco, Tancoyol y Landa tienen la misma disposición: atrio, iglesia y claustro, siendo su elemento arquitectónico más representativo el atrio, un gran recinto rectangular donde los misioneros, además de instruir y catequizar a los neófitos, conmemoraban con ellos las festividades religiosas para acomodarse a sus costumbres de celebrar sus ceremonias ancestrales al aire libre. Estos recintos abiertos contaban con peculiares templetes, cuadrangulares y abovedados, en cada uno de sus ángulos. Denominados «capillas posas» y destinados a posar el Santísimo Sacramento cuando se sacaba en procesión por el atrio, fueron comunes a toda la arquitectura eclesiástica de la Nueva España.




Beatriz Terribas

*Placa alusiva a uno de los barcos de la expedición de Gálvez y Junípero.*

La sencillez de la Orden Franciscana impregnó los claustros que albergaban las celdas de los religiosos y la cocina, haciéndose extensiva al interior de los templos de las misiones, de planta de cruz latina, una sola nave y cubiertos con bóveda de cañón, cuya ornamentación se limitaba a retablos pintados y a los murales que cubrían paredes y bóvedas elaborados por los nativos dado el talento que mostraban para todo tipo de expresiones artísticas. También los indios contribuyeron a la ornamentación de las fachadas, cuya profusa decoración, repleta de colorido, es el resultado del programa iconográfico diseñado por los re-



Ed. Bierman

*Capilla de la misión de San Antonio de Padua.*

ligiosos para transmitir la fe católica a los indígenas, que respetó, sin embargo, la inclusión en cada uno de los cuerpos de las portadas de elementos ornamentales vinculados a la cosmogonía indígena, ya que la máxima de Fray Junípero Serra era unificar las culturas española e indígenas.

De este modo, entre las imágenes propias de la religión católica y de la Orden Franciscana, y los elementos característicos del barroco imperante, cobran especial relevancia en las denominadas portadas-retablo las figuras de sirenas con rasgos indígenas, el águila mejicana y el conejo, que representaban al Sol y a la Luna, y el jaguar, que vinculaba el mundo de los vivos con las divinidades. Esta decoración, que caracteriza el «barroco mestizo», se ejecutó en argamasa, compuesta de arena, cal, agua y fibras vegetales que se aplicaba sobre los muros de piedra y estuco antes de su secado para poderse cincelar con precisión. Posteriormente se pintaba de colores con una mezcla de cal, gomarresina de nopal y clara de huevo a la que se añadían colorantes naturales.

Al no existir proyecto alguno del trazado de estas iglesias, que fueron costeadas con las limosnas del Colegio de Misioneros de San Fernando, la venta de los excedentes agrícolas de las misiones y el sínodo de los misioneros, las obras se atribuyen a los propios religiosos: Junípero Serra, José Antonio de Muguía, Miguel de la Campa, Juan Crespí y Luis Ramos de Lora, que trabajaron mano a mano con los indígenas, aunque se estima que pudieron contar con la ayuda de algún maestro de obras procedente de la ciudad de México para proyectar las bóvedas de los templos, las cúpulas de los cruceros de las naves y los campanarios.

## «Apóstol de California»

Fray Junípero no vio concluidos aquellos cinco conjuntos misionales al ser requerido en 1759 para desplazarse a la misión de San Sabá, en Texas, donde los apaches habían aniquilado a sus religiosos. Al haberse anulado su partida, dada la peligrosidad de la empresa, el padre Serra habría de esperar nueve años en el Colegio de San Fernando para reiniciar junto a Francisco Palau y a doce compañeros más de la Sierra Gorda su labor misionera, esta vez en la Baja California, donde se encargarían de las 15 misiones establecidas por los jesuitas al haber sido expulsados de todos los territorios españoles por Carlos III.

Sin embargo los franciscanos sólo permanecieron allí un año porque el rey decidió ceder el control de los establecimientos a los dominicos mientras que a Fray Junípero le encargó evangelizar a los nativos de la costa del Pacífico, como parte del plan de la Corona para reforzar con las misiones, los colonos españoles y los destacamentos militares la Alta California a fin de impedir el avance de los rusos procedentes de Alaska.

> San Diego de Alcalá, primera misión en California, fue originalmente una choza, a modo de capilla, con una campana colgada de un árbol

Para este cometido, el inspector general de la Nueva España, José de Gálvez, y Fray Junípero Serra prepararon cuatro expediciones de exploración, dos terrestres y dos marítimas, que, orientándose con los mapas trazados por Sebastián Vizcaíno siglo y medio antes, se pondrían en marcha a partir del 9 de enero de 1769. Cinco meses después se reencontraron en el puerto de San Diego tras un sinfín de calamidades que habían cercenado la vida de la mitad de los 300 artesanos, soldados y religiosos que iniciaron el viaje.

A pesar del desaliento que embargaba a los supervivientes, la mayoría enfermos de es-



Beatriz Terribas

Misión de San Francisco Solano, la última erigida por los franciscanos en California en 1823.



Museo de América

Iglesia de Tancoyol, miniatura de Juan F. Velasco Perdomo.

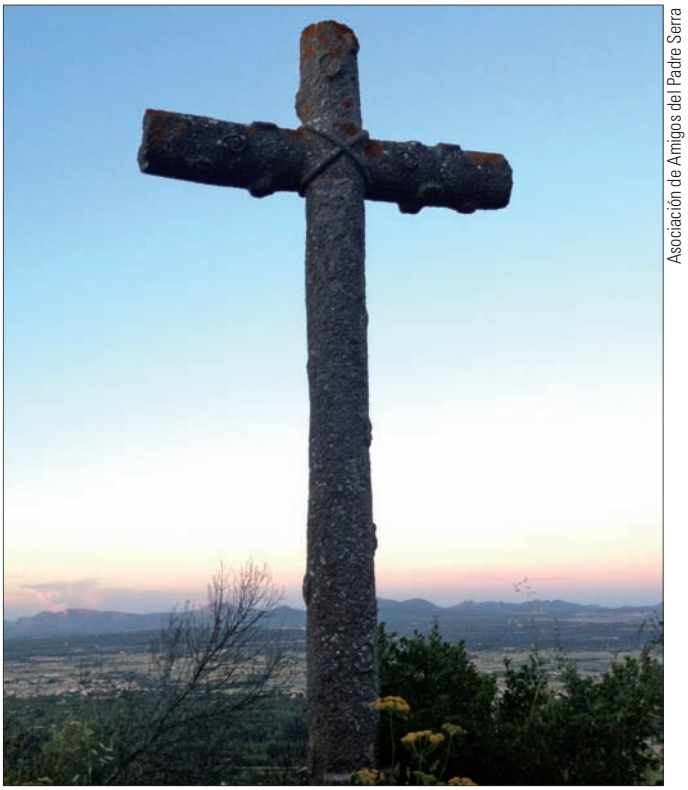
corbuto, y del terremoto y el eclipse que se produjeron a su llegada, Fray Junípero, cuyo lema era «siempre adelante, nunca rendirse», fundó la primera misión del actual estado de California, San Diego de Alcalá, levantando en una pradera una choza, a modo de capilla, con una campana colgada de un árbol. A esta misión le sucedieron en un plazo de 13 años las de San Carlos Borromeo, San Antonio de Padua, San Gabriel, San Luis Obispo de Tolosa, San Francisco de Asís, San Juan de Capistrano, Santa Clara de Asís y San Buenaventura, aunque las serias dificultades iniciales del abastecimiento procedente de México, el ataque mortal de los indios dieguinos a la misión de San Diego, el fracaso de las primeras cosechas y las desavenencias de Fray Junípero con algunos mandos militares harían tambalearse el proyecto misional de la Alta California, que pudo seguir adelante gracias a la impresión que causó en Antonio María Bucarelli, Virrey de la Nueva España, el empeño que el religioso ponía en su labor misionera.

Para emplazar aquellos establecimientos, el comandante Gaspar de Portolá y Fray Junípero Serra seleccionaron lugares en paralelo a la costa, cercanos a cursos fluviales y a una distancia de 48 kilómetros, que equivalía a una jornada a caballo. Inicialmente, el complejo misional se reducía a una iglesia, varias cabañas de madera para los religiosos y los militares y una huerta circundadas por una empalizada, pero al cabo de varios años tan toscas construcciones fueron sustituyéndose por otras de adobe encalado reforzado con vigas de madera.

A diferencia de las misiones de la Sierra Gorda, las de California se caracterizaron por su sobriedad, levantándose la iglesia como edificio principal del complejo y anexionados a ella, y delimitando un recinto cuadrangular, el cementerio, claustro, cocina, despensa, graneros, talleres, forja, establos, habitaciones y colegios de los nativos, el hospital y los barracones de la guarnición militar. Todos los edificios se cubrían con tejado a dos aguas de teja que se prolon-

gaba más allá de los muros y, sustentado por vigas de madera o pilares de ladrillo, configuraba sendas galerías perimetrales que protegían los muros de la lluvia y de la intensa radiación solar, preservando en este caso el interior de las dependencias de los rigores climatológicos. Los religiosos, muy avezados en las labores constructivas, dedicaron especial atención a los campanarios, erigidos bien a modo de torres o espadañas, o insertando las campanas en pequeños vanos abiertos en la fachada de los templos.

Pese al notable influjo que la arquitectura misional ha tenido en el diseño de los edificios residenciales y centros cívicos de California, fueron las obras hidráulicas la labor constructiva más encomiable de los franciscanos, especialmente las presas y canales de riego que permitieron cultivar grandes extensiones de tierra con semillas y esquejes que, procedentes de España, llegaban desde México. En poco más de cuatro años, casi todas



Asociación de Amigos del Padre Serra

*Cruz Bonany, lugar donde el padre Serra se despidió de Petra.*

las misiones fundadas por Fray Junípero, con una población que superaba los 16.000 neófitos, consiguieron extraordinarias cosechas de cereales, hortalizas y frutales, lo que unido a la crianza de ganado las convirtió en entidades autosuficientes que abastecían también a los militares de los presidios, construidos en las proximidades de las misiones, y a los colonos españoles que habitaban, entre otras, las poblaciones de Yerba Buena (actualmente San Francisco), Nuestra Señora de los Ángeles de Porciúncula (hoy Los Ángeles) y San José, fundadas por el gobernador de California Felipe Neve.

Agotado por las extenuantes jornadas de trabajo, los continuos ayunos, el asma y los dolores de su pierna llagada, el Padre viejo, como llamaban a Fray Junípero los indios dieguinos, cumash, miwok, ohlone y solsona, expiró el 28 de agosto de 1784 en la misión de San Carlos Borromeo, donde está sepultado. Sin embargo, los franciscanos que le acompañaban continuaron su labor fundacional hasta 1823.

Aquellas 21 misiones, comunicadas por el Camino Real, que consiguieron superar los efectos de devastadores terremotos, inundaciones, maremotos e incluso las afrentas del pirata argentino Bouchard, comenzaron su decadencia al ser secularizadas por el gobierno liberal de México a partir de 1830. Vendidas y utilizadas en el mejor de los casos como ranchos y establos, afortunadamente fueron devueltas a la Iglesia por Abraham Lincoln en 1823.

Años más tarde algunos religiosos comenzaron su restauración, que se completó a mediados del siglo pasado gracias al empeño de particulares como William Randolph Hearst (*Ciudadano Kane*) o el Landmarks Club. Tuteladas hoy día por el California Department of Parks and Recreation, y declaradas junto al Camino Real monumentos históricos, algunas se han convertido en museos y otras permanecen abiertas al culto, pero en todas se mantiene el recuerdo de Fray Junípero Serra, beatificado por Juan Pablo II y autor de la primera Carta de los Derechos de los Indios. ■



Erin McDaniel

*Estancia de Fray Junípero en la misión de San Carlos Borromeo de Carmel, en California.*



▲ Línea de Alta Velocidad Boqueixón-Santiago de Compostela. España.



▲ Airportlink Miami. Florida. EE UU.



▼ Línea de Alta Velocidad Ankara Estambul, tramo Inönü-Esenkent. Turquía.

Un **gran grupo Internacional**
de **Concesiones y Construcción**

OHL

www.ohl.es

ferrovial agroman

# Crecimiento basado en la Innovación

Ferrovial Agromán apuesta por la innovación y el desarrollo, así como por la aplicación de nuevas tecnologías en todos los ámbitos de su actividad de diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras.

Con más de 80 años de experiencia y más de 50 años de actividad en 50 países de 5 continentes distintos y más de 650 proyectos realizados con éxito, Ferrovial Agromán es pionera en el proceso de internacionalización de su actividad y referente en la aplicación de las técnicas más avanzadas en la ejecución de sus obras.



ferrovial agroman

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

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

Título de la obra: ***Revista del Ministerio de Fomento, nº 633, noviembre 2013***

Año de edición: ***Diciembre 2013***

Edición digital:
1ªedición electrónica: ***Diciembre 2013***
Formato: ***PDF***
Tamaño: ***20 MB***

NIPO: 161-13-004-6
I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA incluido): 1,50 €

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

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARIA GENERAL TECNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Revista del Ministerio de
Fomento

Diciembre 2013 ● Nº 634 ● 3 €



# Tramo de alta velocidad Monforte del Cid-Murcia

● En sevicio la variante de L'Aldea en Tarragona ● Ampliación del aeropuerto de Vigo ● Nuevo radiotelescopio *Jorge Juan*

# Tecnología y Eficiencia de extendido BOSCHUNG











DIRECCIÓN COMERCIAL / TÉCNICA
Crta. de la Marañosa Km. 0,8 • A-4 Salida Km. 20 • 28320 Pinto (MADRID)
tel. 91 307 81 33 - fax 91 357 47 62 - www.emsamaquinaria.es

El camino más firme

Revista del Ministerio de Fomento

# En este número

DICIEMBRE 2013
Nº 634

Diciembre 2013 • Nº 634 • 3 €



**Tramo de alta velocidad Monforte del Cid-Murcia**

● En sevicio la variante de L'Aldea en Tarragona ● Ampliación del aeropuerto de Vigo ● Nuevo radiotelescopio *Jorge Juan*



## FERROCARRIL

**2. Trazado entre regadíos.** *Ejecución de la plataforma del tramo de alta velocidad Monforte del Cid-Murcia.*

## CARRETERAS

**10. Alternativa rápida y segura.** *La variante de L'Aldea en la N-340 suprime las congestiones en la localidad tarraconense.*

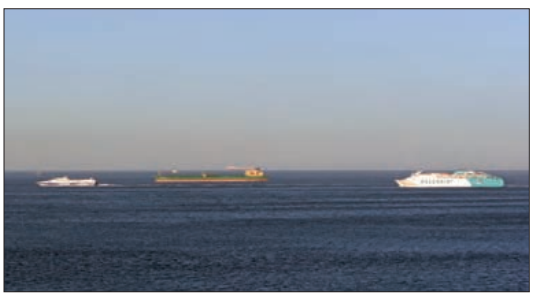
## MARINA MERCANTE

**16. Vigilancia compartida.** *La coordinación entre los centros de Salvamento de Tánger y Tarifa asegura el control del Estrecho.*

## AEROPUERTOS

**22. Peinador, en la cuenta atrás.** *La ampliación de la terminal de Vigo entra en su fase final.*







## Y además...

**28. Descifrando la Tierra.** *Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales (RAEGE).*

**34. Modelo predictivo.** *Nueva herramienta para diagnosticar el deterioro de los motores de avión.*

**38. Vocación intercontinental.** *El aeropuerto de Sevilla cumple 80 años.*

**44. Un mundo de posibilidades.** *Impresión 3D y creación de maquetas a escala.*

**51. El trazado más difícil.** *Centenario del ferrocarril Zamora-Ourense.*

**56. El valle salado de Añana.** *Las salinas de montaña más antiguas del mundo.*

**Director de la Revista:** Antonio Recuero.

**Edición:** Javier R. Ventosa. **Maquetación:** Aurelio García. **Secretaria de redacción:** Ana Herráiz. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti. **Portada:** DCE Cataluña.
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor.
**Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos)
**Colaboran en este número:** Jesús Ávila, Jaime Arruz, Artemisa Espinosa, Pepa Martín y Julia Sola Landero.

**Comité de redacción: Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín *(Subsecretario de Fomento).* **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez *(Secretario General Técnico).* **Vocales:**, María García Capa *(Directora del Gabinete de Prensa),* Pilar Garrido Sánchez *(Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda),* Eloísa Contín Trillo-Figueroa *(Jefa del Gabinete del Subsecretario),* Juan Antonio López Aragón (*Director del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras),* Mª José Rallo del Olmo *(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes),* Pedro Guillén Marina *(Director del Centro de Publicaciones)* y Antonio Recuero *(Director de la Revista).*

**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O'Donnell, 18, 5º H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPO: 161-13-005-1

**Edita:**
Centro de Publicaciones.
Secretaría General Técnica
MINISTERIO DE FOMENTO

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.



EJECUCIÓN DE LA PLATAFORMA DEL TRAMO DE ALTA VELOCIDAD MONFORTE DEL CID-MURCIA

# Trazado entre regadíos

JAVIER R. VENTOSA

El Corredor de Levante, con dos destinos mediterráneos ya en explotación (Valencia y Alicante), continúa su progresión hacia su extremo sur con la construcción del tramo que llevará el AVE a la Región de Murcia. El nuevo trazado, de 61,7 kilómetros de longitud, se desarrolla en buena parte por un paisaje de huertas y regadíos de las provincias de Alicante y Murcia, donde la plataforma de alta velocidad ya presenta un aspecto muy avanzado.



Viaducto sobre el trasvase Tajo-Segura, cerca de Orihuela.

Sacyr



Ferrovial-Agromán

Túneles de El Carrús (artificial) y de Elche, ya finalizados, al inicio del tramo.

La línea de alta velocidad Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia o Corredor de Levante, con dos tercios de su trazado ya en servicio y dos importantes destinos mediterráneos ya alcanzados (Valencia y Alicante), avanza en su proceso constructivo hacia la Región de Murcia para completar su configuración por el sur. En esta zona se construye actualmente bajo dirección de Adif el tramo Monforte del Cid-Murcia, que conectará esta comunidad autónoma a la red de alta velocidad española y formará también parte del itinerario del Corredor Mediterráneo.

Su construcción está contemplada en el programa de inversiones de alta velocidad del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI) 2012-2024 del Ministerio de Fomento. Tanto el carácter estratégico que tiene para extender la red de alta velocidad en el sureste peninsular como su elevado grado de ejecución hacen de este tramo una de las infraestructuras de alta velocidad prioritarias en la planificación del Departamento. Con una presupuesto global de 1.300 M€, ya eje-



cutado en más de la mitad, la financiación asignada en el presupuesto estatal para el año 2014 en este tramo (más de 250 M€ en las provincias de Alicante y Murcia) garantiza la continuidad de los trabajos y pone de manifiesto el compromiso del Ministerio de Fomento con esta infraestructura ferroviaria, que según el Departamento tiene prevista su entrada en servicio en el año 2015.

Actualmente los trabajos de la fase de plataforma entre Monforte del Cid y Murcia están muy avanzados, con la mayor parte del trazado y las estructuras ya ejecutados. De los nueve subtramos en que Adif ha dividido el tramo para su construcción, uno se encuentra en servicio (Acceso a Murcia), otro ha sido recepcionado por Adif (El Carrús-Elche), dos más tienen la solicitud de recepción enviada (Aspe-El Carrús y Elche-Crevillente), tres presentan una ejecución superior al 90% (Monforte del Cid-Aspe, Crevillente-San Isidro y Colada de la Buena Vida-Murcia) y los dos restantes se encuentran a más del 50% de ejecución (San Isidro-Orihuela y Orihuela-Colada de la Buena Vida). Esto significa que la plataforma está ejecutada en cerca del 90%.

Por delante quedan todavía la fase de superestructura (montaje de vías, electrificación e instalación de equipos de señalización y seguridad) y la construcción de las dos estaciones previstas en Elche y Murcia, esta última mediante una nueva solución que permitirá la llegada de la alta velocidad a la ciudad en la fecha prevista y que, además, es compatible con los futuros desarrollos de la integración urbana del ferrocarril en la capital autonómica.

## Trazado

El nuevo trazado Monforte del Cid-Murcia, de 61,7 kilómetros de longitud, discurre mayoritariamente por la provincia de Alicante y en su parte final por la de Murcia. Arranca en el nudo de Monforte del Cid, donde se bifurcan las líneas de alta velocidad hacia Alicante y Murcia, rodea la zona de expansión de Monforte del Cid y se dirige por el Vinalopó Medio hacia el sur, salvando a su paso la autovía A-31 y el río Vinalopó. En el Baix Vinalopó, al noroeste de Elche, atraviesa



Ferrovial-Agromán

Pasos superiores en el subtramo El Carrús-Elche, ya recepcionado por Adif.



Sacyr

Ejecución de trabajos de apantallamiento en el tramo urbano de Orihuela.

## Un mapa en construcción

El futuro mapa ferroviario de la Región de Murcia se configura mediante la combinación de los proyectos de los corredores de Levante y Mediterráneo, coincidentes en parte del itinerario. Así, en el Corredor de Levante, Adif construye el tramo de alta velocidad Monforte del Cid-Murcia y aguarda el dictamen ambiental del estudio informativo del tramo Murcia-Cartagena; también se están redactando los proyectos básicos de las redes arteriales ferroviarias de Murcia y Cartagena. Paralelamente, dentro del Corredor Mediterráneo, el Ministerio de Fomento prevé dos actuaciones para optimizar este eje básico para el tráfico de mercancías: por un lado, implantar el ancho UIC entre las estaciones de Murcia-Nonduermas (Carga) y Cartagena-Escombreras en la vía única existente y electrificarla. Y por otro, entre San Gabriel (Alicante) y San Isidro (Murcia) se ejecutará el cambio al ancho UIC de la vía única existente y se electrificará la línea. Actualmente se redactan los proyectos de ambas actuaciones, a desarrollar a lo largo de 129 kilómetros con una inversión de 244,3 M€. La combinación de actuaciones tendrá un fuerte impacto en la línea de Cercanías Alicante-Murcia (C-1), de 71 kilómetros, que enlaza importantes núcleos (Alicante, Elche, Orihuela, Murcia) y transportó casi tres millones de pasajeros en 2012. Su electrificación y transformación al ancho UIC mejorará las prestaciones de la línea, que ya está siendo modernizada con nuevas estaciones en Beniel, San Isidro y Callosa-Cox. Además de todas estas actuaciones ferroviarias, en 2014 se retomarán los trabajos de la variante de Camarillas (límite entre Albacete y Murcia), que mejorará la seguridad y acortará los tiempos de viaje en la línea convencional Madrid-Cartagena.

una zona montañosa mediante dos túneles de más de un kilómetro, uno de ellos bajo la A-7, por cuyo corredor se desarrolla durante parte del recorrido. En esta zona está prevista la nueva estación de Elche. Cerca de Crevillente, el trazado, siempre en dirección suroeste, se proyecta de forma anexa a la actual línea convencional Alicante-Murcia, que salvo dos variantes no abandonará hasta el final.

Ya en la Vega Baja, por terrenos de regadío, la futura línea salva la autopista AP-7 y discurre luego junto al núcleo de San Isidro, donde se construye una nueva estación de Cercanías. Afronta seguidamente el principal obstáculo del recorrido, la sierra de Callosa, un macizo erigido en medio de la planicie que atraviesa mediante un túnel de 2 kilómetros, flanqueado en sus dos bocas por sendos viaductos, situándose a la salida de nuevo junto a la línea convencional. Posteriormente, el trazado enfila hacia Orihuela, saltando previamente sobre el cauce del río Segura, y se desarrolla junto a esta población de forma soterrada. Superado el tramo urbano continúa en sentido suroeste, cruzando el trasvase Tajo-Segura mediante un viaducto.

En su parte final, ya en la provincia de Murcia, el trazado de alta velocidad discurre inicialmente junto a la localidad de Beniel, donde se ha construido una nueva estación, y acentúa a partir de aquí su marcha hacia el sur hasta conectar con la variante del Reguerón, tramo ya en servicio para tráfico mixto, que incluye el paso sobre el canal del Reguerón mediante la mayor pérgola construida en España. La variante, junto a la cual está prevista la nueva terminal de Murcia, conduce directamente al corredor de acceso a la ciudad y a la estación existente.

### Actuaciones de ingeniería

La plataforma de alta velocidad se desarrolla en su mayor parte por terrenos llanos, particularmente en sus dos últimos tercios, encontrando en su camino obstáculos naturales (montañas, barrancos, ramblas y cauces fluviales) y artificiales (autovías, carreteras, líneas férreas, acequias y canales de riego). Como soluciones de ingeniería para salvarlos se han construido o se

Dragados



Viaducto de Callosa-Cox y boca del túnel de Callosa de Segura.

Dragados



El viaducto de Callosa-Cox acogerá una estación de Cercanías elevada.



Trabajos de perforación en el túnel de Callosa de Segura.

construyen cinco túneles (que suman 5.926 metros, uno de ellos es artificial) y 24 estructuras (8.140 metros), además de varios pasos inferiores y superiores, por lo que casi una cuarta parte del recorrido discurre bajo tierra o elevado.

El principal túnel del trazado es el de Callosa de Segura, perteneciente al subtramo San Isidro-Orihuela. Se trata de un subterráneo de 2.050 metros de longitud que atraviesa la sierra del mismo nombre, con un trazado norte-sur alrededor de la localidad de Callosa de Segura y sendos viaductos en sus dos bocas. La presencia de espacios naturales sensibles y núcleos habitados cercanos es un importante condicionante para la obra. La construcción, realizada según el nuevo método austriaco (avance y destroza) mediante excavación con máquinas rozadoras y voladuras

> El tramo Monforte del Cid-Murcia extenderá el Corredor de Levante hacia su extremo sur

controladas, progresa simultáneamente desde ambas bocas, encontrando una notable resistencia en los terrenos calizos que atraviesa. La excavación se encuentra actualmente muy avanzada (1.600 metros de avance, 100 de destroza), próxima al cale. El túnel, con una sección de excavación de 130 $m^2$ y sección útil de 82 $m^2$, incluye como medi-



Dragados

das de seguridad una galería paralela y dos galerías de evacuación que suman un kilómetro (ya finalizadas).

Junto a este subterráneo, al inicio del recorrido hay otros tres túneles ya finalizados: El Murón (1.730 metros), Elche (1.288 metros) y La Temerosa (487 metros), todos con sección libre de 86 m$^2$ y construidos según el nuevo método austriaco. Prácticamente contiguo al túnel de Elche también está concluido el túnel artificial de El Carrús (371 metros).

