



Tramo de alta velocidad Monforte del Cid-Murcia

- En servicio la variante de L'Aldea en Tarragona
- Ampliación del aeropuerto de Vigo
- Nuevo radiotelescopio *Jorge Juan*

Tecnología y Eficiencia de extendido BOSCHUNG





Tramo de alta velocidad Monforte del Cid-Murcia

● En servicio 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), M^o 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.

EJECUCIÓN DE LA PLATAFORMA DEL TRAMO DE ALTA VELOCIDAD MONFORTE DEL CID-MURCIA

Trazado entre regadíos

JAVIER R. VENTOSA

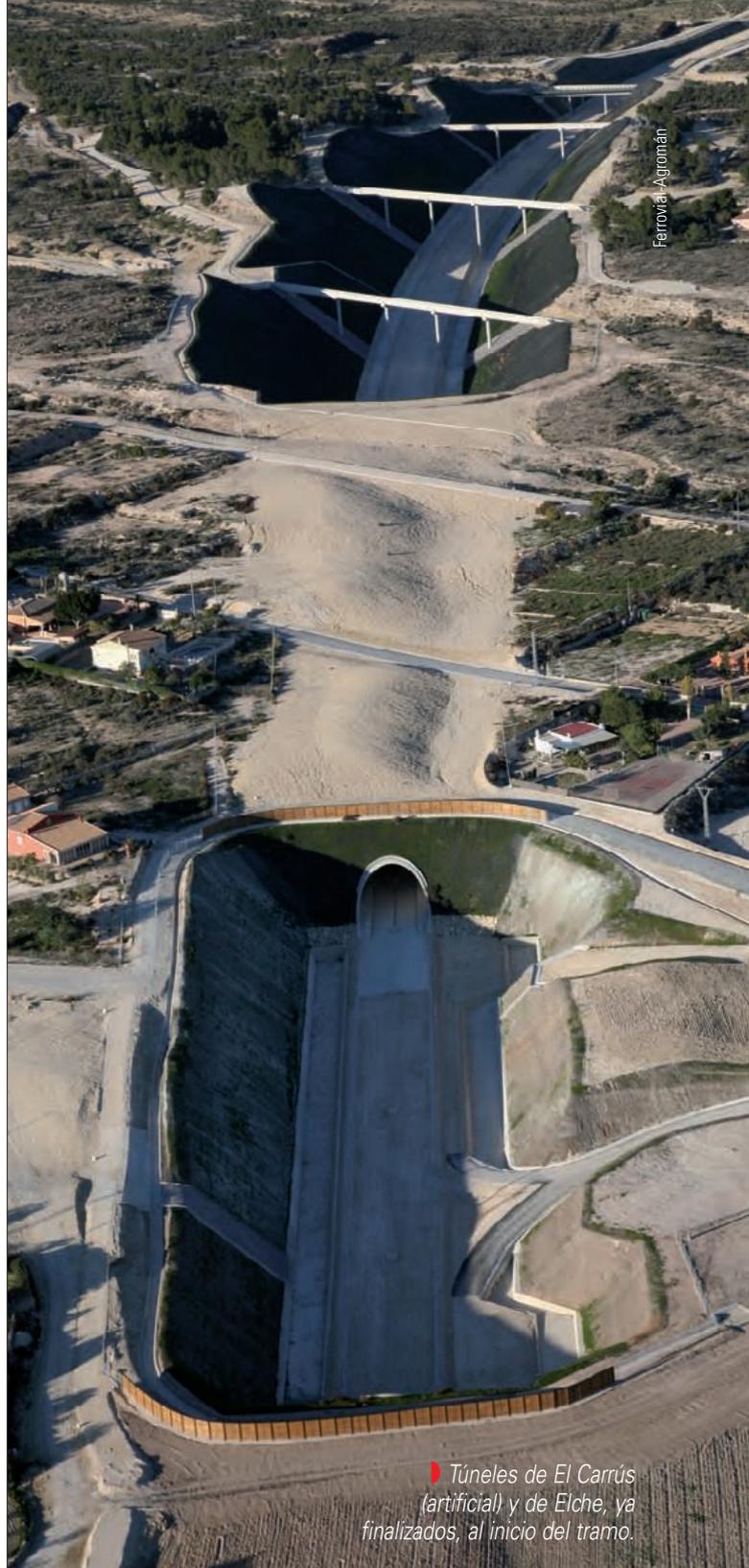
El Corredor de Levante, con dos destinos mediterráneos ya en explotación (Valencia y Alicante), continúa su progresión hacia su extremo sur con la construcción del tramo que llevará el AVE a la Región de Murcia. El nuevo trazado,

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 (PIT-VI) 2012-2024 del Ministerio de Fomento. Tanto el carác-

ter 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 un 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



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.

Pasos superiores en el subtramo El Carrús-Elche, ya recepcionado por Adif.

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 cons-

truye 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, con-

duce 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



▶ Viaducto de Callosa-Cox y boca del túnel de Callosa de Segura.