En el capítulo de los viaductos sobresale de forma especial el que, cerca de la localidad alicantina de El Realengo, se construye sobre la línea ferroviaria convencional Alicante-Murcia, la autopista AP-7 y la carretera CV-904. Sus 1.825 metros de tablero lo convierten en el mayor de todo el Corredor de Levante y lo sitúan en la lista de los diez más largos de la red de alta velocidad en España. Se trata de una estructura de planta curva compuesta por 49 vanos, con luces de entre 37 y 40 metros, y pilas con altura máxima de 15,4 metros. El tablero está formado por vigas de tipo artesa de 2,7 metros de canto y losa de compresión hormigonada *in situ* sobre prelosas de encofrado. La cimentación es profunda mediante pilotes prefabricados hincados. Las pilas convencionales son de fuste único, con sección hueca rectangular achaflanada, disponiéndose cuatro pilas-pórtico para el cruce sobre la línea férrea y dos vanos hiperestáticos para el paso sobre la AP-7. Dadas las dimensiones de las vigas, se creó una planta de prefabricación a pie de obra junto al viaducto para realizar el hormigonado y la primera fase del tesado.



Ferrovial-Agromán

*Tramo de acceso al túnel de Elche, en paralelo a la autopista AP-7.*



Ferrovial-Agromán

*Plataforma acabada en el subtramo El Carrús-Elche.*

Israel Sánchez/La Verdad



*Plataforma sobre la pérgola del Reguerón, en el acceso a Murcia.*

## Actuaciones principales en marcha

Los subtramos San Isidro-Orihuela y Orihuela-Colada de la Buena Vida, en la Vega Baja alicantina, concentran actualmente las principales actuaciones del trazado Monforte del Cid-Murcia. En el primero se construye el mayor túnel del tramo a través de la sierra de Callosa, así como dos viaductos en sus bocas y la estación de Cercanías de Callosa-Cox. Se trata de una obra difícil por la complicada orografía del terreno y porque discurre junto a espacios protegidos y cerca de poblaciones. Para minimizar el impacto de la obra se han adoptado medidas de protección en la microrreserva Cueva Ahumada (con especies de flora endémicas), en el paraje natural La Pilarica y en una Zona Especial de Protección de Aves cercana, así como acciones de integración paisajística de los túneles. Y para garantizar la seguridad durante las obras se desarrollan distintas actuaciones, entre ellas el afianzamiento de laderas, el control de las vibraciones, la inspección de edificios próximos al trazado en Callosa de Segura, Cox y pedanías cercanas o la instalación de pantallas para proteger a los edificios adyacentes al túnel.

El segundo subtramo incluye cuatro viaductos y un soterramiento, con una sucesión de tramos en altura, rasante o subterráneo en tan poco espacio (6,8 km) que genera un trazado con una singular agrupación de rampas. En el casco urbano de Orihuela se desarrolla la implantación del nuevo trazado de alta velocidad. Las obras han obligado a desplazar la línea convencional y a construir una terminal provisional a 300 metros de la existente, afectando a la movilidad viaria urbana. La actuación incluye la ejecución de pantallas verticales de hormigón a lo largo de casi 800 metros. Finalizadas las obras se requerirán medidas de integración urbana, entre ellas nuevos accesos y la urbanización del entorno.

En Beniel, con nueva estación de Cercanías en pleno límite autonómico (entre las provincias de Murcia y Alicante), también están previstas actuaciones para mejorar la integración paisajística y urbana (corredor verde, pantallas acústicas, caminos de servicio) y la permeabilidad de la zona (pasarela y accesos peatonales).

En la parte sur del trazado se sitúa otro viaducto singular. Se trata del que, una vez superada Orihuela, salva el trasvase Tajo-Segura y la carretera del propio trasvase con un perfil alomado. Esta estructura de 1.008 metros de longitud, ya terminada y con la prueba de carga completada el pasado 6 de noviembre, se asienta sobre 28 vanos (todos de 36 metros de longitud) y 27 pilas con una altura que oscila entre los 7 y los 14 metros, que cruza sobre los tubos del trasvase con un gálibo de 2 metros. El tablero está formado por 56 vigas de 175 toneladas cada una, izadas mediante grúas autopropulsadas, y la cimentación ha sido profunda mediante pilotes prefabricados de hormigón de 40 metros de profundidad media, dados los suelos blandos del lugar detectados por el estudio geotécnico.

Otros viaductos relevantes por su longitud son el de Orihuela (991 metros) y los de Callosa-Cox (742 metros) y Redován (589 metros, que acogerá una estación de Cercanías elevada), ambos situados en las dos bocas del túnel de Callosa de Segura, y actualmente en fase de ejecución; y por su tipología, el que cerca de Orihuela salva el río Segura, una estructura en arco-celosía metálica de 36 metros, ya construido. En general, los viaductos del tramo son estructuras formadas por vigas prefabricadas tipo artesa o con sección de cajón monocelular postesado.

Entre las estructuras del tramo también son resaltables un viaducto tipo pérgola sobre la línea Alicante-Murcia, de 335 metros, en el subtramo Crevillente-San Isidro, y sobre todo la pérgola que salva el canal del Reguerón, ya a la entrada de Murcia, en servicio desde 2008, como la variante de la que forma parte. Sus 366 metros la consagran como la mayor pérgola de la alta velocidad española. Con 42 metros de anchura, esta estructura presenta un trazado en esviaje de 23º y está formada por 100 vigas prefabricadas de hormigón de tipo artesa, de 140 toneladas de peso cada una. La pérgola soporta una plataforma apta para tres vías, dos de ancho UIC y una de ancho ibérico, ya utilizadas por trenes convencionales. ■

Revista del Ministerio de

# Fomento







# TRENES HISTÓRICOS Y TURÍSTICOS EN ESPAÑA

*Monográfico julio-agosto 2012*











GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

RESERVE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 6478 / 6449
Por fax: 91 597 61 86 (24 horas).
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

LA VARIANTE DE L'ALDEA SUPRIME LAS CONGESTIONES EN LA LOCALIDAD TARRACONENSE

# Alternativa rápida y segura



R. F. Fotos: DCE Cataluña

El Ministerio de Fomento ha puesto en servicio la variante de l'Aldea en la N-340, una actuación que mejora la movilidad en la zona y evita la conflictiva travesía por esta localidad tarraconense. Se trata de una nueva carretera convencional de 8,3 kilómetros de longitud que da respuesta a la reivindicación histórica en materia de infraestructuras de esta población, cuyos vecinos han convivido durante años con retenciones de tráfico diarias y una elevada accidentalidad.



*Enlace Norte de la variante y conexión con la antigua N-340.*

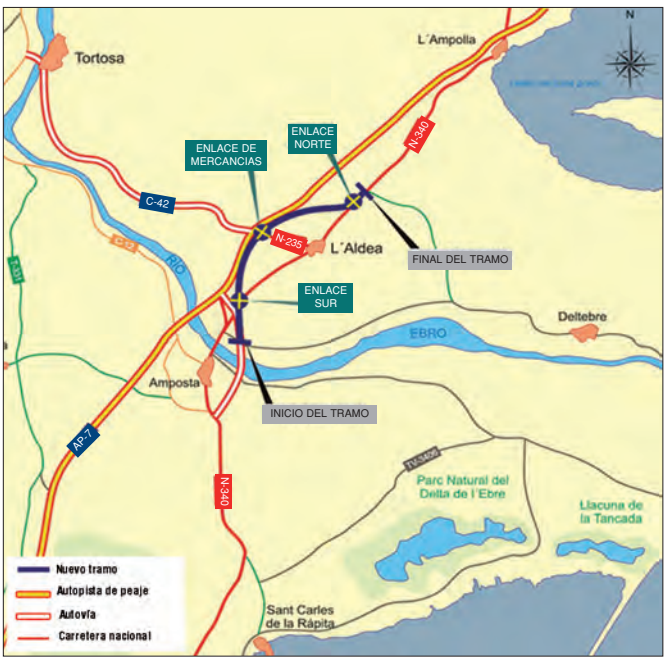


La variante discurre muy cerca de la autopista del Mediterráneo (AP-7).



Solución en pérgola para el cruce de la variante y la vía del tren.

> La infraestructura ha sacado del núcleo de L'Aldea buena parte de los 17.000 vehículos que lo atravesaban a diario




La travesía de L'Aldea (4.530 habitantes), en el Bajo Ebro (Tarragona), ha sido desde hace tiempo un punto negro de la red viaria española. Esta población ha crecido históricamente a lo largo de la carretera N-340, conformada en esta zona por una recta de 2,4 kilómetros de longitud, semaforizada y con pasos de cebra, (el *carrer* Major o del Mig), que divide en dos mitades tanto el núcleo originario como el contiguo barrio de l'Hostal, y en la que además confluye la carretera nacional N-235.

La recta de L'Aldea ha soportado durante años elevados niveles de tráfico (en 2013 una media de 17.000 vehículos/día, de ellos 4.500 pesados), generando continuas retenciones y trastornos a automovilistas y vecinos de esta población, además de constituir un peligro por su elevada siniestralidad. La demanda de una alternativa a esta problemática travesía ha sido una reivindicación histórica de la localidad.

«Si alguna obra hacía falta a Cataluña, esta era la de L'Aldea». Con estas palabras, y con el reconocimiento a la paciencia vecinal, la ministra de Fomento, Ana Pastor, justificó el pasado 3 de octubre la necesidad de la actuación que a partir de ese día, cuando se abrió oficialmente al tráfico, puso fin a la conflictiva travesía. Se trata de una variante de la N-340, construida al oeste del núcleo urbano, que constituye una alternativa más rápida y segura para los tráficos de largo y medio recorrido.

Desde su puesta en servicio, el tráfico de la N-340 se ha canalizado preferentemente hacia la nueva infraestructura y ha abandonado progresivamente la travesía urbana, ya solo utilizada por los tráficos locales, lo que ha beneficiado



*Inicio de la variante, con dos carriles por sentido en esta zona. A su derecha, la antigua carretera N-340.*

tanto a los automovilistas, que han ganado en fluidez en sus desplazamientos, como a los vecinos, que han visto recuperada la paz perdida y aumentada sustancialmente su seguridad. Ahora el Ayuntamiento estudia convertir la antigua carretera en una vía urbana.

El Ministerio de Fomento ha invertido 40,94 M€ en la nueva variante, que se comenzó a construir en 2009. De esa cantidad, 29,14 M€ constituyen el presupuesto de obra, a los que se han sumado la inversión en la redacción del estudio informativo y del proyecto, el importe estimado de las expropiaciones y el coste de la asistencia técnica para el control y vigilancia de la obra.

## Características

La variante es una carretera de nuevo trazado de 8,3 kilómetros de longitud. Las obras fueron ejecutadas por Construcciones Sando,S.A. y contaron con la asistencia técnica de Typsa. Desde su inicio hasta el PK 1.4 es una vía de doble calzada con dos carriles por sentido, que se reduce a calzada única (dos carriles de 3,5 metros de anchura y arcenes de 2,5 metros) hasta el final de la variante. Ha sido diseñada para velocidades de 100 km/h.

El trazado, que discurre por los términos municipales de L'Aldea y Camarles, se inicia en la salida del puente sobre el río Ebro de la anterior variante de Amposta. Se aleja de la antigua carretera N-340 para aproximarse a la autopista del Mediterráneo (AP-7), cruza el ferrocarril y discurre posteriormente entre el trazado de la autopista y el del ferrocarril, al noroeste del núcleo urbano de L'Aldea. Hacia el final del trazado se aleja de la AP-7, manteniéndose muy cercano a la línea férrea, para finalizar enlazando de nuevo con la antigua N-340.

## Enlaces

A lo largo del trazado se han construido tres enlaces a distinto nivel. El primero, enlace Sur, conecta con la antigua N-340, que accede a L'Aldea por el sur, y con la carretera de Amposta. En esta carretera se ha construido una glorieta que permite acceder al ramal de acceso a la autopista AP-7, a la Torre de la Candela y a una industria cercana. El segundo, enlace de Mercaderías, conecta con la carretera N-235 que se dirige al barrio de L'Estació de L'Aldea y permite acceder a la cercana autopista AP-7 a través de una glorieta, que da servicio, asimismo, a la carretera autonómica C-42 a Tortosa y al polígono de Mercaderías. Y el tercero, enlace Norte, conecta con la antigua N-340 que accede a L'Aldea (barrio de L'Estació) por el norte y al Lligallo del Gànguil (Camarles), así como con vías de servicio y caminos municipales que permiten el paso a las propiedades colindantes.

Se han construido dos viaductos, once pasos inferiores y ocho pasos superiores que salvan obstáculos naturales y artificiales (barrancos Pixadors y Mas Roig, ferrocarril), reponen caminos y vías pecuarias interceptadas por el trazado (coladas de la Bur-



*A lo largo del trazado de la variante se han construido tres enlaces. En la imagen, enlace de Mercaderías.*

jassènia y de L'Aldea), o forman los enlaces a distinto nivel construidos.

Entre ellas, destaca el paso superior de la línea de ferrocarril Barcelona-Valencia. Esta estructura es un marco construido *in situ*, que se asimila a una pérgola. Las dimensiones interiores de la estructura son de 15,4 metros de anchura, 5,9 metros de altura y 84 metros de longitud. Para poder construirla se realizó un desvío de la vía férrea de 1,2 kilómetros de longitud. Por otra parte, también se han construido 29 obras de drenaje que dan continuidad a las aguas en las vaguadas que cruza la nueva carretera.

El presupuesto para la implementación de las medidas de prevención y corrección del impacto ambiental ha ascendido a un total de 1,6 M€. Entre ellas destacan el seguimiento arqueológico de la obra, la instalación de pantallas acústicas en las zonas más sensibles al ruido, la adecuación de los cauces afectados por las obras y la ejecución de dos pasos de fauna.

Tras la entrada en servicio de la variante se han continuado ejecutando trabajos en sus conexiones inicial y final, por lo que durante un tiempo se han producido cortes parciales de circulación. Se trata de diversos trabajos de realización obligada después de la puesta en servicio de la infraestructura, debido a la imposibilidad de cortar totalmente la carretera antigua sin tener abierta al tráfico la nueva variante. ■

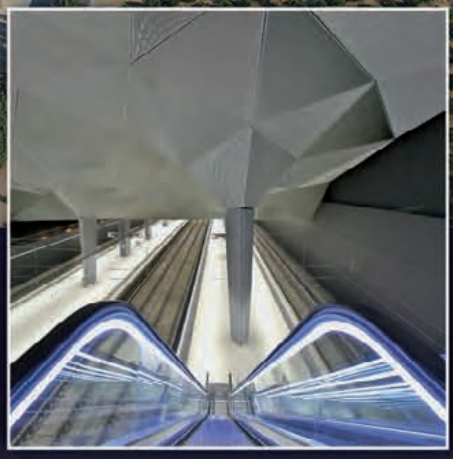
## Magnitudes de obra

| | |
|---|---|
| **Movimiento de tierras** | |
| Desbroce de terreno | 326.000 $m^2$ |
| Excavación | 233.000 $m^3$ |
| Terraplén o pedraplén | 1.000.000 $m^3$ |
| **Explanaciones** | |
| Suelo estabilizado | 74.000 $m^3$ |
| Cemento para suelo estabilizado | 4.800 T |
| Suelo seleccionado tipo 2 | 2.075 $m^3$ |
| **Firmes** | |
| Suelo cemento | 48.200 $m^3$ |
| Zahorra artificial | 15.860 $m^3$ |
| MBC G-20 | 23.180 Tm |
| MBC D-20 | 30.500 Tm |
| MBC M-10 | 183.550 $m^3$ |
| MBC D-12 | 2.997 Tm |
| **Estructuras** | |
| Hormigón | 25.530 $m^3$ |
| Acero | 1.060.000 kg |
| Vigas prefabricadas | 1.088 m |

VARIANTE DE L'ALDEA. ASISTENCIA TÉCNICA A LA DIRECCIÓN DE OBRA



Estudios de factibilidad técnica y supervisión de las obras del del Sistema de Transporte Colectivo Metropolitano Indios Verdes - Ecatepec, México



Control y vigilancia en las obras de construcción de la integración del ferrocarril en la ciudad de Logroño, La Rioja



Proyecto de la intersección, a 5 niveles, de la autopista I-10 con la SR-303L en el condado de Maricopa, Arizona

# detrás de grandes obras siempre hay una gran ingeniería

- Conocimiento, experiencia, capacidad técnica e independencia empresarial.
- 2.000 profesionales de la consultoría al servicio de la inversión en infraestructuras y equipamientos, tanto en España como en el mercado internacional.
- Desarrollo propio de tecnologías aplicadas y nuevos sistemas avanzados. Más de 30 proyectos de I+D+i en marcha.
- Exportación de ingeniería española a todos los continentes, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

TYPSA
INGENIEROS CONSULTORES Y ARQUITECTOS

www.typsa.com

LA COORDINACIÓN ENTRE LOS CENTROS DE TÁNGER Y TARIFA ASEGURA EL CONTROL DEL ESTRECHO

# Vigilancia compartida




R. F.

El pasado 12 de noviembre Tarifa Tráfico solicitaba a su homólogo al otro lado del Estrecho, Tánger Tráfico, que asumiera por completo, durante dos horas, el control y seguimiento de buques debido a las labores de mantenimiento que, supuestamente, se iban a realizar en el centro español. Se culminaba así con éxito un simulacro, que había comenzado semanas antes, destinado a garantizar la vigilancia compartida en esa peculiar zona de navegación.



Por el estrecho de Gibraltar, una pequeña franja de mar de apenas 9 millas náuticas (algo más de 14 kilómetros) que separa el continente europeo del africano, navegan 300 buques cada día, según los últimos datos de registro que maneja la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima, entidad adscrita al Ministerio de Fomento a través de la Dirección General de la Marina Mercante.

Es una de las zonas del mundo que soporta mayor densidad de tráfico marítimo debido a su situación geográfica, punto obligado de paso para todos los buques cuyas líneas unen los puertos del Atlántico y norte de Europa con los del Mediterráneo, pero también los que tienen como origen o destino puertos de las costas de Asia y golfo Pérsico, a través del canal de Suez. A todo ello se suma el creciente número de transbordadores y naves de gran velocidad que transitan entre la Península y el norte de África.



El CCS de Tarifa está enlazado con el de Tánger mediante sistemas de seguimiento y comunicación.

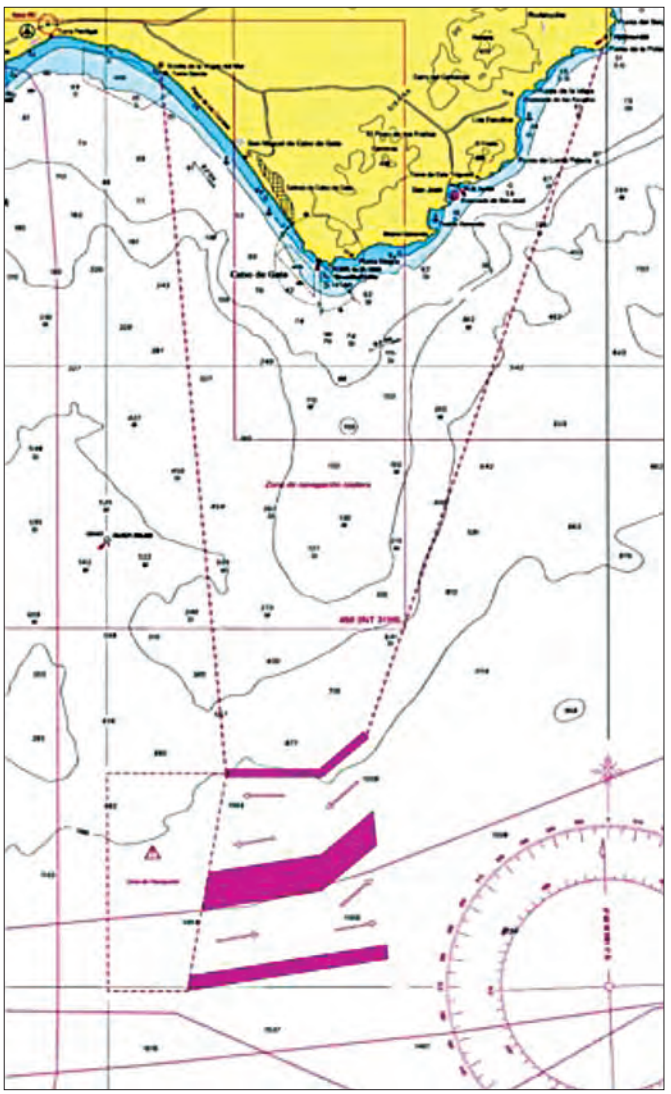


Gráfico del Dispositivo de Separación de Tráfico (DST) del Estrecho.

## Procedimiento operativo

Derivado de la Resolución MSC.300 (87), existe un procedimiento operativo conjunto entre los centros de Tánger Tráfico y Tarifa Tráfico, firmada el 27 de abril de 2011, que tras ser aprobado por la Dirección General de la Marina Mercante cubre aspectos de:

- Identificación de buques.
- Estadísticas.
- Infracciones al Reglamento de Abordajes.
- Coordinación en el suministro de información meteorológica a los barcos y sobre sucesos de búsqueda y rescate.
- Procedimiento en situaciones en las que uno de los centros quede fuera de servicio por avería o trabajos de mantenimiento en los equipos.



Centro de Control de Salvamento de Tarifa, que controló en 2012 más del 70% del tráfico marítimo en el Estrecho.

Son más de 100.000 embarcaciones al año que deben ser controladas, supervisadas y guiadas a través de los «pasillos» marítimos que ordenan el tránsito para evitar incidentes a su paso por el Estrecho. Una labor que hasta diciembre de 2010 se realizaba en su totalidad desde el Centro de Salvamento Marítimo en Tarifa, pero que desde la entrada en vigor de la Resolución MSC.300 (87), de la



Organización Marítima Internacional (OMI), se gestiona de forma conjunta entre los dos países.

Al norte el centro tarifeño, al sur el Centre de Surveillance du Trafic Maritime de Tánger; ambos asumen desde esa fecha un sistema compartido de notificación de buques por el que el tráfico se reparte entre la orilla española y la marroquí: las embarcaciones que proceden del Atlántico deben comunicarse con el centro tangerino, y las que vienen del Mediterráneo deben hacerlo con el de Tarifa. Se divide así la gestión y se evita el doble reporte de los barcos.

En cifras, durante 2012 el centro tarifeño controló un total de 70.232 buques, y el marroquí 39.163, una diferencia en volumen que se debe al mayor tránsito que recae sobre la gestión española, especial-



*Los buques que atraviesan el estrecho de Gibraltar navegan por «pasillos» marítimos predeterminados que minimizan las incidencias.*

mente derivado del tráfico de *ferris* y embarcaciones de pasajeros que cubre la línea entre Algeciras y Ceuta.

## Simulacro de control

Ambos centros están permanentemente coordinados y en contacto, a través de los sistemas de seguimiento y comunicación, para garantizar los servicios proporcionados a la navegación y el nivel de seguridad. Algo que tuvo muy en cuenta la OMI al establecer que en el caso de que uno de ellos quedara inoperativo, por averías o bien por labores de mantenimiento, el otro debería asumir por completo el seguimiento del tráfico marítimo hasta la recuperación operativa del primero.

> Sobre ambos centros recae el ordenamiento del tránsito de los más de 100.000 buques que navegan cada año por la zona

Una labor que ambos centros ya llevan a cabo y que se comprobó mediante dos supuestos virtuales de inoperatividad de los equipos a ambos lados del Estrecho, con el consecuente control total por uno u otro.

«Se trataba no solo de comprobar que la coordinación funcionaba, sino también de familiarizar a los operadores en este procedimiento», asegura Adolfo Serrano, coordinador del Centro de Salvamento Marítimo en Tarifa.

Así, el 29 de octubre, Tánger Tráfico pedía al centro español que se hiciera cargo del total de las operaciones durante dos horas por una supuesta avería, y días más tarde fue el español el que solicitaba esta ayuda. Como afirma Adolfo Serrano, «afortunadamente, como los equipos están más que duplicados es realmente difícil que ocurra que alguno de los dos centros quedáramos inoperativos». Y es que ambos disponen de equipos técnicos y humanos muy similares.

Durante la simulación, además, el centro español permaneció a la escucha continua de las operaciones desarrolladas por su homólogo marroquí, sin intervenir en la conversación, comprobando que efectivamente los barcos que navegaban por su zona de control recibían la información y el soporte necesario, con total normalidad, identificándose en su nombre.

Un simulacro de gestión compartida, culminado con éxito, que mejora las labores de coordinación en el Estrecho y garantiza la seguridad de los buques que transitan entre ambas orillas. ■

## Resoluciones y gestión del tráfico

Ya a finales de los años sesenta del pasado siglo la Organización Marítima Internacional (OMI) estableció un Dispositivo de Separación de Tráfico (DST) en el estrecho de Gibraltar para ordenar los flujos en las direcciones este y oeste, con el objetivo de incrementar la seguridad de la navegación en la zona.

Desde entonces ese dispositivo ha ido variando. Con la construcción del nuevo puerto de Tánger-Med, en la costa norte de Marruecos, ambos países presentaron conjuntamente a la OMI una propuesta de modificación del DST para integrar con seguridad los nuevos flujos que necesariamente iba a generar la nueva infraestructura. La propuesta fue aprobada por el Comité de Seguridad Marítima y entró en vigor el 1 de julio de 2007, estableciendo dos zonas de precaución: una frente a Tánger-Med y la otra entre Algeciras y Ceuta.

También se establecía, desde aquel momento, el sistema de notificación obligatorio para todos los barcos y se especificaba que una vez que Marruecos dispusiera de un centro preparado para asumir el servicio, debería hacerlo, y que ambos países deberían acordar la forma de evitar el doble reporte de los buques.

Así ocurrió en diciembre de 2010, con la puesta en marcha del servicio internacional del Centre de Surveillance du Trafic Maritime de Tánger, momento desde el que, de forma coordinada, ambos se dividen el control del tráfico en el Estrecho.

Revista del Ministerio de

# Fomento





# VIADUCTOS SINGULARES DEL SIGLO XXI

## (CARRETERAS)





**MONOGRÁFICO**
Julio-Agosto 2013

PVP: 6 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es





R. F. Fotos: AG Aena

Las obras de ampliación de la terminal aeroportuaria de Vigo, que se desarrollan sin interferir en su actividad diaria, avanzan a buen ritmo. A su conclusión, prevista para la próxima primavera, el aeropuerto habrá ganado mayor capacidad operativa y podrá ofrecer unas instalaciones de primer nivel a sus usuarios.



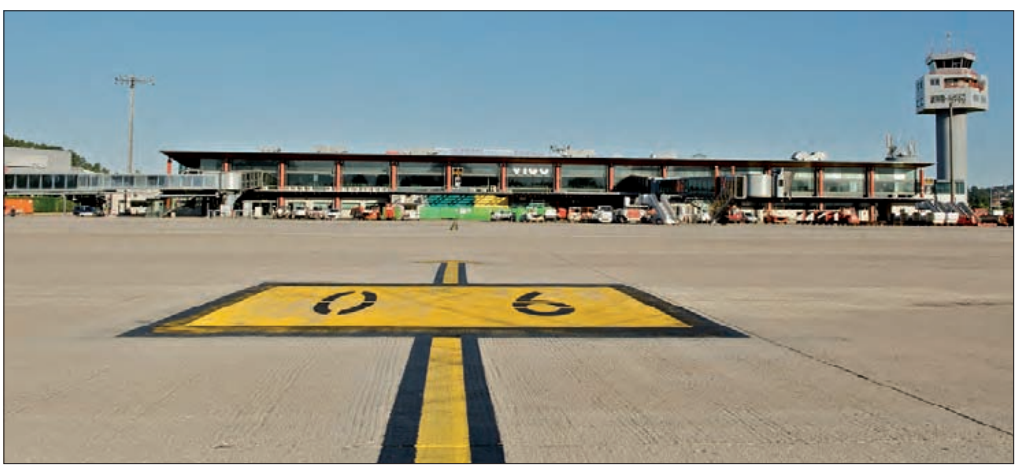
LA AMPLIACIÓN DE LA TERMINAL DE VIGO ENTRA EN SU FASE FINAL

# Peinador, en la cuenta atrás









Tras la entrada en servicio el pasado 28 de octubre de las nuevas zonas de embarque, llegadas y facturación, la ampliación del edificio Terminal del aeropuerto vigués de Peinador suma una nueva etapa en su proceso de modernización y mejora, que concluirá previsiblemente hacia la próxima primavera, una vez finalicen las obras ya iniciadas en su zona central.

Las obras de ampliación del aeropuerto vigués, adjudicadas a la alianza de empresas San José y Copasa, se iniciaron por ambos extremos del edificio, sus alas norte y sur, y se han ido desarrollando en sucesivas etapas hacia la zona central a fin de no interferir ni el tráfico habitual de pasajeros ni el desarrollo normal de otras actividades.

El pasado año quedaron ya concluidas las obras correspondientes a la ampliación de la zona sur, que supusieron la entrada en servicio de dos nuevas puertas de embarque para vuelos no Schengen, además de la ampliación de la sala de embarque y el vestíbulo de salida.




Dársenas de autobuses en el exterior del edificio terminal.




La inversión ejecutada hasta ahora en la ampliación de la terminal ascienden a unos 33 M€.



En ese mismo año se completó también la construcción de un nuevo área comercial y de restauración, así como del control de seguridad. También se completó el acceso subterráneo a la zona de aparcamientos, igualmente ampliada.

En conjunto, la inversión ejecutada ya en la terminal aeroportuaria viguesa ha ascendido a unos 33 M€, lo que representa más del 83% de la inversión total, en cuya financiación ha participado también el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (Feder).

## Última fase

En la actualidad se desarrolla la fase final de las actuaciones en la zona central de la terminal, que afecta a unos 2.720 metros cuadrados y que se corresponde con el antiguo edificio. Comprende la otra mitad de la sala de llegadas, así como las de la sala de recogida de equipajes y de los mostradores de facturación que no se vieron afectados en la anterior fase de obras. Se está procediendo asimismo a la integración y adaptación de todos los interiores a las líneas arquitectónicas del nuevo proyecto, obra del arquitecto César Portela, cuya propuesta potencia tanto la mejora de la accesibilidad y funcionalidad de todas las instalaciones y servicios como la luminosidad en todo el recinto, especialmente a través del

> La reforma en marcha permitirá casi triplicar la superficie de la terminal viguesa

lado aire, cuya fachada se configura como un gran panel acristalado abierto al campo de vuelos y al paisaje de Peinador. En el lado tierra se conjugan granito y vidrio.

La gran reforma acometida en la terminal viguesa permitirá una notable mejora de su operatividad, al aumentar su superficie desde los 8.700 metros cuadrados de la antigua terminal a algo más de 22.000 metros cuadrados al término de las obras en la primavera próxima. Con la remodelación, la planta sótano de las nuevas instalaciones acogerá el control y tratamiento de equipajes en bodega, así como otras zonas para almacenes y equipos de mantenimiento. En la planta baja se alojará toda la zona de facturación con sus correspondientes mostradores, control de seguridad, recogida de equipajes, vestíbulo de llegadas y las áreas de restauración y comerciales. La planta primera acogerá la zona de salidas y dispondrá de cuatro pasarelas de embarque, y en la planta segunda, resultado de una elevación de la cubierta, se alojarán oficinas, el departamento de meteorología y otros equipos técnicos. ■



*Acceso por carretera a la fachada principal de la terminal viguesa.*




*La zona central de la terminal dispone en su primera planta de cuatro pasarelas de embarque. Debajo, nueva puerta de embarque.*



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

# Centro virtual de publicaciones

Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales




SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

www.fomento.gob.es




**RECOPILACIÓN ESPECIAL DE REPORTAJES PUBLICADOS EN LA REVISTA ENTRE 2009 Y 2012 Y OTROS DE NUEVA EDICIÓN**

*Una selección de antiguos trazados ferroviarios, hoy acondicionados por el Programa de Vías Verdes, para descubrir la naturaleza y el patrimonio histórico de los territorios que surcaron a través de 30 rutas accesibles para todos.*






PVP: 10 €

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es



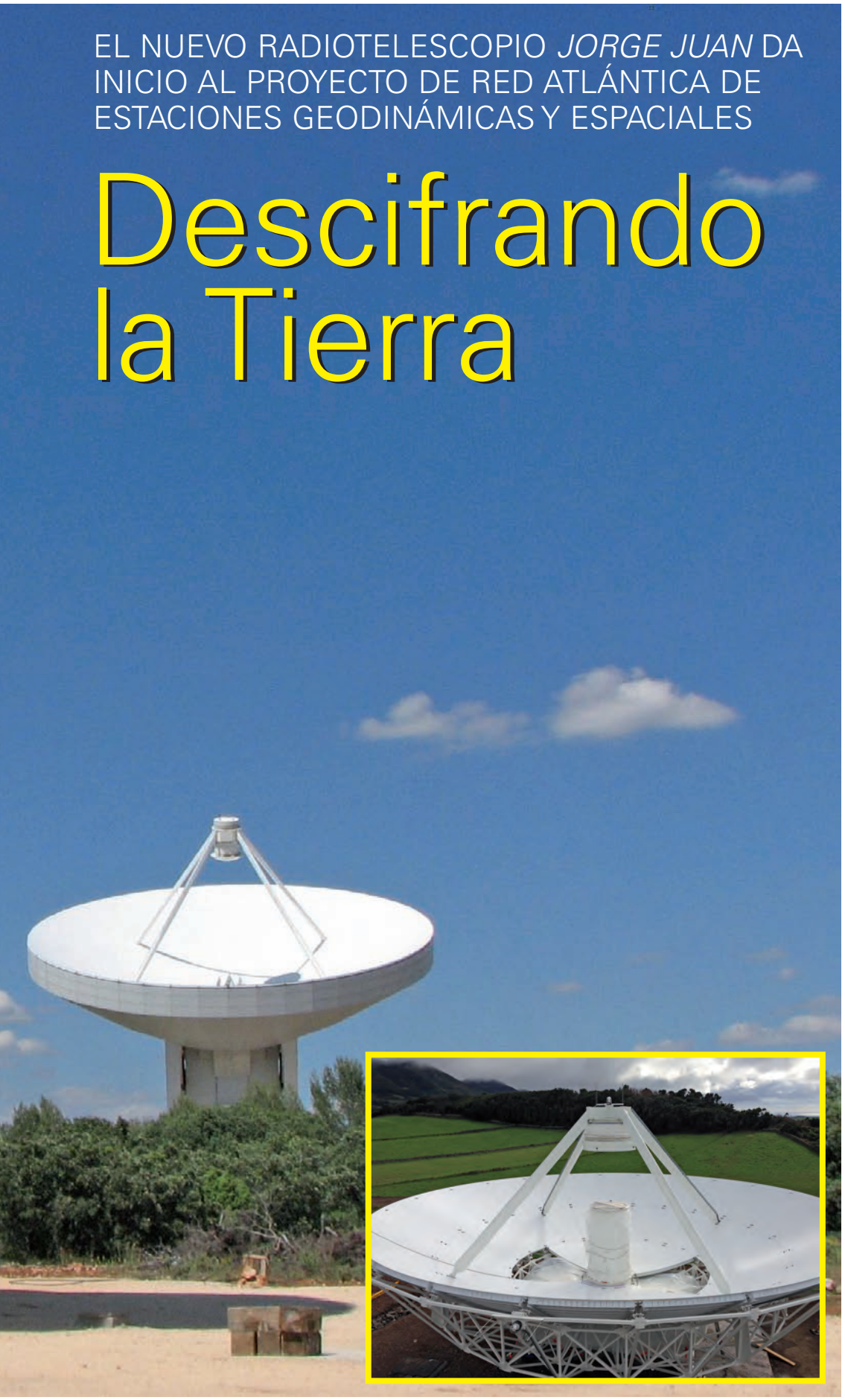
*En primer plano, el nuevo radiotelescopio Jorge Juan del proyecto RAEGE en el Observatorio de Yebes (Guadalajara). En la foto inferior, montaje de la antena del radiotelescopio instalado en la isla de Santa María (Azores).*

EL NUEVO RADIOTELESCOPIO *JORGE JUAN* DA INICIO AL PROYECTO DE RED ATLÁNTICA DE ESTACIONES GEODINÁMICAS Y ESPACIALES

# Descifrando la Tierra

PEPA MARTÍN
FOTOS: IGN

El Ministerio de Fomento apuesta fuerte por RAEGE, un proyecto conjunto hispano-portugués materializado a través de un acuerdo entre el Instituto Geográfico Nacional y el Gobierno Regional Autónomo de Azores. Se trata de una iniciativa que se inscribe a su vez dentro de un proyecto internacional más ambicioso: el nuevo Sistema Global de Observación Geodésica (GGOS), que a través de la técnica VLBI (Interferometría de muy Larga Base) instalará en los cinco continentes 40 radiotelescopios de nueva generación especialmente diseñados para ello.



De ese conjunto de radiotelescopios, el primero que ha entrado en funcionamiento en la nueva red hispano-portuguesa es el que el Instituto Geográfico Nacional ha instalado en el Observatorio de Yebes (Guadalajara), bautizado como *Jorge Juan* en honor al insigne cosmógrafo y marino que en el año 1736 participó en la expedición que determinó la forma y medida del meridiano terrestre.

Para ello, el Ministerio de Fomento ha invertido a través del Instituto Geográfico Nacional (IGN) 13,5 M€ –4 de ellos en el nuevo radiotelescopio– de los 22,5 M€ que costará la Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales (RAEGE), que tendrá su continuidad en Tenerife y en las islas portuguesas del archipiélago de las Azores, donde se situarán otros dos radiotelescopios: uno en la placa tectónica africana (en Santa María, donde ya ha comenzado también la instalación de su antena) y otro en la placa tectónica americana (en Flores).

Cada una de estas cuatro estaciones estará equipada con un radiotelescopio con las especificaciones VLBI2010 (13,2 metros de diámetro, capaz de operar a frecuencias de hasta 90 GHz y muy alta velocidad de giro), un gravímetro, y una estación permanente del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS). En Yebes se contará además con un sistema de posicionamiento por láser a satélites (SLR).

Varios de los 40 telescopios que integran el proyecto global están en construcción en diferentes puntos estratégicos de nuestro planeta, repartidos en todos los continentes: Europa (Alemania, Suecia, Noruega y Rusia), Asia (Japón), Oceanía (Australia y Nueva Zelanda) y América (Estados Unidos), entre otros lugares.

Este complejo proyecto de observación intercontinental tiene entre sus principales objetivos el establecimiento y mantenimiento de precisos sistemas de referencia, así como conocer y entender mejor los procesos geofísicos que afectan a grandes áreas geográficas o que se dejan sentir a escala mundial, como son la tectónica de placas terrestres, el movimiento de los polos, el cambio climático, los terremotos o los tsunamis. Así, se-




*Localización de las dos estaciones de RAEGE en las Azores, una en la isla de Santa María (placa tectónica africana) y otra en la isla de Flores (placa tectónica americana).*



*La ministra de Fomento y la presidenta de Castilla-La Mancha, ante el radiotelescopio Jorge Juan, el pasado 21 de octubre.*

## Un centro de referencia

El Observatorio del Instituto Geográfico Nacional en la localidad alcarreña de Yebes es uno de los diez centros de investigación científica plenamente español clasificados como Gran Instalación Científica.

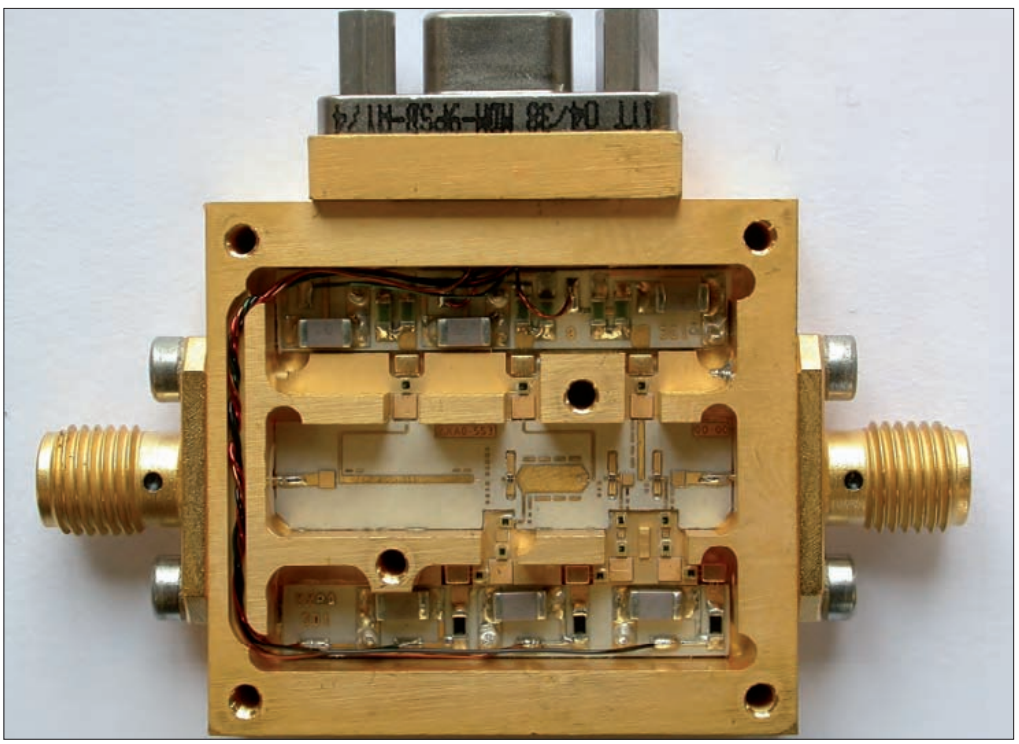
Ubicado a una altitud de 980 metros sobre el nivel del mar, este lugar ofrece buenas condiciones para una estación de observación radioastronómica, ya que la media de vapor de agua precipitable es de 6 milímetros con mínimos de 2 milímetros en invierno, la velocidad del viento es inferior a 5 m/s durante el 90% del tiempo y el número de días con precipitaciones de nieve no supera la semana en un año.

En este centro base, en el que trabajan numerosos ingenieros y técnicos, se realizan diseños y desarrollos tecnológicos en todos los campos de la radioastronomía, desde la recepción de la señal cósmica hasta su procesado y análisis: ajuste de superficies colectoras (holografía), receptores criogénicos, amplificadores de bajo ruido, alimentadores y otros componentes.

Para ello cuenta con un laboratorio para el desarrollo de instrumentación que funciona desde los años setenta, y en sus cúpulas alberga los instrumentos de aplicación. En aquellos tiempos se instaló un radiotelescopio de 14 metros de diámetro para ondas milimétricas dotado de un sistema de control por ordenador, receptores y espectómetros para el análisis de las señales.

En el año 2008 se puso en funcionamiento un radiotelescopio de 40 metros de diámetro para ondas centimétricas y milimétricas dedicado a observaciones de Interferometría de Muy Larga Base (VLBI) y de antena única. Cuenta también con una estación geodésica GPS, complementaria a la red geodésica VLBI, y con un pabellón de gravimetría. Además, dispone de otros dos telescopios ópticos (un astrógrafo doble de 40 cm de apertura y un telescopio solar de 15 cm de apertura), un pabellón de divulgación científica y otras instalaciones para residencia y comedor.





*Equipos del laboratorio de microondas del Observatorio de Yebes. Abajo, amplificador HEMT criogénico (de muy bajo ruido) para la banda 4-12 GHz, diseñado y construido en Yebes.*

rá posible predecir con más exactitud los procesos geodinámicos y establecer estrategias de prevención frente a los riesgos naturales.

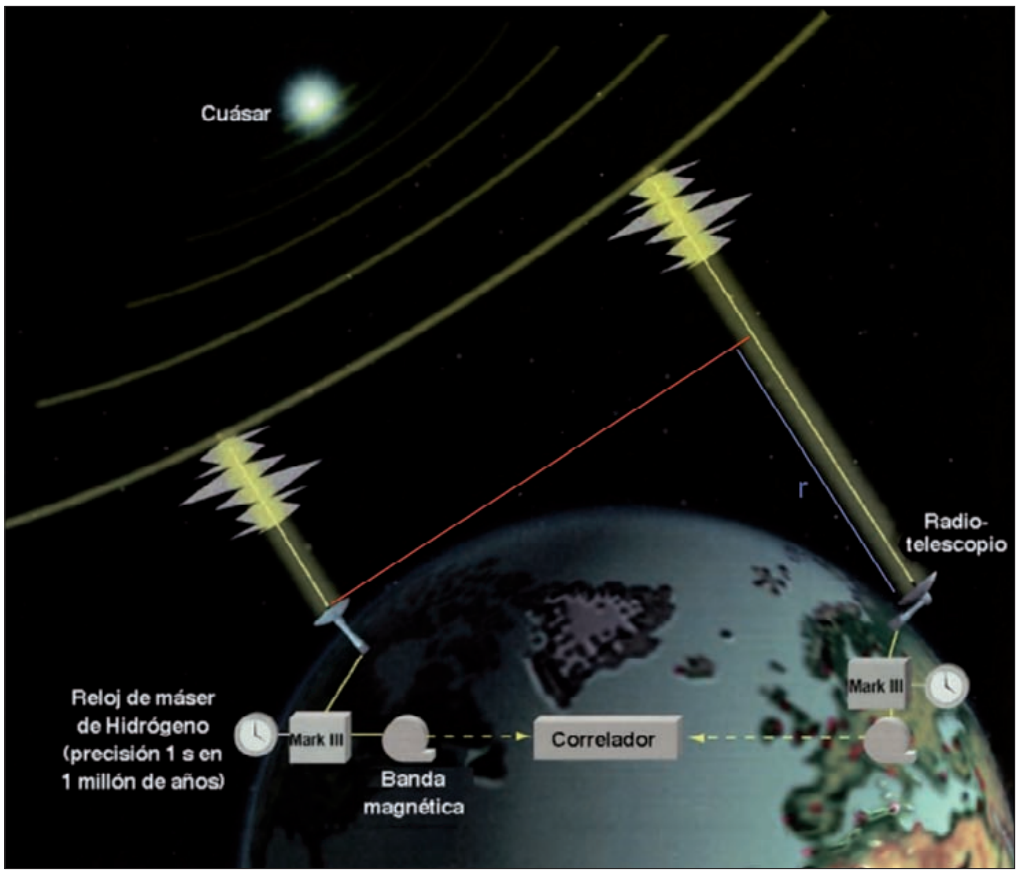
Además de la proyección internacional que significa la participación en este proyecto, supondrá una estrecha colaboración científica y técnica al más alto nivel con Portugal y permitirá a nuestro país mantenerse en una posición puntera en la radioastronomía mundial.

## Antecedentes

El precedente de la Interferometría de Muy Larga Base (VLBI), cuyas técnicas son el fundamento del proyecto RAEGE, y en la que el Instituto Geográfico Nacional atesora ya una gran experiencia desde que en el año 1993 pasara a formar parte de la Red Europea VLBI y fundara el Instituto Conjunto para VLBI en Europa (JIVE), hay que buscarlo en la técnica denominada síntesis de apertura, desarrollada por el radioastrónomo inglés *sir* Martin Ryle, que recibió el premio Nobel de Física por su aportación al desarrollo de la interferometría. Consiste en coordinar la observación de objetos celestes por un conjunto de antenas y comparar las señales captadas, que son finalmente procesadas mediante un ordenador especial (el correlador). Gracias a ello, el conjunto de antenas desplegado puede actuar como una sola antena de mucho mayor tamaño, ya que su diámetro equivale a la distancia que hay entre todas ellas.

La resolución de un radiotelescopio aumenta con su tamaño y con la frecuencia de observación. La resolución del radiotelescopio de 40 metros de diámetro del Observatorio de Yebes es del orden del minuto de arco, similar a la del ojo humano. Los interferómetros, sin embargo, permiten alcanzar resoluciones que van del segundo de arco –el equivalente a percibir un objeto de un metro a la distancia de 200 kilómetros– a resoluciones mucho mayores. El frente de onda emitido por los objetos celestes llega a cada antena en instantes ligeramente diferentes, en función de la geometría del interferómetro. Cuando las antenas del interferómetro están separadas a distancias de cientos a miles de kilómetros (que es el caso de la Interferometría de Muy Larga Base), las señales captadas se registran en una banda magnética o en un disco, que son remitidos a su vez al correlador en un formato que incluye los tiempos de llegada de las señales. Es allí donde se procesan y comparan los datos recibidos.

En la actualidad ya es posible transmitir los datos de los radiotelescopios al correlador a través de fibra óptica, lo que permite procesar los datos del interferómetro en tiempo real. Desde el Observatorio de Yebes se transmiten ya flujos de datos a un ritmo de 1 Gbit/seg, teniendo capacidad de alcanzar hasta 10




*La Interferometría de Muy Larga Base (VLBI) permite observar objetos astronómicos y determinar distancias intercontinentales con mayor precisión que ninguna otra técnica.*

## Origen de la radioastronomía

El origen de la radioastronomía se sitúa en 1932, cuando Karl Jansky, un ingeniero que estudiaba las interferencias de las comunicaciones telefónicas por radio entre Europa y EE UU, detectó de forma casual la emisión de ondas radio procedentes de un objeto astronómico, que más tarde identificó como la emisión del plano de nuestra galaxia, la Vía Láctea. Para ello utilizó una antena que captaba interferencias a muy bajas frecuencias de radio, que no estaba concebida para hacer observaciones de fuentes astronómicas. Debido a su escasa resolución angular, no distinguía bien la localización del origen de la señal detectada.

Estos descubrimientos quedaron un tanto olvidados hasta, que después de la Segunda Guerra Mundial, los ingenieros que desarrollaron el radar los aplicaron a estudiar las fuentes astronómicas de ondas radio. Empezaron entonces a desarrollar antenas, dispositivos capaces de captar las ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio y son captadas en un receptor que las amplifica. Se fueron perfeccionando así antenas especialmente concebidas para captar radiofuentes celestes, con resoluciones angulares más amplias, de tamaños muy grandes y simetría circular, para que el pixél fuera circular en el cielo y tuviera la misma resolución angular en todas las direcciones, además de para concentrar la mayor cantidad de energía posible en el punto donde está el receptor que capta las señales.

Y es que la energía captada por las antenas es muy débil; tanto que, si se sumara la registrada en todos los radiotelescopios del mundo durante todas las horas de observación desde que se captó la primera emisión en 1932 hasta hoy en día, y se concentrara en un centímetro cúbico de agua, no aumentaría su temperatura más de uno o dos grados. Es por esa debilidad de las señales captadas que se necesitan antenas de gran tamaño.

Y otro motivo es que la resolución angular es tanto mayor cuanto mayor es el diámetro de antena, y esto tiene sus limitaciones, entre otras el hecho de que son estructuras que llegan a pesar cientos de toneladas, con un alto coste económico. Afortunadamente, la Interferometría de Muy Larga Base ofrece soluciones a muchos de esos problemas.

Gbit/seg de transmisión al correlador EUN/JIVE en Holanda.

En un interferómetro VLBI, la combinación de los datos de las diferentes antenas equivale al trabajo de una sola antena tan grande como la distancia entre las mismas (por lo tanto, hasta miles de kilómetros), y las resoluciones pasan a ser del orden de la décima de un milisegundo de arco. Si un segundo es un metro a 200 kilómetros, un milisegundo es un milímetro visto a 200 kilómetros, y una décima sería un milímetro visto a 2.000 kilómetros. Esta resolución equivaldría, por ejemplo, a ver desde Madrid dos emisores separados un milímetro de distancia situados en Berlín, y distinguir si el que está emitiendo es el de la derecha o el de la izquierda.

## Aplicaciones

La técnica VLBI ofrece numerosas ventajas y aplicaciones. Por una parte, permite observar objetos astronómicos con gran resolución angular (la mayor posible en la actualidad), alcanzando por tanto una nitidez superior a la que proporciona cualquier otra técnica astronómica. La medida y modelización del retardo que existe entre la llegada del frente de onda a cada antena permite actualmente determinar la distancia y posición relativa entre ellas con precisiones de un centímetro en distancias intercontinentales (es decir, de miles de kilómetros).

De este modo, la VLBI aporta datos para analizar los movimientos de las placas tectónicas (la deriva de los continentes), una información de gran valor para el estudio de la génesis de terremotos. De hecho, esta técnica permitió en los años 70, mediante antenas situadas en distintos continentes, medir cuáles eran los movimientos de las placas



Pabellón de gravimetría del Observatorio de Yebes.

tectónicas, y comprobar, además, que eran coherentes.

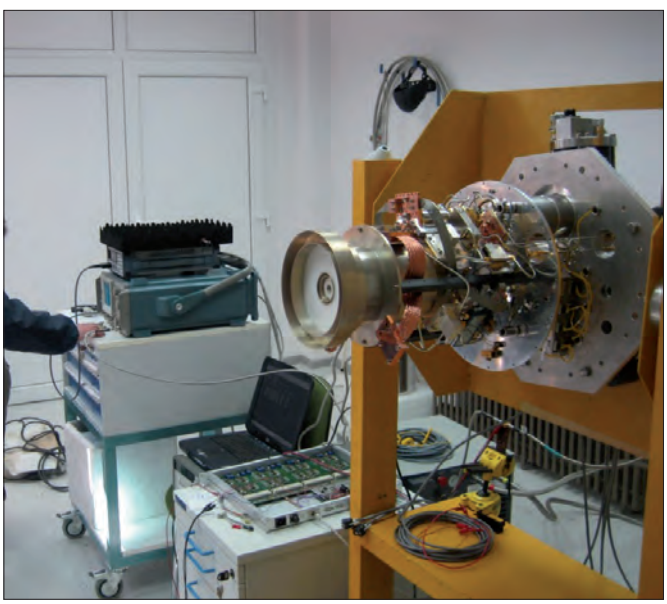
Otra de las aplicaciones de este sistema es la geodesia de precisión, necesaria para medir con regularidad la posición concreta de la superficie terrestre, actualizar los sistemas de referencia y comprobar de esta forma que una distancia entre dos puntos puede experimentar variaciones a lo largo de los años debido, por ejemplo, a que los continentes se desplazan. Es un hecho constatado que África y Sudamérica encajan y se han separado, pero ahora podemos comprobar también que anualmente el océano Atlántico se está ensanchando a razón de unos dos centímetros al año.