▶ 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

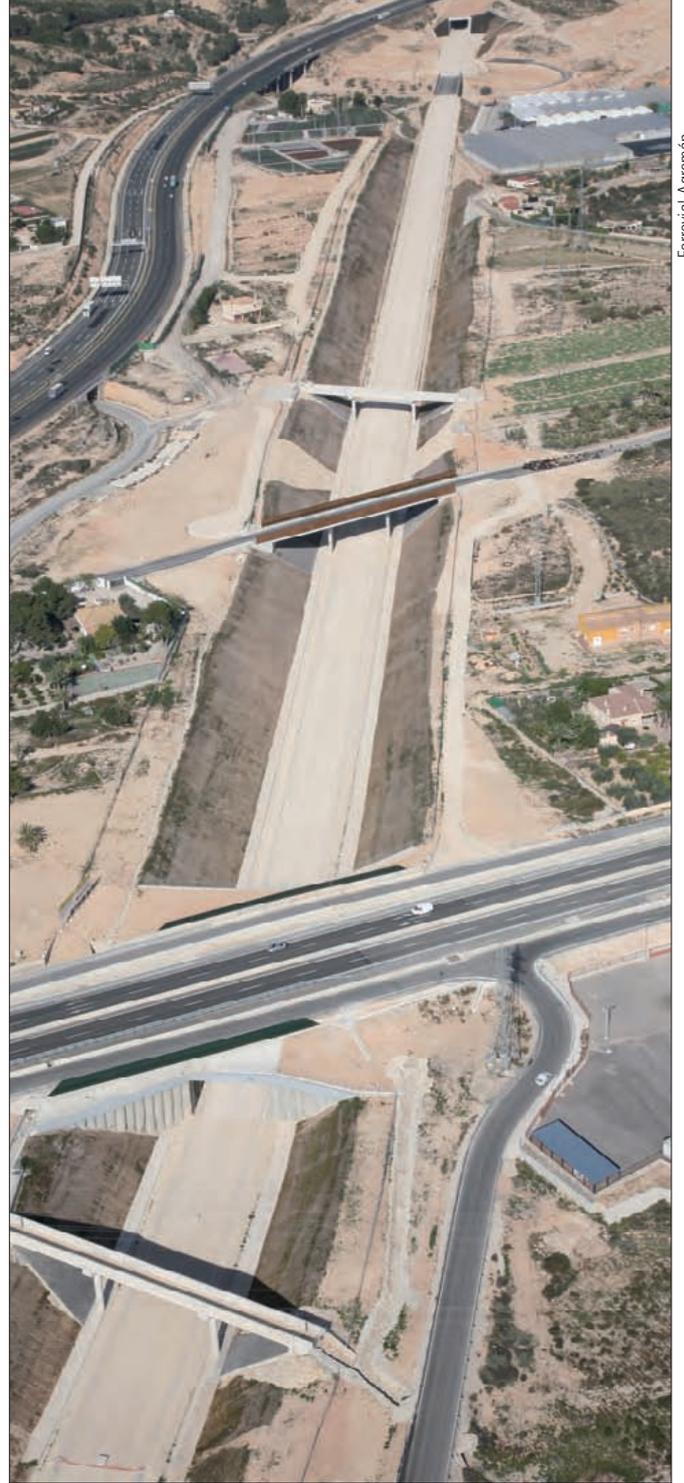
controladas, progresa simultáneamente desde ambas bocas, encontrando una notable resistencia en los terrenos calizos que atraviesa. La excavación se encuentra actualmente muy avanzada (1.600 metros de avance, 100 de destroza), próxima al cale. El túnel, con una sección de excavación de 130 m² y sección útil de 82 m², incluye como medi-



▶ El viaducto de Callosa-Cox acogerá una estación de Cercanías elevada.



Dragados



Ferrovial-Agromán

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 m² 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

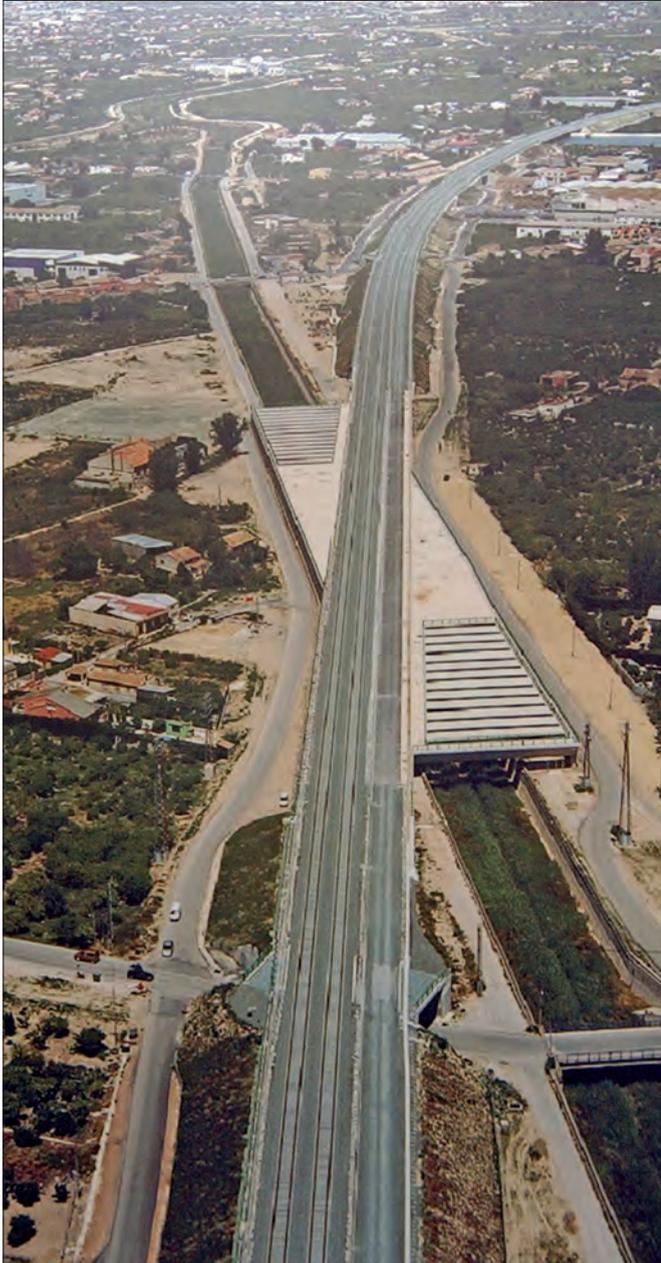
más largos de la red de alta velocidad en España. Se trata de una estructura de planta curva compuesta por 49 vanos, con luces de entre 37 y 40 metros, y pilas con altura máxima de 15,4 metros. El tablero está formado por vigas de tipo artesa de 2,7 metros de canto y losa de compresión hormigonada *in situ* sobre prelasas 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.

Tramo de acceso al túnel de Elche, en paralelo a la autopista AP-7.



Ferrovial-Agromán

Plataforma acabada en el subtramo El Carrús-Elche.



► Plataforma sobre la pérgola del Reguerón, en el acceso a Murcia.

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 ac-

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).

tualmente 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 ca-

nal 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 23° 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.



► 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 variante discurre muy cerca de la autopista del Mediterráneo (AP-7).

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 nú-

cleo originario como el antiguo 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 deman-

da 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



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 Gànguill (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-

▶ 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 Tyspa. 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



▶ 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

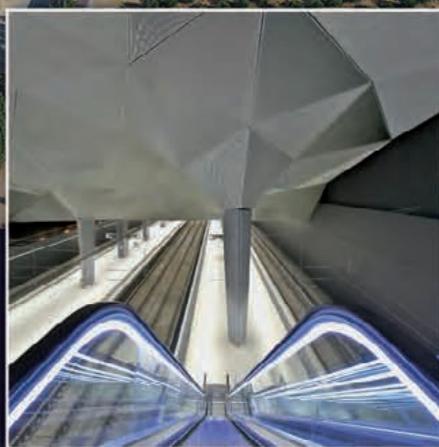
Estructuras

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.

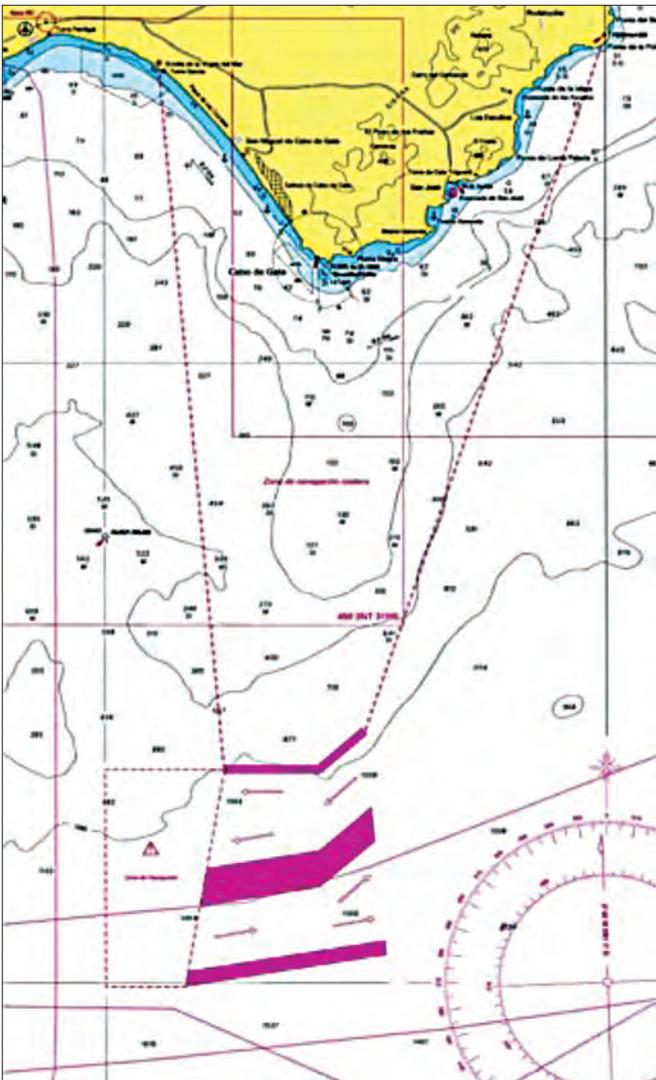


Gráfico del Dispositivo de Separación de Tráfico (DST) del Estrecho.

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.

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 Estre-



Centro de Control de Salvamento de Tarifa, que controló en 2012 más del 70% del tráfico marítimo en el Estrecho.

cho. 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,

Sobre ambos centros recae el ordenamiento del tránsito de los más de 100.000 buques que navegan cada año por la zona

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.

Una labor que ambos centros ya llevan a cabo y que se comprobó mediante dos supuestos virtuales de inopera-

tividad 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, coordi-

nador 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 €



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



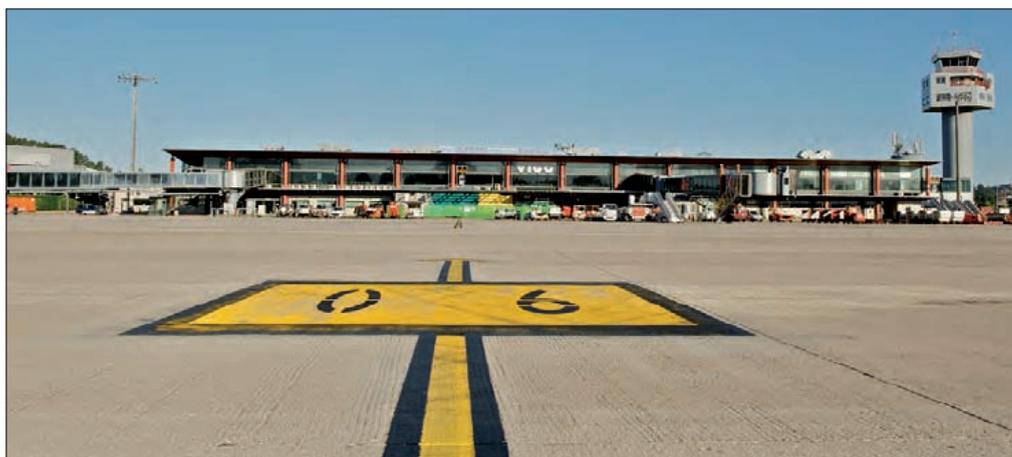
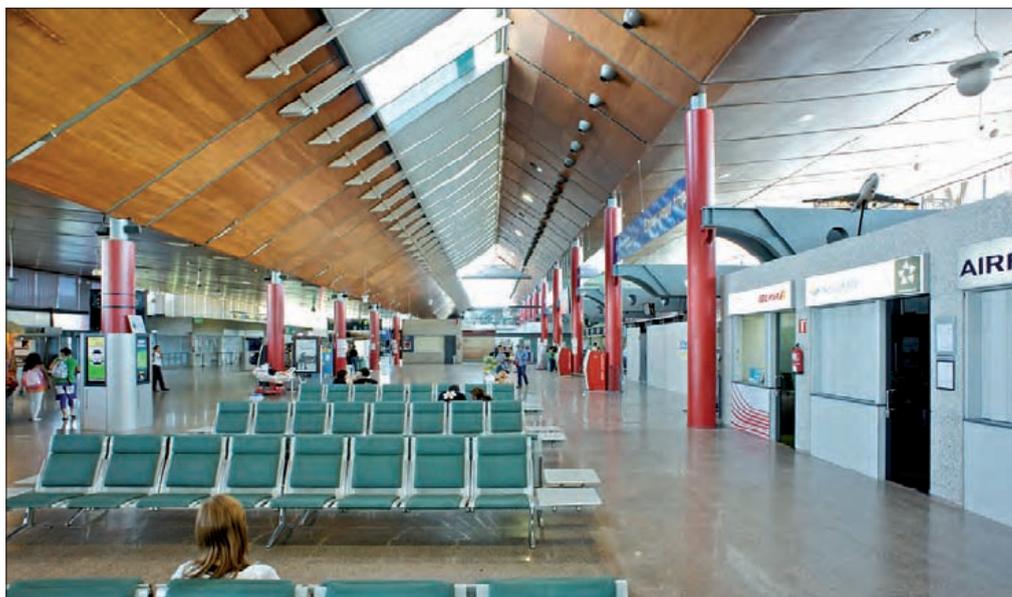
R. F. Fotos: AG AENA