Todo ello permite conocer mejor los diversos procesos de orogénesis o de formación del relieve, dado que la actividad geológica de la Tierra proviene de esos movimientos. También contribuye a dotar de mayor precisión a los modernos sistemas globales de posicionamiento por satélite (GPS /GNSS). Esto se debe a que los GNSS proporcionan posiciones de alta precisión sobre la superficie terrestre, pero para ello hay que conocer las órbitas de dichos satélites. Con VLBI las observaciones de objetos celestes proporcionan un sistema de referencia estable y preciso, independiente de otros efectos terrestres que sí sufre la técnica GNSS.

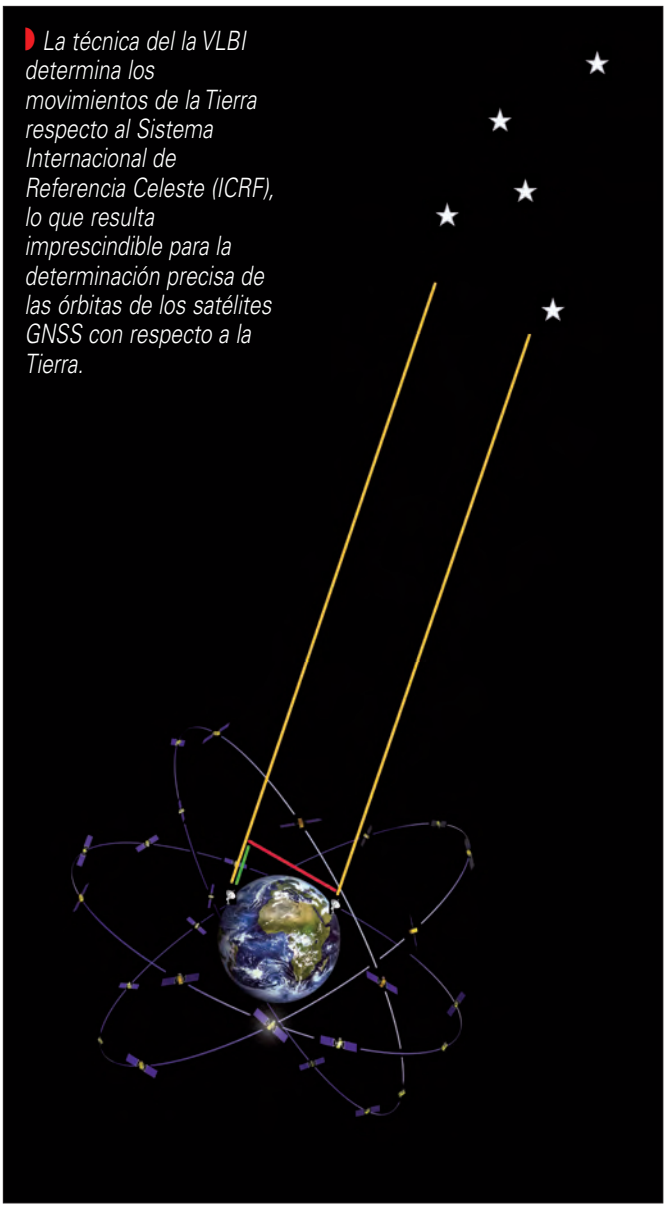
Otra aplicación igualmente interesante es que, a partir de la medida de la distancia precisa entre dos antenas VLBI, también podemos conocer la duración exacta de cada día, que no siempre es la misma porque el giro de la Tierra sobre sí misma varía unos milisegundos dependiendo, por ejemplo, de la velocidad de los vientos del océano Pacífico, que pueden aminorar o acelerar la velocidad del movimiento de rotación.

Y más allá de las aplicaciones prácticas, por lo que se refiere a la observación del cosmos, la grandísima resolución angular de la VLBI permite ver detalles en los objetos astronómicos que no sería posible a través de otras técnicas, como es el caso de los agujeros negros, las supernovas, las lentes gravitacionales o las envolturas circunestelares. ■

> El proyecto RAEGE permitirá conocer mejor los procesos físicos que afectan a grandes áreas geográficas del planeta



Receptor tribanda, uno de los desarrollos técnicos de RAEGE.



La técnica del la VLBI determina los movimientos de la Tierra respecto al Sistema Internacional de Referencia Celeste (ICRF), lo que resulta imprescindible para la determinación precisa de las órbitas de los satélites GNSS con respecto a la Tierra.

NUEVA HERRAMIENTA PARA DIAGNOSTICAR EL DETERIORO DE LOS MOTORES DE AVIÓN

# MODELO PREDICTIVO

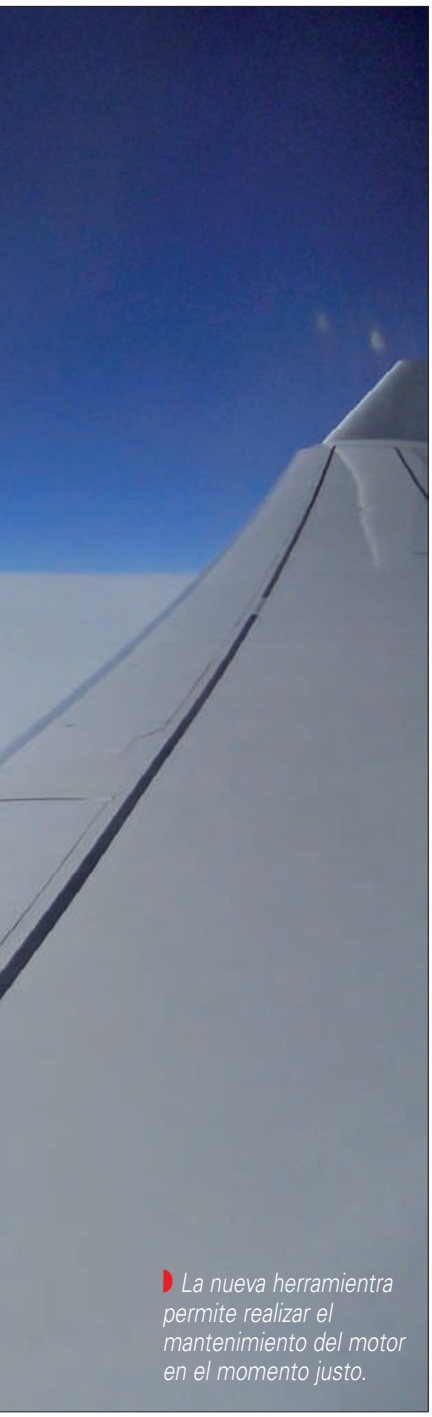


JAIME ARRUZ

Detectar posibles errores y problemas y lograr un mantenimiento más eficaz y rentable. Eso es lo que permite el modelo de inteligencia artificial creado por investigadores de la Universidad de Oviedo, prediciendo la vida útil de los motores de los aviones y relacionando el nivel de deterioro con el coste de su mantenimiento.

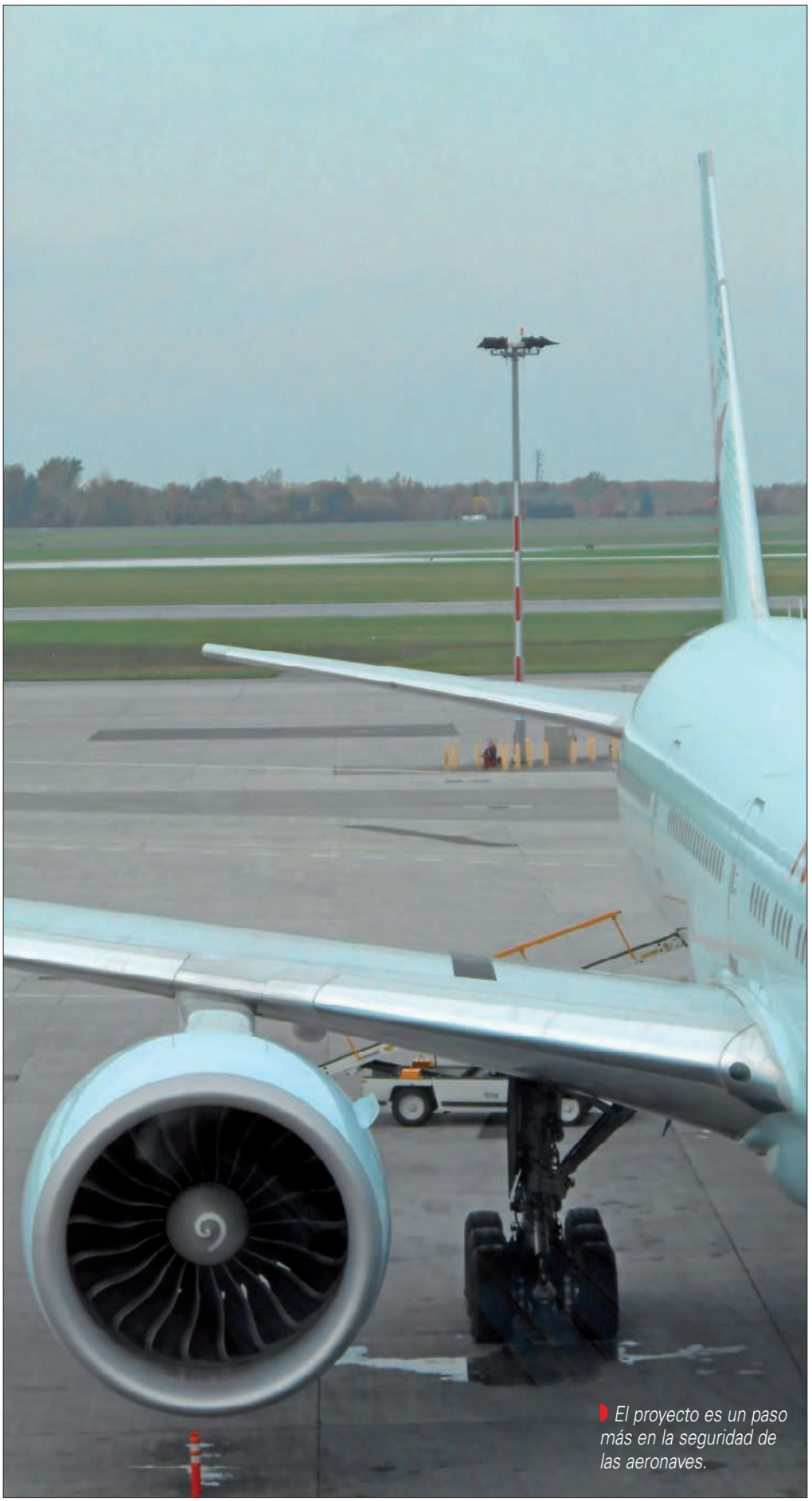
La seguridad es uno de los pilares sobre los que se asienta la industria aeronáutica. Y las grandes compañías destinan importantes recursos para que sus departamentos de I+D+i desarrollen todo tipo de soluciones que contribuyan a incrementar la seguridad de las aeronaves. Junto a ello, otra parcela prioritaria actualmente está relacionada con la eficiencia energética.

A ambos temas puede contribuir positivamente el nuevo dispositivo de predicción del tiempo de vida de un motor, mediante técnicas innovadoras de ingeniería de datos, que han puesto en marcha los profesores Luciano Sánchez e Inés Couso y el doctorando Álvaro Martínez, miembros todos ellos del Gru-



*La nueva herramientra permite realizar el mantenimiento del motor en el momento justo.*

po de Metrología y Modelos del Departamento de Informática de la Universidad de Oviedo (UniOvi). Cuentan con el apoyo de Rolls Royce, especialista en propulsores para el sector de la aviación, así como la financiación, en el caso de los docentes, del Ministerio de Economía y Competitividad a través del Plan Nacional de Investigación (Proyecto TIN2011-24302).



*El proyecto es un paso más en la seguridad de las aeronaves.*

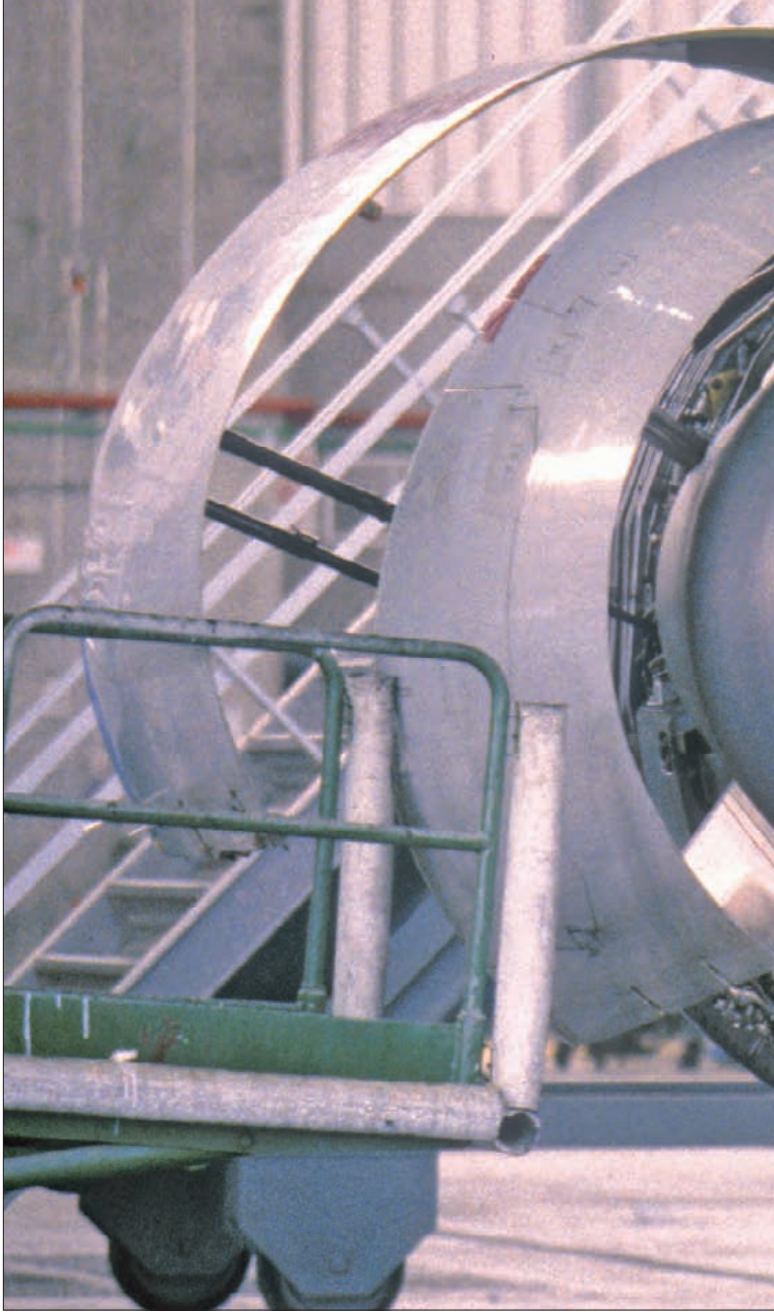
## Premios internacionales

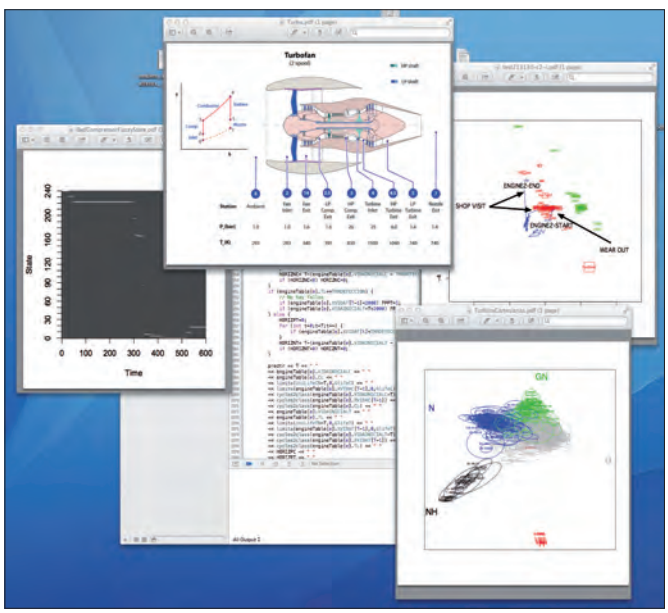
Ya se han llevado a cabo una serie de test para evaluar el funcionamiento de este modelo predictivo y todos ellos han arrojado un alto porcentaje de fiabilidad. Los investigadores de la Universidad de Oviedo tienen previsto finalizar su trabajo en el primer trimestre del 2014 con la previsible lectura y defensa de la tesis doctoral que recoge todo el proyecto.

Además de los ensayos, el nuevo dispositivo predictivo de motores que han creado Luciano Sánchez, Inés Couso y Álvaro Martínez ya ha sido presentado en sociedad, en concreto en Fuzz-IEEE 2013, la conferencia internacional sobre sistemas de lógica difusa que se celebró en Hyderabad (India) del 7 al 10 de julio de 2013. El equipo de la UniOvi recibió el premio 'Best Paper Award'.

Rolls Royce también ha distinguido esta innovación de desarrollo español, en concreto la filial alemana (Rolls Royce Deutschland), valorándola como la mejor del año en el marco de sus premios '2013 Innovation Award for Publications'. El proyecto creado por los componentes del Grupo de Metrología y Modelos del Departamento de Informática de la Universidad de Oviedo ha sido seleccionado entre todos los desarrollados por el departamento de I+D de Rolls Royce en colaboración con diversas universidades europeas.







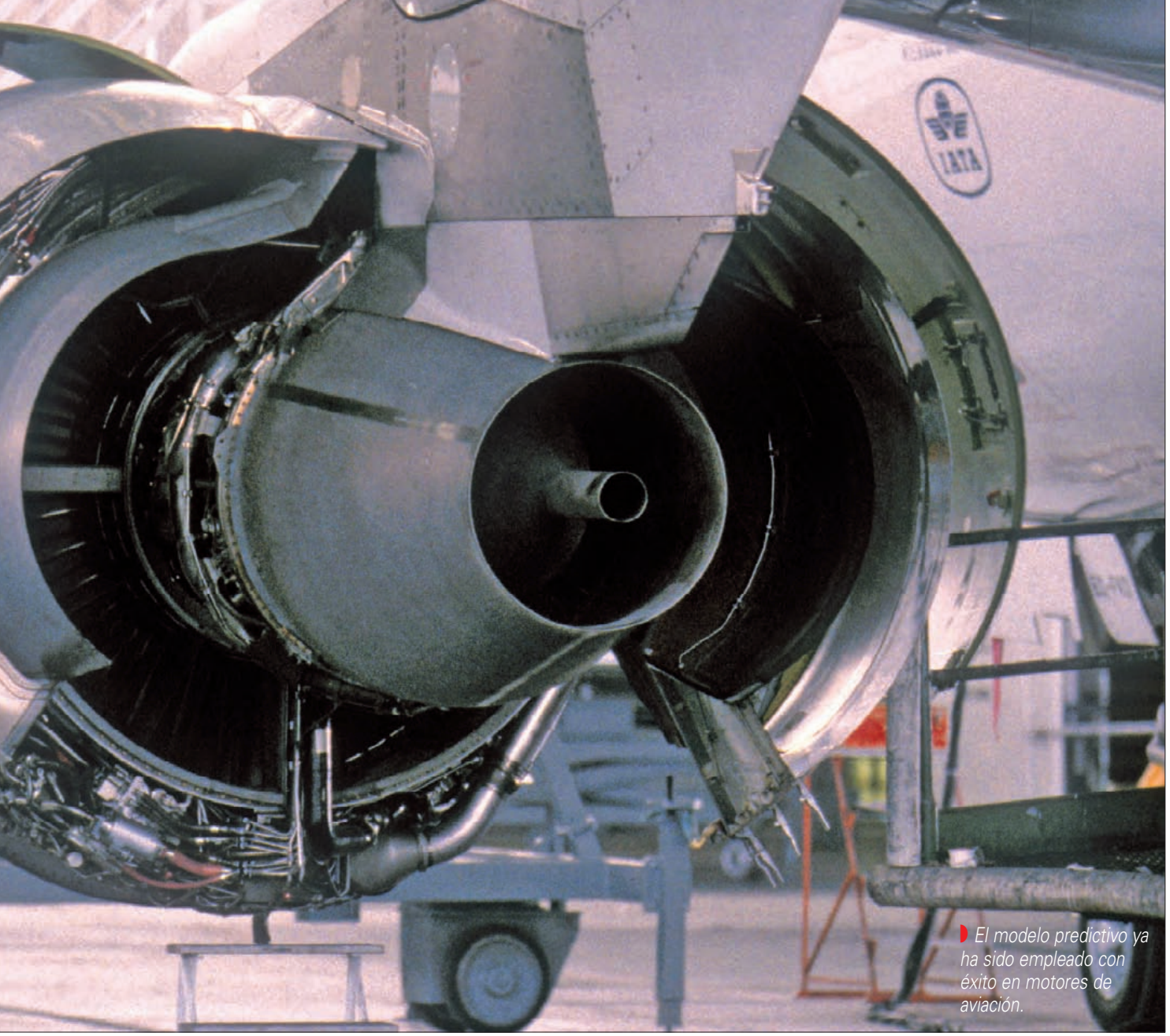

Dpto. Informática UniOvi

*El proyecto de la UniOvi concluirá en el primer trimestre de 2014.*

### Vida útil

Este modelo predictivo permite aproximarse a la vida útil restante del motor analizado después de calcular la desviación que existe entre los datos de vuelo recogidos en las diferentes mediciones y los valores esperados. La valiosa información que aporta facilita que el mantenimiento específico de cada motor analizado se pueda realizar en el momento justo, minimizando la posibilidad de que surjan imprevistos y problemas mecánicos. Además, la capacidad de anticiparse a los posibles fallos permite reducir sustancialmente los costes directos e indirectos de mantenimiento.

En concreto, el modelo predictivo puesto en marcha por la UniOvi realiza de forma remota un análisis del deterioro del compresor y la turbina del motor, lo que permite adelantar o retrasar las revisiones al momento óptimo en que deben ejecutarse. El trabajo de los investigadores de la UniOvi toma en cuenta diferentes mediciones a través de unos modelos basados en lógica difusa (*fuzzy logic*) y algoritmos evolutivos, que ya han sido probados con éxito en la flota de motores BR700-715 de Rolls Royce. Éstos propulsores son empleados por com-



*El modelo predictivo ya ha sido empleado con éxito en motores de aviación.*

pañías aéreas como Vueling, Hawaiian Airlines o Air Transat, entre otras.

Actualmente, los sistemas de mantenimiento de los motores de los aviones recopilan numerosos datos, desde las condiciones externas y de vuelo hasta los requisitos de funcionamiento exigidos para calcular las condiciones en que se encuentran. Esos resultados se ponen en relación con el deterioro medio de la flota, identificando así los posibles problemas y fallos. Con el nuevo modelo de predicción desarrollado por el equipo de UniOvi, es posible predecir tendencias ocultas en el deterioro interno del motor, anticipándose a ciertos tipos de fallos y permitiendo un diagnóstico más eficiente.

> Con el nuevo modelo es posible predecir tendencias ocultas en el deterioro interno del motor y anticiparse a ciertos fallos

## Huellas y variables

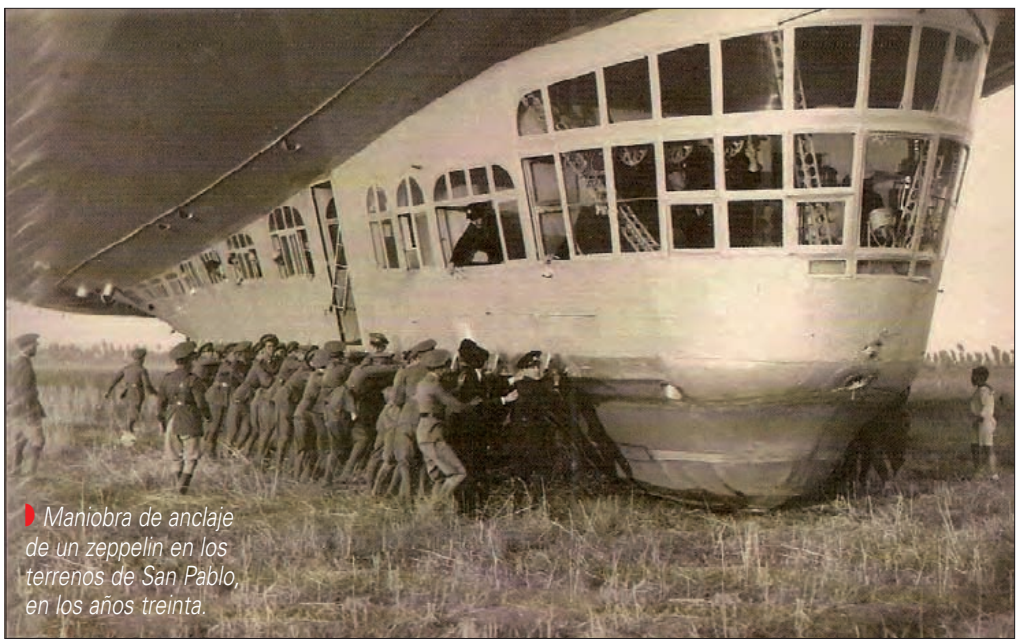
Así, se pueden buscar en las señales de los datos de vuelo unas huellas características, combinaciones de variables que, aun estando en su rango de funcionamiento normal, ocurren con alta probabilidad antes de que se produzca un deterioro del motor. Además, es posible extender las mediciones de las variables de salud al futuro y realizar un diagnóstico de las señales extrapoladas, de forma que se logre pronosticar una avería.

Por todo ello, la principal innovación de este proyecto radica en el uso de la inteligencia computacional para aprovechar de forma más eficaz toda la información de la que ya se disponía, que habiendo sido generada por un sistema previo no se estaba sacando todo el partido posible.