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 plan-



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.



ta 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. ■



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

Centro virtual de publicaciones

Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales



Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado.



EAE
Instrucción de Acero Estructural

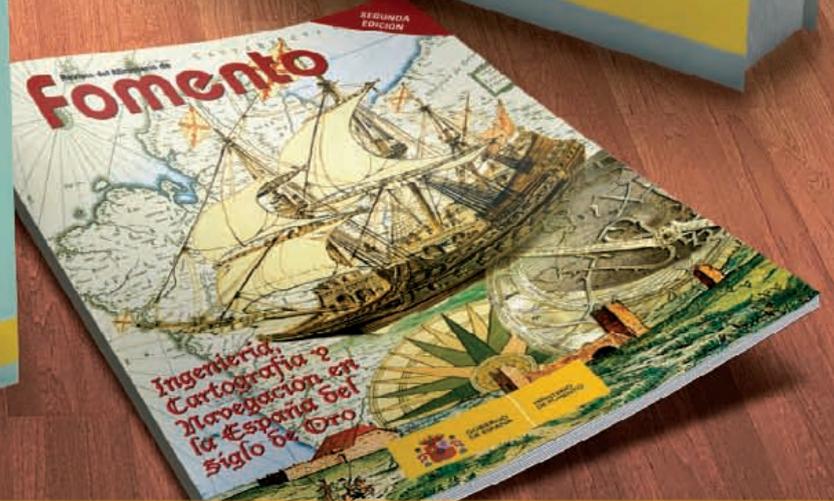


EHE-08
Instrucción de Hormigón Estructural



Radiocomunicaciones en el servicio móvil marítimo para embarcaciones de recreo

PATRÓN DE NAVEGACIÓN BÁSICA
PATRÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO
PATRÓN DE YATE



Fomento

Ingeniería Cartográfica y Topografía en la España del siglo de Oro

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

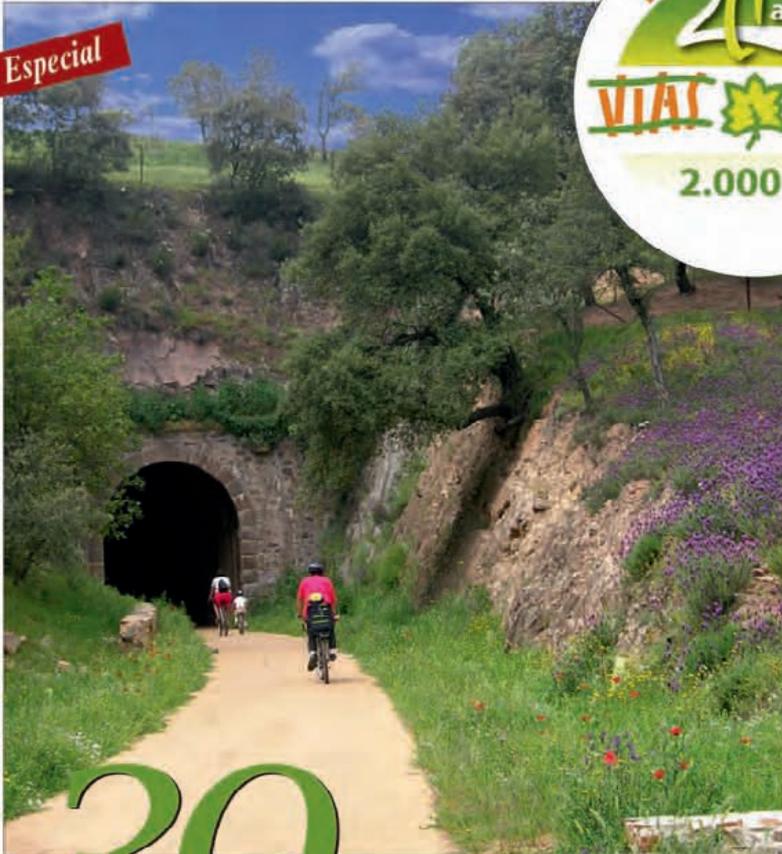
www.fomento.gob.es





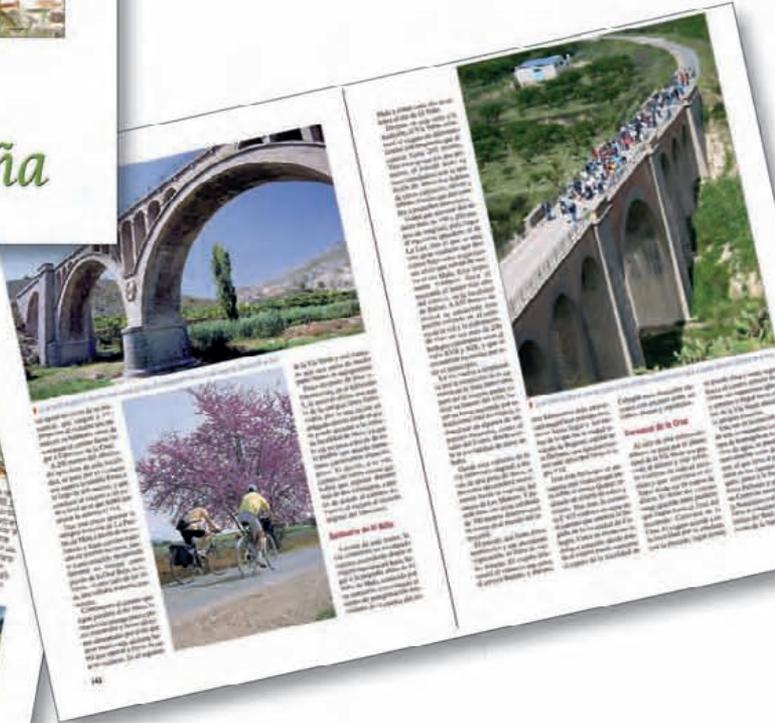
RECOPIACIÓN ESPECIAL
DE REPORTAJES
PUBLICADOS EN LA
REVISTA ENTRE 2009 Y
2012 Y OTROS DE
NUEVA EDICIÓN

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.