Además, es de destacar que las tecnologías desarrolladas para este modelo predictivo no son de aplicación exclusiva a los motores de avión, sino que tras un pequeño proceso de adaptación son potencialmente utilizables en otros tipos de propulsores que puedan ser controlados de forma similar, como podrían ser los aerogeneradores o los motores de una flota de barcos, por ejemplo. ■




Airbus A380 en el aeropuerto hispalense en mayo de 2007.



Maniobra de anclaje de un zeppelin en los terrenos de San Pablo, en los años treinta.

EL AEROPUERTO DE SEVILLA CUMPLE 80 AÑOS

# Vocación intercontinental

R. F. Fotos: AG Aena

Con un tráfico anual que hoy supera los cuatro millones de pasajeros, el aeropuerto de la ciudad hispalense cumplió el pasado 11 de julio 80 años de actividad. Levantado en los terrenos de un viejo cortijo para servir de plataforma trasatlántica a los dirigibles Zeppelin, sus instalaciones han sido grandes protagonistas de la historia de la aviación en nuestro país.

Cerca de las 8 de la tarde, un 11 de julio de 1933, la imponente silueta del mítico dirigible *Graf Zeppelin* comenzaba a descender en las flamantes instalaciones del Cortijo de San Pablo, a una decena de kilómetros al noroeste de la capital hispalense. Procedente de Brasil, además de la tripulación transportaba a 18 pasajeros alemanes que fueron agasajados con vino, refrescos y gazpacho andaluz antes de partir, tras una escala de unas tres horas, hacia su destino final en Friedrichshafen, en la Alemania meridional, donde la compañía Zeppelin tenía su sede a orillas del lago Constanza.

Durante la escala, un pequeño incidente estuvo a punto de truncar los actos de celebración, pues el dirigible rompió uno de los postes de anclaje y comenzó a ascender inesperadamente. Afortunadamente, la tripulación de retén se hizo con su control y lo devolvió a tierra intacto, donde se pudo concluir el repostaje y la carga de aprovisionamiento. Luego, cerca ya de la medianoche, con todos los pasajeros ya embarcados, el dirigible prosiguió viaje con absoluta normalidad.

## Primeros pasos

No era la primera vez que un dirigible Zeppelin surcaba el cielo sevillano. En 1929, el primer *Graf Zeppelin* diseñado para vuelos trasatlánticos ya había hecho la ruta Basilea-Burdeos-Lisboa-Sevilla-Tánger-Málaga-Barcelona-Marsella-Basilea con algún prototipo en pruebas. Y un 16 de abril de 1930 aterrizaba al fin por primera vez en la finca de Hernán Cebolla, cedida por el torero Ignacio Sánchez Mejías, donde se levantó un improvisado aeródromo, que debía servir de primeros fundamentos de un proyecto más ambicioso de un consorcio hispano-alemán participado por la compañía Colón, promovida entre otros por Jorge Loring y varios industriales y comerciantes vascos, con presencia de Emilio Herrera como delegado del Gobierno, y la compañía fundada por el conde Zeppelin.




*Las instalaciones actuales acogen vuelos de 15 compañías aéreas.*



*La funcionalidad es uno de los rasgos característicos que definen a la terminal hispalense.*

El proyecto inicial era crear en Sevilla una gran plataforma para operar la ruta Sevilla-Buenos Aires con al menos el vuelo de un dirigible de unos 15.000 kilogramos de capacidad total (pasajeros y efectos postales) de carga al mes. La compañía germana mostró inicialmente un gran interés en el desarrollo del proyecto, pues contemplaba la creación de una factoría de dirigibles, lo que le permitía sortear las restricciones impuestas a Alemania por el tratado de Versalles. Pero las dificultades de capitalización de la Colón fueron aplazándolo y, como consecuencia, los directivos de la Zeppelin buscaron otras alternativas.

Finalmente, ya en 1933, bajo la República, el Gobierno retomó el interés de levantar en Sevilla una terminal intercontinental y reemprendió las negociaciones con la empresa alemana, para que los dirigibles la adoptaran como escala y como centro logístico en sus vuelos al continente americano, y con el Ayuntamiento sevillano para la cesión de terrenos. Una comisión, encabezada por Indalecio Prieto como ministro de Obras Públicas, descartó los terrenos



*El aeropuerto tiene su origen en el proyecto para una plataforma de escala para zeppelines alemanes. En la foto, un dirigible surca el cielo de Sevilla.*

de Hernán Cebolla y eligió los de San Pablo, cedidos libres de cargas por un particular. La Junta de Obras del puerto de Sevilla asumió el proyecto de construcción del aeropuerto que, además de una estación de anclaje de dirigibles, comprendía un hangar con capacidad para acoger otro más, depósitos de gasolina, agua e hidrógeno y vías de acceso.

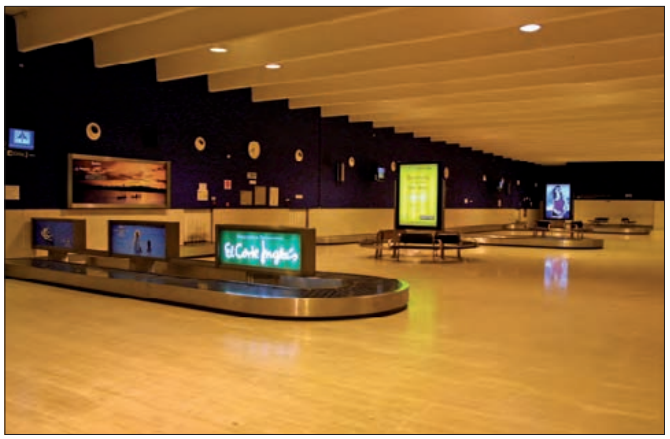
> Más de 4,2 millones de pasajeros transitaron en 2012 por el aeropuerto sevillano

## Proyecto truncado

Mientras las obras de la estación de dirigibles y la adquisición de mejores equipos de radiocomunicaciones se desarrollaban con lentitud por las dificultades presupuestarias, los zeppelines siguieron utilizando San Pablo como escala ocasional en sus vuelos interoceánicos desde Estados Unidos y Sudamérica hacia Alemania y viceversa. Hubo por lo menos dos acuerdos para que la Deutsche Zeppelin desarrollara algunas de las instalaciones necesarias, como las de fabricación y suministro de hidrógeno, a cambio del uso del aeropuerto. El último de ellos se suscribió el 10 de julio de 1936. Solo diez días más tarde aviones procedentes de




*El aeropuerto de Sevilla operó en el año 2012 más de 48.500 vuelos procedentes tanto de España como de otros países.*



Sala de recogida de equipajes del aeropuerto.



Captar nuevas rutas y operadores es uno de los objetivos del aeropuerto.



El interior de la terminal sevillana, con sus características arcadas, es producto de la reforma acometida de cara a la Expo de 1992.

Canarias con tropas sublevadas tomaban el aeropuerto militar de Tablada. La Guerra Civil ponía fin así al sueño de que el aeropuerto de San Pablo despegara como gran plataforma intercontinental.

La alianza de Iberia y Lufthansa, gestada durante la contienda civil, supuso que en los años posteriores los aliados impusieran severas restricciones a los vuelos internacionales desde suelo español, a fin de evitar que fueran utilizados por el espionaje alemán para el seguimiento de sus operaciones en el norte de África y el Mediterráneo y sur de Italia.

Concluida la Guerra Civil, hacia 1940 el Ayuntamiento sevillano vuelve a relanzar y promover entre las más altas instancias gubernamentales la idoneidad de su emplazamiento para acoger un gran aeropuerto intercontinental. Esa idea comienza a fructificar al fin hacia 1945, cuando el proyecto es declarado de interés nacional y un año más tarde se inicia el asfaltado de dos de las tres pistas previstas en los terrenos de San Pablo. Y en los años siguientes se procedió a su balizamiento y a la instalación de los primeros equipos de comunicaciones tierra-aire. Por entonces Iberia sólo operaba la línea Madrid-Sevilla-Tetuán, que junto con los vuelos a Lisboa había escapado a las restricciones de los aliados. A mediados de los cincuenta Aviaco comenzó también a operar en el aeropuerto sevillano, utilizándolo como escala en sus vuelos desde Madrid a Tenerife y Las Palmas.

## Expansión

El lento pero paulatino crecimiento del tráfico hizo que en 1956 se aprobara la construcción de una torre de control y, poco después, de una pequeña terminal de pasajeros. Y a comienzos de los sesenta las instalaciones son objeto de un amplio plan de ampliación y modernización. Por entonces Iberia ha ampliado sus rutas desde Sevilla con vuelos a Málaga, Valencia, Barcelona y Palma de Mallorca, entre otros destinos. Y Aviaco también hacía lo propio con enlaces a Granada y Lisboa. Ambas compañías establecieron también desde San Pablo conexiones con Casablanca, Sidi Ifni, El Aaiún y Villa Cisneros. Por entonces, el tráfico anual de viajeros en las instalaciones sevillanas es de poco más de 100.000 personas.

Como la terminal de San Pablo se queda pequeña para afrontar futuros crecimientos, se llevan a cabo diversas obras de mejora, así como en los accesos, hacia mediados de los años sesenta. También se mejoraron en esa época los equipos de aproximación y navegación aérea.



*Edificio terminal del aeropuerto (arriba) y torre de control (debajo), erigida al sur del aeropuerto en los años noventa del pasado siglo.*

La década de los setenta será la del definitivo despegue hacia la modernización del aeropuerto sevillano, que verá ampliar en dos ocasiones la plataforma de estacionamiento de aeronaves y la construcción de una moderna terminal para pasajeros.

La transformación más ambiciosa tendría lugar a comienzos de los noventa, tras la constitución de Aena en 1991. Se acometen entonces la ampliación de la plataforma de estacionamiento de aeronaves, que duplica su capacidad, y la remodelación de la terminal, con una profunda reforma del anterior edificio y la mejora de su funcionalidad, obra del arquitecto Rafael Moneo. Todas esas obras se completaron con la construcción de una torre de control. Las nuevas instalaciones estuvieron a punto para la Exposición Universal de 1992, año en el que el aeropuerto alcanzó su primer gran incremento de pasajeros, situándolo cerca de los tres millones de personas.



Desde entonces la cifra de pasajeros y operaciones ha continuado en crecimiento, alcanzándose en 2011 los 4,6 millones de pasajeros. Esa expansión se ha fundamentado en el asentamiento de nuevos operadores y en la apertura de nuevas rutas, así como en la colaboración con las entidades locales para la potenciación de la ciudad como destino turístico. En 2012 el aeropuerto operó un total de 48.520 vuelos de 15 compañías aéreas y por sus instalaciones transitaron 4.292.000 viajeros. Desde ellas es posible hoy conectar con 40 destinos y casi una docena de países. En la actualidad el aeropuerto acoge a más de 2.400 trabajadores y un centenar de empresas.Con una capacidad operativa dimensionada para atender los posibles incrementos de tráfico hasta 2025, su objetivo es incrementar su proyección exterior con la captación de nuevas rutas y operadores. ■

**Mas información:** *Historia de los aeropuertos de Sevilla, Luis Utrilla. Aena, 2008.*




# MONOGRÁFICO ESPECIAL DE LA REVISTA DEL MINISTERIO DE FOMENTO

La construcción de puentes, presas y puertos; los caminos de postas y el transporte; el desarrollo urbano; la cartografía y la astronomía; la construcción de buques y la navegación..., todas las grandes realizaciones de la ingeniería en la España de los siglos XVI y XVII contadas con amenidad e ilustradas con más de 300 imágenes y grabados de época.

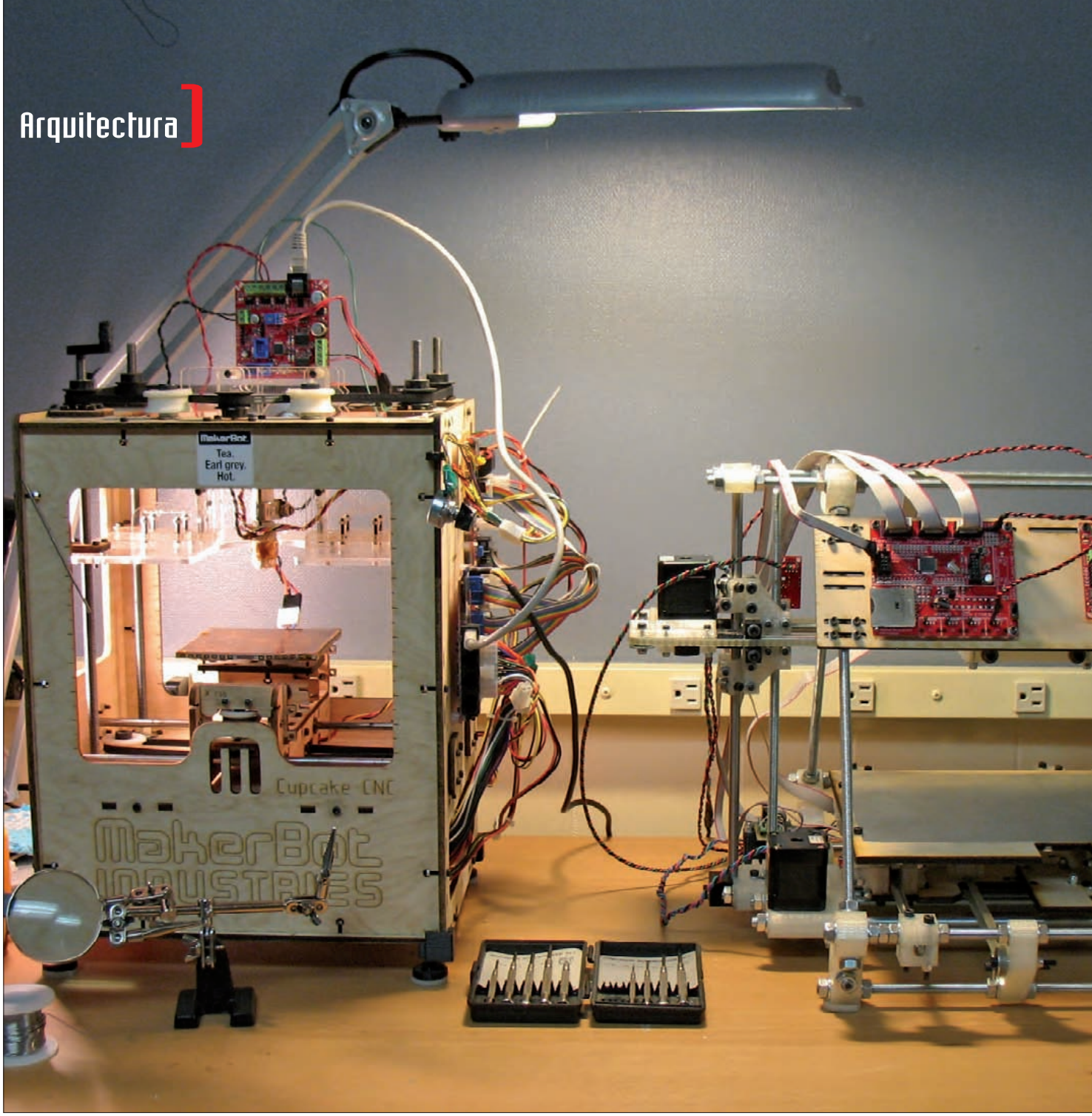



**2ª EDICIÓN**

P.V.P. : **10 €**

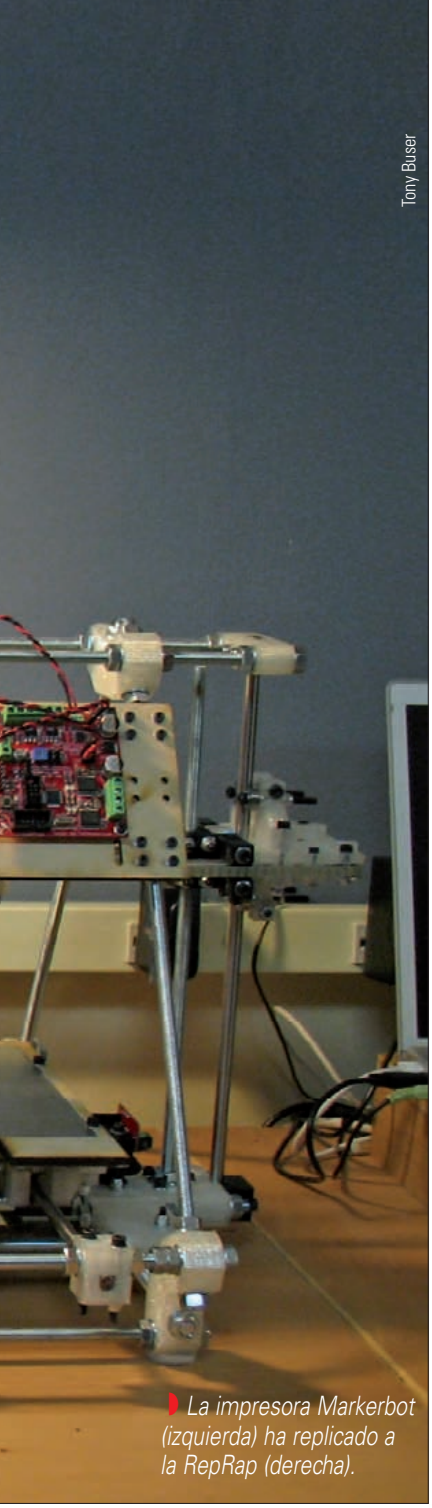
GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE FOMENTO

SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91
Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)
Por correo electrónico: cpublic@fomento.es




LA IMPRESIÓN 3D SE ABRE PASO EN LA CREACIÓN DE MAQUETAS A ESCALA

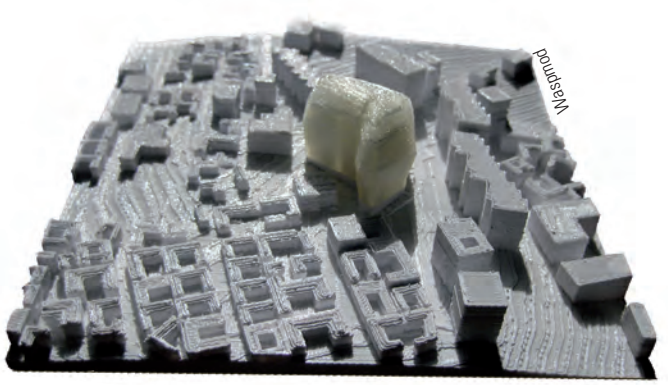
# Un mundo de posibilidades


Tony Buser

*La impresora Markerbot (izquierda) ha replicado a la RepRap (derecha).*

Artemisa Espinosa

La fabricación de maquetas y prototipos en arquitectura y construcción ha tenido, y tiene, un componente artesanal relevante. Las maquetas dan vida a los conceptos abstractos, y son la vía más efectiva de comunicación de ideas, especialmente con el público o clientes fuera del sector arquitectónico, pero tradicionalmente han requerido mucho tiempo y recursos para su construcción. Hoy, la impresión en 3D ayuda a solucionar muchos de esos problemas.


Wasprod

*Proyecto de centro de restauración de arte impreso con RepRap.*

El desarrollo de los sistemas de diseño asistido, y su evolución hacia los sistemas de modelado sólido y los actuales sistemas BIM (Building Information System) en edificación, ha permitido obtener maquetas digitales, infografías y animaciones virtuales de los proyectos con una calidad muy atractiva. El siguiente paso, la elaboración de maquetas y prototipos físicos que permiten al arquitecto tanto ayudar a diseñar sus proyectos, como comunicar sus ideas a un cliente, se ha facilitado y agilizado enormemente con la tecnología de impresión 3D.

Estos sistemas de prototipado rápido, o de fabricación aditiva, tienen un funcionamiento sencillo: una vez se tiene el modelo 3D digital del proyecto, se genera una geometría triangulada con la forma final y se *discretiza* el modelo en capas, de una altura determinada que oscila entre 0,015 y 0,250 mm. Luego se «construye» la maqueta capa a capa mediante alguna de las tecnologías disponibles.

Frente a los procesos clásicos de construcción de maquetas y prototipos, entre las ventajas de esta tecnología están el poder reproducir cualquier geometría, la facilidad de introducir cambios en el diseño y la velocidad. Estas tecnologías abren grandes campos de experimentación con equipos de arquitectos y diseñadores trabajando a escala mundial en una carrera por explotar todas las posibilidades y hacerse un hueco en la historia de la construcción, revolucionando la forma de pensar el proyecto arquitectónico desde sus fases iniciales hasta su construcción final en obra.

## Origen de la impresión 3D

Algunos dicen que el origen de la impresión 3D podría remontarse a la imprenta. Otros entienden que esta tecnología es aún más antigua, desde el momento en el que se puede describir el proceso como «una manga pastelera que, a medida que deposita material formando capas, construye un volumen reconocible como tal». Sin duda sus orígenes son muy difusos como concepto, no así los inventos tecnológicos asociados, claves para su comercialización en la industria de hoy en día.

Aunque su «invento» ya tiene más de tres décadas –los primeros pasos los dio Charles Hull al desarrollar en 1976 la estereolitografía–, no es hasta 2005 cuando la tecnología llega al sector de la construcción, al salir al mercado las primeras máquinas de bajo coste mediante el proyecto RepRap, siendo por fin accesibles para las pequeñas oficinas de arquitectura. Esta iniciativa es clave para la difusión de la impresión 3D, evolucionando con una velocidad exponencial gracias al sistema de código abierto.

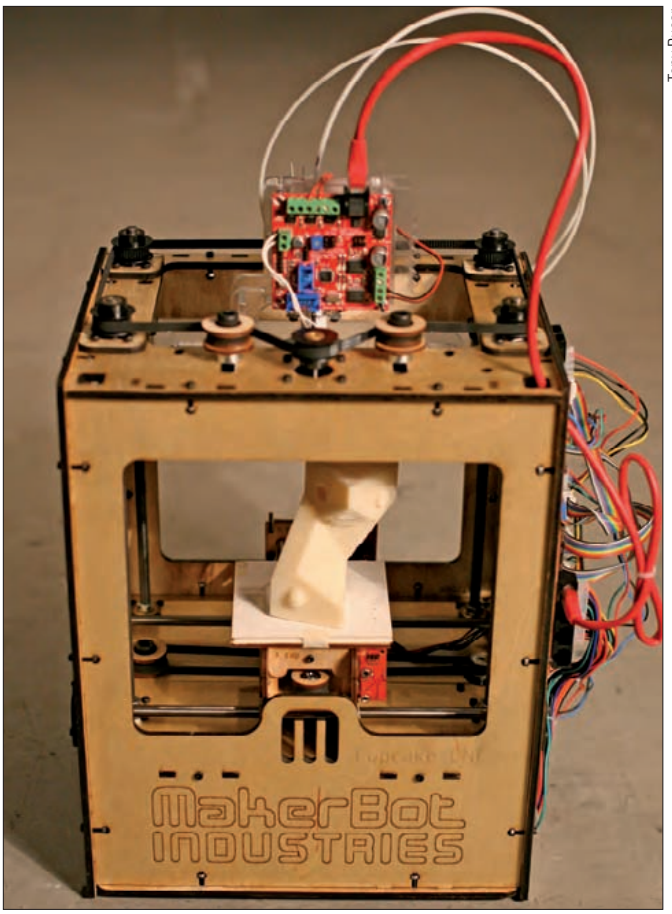
El proyecto RepRap (*Replicating Rapid Prototiper*), fundado por Adrian Bowyer en 2004 en la Universidad de Bath, es una iniciativa de código abierto (esto es, gratuito y accesible a todos) para construir una impresora 3D que puede incluso imprimir la mayoría de sus propios componentes. La visión de este proyecto es la de democratizar la fabricación de unidades de distribución de bajo coste RepRap a todo el mundo, lo que permite crear productos a diario por su cuenta y desarrollar la tecnología con miles de pequeñas aportaciones de usuarios de todo el planeta.

Desde entonces los avances producidos han sido rápidos, aprovechando la cualidad de esta tecnología de personalizar cada prototipo impreso con gran facilidad, alcanzando campos como la medicina (la primera prótesis impresa en 3D es una pierna en una mis-



Shiro Studio

Pabellón Radiolaria en fase de construcción.



Tony Buser

Impresora Makerbot generando una pieza.

ma compleja estructura sin ningún montaje en 2008), la aeronáutica y el sector automovilístico (imprimiendo carrocerías y piezas de gran resistencia y complejidad formal, muy caras con otras tecnologías) o la joyería (Materialise ofrece desde 2011 un servicio de impresión 3D de oro de 14 kilates y plata de ley).

Pese a los espectaculares avances de esta tecnología, sigue siendo un sistema de construcción que requiere mucha experimentación, tiempo y recursos, razones por las cuales aún no ha calado en la arquitectura y construcción. Pero sí ha sido notoria la aparición en 2005 de los modelos libres de derechos, focos de experimentación y de mayor difusión, principalmente entre el público general. Entre 2008 y 2011, el sector de las impresoras 3D creció un 346% de media cada año, y en 2012 un 46%.

La fabricación aditiva, punto de partida de la impresión 3D, es un concepto que los expertos llevan años bautizando como «la próxima revolución industrial». Pero una transformación tan radical es improbable que ocurra por ahora en entornos de oficinas y estudios de arquitectura, a pesar de las cifras del sector de las impresoras. La revolución ha de producirse en los grandes procesos industriales. De momento, el 28% de los 2.204 millones de dólares que generó el sector de la fabricación aditiva en 2012 se invirtió en productos finales, no en prototipos. Según el último informe anual de Wohlers, consultoría de que elabora estudios técnicos y estratégicos sobre el prototipado rápido, el 38% de las instalaciones de fabricación aditiva del mundo están en Japón, y después en Estados Unidos (9,7%), Alemania (9,4%) y China (8,7%).

> La impresión 3D requiere tiempo, experimentación y recursos, razones por las que aún no ha calado en la arquitectura y la construcción

## El código abierto

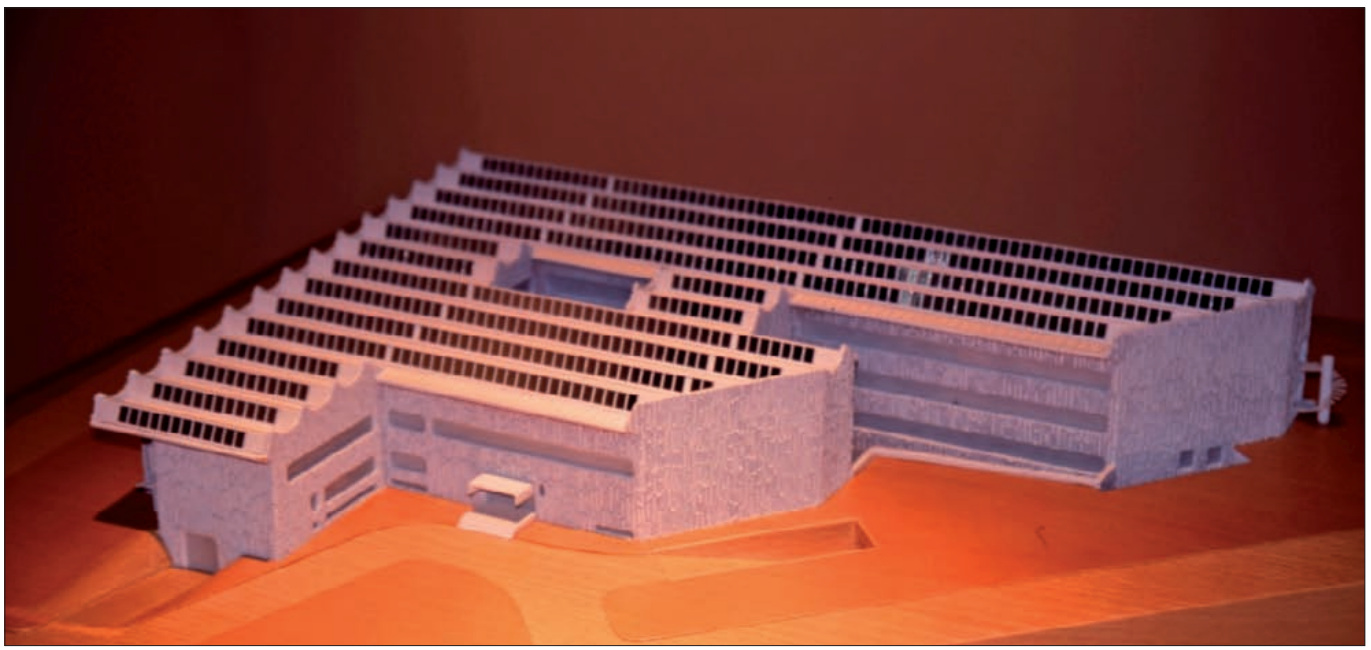
Una máquina de impresión 3D se compone de un *hardware* y un *software* de control, normalmente desarrollados por empresas que los controlan, los actualizan y cobran por ello. Sin embargo, existen empresas dedicadas a desarrollar *hardware* de una manera peculiar: publican las fuentes de sus invenciones y las comparten con todos, para que usuarios de todo el planeta las utilicen y, lo que es más importante, propongan mejoras. Este es el modelo del *hardware* de código abierto: un *hardware* cuyo diseño, componentes, herramientas y documentación son abiertos y están públicamente disponibles, de manera que cualquier persona puede estudiarlo, modificarlo, distribuirlo, fabricarlo, vender diseños o incluso generar más *hardware* basado en el original.

Esta economía del *hardware* abierto se fundamenta en la calidad del producto y la capacidad de innovación de la empresa y no en la venta de copias únicas, aunque aun así pueda estar bajo una marca registrada. La capacidad de innovación de las empresas que se rigen por la apertura y se fundan sobre comunidades pre-existentes generadas alrededor de sus productos abiertos, descentralizados, originales y compartidos, suele



Chisel and Mouse

*Apartamentos Fischer y hoteles Marlin y Plymouth impresos en cerámica.*



Caballero

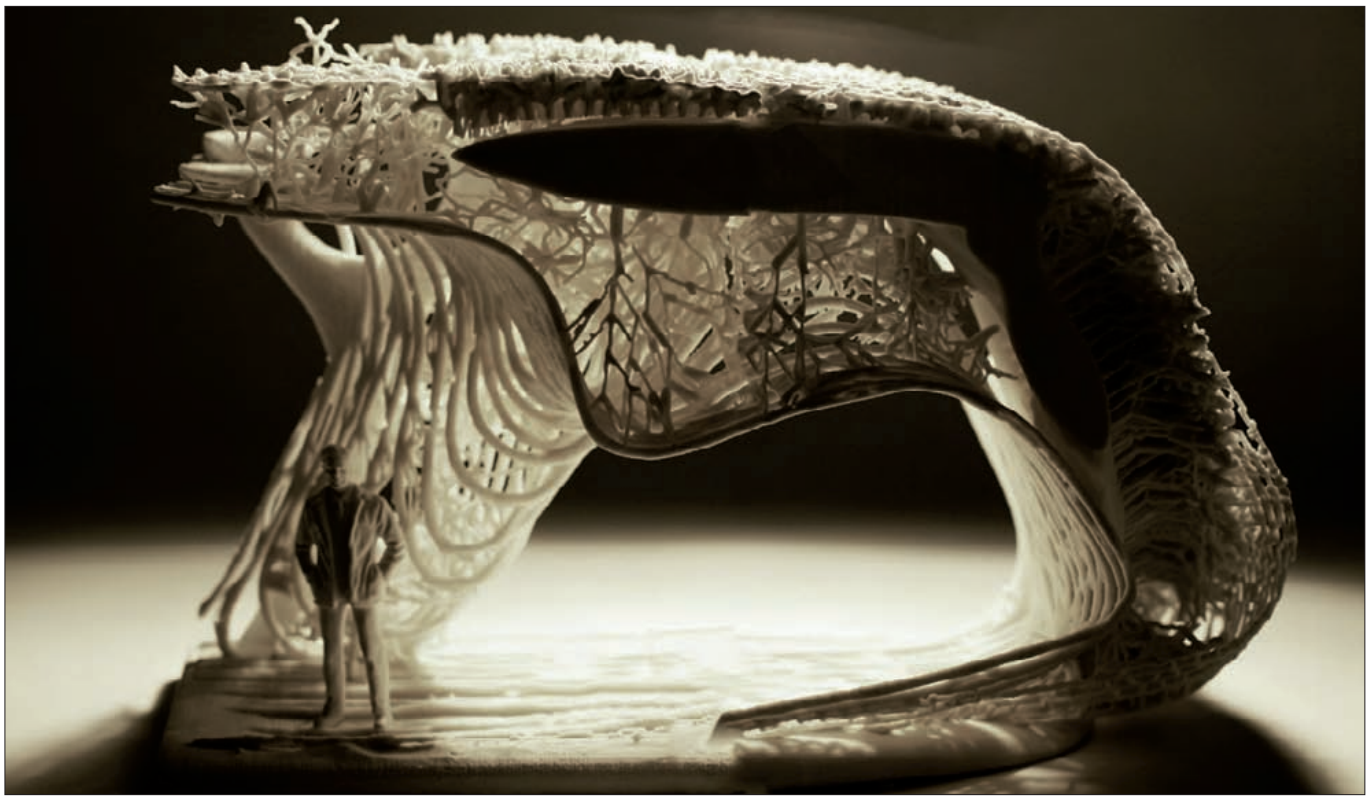
*Maqueta de un edificio de Miguel Fisac elaborada de forma tradicional.*

ser más potente. Además, la autoría, lejos de ser eliminada, se pone de relieve en el seno de la comunidad. Empresas españolas como RepRap Bcn, Ultra-lab o Bricogeek basan su negocio en ello y llegan a crear todo un ecosistema, eso sí, todavía incipiente.

Con estas condiciones, cualquiera puede distribuir y modificar la máquina RepRap, pero debe mantener las modificaciones realizadas bajo esta licencia. Es decir, los cambios deben seguir siendo públicos. Como la máquina es libre y de código abierto, cualquiera puede, sin pagar derechos, construir un número ilimitado de copias usando las máquinas RepRap para construir las partes plásticas de las copias. El resto de sus componentes han sido seleccionados entre materiales estándar disponibles a bajo precio en tiendas especializadas, incluso muchos son reutilización de piezas y elementos típicos de un entorno doméstico, lo que da una pista de su alcance y público potencial.

Hoy día son cada vez más frecuentes las reuniones de *expertos* donde se analiza lo que supondrá la impresión de objetos físicos mediante impresoras 3D, que ya se entiende como una de las próximas revoluciones industriales, hablándose incluso de la Tercera Revolución Industrial. Las sesiones de #Redada suponen una reunión de intercambio entre usuarios y profesionales analizando sus posibilidades, como el caso de la reunión «#Redada 18 Madrid: Los retos de la impresión 3D» (Medialab-Prado, 16.11.2012, con vídeo disponible en la web), donde se debate sobre las tendencias sociales y los aspectos relacionados con la cultura, los derechos civiles y la tecnología.

Esta libertad en cuanto a la experimentación con casi todos los elementos de la máquina RepRap es lo que ha permitido su rápida evolución, derivando los modelos, simplificando o complejizan-



Softkill Design

*Prototipo del proyecto Protohouse, impreso por secciones y montado en el lugar.*

do, y abriendo nuevos campos de trabajo. Por ejemplo, estas máquinas usan en principio materiales compuestos termoplásticos para construir las maquetas, aunque un gran número de usuarios está experimentando con otros elementos, como madera, cerámicas o incluso comestibles como el chocolate.

## Surgen los *FabLabs*

El calado de esta tecnología es enorme y su desarrollo crece de manera exponencial, permitiendo que estudiantes de diseño y pequeños estudios de arquitectura experimenten con sus creaciones y las perfeccionen antes de construirlas a escala real.

La accesibilidad a la tecnología lleva vinculada una serie de comunidades de usuarios desarrolladores que intercambian conocimientos y experiencias, en contacto tanto físico como virtual, con el fin de perfeccionar el sistema de impresión. De manera paralela, estas comunidades han desarrollado plataformas de intercambio de modelos 3D ya creados, para descargar e imprimir, apuntando una idea nada descabellada para empresas fabricantes en la que puedan poner a disposición de los usuarios los modelos 3D de piezas descatalogadas de sus productos; algo que ya avanzó en cierto modo Google Earth cuando permitió a la comunidad de usuarios de Google Sketch Up cargar modelos de edificios en su localización exacta, para ser disfrutados por todos. El futuro tiene muchas posibilidades. Son, entre otros muchos, bancos de carga y descarga de modelos las plataformas Thingiverse, de habla inglesa, o Rascomras, de habla hispana.

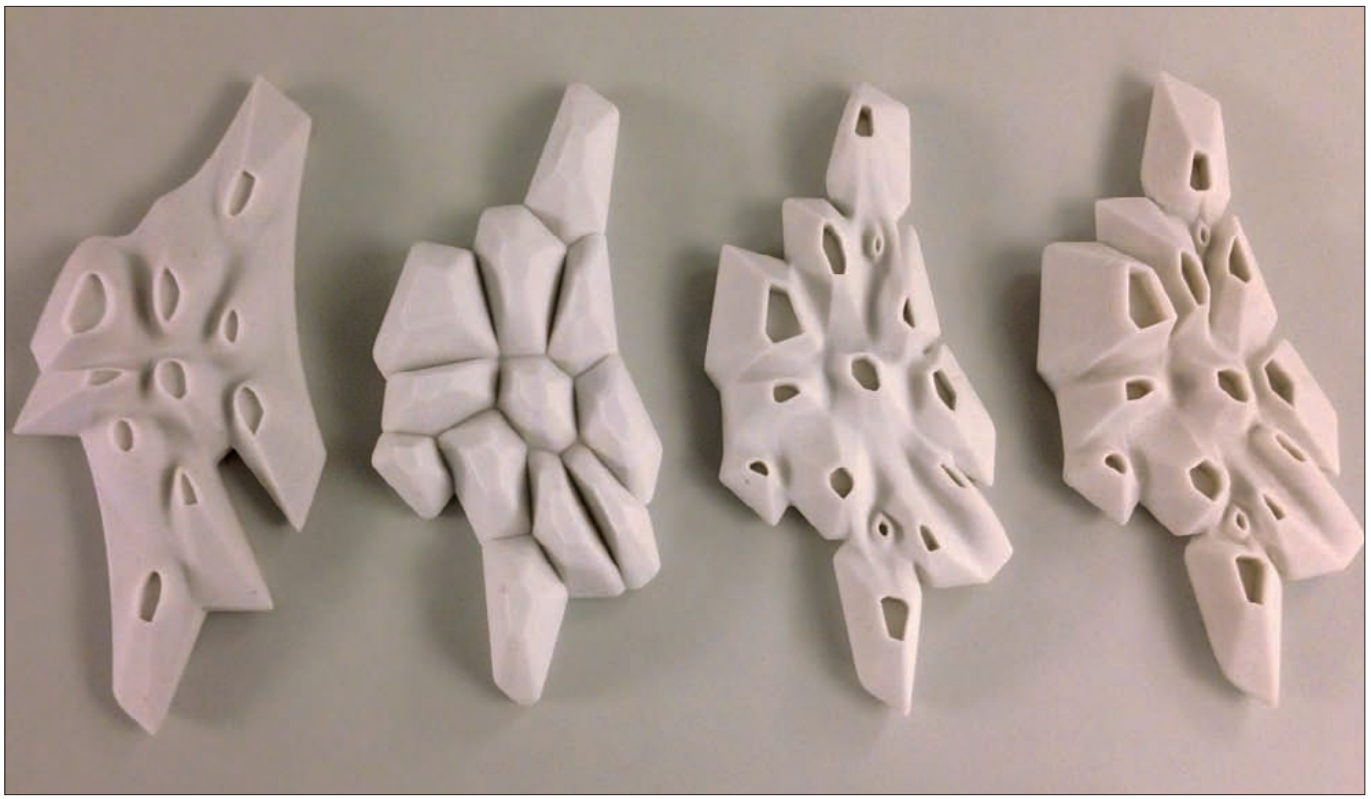
El proyecto Clone Wars busca la divulgación de la tecnología RepRap en España, a la vez que aporta nuevos diseños y vías de investigación. Esta comunidad nace en 2011 en la Universidad Carlos III de Madrid con Juan González (Obijuan), profesor

## El 3D en estudios de diseño y arquitectura

Son varios los desarrollos lanzados en España, como la impresora Mataerial, del estudio holandés de Joris Laarman y el Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña, que imprime en horizontal y vertical en distintas superficies sin la necesidad de soporte, como otras máquinas, ya que en este caso el material se solidifica al instante y se autosoporta desde que se ha impreso. Otro caso es la impresora Print270 Color3D (3.400 euros), la primera diseñada en España (para su comercialización) desarrollada por Protorapid para entornos de oficina; está indicada para prototipos industriales y arquitectónicos de gran calidad en 3D y a color.

Sin embargo, esta tecnología no se está explotando en los estudios de arquitectura. Algunos, muy pocos, trabajan con la impresión 3D, pero la mayoría solo en las fases de presentación de proyectos, de cara a concursos y grandes clientes. Es igual el caso de estudios de Europa y EE UU, como UN Studio (Ámsterdam), Foster & Partners (Londres), Rietveld Architects (Nueva York) o SPAN Architecture and Design (Viena). Además, aunque se esté trabajando con impresión 3D de forma integrada en el proceso de diseño desde las primeras fases, aún no se han empezado a construir estas obras, lo que impide observar su implicación en el proceso creativo arquitectónico.

Es curioso, analizando esta implicación, cómo la tecnología de impresión 3D en arquitectura ha saltado directamente a la escala 1:1, donde varios estudios reconocidos trabajan intensamente. Cada tecnología de construcción comporta unas prestaciones, como forma y textura, probablemente no conseguidas con otra técnica. Tras los avances que supuso el hormigón armado para la arquitectura –entre ellos el crecimiento en vertical



UN Studio

*Investigación formal de UN Studio mediante impresión 3D para el proyecto Gran Museo de África en Argel.*

que no permitía el ladrillo–, la impresión 3D propone nuevas posibilidades formales y estructurales, cambiando los tiempos, los espacios y las etapas de construcción.

Con estas nuevas posibilidades, se abre la competición entre estudios por ser los primeros en imprimir espacios habitables y entrar en la historia de la construcción. Aunque todos buscan lo mismo, los equipos de trabajo investigan con métodos y materiales muy diferentes. En este sentido existen dos posibilidades: por un lado, prototipos de piezas «prefabricadas» para formar algo más grande, como la fachada solar The Wave Curtain impresa en ABS blanco desarrollada por la empresa californiana Emerging Objects; los ladrillos cerámicos impresos en 3D para construir muros, bóvedas y pilares, del holandés Brian Peters; o el proyecto Protohouse de Softkill Design, impreso por secciones y montado en el lugar.

Por el otro, ejemplos de arquitectura impresa en su propio emplazamiento y casi siempre monolíticos, espacios habitables con escala suficiente para que un adulto entre en ellos de manera cómoda. Aquí destacan el trabajo del diseñador de la impresora de hormigón D-Shape (de 6x6x6 metros de volumen imprimible), de Enrico Dini; el estudio alemán Universe Architecture para la Casa Landscape o Shiro Studio para construir el Pabellón Radiolaria; o la acción lanzada en marzo por DUS Architects, en colaboración con Ultimaker Ltd., Fablab Protospace y Open Coop., que iniciaron un proyecto para imprimir en polipropileno (y posteriormente experimentar con bioplásticos y plásticos reciclados) un edificio en Ámsterdam utilizando la impresora KamerMaker, una máquina de volumen imprimible de 2x2 m de base y 3,5 m de altura.

de robótica que asistió a un taller impartido por Adrian Bowyer (el creador del proyecto RepRap). A principios del año 2012 apenas eran 10 máquinas o clones, en la actualidad son más de 223 clones los que participan en la comunidad.

Desde hace un par de años existen los llamados *FabLabs* (*Fabrication Laboratories*), promovidos por el Centro de Bits y Átomos (CBA) del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), en los que se trabaja en esta revolución tecnológica. Se equipan con máquinas controladas por ordenador «para construirlo (casi) todo»: impresoras en 3D, cortadora láser, fresadoras de control numérico y un laboratorio de electrónica, entre otras. España, con 7-8, es el cuarto país con más *FabLabs*, tras EE UU (más de 30) Holanda (9), Francia (8) y superando a Alemania (6).

En España hay laboratorios en Valencia (Fab Lab Valencia), Sevilla (Fab Lab Sevilla), Gijón (Fab Lab Asturias), Bilbao (Fab Lab Bermeo), León (Fab Lab León) y Barcelona (Fab Lab Bcn y Green Fab Lab). Varios colaboran con universidades, como el caso de Sevilla con la ETS de Arquitectura o los de Barcelona con el Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (IaaC), desarrollando proyectos conjuntos y nuevas posibilidades arquitectónicas, tanto a escala maqueta como a escala 1:1.

Esta tecnología abre nuevos campos de experimentación, pero requiere de un usuario activo y comprometido con su desarrollo, curioso, motivado y formado. Es una posibilidad muy utilizada por estudios de diseño pequeños, especialmente en los más jóvenes, debido a su bajo coste y su relación calidad-precio de producción. Además, no requiere postproducción y el espacio que ocupa es reducido. Sin embargo, al tiempo que abre tantas posibilidades, este rasgo es el que frena su generalización en los estudios de arquitectura y construcción: re-



Catedral impresa por sintetizador láser de polvo de cromo en alta precisión.

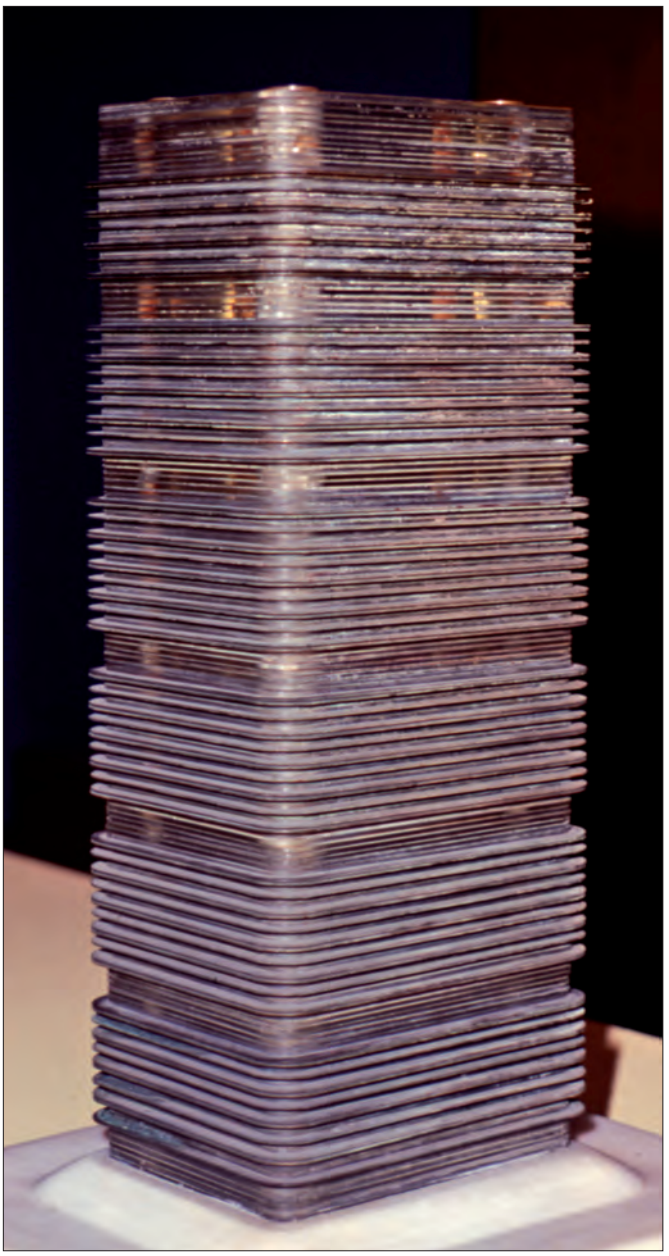
quiere mucho tiempo y, al menos, una persona con formación. Desde el modelado a la impresión, pasando por el calibrado y ajuste junto con la actualización de *software* y *firmware*, mimando y vigilando el proceso.

Es importante destacar que el modelo de arquitecto o diseñador está cambiando, y así debe ser si quiere utilizar esta tecnología en su estudio. Frente al «diseñador como usuario», donde interesa una maqueta rápida y económica que explique el proyecto, el «diseñador como desarrollador» conoce la tecnología y puede forzarla, explotando sus posibilidades y no relegándola a una simple reproducción rápida de un diseño que se construirá de forma muy diferente al final. Es por ello que no merece la pena adquirir una máquina de este tipo si no se van a explotar todas sus posibilidades.

## ¿Artesanal o robotizado?

La impresión 3D ha entrado con fuerza en el campo del diseño industrial, como método de prototipado rápido de alta fidelidad, sector desde el que ha saltado a la arquitectura. En este ámbito, la impresión 3D tiene dos vertientes desde las que se extiende: los estudios jóvenes y estudiantes que poseen una impresora de bajo coste y código abierto (RepRap o similar, con coste de 600 a 2.000 euros) y exprimen sus conocimientos y recursos al máximo para trabajar con esta tecnología; y los estudios de la élite, que buscan en esta tecnología la diferenciación en la imagen de vanguardia tecnológica, comprando máquinas más caras (40.000-60.000 euros), normalmente más precisas y con otras prestaciones más específicas.

Por tanto, en la elección de

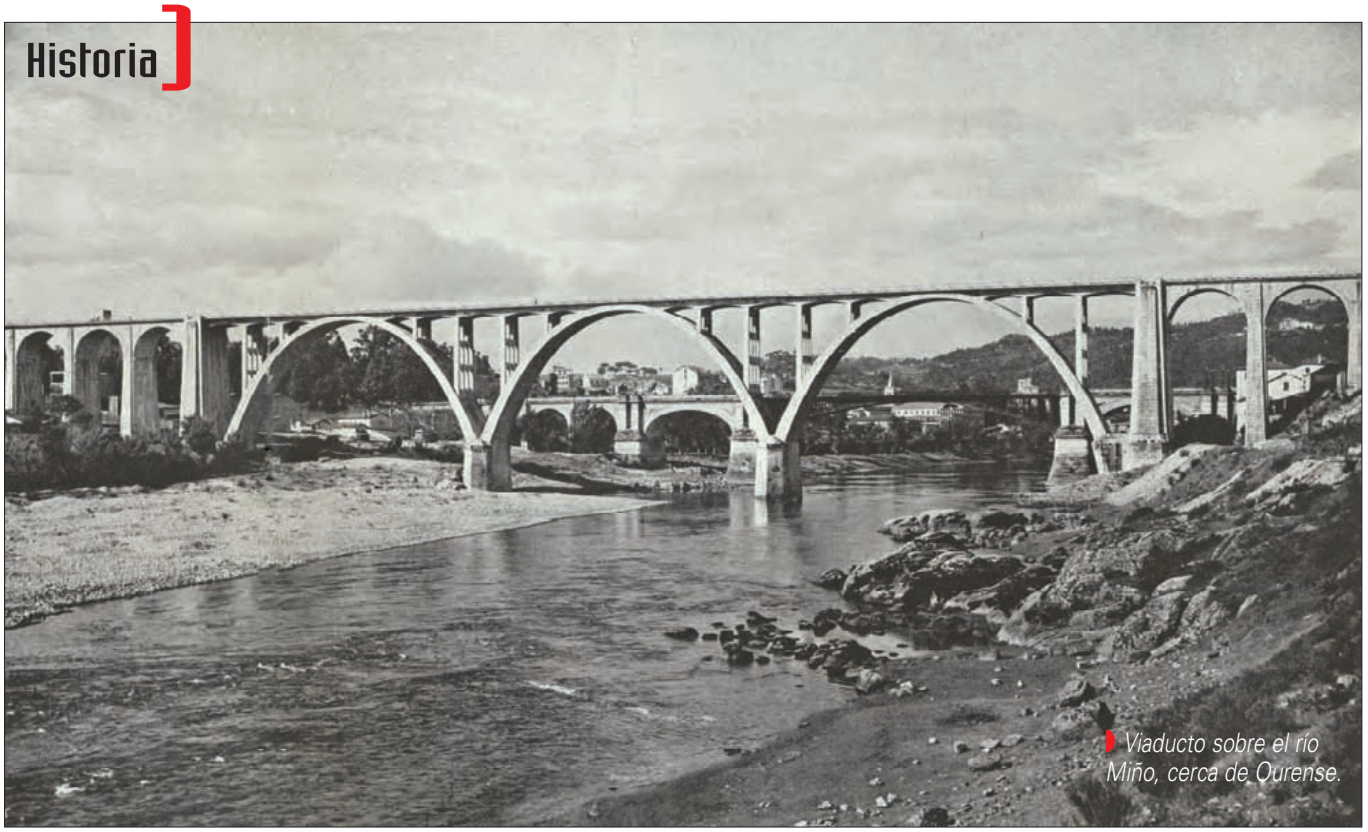


Caballero

Maqueta tradicional de la Torre del BBVA, de Sáenz de Oíza.

esta tecnología entra en juego no solo la inversión que el estudio esté dispuesto a hacer, sino la rentabilidad que le va a sacar a la máquina (en función del volumen de proyectos y de lo integrada que esté la impresión 3D en las fases de proyecto hasta las finales de exposición a cliente), si puede disponer o no de un usuario formado para manejarla, y del espacio disponible en el estudio. Normalmente, los grandes estudios tienen algunas de estas máquinas en la oficina, como UN Studio en Ámsterdam o Foster and Partners en Londres, pero siempre se puede recurrir a empresas impresoras, subcontratando la impresión a fábricas de prototipado rápido.