30

Vías Verdes por España



PVP: 10 €



▶ 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 Yebe 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, Nor-



uega 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-

Un centro de referencia

El Observatorio del Instituto Geográfico Nacional en la localidad alcarreña de Yebe 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.

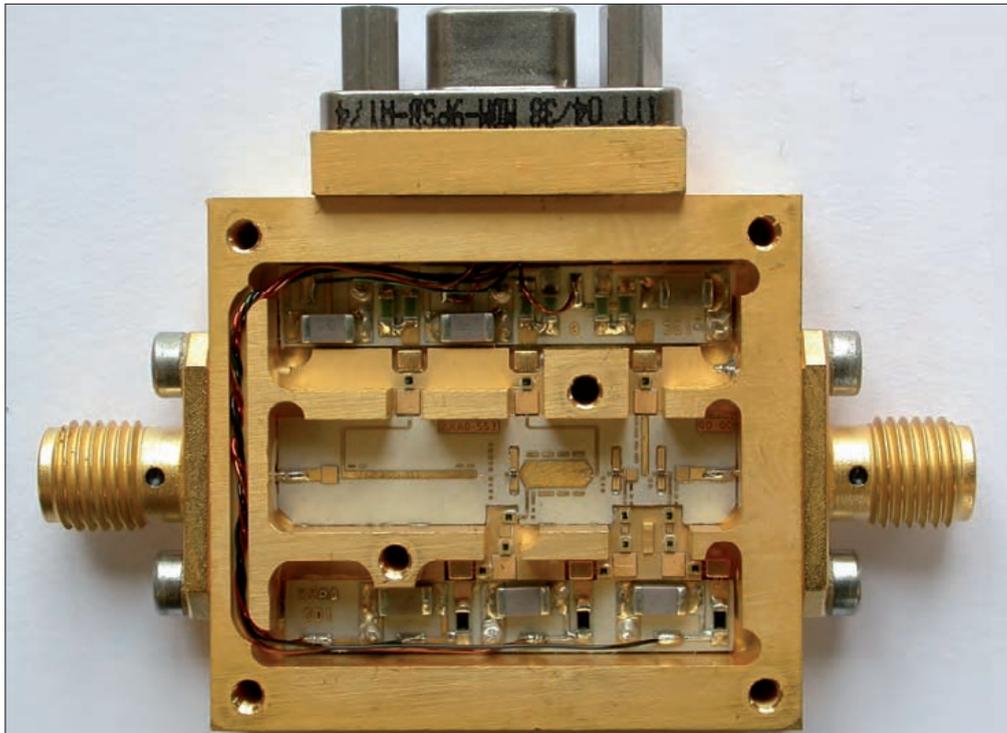
En este centro base, en el que trabajan numerosos ingenieros y técnicos, se realizan diseños y desarrollos tecnológicos en todos los campos de la radioastronomía, desde la recepción de la señal cósmica hasta su procesado y análisis: ajuste de superficies colectoras (holografía), receptores criogénicos, 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.



La ministra de Fomento y la presidenta de Castilla-La Mancha, ante el radiotelescopio Jorge Juan, el pasado 21 de octubre.



► 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

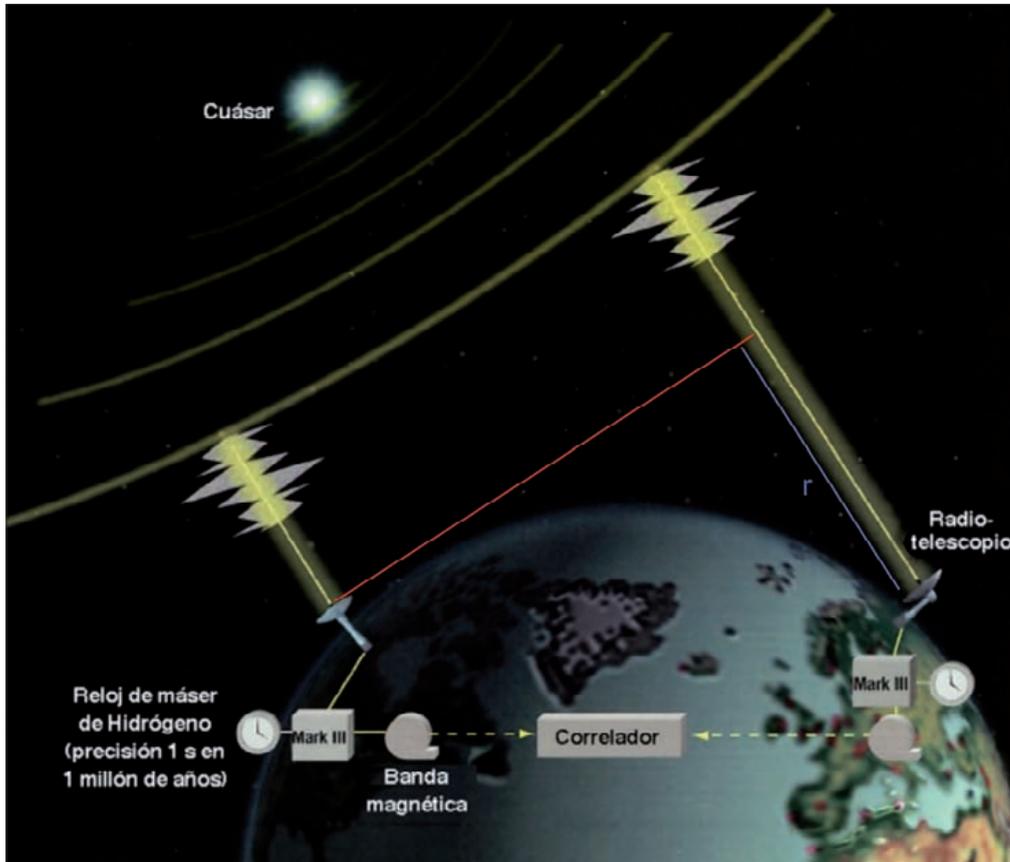
El precedente de la Interferometría de Muy Larga Base (VLBI), cuyas técnicas son el fundamento del proyecto RAEGE, y en la que el Instituto Geográfico Nacional at-

sora 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 apor-

tación 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 píxel 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.*

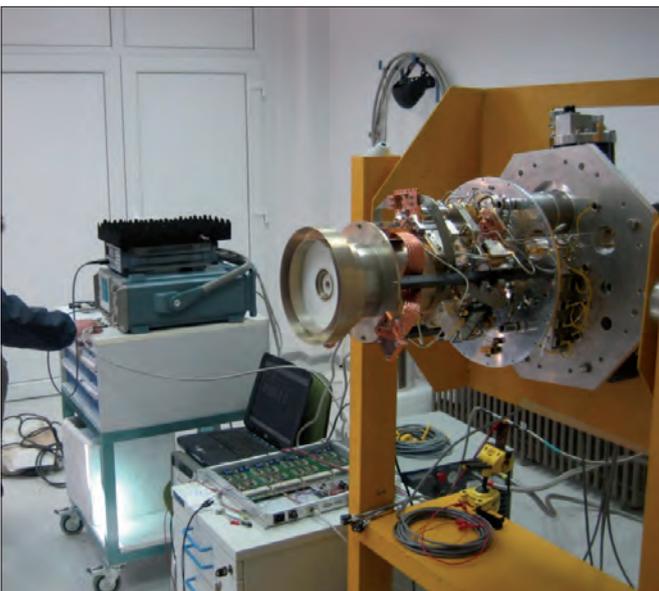
tectónicas, y comprobar, además, que eran coherentes.

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 posicio-

El proyecto RAEGE permitirá conocer mejor los procesos físicos que afectan a grandes áreas geográficas del planeta



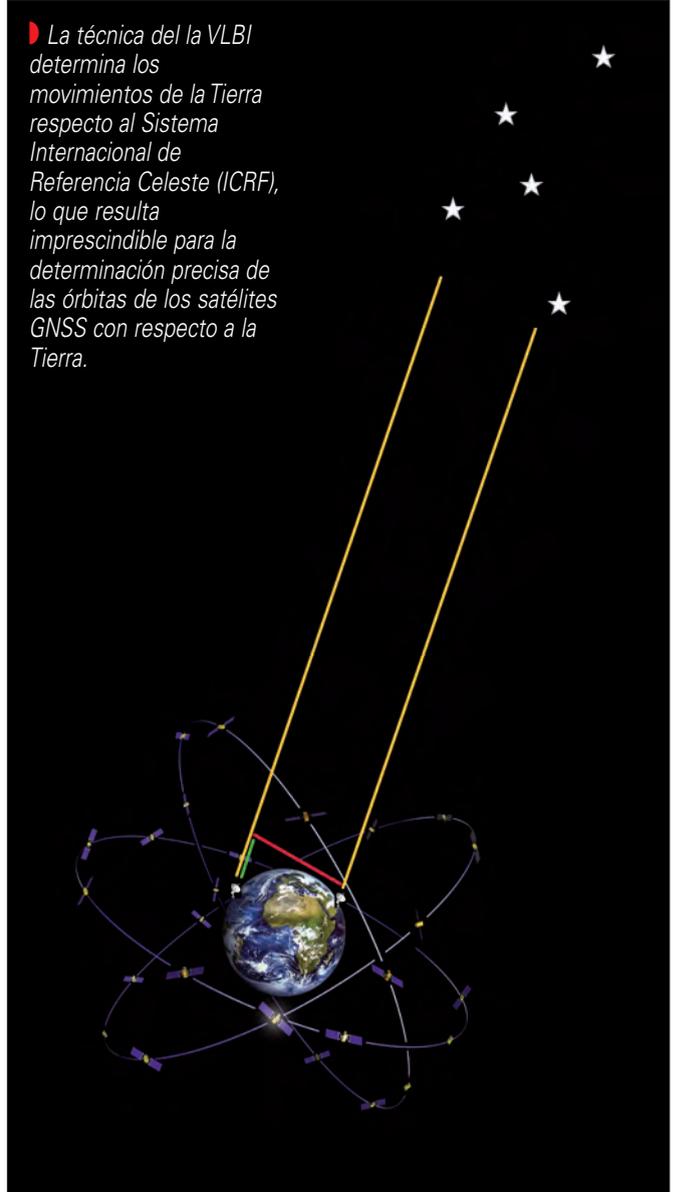
▮ *Receptor tribanda, uno de los desarrollos técnicos de RAEGE.*

namiento 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. ■



▮ *La técnica de 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

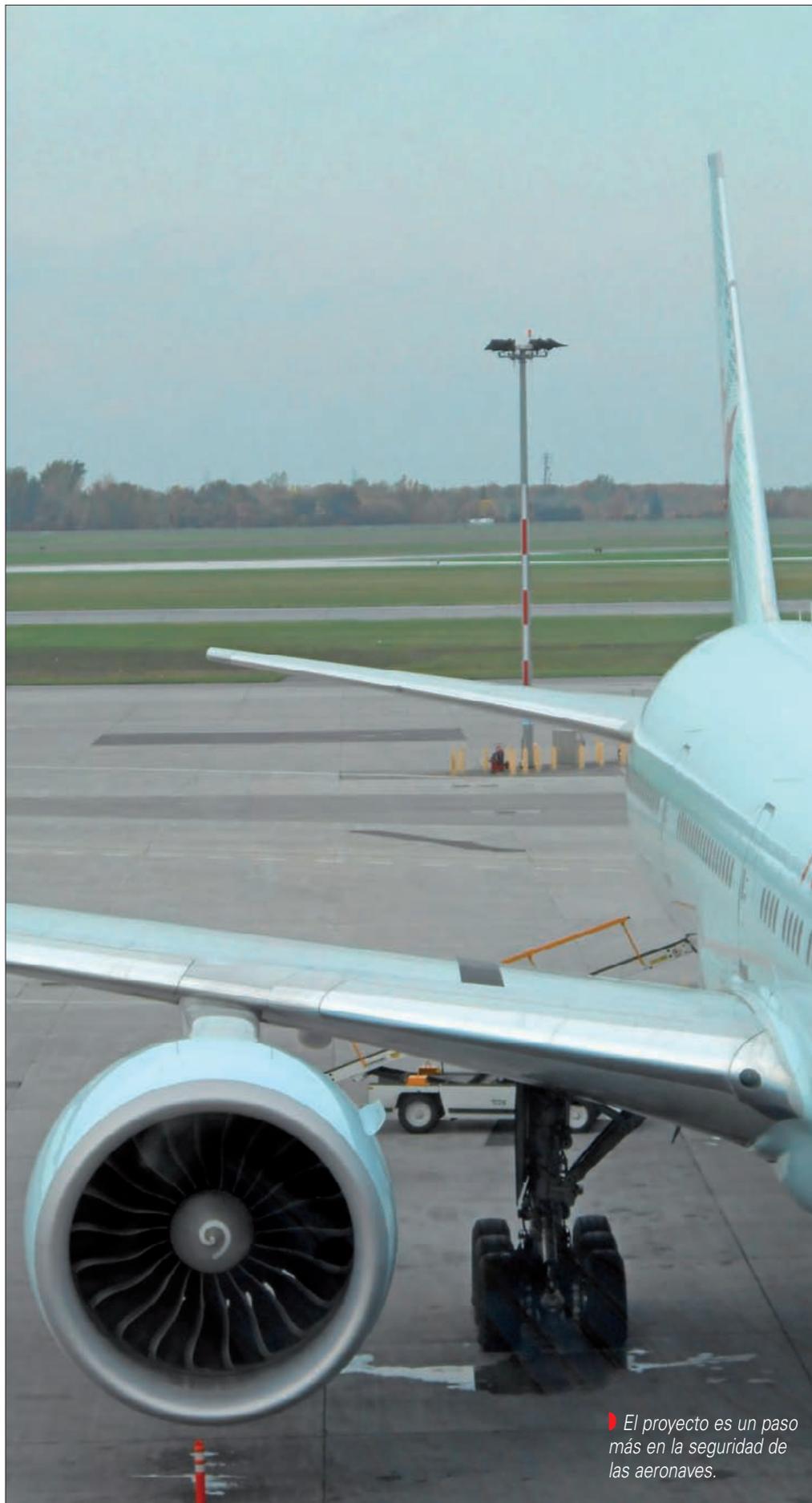
está relacionada con la eficiencia energética.

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 herramienta 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).



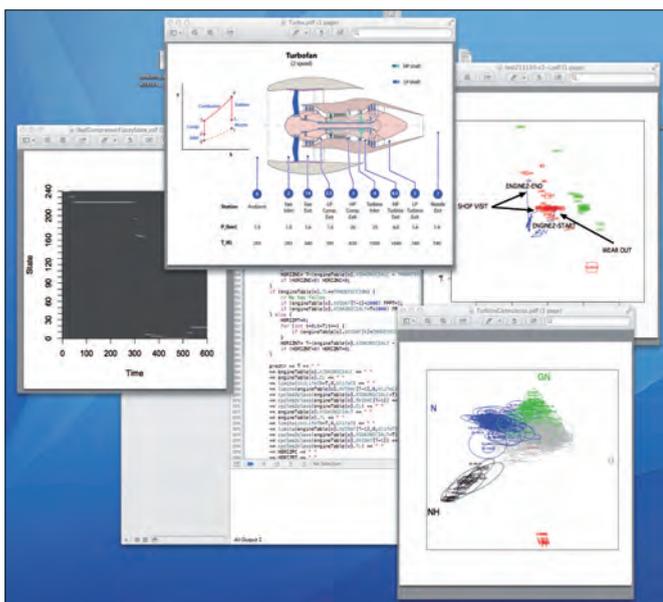
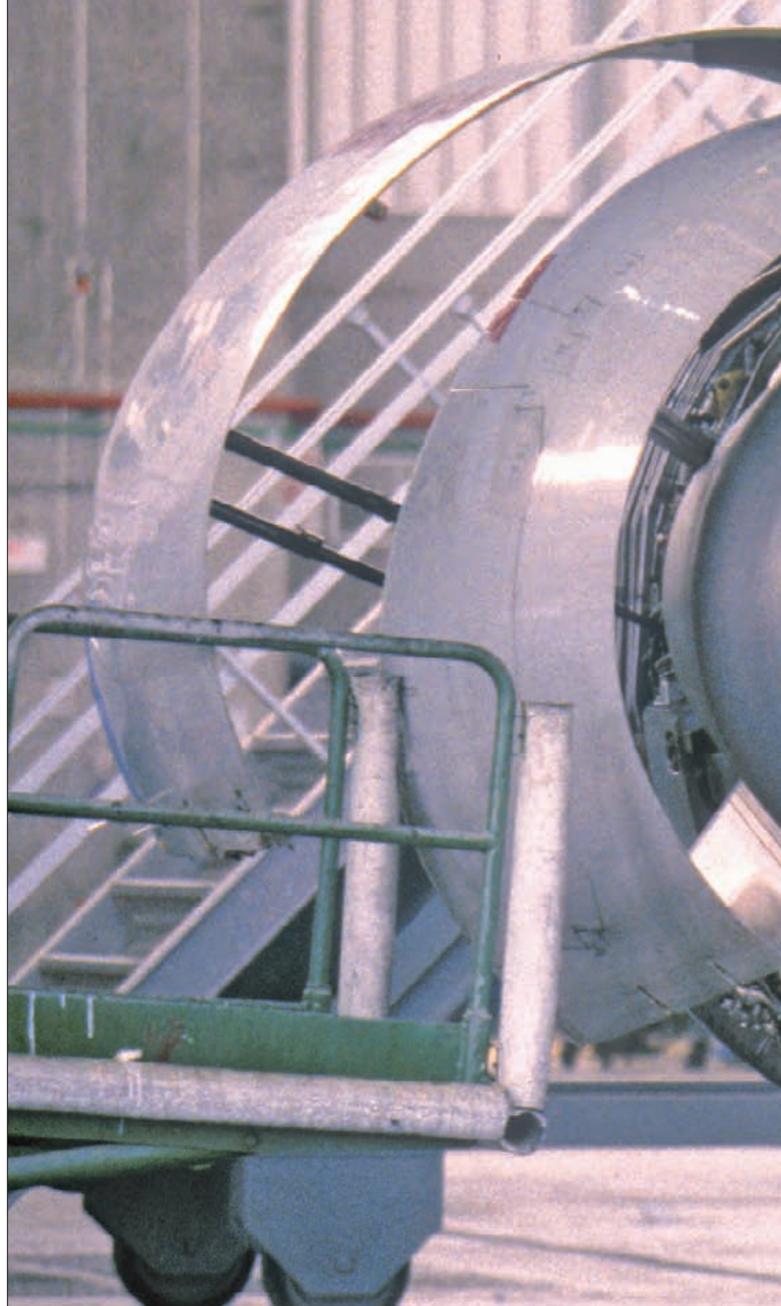
► El proyecto es un paso más en la seguridad de las aeronaves.