Respecto a la elección entre maquetista o impresora, se deben considerar factores como tiempo e inmediatez, precisión del detalle, facilidad para cambiar el diseño y economía. En todos ellos la impresora suele dar mejores valores, reduciendo tiempos en hasta 1/10, con calidades de detalle de micras y precios muy competitivos. Por no hablar de que para la impresora todas las formas son posibles. ■



Viaducto sobre el río Miño, cerca de Ourense.

CENTENARIO DEL FERROCARRIL ZAMORA-OURENSE

# El trazado más difícil

JULIA SOLA LANDERO
FOTOS: ASOCIACIÓN FERROVIARIA ZAMORANA

Se acaban de cumplir 100 años desde que el proyecto de la línea férrea Zamora-Ourense fuera presentado al Ministerio de Fomento por su autor, el ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Federico Cantero Villamil, el 5 de septiembre de 1913. Considerado el tramo más difícil de cuantos jalonaban la red ferroviaria por entonces, su construcción estuvo sacudida por toda suerte de vicisitudes hasta su definitiva apertura en 1957.



El ingeniero Federico Cantero Villamil fotografiado en su despacho.



Estación de Ourense-Empalme, destino de la línea Zamora-Ourense.

> Los expertos consideran esta línea como la más audaz, complicada y costosa de las realizadas en España

Por su trascendencia histórica, la Asociación Ferroviaria Zamorana, en colaboración con los familiares descendientes del ilustre ingeniero, organizaron la exposición titulada «100 años en línea. Un viaje apasionante», con el fin de conmemorar el centenario del proyecto de ferrocarril Zamora-Ourense, y dar a conocer los elementos que resultaron determinantes en la elección del trazado final para su construcción. Esta dio comienzo en 1927, aunque las convulsiones políticas y económicas del país aplazaron su finalización hasta el año 1957.

La exposición ha estado abierta al público durante casi todo el mes de septiembre en el Palacio de La Alhóndiga (Zamora), y ha contado con fondos fotográficos, planos y objetos –muchos de ellos inéditos– relacionados con la historia del proyecto, procedentes de diferentes archivos y colecciones, así como varias maquetas y un catálogo recopilatorio de los acontecimientos más relevantes que surgieron en torno a la elaboración del proyecto y su tramitación.

## Precedente

El enlace directo entre la meseta y Galicia por Zamora quedó excluido en el Plan General aprobado por las Cortes en 1867. Tampoco se menciona en las leyes de 1877 y 1887. Habría que esperar hasta finales de 1912, tras la aprobación de la Ley de Ferrocarriles Complementarios, para que la elaboración del proyecto del ferrocarril directo entre Zamora y Ourense cobrara su impulso más definitivo. En febrero de 1913 se convocó el concurso de proyectos para este ferrocarril, al que solo se presentó el realizado por Cantero Villamil, en ese momento director de la línea Medina-Zamora, que pertenecía a la compañía de ferrocarriles MZOV.

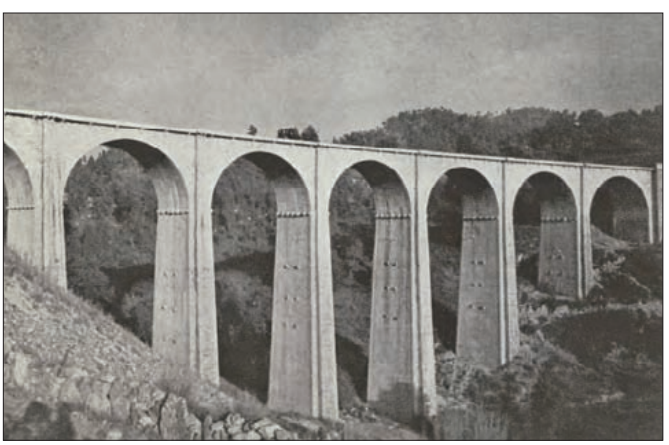
Tras cinco años de silencio administrativo, el proyecto de Cantero Villamil fue aprobado finalmente en 1918. Sacado a subasta en 1919, no se presentó ninguna empresa para construirlo y explotarlo, hasta que en 1926 el Estado asumió su construcción ampliando el tramo inicial Zamora-Ourense con el trazado directo hasta Santiago de Compostela y A Coruña.

El proyecto Zamora-Ourense, de 249 kilómetros de longitud, está considerado por los expertos como el más audaz, complicado y costoso de cuantos se han acometido en España, ya que incluía la ejecución de 95 túneles, (entre los que destaca el del Padornelo, que con sus casi 6 kilómetros de longitud es el más largo de la red convencional española).

El tramo forma parte de la línea que, con 453 kilómetros de longitud, llega hasta Santiago y A Coruña, y que fue proyectado para ejecutarse en ocho años. Sin embargo, las obras se prolongaron desde 1927 hasta 1958. Treinta y un años durante los cuales trabajaron en ellas más de 15.000 personas pertenecientes a tres



Estación de Santa Cruz de Arrabaldo.



Viaducto de Parada.



Viaducto de Sixtis, formado por más de 17 arcos.

generaciones, y durante los que hubo que superar las enormes dificultades técnicas debidas a la complicadísima orografía del trazado. Aunque además, paralelamente a esas dificultades, la línea tuvo que sortear los infortunios históricos y avatares políticos ocurridos durante sus tres décadas de construcción: desde la dictadura de Primo de Rivera, pasando por la República y la Guerra Civil, hasta la época de Franco.

Con su ejecución se cumplió un viejo anhelo de la sociedad de la época, empeñada en impulsar el notable progreso que suponía la conexión directa de la meseta norte y Madrid con Galicia a través de Zamora. De aquella línea, el primer tramo inaugurado fue el que unía Santiago y A Coruña, en 1943. Posteriormente vendrían las inauguraciones de los dos tramos en que se ejecutó la línea Zamora-Ourense: Zamora-Puebla de Sanabria, en 1952, y Puebla de Sanabria-Ourense-Carballino, en 1957. El último fue el de Carballino a Santiago de Compostela, inaugurado en el año 1958.

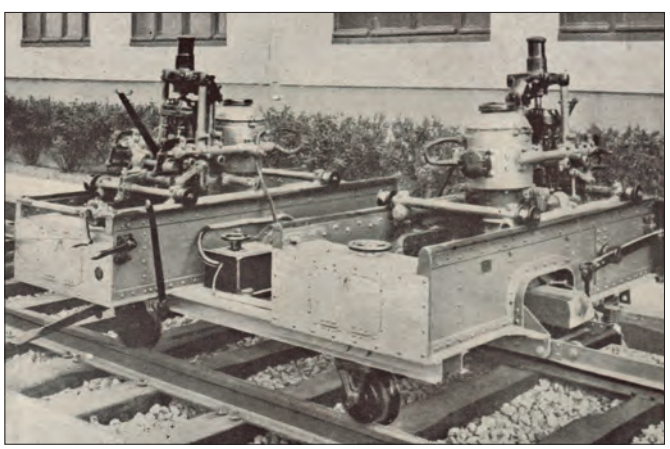
## Difícil gestación

Desde el inicio mismo del proyecto acontecieron toda suerte de adversidades. La idea de enlazar Madrid y Vigo se planteó desde el mismo momento en que comenzaron a proyectarse las primeras líneas férreas en España, a mediados del siglo XIX. La propuesta era prolongar la línea Madrid-Medina del Campo, que llegaba hasta Zamora, para que alcanzara Ourense y Vigo. Pero por el camino se sucedieron toda una serie de dificultades que han hecho de la historia de esta línea una de las más azarosas –si no la que más– de la construcción ferroviaria española.

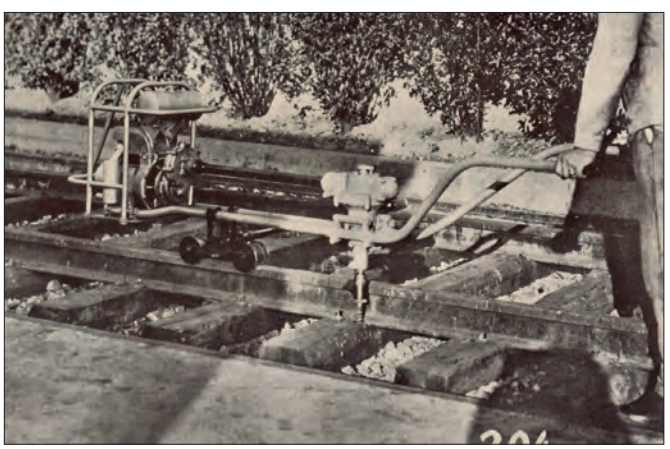
El proyecto chocó de primeras con la comisión de ingenieros encargada de proponer las nuevas líneas que debían incluirse en el Plan General de Ferrocarriles, que en 1864 la excluyó de sus previsiones. Estimaba la comisión que los 323 kilómetros que habría que salvar entre Puebla de Sanabria y Ourense presentaban demasiada dificultad orográfica, hasta el punto de que lo catalogaron como el tramo más difícil de España, incluso por encima del que cruza el puerto de Pajares para llegar a Asturias. Y además –sentenciaron–, en la comarca que atravesaría el trazado «no se encuentra una sola población que supere las dos mil almas». Como alternativa más fácil y económica para unir Madrid y Vigo apuntaron a la construcción del tramo Zamora-Astorga y la prolongación de la línea Vigo-Ourense hasta Monforte, donde convergía la salida de Galicia hacia León.

## Medio siglo de espera

Hubieron de transcurrir más de 50 años para que se volviera a reconsiderar ese viejo anhelo. Cuando en 1927 el Gobierno de Primo de Rivera decidió emprender la construcción de nuevas líneas férreas, el proyecto Zamora-Ou-



Cajeadora-barrenadora para trabajos en la vía.



Motoclavadora para apretar o aflojar tirafondos sobre las traviesas.



*El viaducto de Martín Gil sobre el embalse de Ricobayo es la principal estructura de la línea Zamora-Ourense.*

rense se incluyó en el llamado Plan Preferente de Urgente Construcción, en el que se contemplaba, además, que desde Ourense el tren alcanzara Santiago y A Coruña. Se trataba de la infraestructura más costosa y de mayor envergadura del citado Plan. El presupuesto inicial era de 350 millones de pesetas para toda la línea Zamora-A Coruña, aunque solo el tramo Puebla de Sanabria-Ourense, con sus más de 80 túneles, se llevaba la mitad del presupuesto.

El comienzo de las obras no se hizo esperar, pero el proyecto volvió a encontrarse con uno más de los muchos obstáculos que tuvo que salvar. En 1931, tras la proclamación de la Segunda República, el ministro de Fomento, Indalecio Prieto, no consideró rentable la línea y decidió paralizar las obras, que daban trabajo a más de 12.000 personas. La suspensión provocó de inmediato las airadas protestas de los empleados, los llamados *carrilanos*, que llegaron a asaltar el consistorio orensano de Villar del Barrio. Su acción fue seguida por multitudinarias manifestaciones y revueltas, tan violentas, que provocaron la muerte del estudiante Genaro Ortiz. Tras la celebración de una jornada de huelga general, la situación se hizo insostenible y el Gobierno decidió dar la orden para que prosiguiera la construcción del ferrocarril, pero esta vez financiado por las diputaciones y ayuntamientos por donde este pasaría. Los trabajos, aunque a menor ritmo, no tardaron en retomarse.

Pero pronto la azarosa línea se vio envuelta en un nuevo conflicto. Esta vez fue el estallido de la Guerra Civil lo que paralizó los trabajos por completo. Cuando terminó la contienda, el nuevo régimen se hizo cargo de las obras y se volvieron a reiniciar los trabajos, en los que participaron cientos de presos políticos.

## Los tramos

El primer tramo de los dos que componen la línea Zamora-Ourense –el de Zamora a Puebla de Sanabria–, de 106 kilómetros de longitud, contó con alrededor de 35 millones de pesetas de presupuesto. Su ejecución fue mucho menos compleja que el tramo gallego dado que discurría por una orografía menos escarpada, aunque sí halló dificultades en el acopio de materiales debido a la escasez de suministros siderúrgicos.

El trazado se desliza por el valle del Duero y salva el río Esla sobre el embalse de Ricobayo, con un impresionante viaducto de 192 metros de luz, conocido como viaducto de Martín Gil y que en su momento fue el mayor del mundo entre los de su clase. Dos viaductos más lo acompañan: el del Vertillo –una serie de arcadas con trece arcos de 10 metros de luz y tres de 12 metros– y el de Truchas, que salva el río del mismo nombre, formado por 13 arcos de 12 metros de luz y cinco de 20 metros. Además, en este primer tramo se construyeron



*La exposición incluyó fotos y documentos relacionados con el proyecto.*



*Viaducto de Arnoya, con cinco esbeltos vanos.*

siete túneles que salvan pequeños desniveles, por lo que son de poca longitud, excepto el que cruza el barrio de San Lázaro de Zamora, de 441 metros, y el túnel de Abejera, de 431 metros.

El 24 de septiembre de 1952 el entonces jefe del Estado, Francisco Franco, inauguró el tramo zamorano. El segundo tramo, desde Puebla de Sanabria hasta la estación de Ourense-Empalme, suma 135 kilómetrros. Aquí el esfuerzo humano y material llevado a cabo fue descomunal, ya que es con diferencia el de mayor dureza, tanto por sus pronunciadas pendientes –rampas de hasta 15 milésimas (15 x 1.000) y curvas de 400 metros de radio mínimo– como por el número y longitud de los túneles que hubo que construir para salvar la imponente orografía. Su excavación, buena parte de ella a barreno, pico y pala, fue un trabajo penoso, insalubre y peligroso para los trabajadores, muchos de los cuales murieron a causa de la silicosis. Tanto es así que Requejo de Sanabria llegó a llamarse «Requejo de las Viudas», por las más de 60 de mujeres que perdieron a sus maridos en las obras.

> Más de 15.000 personas pertenecientes a tres generaciones trabajaron para completar la línea en 31 años

## Túnel del Padornelo

Para la construcción del inmenso túnel del Padornelo, que necesitó más de 4.000 trabajadores y 25 años de obras, en 1932 se levantó todo un poblado para acoger a la mayor parte de los operarios de la obra: el llamado Campamento de Santa Bárbara, que estaba en el lado sur del Padornelo, a poco mas de un kilómetro de distancia de la boca del túnel. Allí llegaron a convivir hasta 1.500 personas, lo que supuso la creación de una serie de infraestructuras de servicios de los que aún carecían muchos pueblos de la zona, como la luz eléctrica, o un centro sanitario, un puesto de la Guardia Civil, pensión y una capilla.

Dada su longitud, la obra se acometió simultáneamente por las dos bocas de entrada y desde el centro, a través de un pozo de 240 metros de longitud, que alojó un montacargas para el acceso del personal, así como para el acopio y desalojo de materiales.

El 1 de julio de 1957, Franco inauguró este segundo tramo, aunque la puesta en servicio ya se había producido en el mes de abril de ese mismo año para uso de trenes de mercancías. Como era de rigor, aquel caluroso día inaugural fue declarado festivo para que todos los ciudadanos de ciudades y pueblos c ercanos pudieran acercarse a las estaciones a saludar al jefe del Estado al paso del convoy, que, arrastrado por una locomotora Mikado 1-4-1, incluía un coche-salón para el jefe del Estado, otro para autoridades, un coche-restaurante y cuatro vagones más para invitados

Una vez terminadas las obras del túnel, el poblado de Santa Bárbara fue demolido. Cien años después, de su existencia y efervescente actividad solo queda la huella de la explanación y algunos vestigios de la subestación eléctrica, los almacenes o los barracones del personal. ■

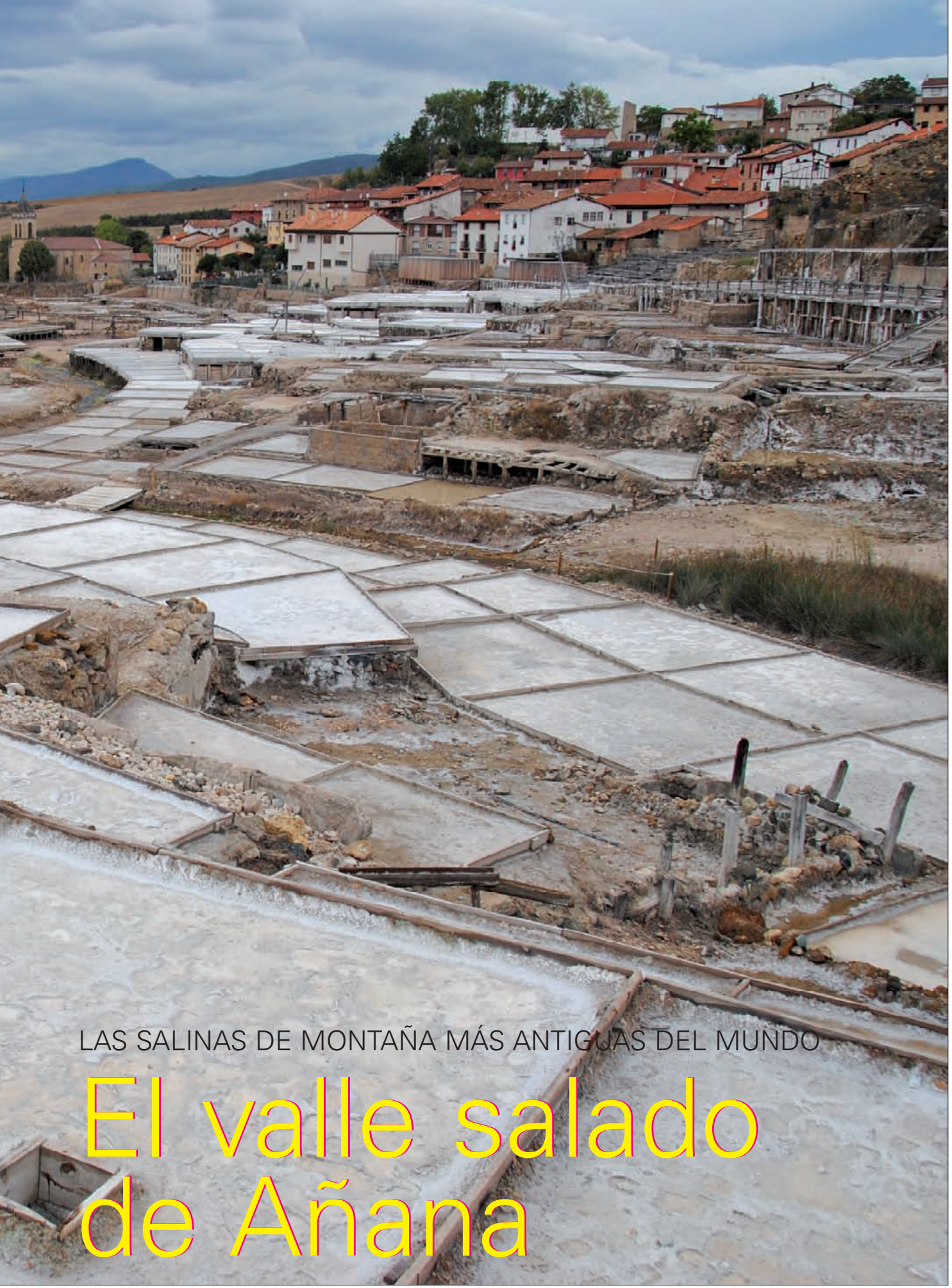
Texto y fotos: Jesús Ávila Granados

Las Reales Salinas de Añana (Álava), cuyo *oro blanco* se extrae desde la Prehistoria de los cuatro manantiales de agua salada del lugar, son todavía testimonio vivo de una tradición inmemorial. El valor cultural de este yacimiento minero, a cielo abierto, ha promovido su candidatura en la Unesco como Bien Patrimonial de la Humanidad.



A Añana se llega desde la N-I, antes de alcanzar Vitoria, y por la A-2622, tras dejar atrás pequeños caseríos, entre bellos parajes naturales de los valles alaveses. Tras un espeso bosque aparece este idílico pueblo, cuyo alargado casco urbano está recostado sobre la ladera oriental, mientras que al lado opuesto del valle se sitúan unas salinas que se pierden en la lejanía de la montaña. Las eras –albercas para la desecación de la sal– remontan las laderas del valle, configurando un paisaje único. La leyenda atribuye las salinas a una vaca que, mientras pastaba, escarbó con sus pezuñas el suelo e hizo brotar la salmuera de los manantiales.

Fue hace 6.500 años, en pleno Neolítico, cuando comenzaron las primeras explotaciones salineras en el valle de Añana, continuadas después



LAS SALINAS DE MONTAÑA MÁS ANTIGUAS DEL MUNDO

# El valle salado de Añana





*Canal del sector occidental del valle.*

por los celtas. Sin embargo, se debe a los romanos (siglo I a. C.) la incorporación de una tecnología capaz de mejorar los sistema de producción. Estos fundaron aquí la villa de Salionka (según el geógrafo Ptolomeo, Añana estaba junto a la calzada de Astorga a Burdeos). En el siglo V d.C., tras las invasiones bárbaras, Salionka fue abandonada y las gentes regresaron al valle.

El primer documento escrito sobre las salinas se remonta al año 822, cuando el abad Avito dotó al monasterio de San Román de Tobillas con 23 eras de sal, así como un pozo y parte de la salmuera que surgía de los manantiales. En el siglo X el valle salado era conocido como Aniana o Annana (Menéndez y Pidal vinculó las poblaciones terminadas en el sufijo «ana» con un fundo o granja romana; además, los pueblos acabados en «ana» están relacionados con el agua). Y durante el Califato de Córdoba este lugar era conocido por los andalusíes como Al-Mallaha. Entre los siglos VIII y X el mundo rural de esta zona giraba en torno a las siete aldeas del valle.

> Pueblos neolíticos, celtas, romanos y musulmanes explotaron estas salinas, cuyo principal desarrollo se dio a partir del Renacimiento

Según el investigador R. Pastor, las salinas de Añana, inicialmente en manos de propietarios libres, fueron absor-



Detalle de algunas estructuras del complejo salinero, con los pilares de madera.

bidas a partir del siglo X por los señores feudales, que provocaron la desaparición de los pequeños propietarios a mediados del siglo XII. En lo más alto del valle se alza el convento de San Juan de Acre, desde donde los hospitalarios rigieron la vida de la zona; lamentablemente, sus archivos se destruyeron durante la Desamortización (1833). En el año 1114 se concedió el Fuero de Añana, primero de Euskadi, y se creó la villa del mismo nombre, que atrajo a la población de las aldeas cercanas, generando una gran comunidad de propietarios bajo el nombre de Comunidad de Caballeros de las Reales Salinas de Añana. Esa comunidad cumple 900 años en 2014.

## Cuatro periodos históricos

Tras los siglos medievales, las salinas continuaron con un sistema coherente de explotación, realizado por la Comunidad y bajo vigilancia de Iglesia. Pero el Renacimiento trajo cambios notables. Entre el siglo XVI y el año 1787 se documenta por primera vez la intervención de mano de obra especializada, con soluciones constructivas basadas en conocimientos empíricos tanto en concepto de las explotaciones salineras como en cuanto a la conservación de las estructuras. Este hecho obedecía a una reforma integral de las salinas auspiciada desde la Administración, que buscaba mejorar la calidad de la sal y aumentar su producción. A consecuencia de ello, desparecieron la mayoría de las estructuras anteriores, y se pasó de las 2.300 eras en el siglo XVI a más de 4.000 a finales del XVIII.

Durante la Edad Moderna, las eras se hallaban en las zonas con menor desnivel geográfico. La base material de aquella arquitectura era la

mampostería de pequeño y mediano tamaño, con la madera como elemento material más utilizado, que costó la tala de muchos bosques próximos. También se remonta a este periodo el nuevo sistema de producción «a lleno», característico de las salinas del centro y sur peninsular, y que consiste en colmatar las eras varios centímetros con salmuera, utilizando para ello pozos elevados que desaguan por una boca, y luego esperar a la evaporación del agua. Fue en esa época cuando en las salinas intervinieron arquitectos, maestros canteros, carpinteros y otros oficios, cuyas actuaciones podemos ver en forma de un aparejo de gran envergadura y calidad, procedente de la extracción de roca de la zona, que configura una armonización ejemplar del paisaje salinero y evita, al mismo tiempo, el uso de argamasa entre bloques. En 1869, el Estado puso fin al monopolio de la sal, que había sido decretado por Felipe II en 1564.

El tercer periodo de las explotaciones salineras se extiende hasta el primer tercio del siglo XX. Es conocido como el de «fallos estructurales», por los errores cometidos al llevar las eras hasta los espacios más elevados del valle, que eran las zonas menos aptas para ello, a consecuencia de la notable pendiente, con un escaso acondicionamiento del terreno. Además, se construyeron altos muros con piedras ciclópeas colocadas sin argamasa, que originaron el derrumbe de estructuras y daños en las eras de la zona inferior del valle.

El último periodo es el de la competitividad productiva, motivada por el auge de las salinas del litoral y las minas (Cardona, Suria, etc.), cuyas producciones se triplicaron con la llegada del ferrocarril, dando lugar a la casi desaparición del complejo salinero del valle de Añana. Además, se incorporó el cemento en las estructuras de los bancales como material constructivo, tanto en los muros de las terrazas como en los pozos o en la superficie de las eras. La utilización del cemento dio lugar a un optimismo falso, porque supuso inicialmente un incremento considerable de la producción de sal, al facilitar su recolección, pero no tardó en demostrarse el error, ya que se produjeron dramáticos derrumbes a consecuencia del peso por las superposiciones de capas de cemento en los fondos de las eras.



*Enorme era del complejo salinero flotando sobre las demás estructuras.*

> Las salinas de Añana son hoy uno de los conjuntos salineros de interior más espectaculares y mejor conservados de Europa



*Instrumentos y útiles de los operarios de la sal.*

El abandono de la producción, por la acumulación de escombros de cemento que llegaron a taponar el cauce inferior del río, unido a la pérdida de rentabilidad económica de la sal, generó hacia 1960 un estado de ruina que se prolongó durante cuatro décadas. En 1984, las salinas de Añana fueron declaradas Monumento Histórico-Artístico de carácter nacional. Y en 1996, la zona arqueológica del casco histórico de esta población se inscribió como Bien Cultural, con la categoría de conjunto monumental, en el inventario general del Patrimonio Cultural Vasco. Las salinas de Añana, pese a su estado, son actualmente uno de los conjuntos salineros de interior más espectaculares y mejor conservados de Europa.



Poza superior de distribución de agua salada.



Entrada a uno de los almacenes de sal del complejo.