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

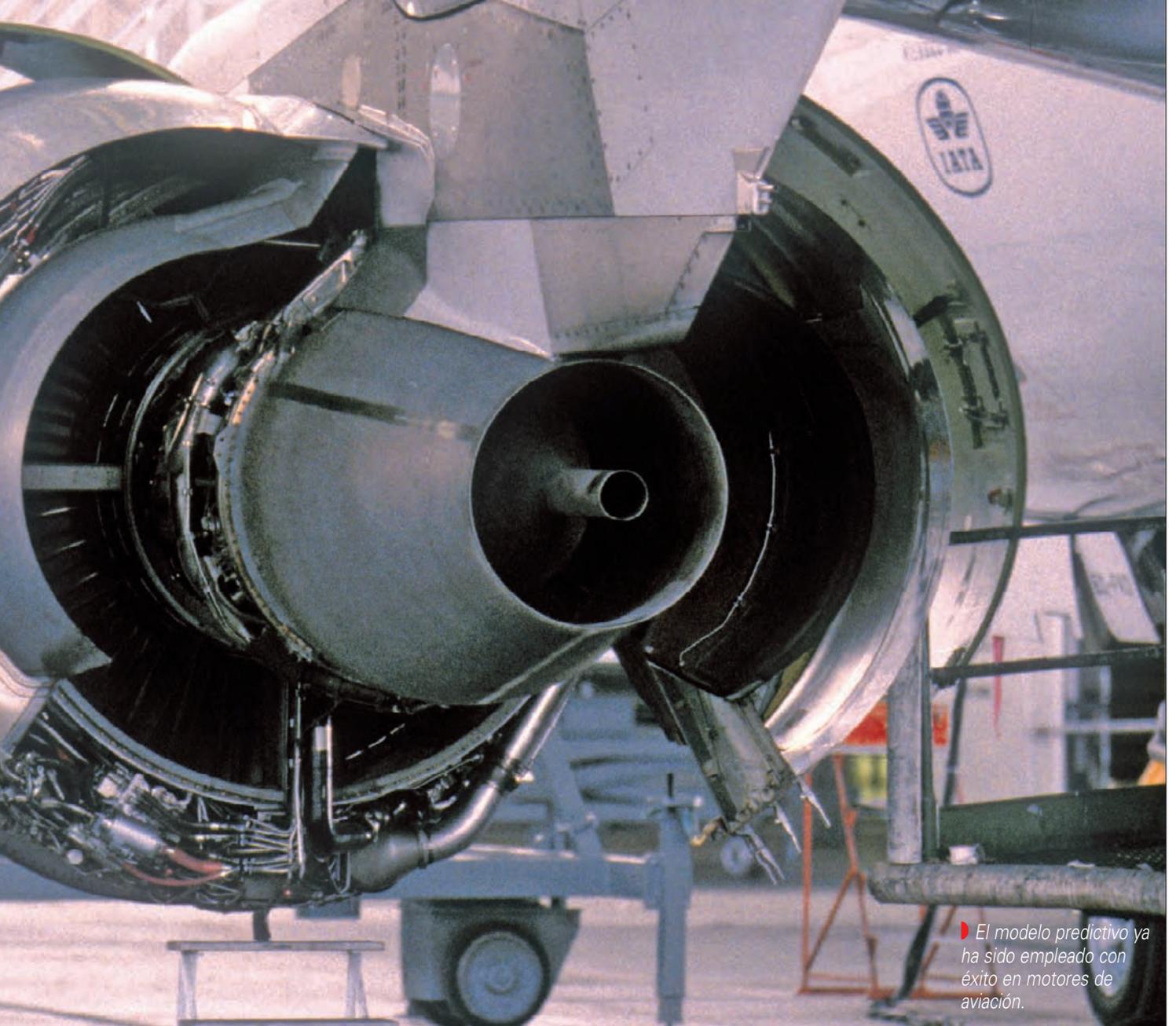
Vida útil

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 di-

rectos 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 BR 700-715 de Rolls Royce. Éstos propulsores son empleados por com-

▶ El proyecto de la UniOvi concluirá en el primer trimestre de 2014.



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, anti-

Con el nuevo modelo es posible predecir tendencias ocultas en el deterioro interno del motor y anticiparse a ciertos fallos

cipándose a ciertos tipos de fallos y permitiendo un diagnóstico más eficiente.

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 inteli-

gencia 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.

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.

EL AEROPUERTO DE SEVILLA CUMPLE 80 AÑOS

Vocación intercontinental

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



Las instalaciones actuales acogen vuelos de 15 compañías aéreas.



La funcionalidad es uno de los rasgos característicos que definen a la terminal hispalense.

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.

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 ca-

pacidad 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 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 me-

diados 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. ■

Más 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.