## Simbiosis perfecta

Para resumir en una frase este singular conjunto etnográfico, podría decirse que las salinas de Añana son una simbiosis perfecta entre la naturaleza y el hombre, y que ambos han trabajado aquí en armonía durante casi siete milenios. En las explotaciones salineras de Añana hay tres elementos: madera (pino silvestre), utilizada tanto para los pilares, vigas, canalizaciones (rollos), terrazos (almacenes para guardar la sal) y el trabuquete (cigüeñal); piedra (carniola, calcárea porosa, etc.), utilizada para los muros, colocada en seco, sin argamasa en las juntas de unión; y arcilla (que proporciona la impermeabilización del sistema: pozos, eras, almacenes, etc.). Todo ello, junto al sol, el viento y el saber hacer del artesano, dan lugar a esta sal, una de las más apreciadas del mundo.

Estamos, por tanto, ante una enorme estructura de madera, piedra y cerámica, que se desvela como aérea en algunos tramos, desafiando las acusadas pendientes del valle, sobre cuyas albercas de desecación –eras– resplandecen los destellos de unos cristales de sal al recibir los rayos solares. Entre estas granjas de eras sobresalen en el aire los trabuquetes, evocaciones de culturas orientales (Anatolia, Mesopotamia, Egipto…), que ayudan a elevar los cubos de agua salada y depositarlos en las albercas, con sus correspondientes contrapesos de madera. Son formas de producción de origen medieval que llegaron a la península Ibérica durante el Califato de Córdoba. Según los expertos, el valor del valle salado no radica solo en su particular arquitectura, o en sus casi 1.200 años de historia documentada, y tampoco en su geología o en sus valores paisajísticos, sino en la unión en perfecta armonía de todo ello, en un ámbito espacial muy concreto.



Canal de distribución, próximo al manantial de Santa Engracia.

## Un paisaje cultural

El valle salado de Añana entronca en la definición de paisaje cultural establecida por la Unesco en su Convención del Patrimonio Mundial de 1992, que fijó tres categorías: el paisaje definido, como son jardines y parques; el paisaje que ha evolucionado orgánicamente como respuesta a circunstancias sociales, económicas, administrativas y/o religiosas; y el paisaje asociativo, que adquiere una relevancia excepcional no tanto por su materialidad física, como por la fuerza de su capacidad evocadora asociada a valores de naturaleza religiosa, simbólica o cultural. El valle salado de Añana se inscribe en la tercera categoría, correspondiente a un paisaje vivo aunque con riesgo de supervivencia: en 1960 había 5.648 eras de sal en explotación y funcionamiento, y solo 42 en el año 2000.

Como se dijo, a mediados del siglo XX se cayó en el error de competir con las altas pro-



*Albercas para la desecación de la sal, junto a las casas del casco urbano de Añana.*

ducciones salinas de la costa, apostando por la cantidad en detrimento de la calidad, lo que llevó a una creación impresionante de eras en grandes albercas de desecación de la sal. Luego se regresó a la calidad, concepto que convirtió el valle de Añora en uno de los más importantes centros de producción salinera de montaña de España.

¿Cómo se realizó la coordinación entre propietarios de este valle? La compleja estructura de la propiedad de las salinas, a finales del siglo XX, era un obstáculo para las Administraciones. En 1984, el valle estaba dividido en 111 granjas, pertenecientes a medio centenar de propietarios, lo que obligaba a un trato individual para cualquier intervención. Este inconveniente, unido a la dejadez en parte de las eras y al despoblamiento del valle, complicaban toda actuación. A comienzos de 1999 se alcanzó un acuerdo entre los propietarios de las eras al promoverse la sociedad de salineros Gatzagak, que unificó las opiniones y permitió controlar el proceso de dispersión de la propiedad. Ese objetivo se alcanzó con la división del salero en tantas participaciones nominativas como plataformas de evaporación había y convirtiendo a sus propietarios en accionistas.

La primera intervención, en el año 2000, delimitó el perímetro de la explotación salina y evitó el libre acceso al complejo minero, mientras se realizaba una limpieza intensiva de elementos extraños a la cultura de la sal, así como el trazado de senderos que facilitara los trabajos en este complejo industrial, que se extiende por una superficie de 12 hectáreas. Pero la tarea principal llevada a cabo a finales del siglo XX fue la puesta en marcha del Plan Director por parte de la Diputación Foral de Álava. «Los estudios históricos del Plan Director fueron encomendados al Grupo de Investigación Arqueológica de la Universidad del País Vasco, que, como objetivo básico, se planteó conocer la evolución histórica y constructiva de las salinas, cuyo entendimiento creíamos que haría posible explicar y comprender sus transformaciones. En suma, todos los avatares que ha sufrido la fábrica de sal a lo largo de su historia», afirma Roberto López de Eguílaz, director gerente del Valle Salado de Añana.



*Uno de los conjuntos, en plena actividad.*

Desde el manantial superior, la imagen de todo el complejo salinero es impresionante. Es recomendable que, desde el centro de información, se haga el recorrido siguiendo el sendero vallado para comprender el desarrollo de las explotaciones y admirar los canales que transportan el agua salada, que en el exterior depositan unos «chuzos» (estalactitas de sal), y en cuyo fondo destaca un rojo intenso que recuerda la riqueza de hierro de estas aguas. Después hay tiempo para relajarse en el moderno spa habilitado, todo un atractivo de hidroterapia para los visitantes de Añana. La calidad de la sal de Añana está avalada por grandes chefs españoles, algunos con tres estrellas Michelin, con eras seleccionadas en este valle para abastecerse y que utilizan esta sal en algunas de sus creaciones. ■

# Índice temático de la revista Fomento

2013

## AEROPUERTOS

Ampliación del aeropuerto de Gran Canaria
**NUEVA CAPACIDAD**
Nº 628. Pág. 16

Plan de Eficiencia Energética en Madrid-Barajas
**UN AHORRO QUE VALE POR DOS**
Nº 628. Pág. 30

Madrid-Barajas cumple 80 años
**UN OCTOGENARIO INFATIGABLE**
Nº 632. Pág.48

Ampliación de la terminal de Vigo
**PEINADOR, EN LA CUENTA ATRÁS**
Nº 634. Pág. 22

80 años del aeropuerto de Sevilla
**VOCACIÓN INTERCONTINENTAL**
Nº 634. Pág. 38

## ARQUITECTURA

Un siglo de historia de La Pedrera
**JOYA DEL MODERNISMO CATALÁN**
Nº 625. Pág. 56

Rehabilitación del hipódromo de la Zarzuela
**SENCILLA GENIALIDAD**
Nº 626. Pág. 42

Programa de rehabilitación del patrimonio
**RENOVADO ESPLENDOR**
Nº 632. Pág. 14

La impresión 3D se abre paso en la creación de maquetas a escala
**UN MUNDO DE POSIBILIDADES**
Nº 634. Pág. 44

## AVIACIÓN

El proyecto Doris reduce los consumos de combustible en las rutas aéreas transoceánicas
**LAS VENTAJAS DE OPTIMIZAR**
Nº 625. Pág. 44

Empresas españolas en la construcción del A350
**GRANDES HORIZONTES**
Nª 631.Pág. 24

## CARRETERAS

15.000 vehículos emplean a diario el nuevo acceso sur
**DIRECTO A LEÓN**
Nº 624. Pág. 22
Más de 3,6 millones de vehículos han cruzado el túnel de Somport en sus 10 años de vida
**UN PASO SEGURO**
Nº 624. Pág. 36

Proyecto Whiteroads en las carreteras europeas
**LA SEGURIDAD COMO BLANCO**
Nº 624. Pág.52

Implantación del tercer carril y vías colectoras en la ronda norte de Zaragoza
**CAPACIDAD AMPLIADA**
Nº 625. Pág. 12

Segundo tramo de la circunvalación exterior de Sevilla
**LA SE-40 CRECE**
Nº 626. Pág. 14

Nueva variante de la N-430 en Ossa de Montiel (Albacete)
**TRAVESÍA SUPRIMIDA**
Nº 626. Pág. 30

En servicio el tramo Las Dueñas-Muros del Nalón de la A-8
**UN PASO RELEVANTE**
Nº 627. Pág. 14

Abierto el tramo Puerto Rico-Puerto de Mogán de la autopista GC-1 en Gran Canaria
**DOBLE CALZADA ENTRE BARRANCOS**
Nº 627. Pág. 34

En servicio el tramo Tiermas-Límite Navarra de la A-21 en Zaragoza
**CONEXIÓN INTERPROVINCIAL**
Nº 629. Pág. 26

Primer tramo de la autovía A-73 (Burgos-Aguilar de Campóo)
**JUNTO A LA CUNA DEL CID**
Nª 631.Pág. 4

Remodelación del nudo de O Pino en Pontevedra
**IMPULSO A LA MOVILIDAD**
Nª 631.Pág. 10

Implantación del tercer carril en el tramo San Rafael-Villacastín de la autopista AP-6
**TRES MEJOR QUE DOS**
Nª 631.Pág. 14

La presencia de las constructoras nacionales en la ejecución de infraestructuras viaria en el mundo
**CON ACENTO ESPAÑOL**
Nº 632. Pág. 4

Primer tramo de la autovía Tarragona-Montblanc
**EN MARCHA LA A-27**
Nº 632. Pág. 22

Nuevo tramo Valladolid-Villanubla de la A-60
**ALTERNATIVA EN EL PÁRAMO**
Nº 633. Pág. 12
Abierto el subtramo Pendueles-San Roque de la autovía del Cantábrico
**UN ESLABÓN MÁS DE LA A-8**
Nº 633. Pág. 16

Abierta al tráfico la variante de L'Aldea (Tarragona)
**ALTERNATIVA RÁPIDA Y SEGURA**
Nº 634. Pág. 10

## CARTOGRAFÍA

El Plan Nacional de Observación del Territorio, galardonado por la ONU
**MODELO DE COOPERACIÓN**
Nº 633. Pág. 44

## 1% CULTURAL

Concluidas 12 actuaciones de recuperación del patrimonio
**CONTRA EL TIEMPO Y EL OLVIDO**
Nº 629. Pág. 18

## EXPOSICIONES

La contribución de la ingeniería al progreso de Madrid, en Las Arquerías
**CON PROYECCIÓN INTERNACIONAL**
Nº 626. Pág. 58

## FERROCARRIL

El tramo Barcelona-Figueres culmina la LAV Madrid-Barcelona-Francia
**EL AVE ALCANZA LA FRONTERA**
Nº 624. Pág. 4

Proyecto para implantar el ancho UIC en el Corredor Mediterráneo
**INTEROPERABLE Y MÁS HOMOGÉNEO**
Nº 624. Pág. 14

En servicio un tramo semiurbano de la LAV Sevilla-Cádiz
**AL NORTE DE JEREZ**
Nº 624. Pág. 28

El tramo de alta velocidad Albacete-Alicante, en su fase final
**EN LA CUENTA ATRÁS**
Nº 625. Pág. 4

El «Topo» cumple cien años
**UN VIEJO TREN CON MUCHO FUTURO**
Nº 625. Pág. 48

La LAV a Galicia suma más de 300 nuevos kilómetros en ejecución
**ENTRE OLMEDO Y OURENSE**
Nº 626. Pág. 4

20º aniversario de las vías verdes
**UN CUMPLEAÑOS CON VOCACIÓN DE FUTURO**
Nº 626. Pág. 54

Ejecución de la plataforma de alta velocidad del tramo Valladolid-Burgos
**POR LA ANCHA CASTILLA**
Nº 627. Pág. 24

Cochera-taller para material ferroviario histórico de Mora la Nova
**PRESERVAR EL PASADO**
Nº 627. Pág. 54

Rehabilitación de la estación de Aranjuez
**UNA JOYA, DE NUEVO PULIDA**
Nº 627. Pág. 60

Estructuras singulares en el eje de alta velocidad Vitoria-Bilbao
**LA HORA DE LA INGENIERÍA**
Nº 628. Pág. 4

Nuevos itinerarios y ofertas de viaje en los trenes turísticos de Renfe
**MÁS LUGARES, MÁS ASEQUIBLES**
Nº 628. Pág. 34

150 años del ferrocarril en Bizkaia
**EL INICIO DE UNA RED**
Nº 628. Pág. 42

Eje del espacio único europeo del transporte en 2050
**EL FUTURO PASA POR EL FERROCARRIL**
Nº 628. Pág. 48

En servicio la segunda LAV entre Madrid y la costa levantina
**ALICANTE, CIUDAD AVE**
Nº 629. Pág. 4

Los AVE S 100R y S112 cubren el trayecto Madrid-Alicante
**CÓMODOS Y FIABLES**
Nº 629. Pág. 14

Adif inicia la venta de activos inmobiliarios desafectados
**PUESTA EN VALOR**
Nº 629. Pág. 32

Nuevo tramo de la LAV Sevilla-Cádiz
**DOBLE VÍA EN LA CAMPIÑA**
Nª 631.Pág. 18

150 años de la línea Madrid-Zaragoza
**EL TREN MÁS ESPERADO**
Nª 631.Pág. 40

Recuperación del ferrocarril minero de Langreo
**VIAJE AL FONDO DE LA MINA**
Nª 631.Pág. 52

La primera fase de las obras, a punto de culminar
**EL FERROCARRIL SE INTEGRA EN LOGROÑO**
Nº 632. Pág.28

La internacionalización de la industria ferroviaria española
**PROYECCIÓN EXTERIOR**
Nº 633. Pág. 22

La operadora se reorganiza para ganar competitividad
**UN NUEVO MODELO PARA RENFE**
Nº 633. Pág. 30
Ejecución del tramo de alta velocidad Monforte del Cid-Murcia
**TRAZADO ENTRE REGADÍOS**
Nº 634. Pág. 2

# Índice temático de la revista Fomento 2013

## GEOGRAFÍA

Las canteras megalíticas de Els Clots de Sant Julià
**EN EL BOSQUE DE PIEDRA**
Nº 629. Pág. 54

Las salinas de montaña más antiguas del mundo
**EL VALLE SALADO DE AÑANA**
Nº 634. Pág. 56

## HISTORIA

175 años de la línea La Habana-Güines
**DE CUBA LLEGÓ EL PRIMER TREN**
Nº 624. Pág. 60

Quinto centenario del descubrimiento de Florida
**UN NUEVO MUNDO**
Nº 626. Pág. 46

Presa romana de Consuegra
**SINGULARIDADES DE UN RÉCORD**
Nº 628. Pág. 54

La Nave de Motores de Metro de Madrid, Bien de Interés Cultural
**MÁXIMA PROTECCIÓN**
Nº 629. Pág. 48

500 años del descubrimiento del océano Pacífico por Núñez de Balboa
**LA GRAN AVENTURA DE LA MAR DEL SUR**
Nº 632. Pág. 54

Conjunto amurallado ibero de Els Vilars en Lleida
**LA TROYA IBÉRICA**
Nº 633. Pág. 48

300 años del nacimiento de Junípero Serra, fundador de las misiones de Baja California
**LA SENCILLEZ MÁS PERDURABLE**
Nº 633. Pág. 54

Centenario del ferrocarril Zamora-Ourense
**EL TRAZADO MÁS DIFÍCIL**
Nº 634. Pág. 51

## I+D+i

Un proyecto europeo traza las líneas maestras de los futuros servicios urbanos de transporte de viajeros
**AUTOBUSES DE FUTURO**
Nº 624. Pág.56

CTF de Adif, un referente mundial de la tecnología ferroviaria
**INNOVADOR Y MULTIDISCIPLINAR**
Nº 625. Pág. 32

Participación de España en el proyecto ALMA.
**DESCIFRANDO EL COSMOS**
Nº 627. Pág. 40

Programa Itaka para el desarrollo de biocombustibles para aviación
**UNA ALTERNATIVA AL QUEROSENO**
Nº 628. Pág. 38

El centro «Loyola de Palacio» consolidará el programa Galileo
**UN PASO IMPORTANTE**
Nº 629. Pág. 38

Centro Integral de Servicios Ferroviarios (CISF)
**FACTORÍA DE HOMOLOGACIONES**
Nª 631.Pág. 30

Nueva herramienta para diagnosticar el deterioro de los motores de avión
**MODELO PREDICTIVO**
Nº 634. Pág. 34

El radiotelescopio *Jorge Juan* y el proyecto RAEGE
**DESCIFRANDO LA TIERRA**
Nº 634. Pág. 28

## INGENIERÍA

Finaliza la construcción del puente de Vidin-Calafat
**UN PASO DOBLE SOBRE EL DANUBIO**
Nº 628. Pág. 24

80º aniversario del Golden Gate Bridge
**UN PUENTE PARA NO OLVIDAR**
Nª 631.Pág. 46

## MARINA MERCANTE

Salvamento Marítimo rescató de la mar a 33 personas cada día en 2012
**LAS BUENAS PROVIDENCIAS**
Nº 626. Pág. 20

Operación internacional de lucha contra la contaminación en el Mediterráneo
**CONTROL DESDE EL CIELO**
Nª 631.Pág. 35

La UE busca reducir la contaminación causada por el transporte marítimo
**BUQUES Y PUERTOS LIMPIOS**
Nº 632. Pág. 44.

Control del Estrecho desde los centros de Tánger y Tarifa
**VIGILANCIA COMPARTIDA**
Nº 634. Pág. 16

## NORMATIVA

Los trenes turísticos serán los primeros en abrirse a la competencia
**NUEVA ETAPA**
Nº 626. Pág. 34

## PRESUPUESTOS

Las inversiones del Grupo Fomento ascenderán a 8.980 M€ en 2014
**APUESTA POR LA COMPETITIVIDAD**
Nº 633. Pág. 2

## PUERTOS

El puerto de Vilagarcía amplía sus instalaciones
**NUEVOS HORIZONTES**
Nº 625. Pág. 20

Nuevo observatorio permanente del mercado de los servicios portuarios
**REFERENTE PARA LA COMPETITIVIDAD**
Nº 625. Pág. 38

El tráfico portuario de mercancías en 2012 se acerca a niveles récord
**RECUPERACIÓN CONFIRMADA**
Nº 626. Pág. 24

Éxito de la operación comercial más compleja en el puerto de Langosteira
**LA PRIMERA VEZ**
Nº 626. Pág. 38

En marcha el proyecto Sampa
**ALERTA TEMPRANA EN EL ESTRECHO**
Nº 627. Pág. 48

Plan de Eficiencia Energética del puerto de Alicante
**UN AHORRO CONTUNDENTE**
Nº 627. Pág. 66

125º aniversario del muelle de hierro de Portugalete
**PRODIGIOSA SENCILLEZ**
Nº 629. Pág. 42

El puerto de Sevilla estrena terminal de pasajeros
**VANGUARDISTA Y SOSTENIBLE**
Nº 632. Pág. 34

## TRANSPORTE

El Observatorio de la Movilidad Metropolitana radiografía las 20 grandes áreas urbanas españolas
**CÓMO NOS MOVEMOS EN LA GRAN CIUDAD**
Nº 624. Pág. 44

La Comisión Europea radiografía las tendencias del transporte en la UE
**SIEMPRE EN MOVIMIENTO**
Nº 633. Pág. 36

## URBANISMO

125 años de la Exposición Universal de Barcelona
**LA GRAN PRUEBA**
Nº 632. Pág. 38

## VIVIENDA

Nace el fondo social de vivienda en alquiler
**HAY ALTERNATIVA AL DESALOJO**
Nº 625. Pág. 26

Plan Estatal de Vivienda 2013-2016
**POR UN MODELO DINAMIZADOR**
Nº 627. Pág. 4

## NÚMERO EXTRAORDINARIO

Puente basculante Porta d´Europa
**RÉCORD EN SU TIPOLOGÍA**
Nº 630. Pág. 4

Viaductos de Pedrafita
**LA PUERTA HACIA GALICIA**
Nº 630. Pág. 12

Viaductos de Cieza y Pedredo
**INNOVACIÓN DE ALTURA**
Nº 630. Pág. 22

Puente de Arcos de Alconétar
**HACIENDO HISTORIA**
Nº 630. Pág. 28

Viaducto del Nalón
**MEMORIA DEL RÍO**
Nº 629. Pág. 36

Viaducto de Montabliz
**GRANDIOSA SINGULARIDAD**
Nº 630. Pág. 42

Ampliación del puente de los Santos
**DUPLICACIÓN EN LA RÍA**
Nº 630. Pág. 48

Puente del Milenio
**ESCULTURA SOBRE EL EBRO**
Nº 630. Pág. 54

Viaducto de Navia
**ARCOS SOBRE LA RÍA**
Nº 630. Pág. 62

Puente de Ibn Firnás
**CON ARTE Y TÉCNICA**
Nº 630. Pág. 70

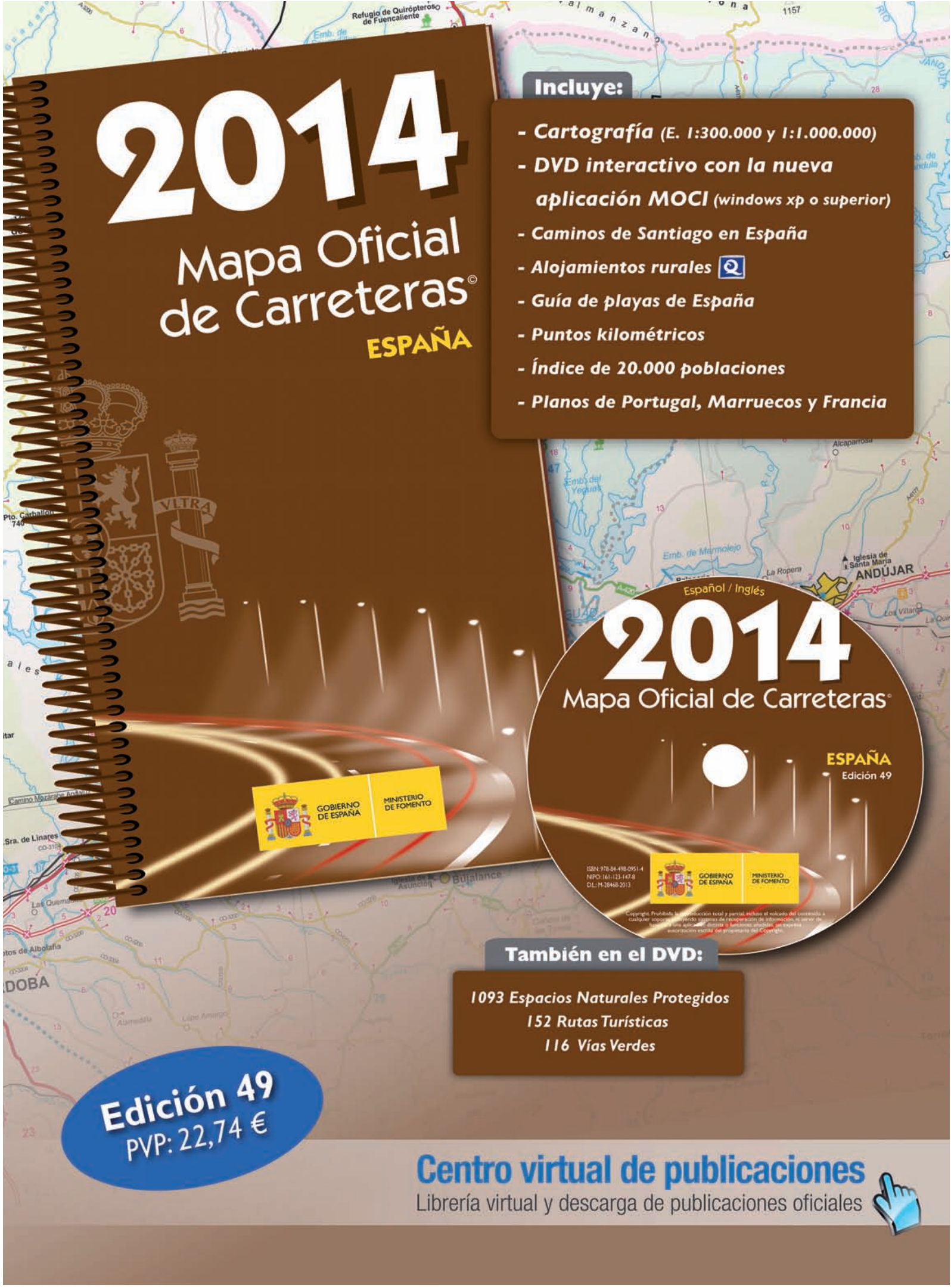
Puente atirantado de Talavera de la Reina
**ESBELTA ATALAYA**
Nº 630. Pág. 76

Viaductos de Despeñaperros
**PASO HISTÓRICO**
Nº 630. Pág. 82

Viaducto de la Concha de Artedo
**GRANDES MAGNITUDES**
Nº 630. Pág. 92

Viaducto de Tenoya
**GIGANTE GRANCANARIO**
Nº 630. Pág. 100

Puente de la Constitución de 1812
**EL COLOSO SE EXTIENDE**
Nº 630. Pág. 110


2014
Mapa Oficial de Carreteras©
ESPAÑA
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
Incluye:
- Cartografía (E. 1:300.000 y 1:1.000.000)
- DVD interactivo con la nueva aplicación MOCI (windows xp o superior)
- Caminos de Santiago en España
- Alojamientos rurales
- Guía de playas de España
- Puntos kilométricos
- Índice de 20.000 poblaciones
- Planos de Portugal, Marruecos y Francia
Español / Inglés
2014
Mapa Oficial de Carreteras©
ESPAÑA
Edición 49
ISBN: 978-84-498-0951-4
NIPO: 161-123-147-8
D.L.: M-28468-2013
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
También en el DVD:
1093 Espacios Naturales Protegidos
152 Rutas Turísticas
116 Vías Verdes
Edición 49
PVP: 22,74 €
Centro virtual de publicaciones
Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales







Ejecución de la línea de Alta Velocidad Alicante-Murcia. Tramo: El Carrús-Elche.

## FERROVIAL AGROMAN AVE: ALICANTE - MURCIA

Ferrovial Agroman participa en la ejecución de la línea de Alta Velocidad Alicante-Murcia con la ejecución del tramo: El Carrús-Elche, con una longitud de 4,5 kilómetros y en el que destacan varias estructuras como el viaducto sobre el barranco de Barbasena de 66 metros, el túnel de Elche con una longitud de 1.288 metros, y el túnel de Carrús de 371 metros.

Porque creemos en conectar lugares y personas, porque avanzamos hacia el progreso.

ferrovial
agroman

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:

**www.fomento.gob.es**

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

Título de la obra: ***Revista del Ministerio de Fomento, nº 634, diciembre 2013***

Año de edición: ***Diciembre 2013***

Edición digital:
1ªedición electrónica: ***Diciembre 2013***
Formato: ***PDF***
Tamaño: ***18 MB***

NIPO: 161-13-004-6
I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA incluido): 1,50 €

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

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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SECRETARIA GENERAL TECNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES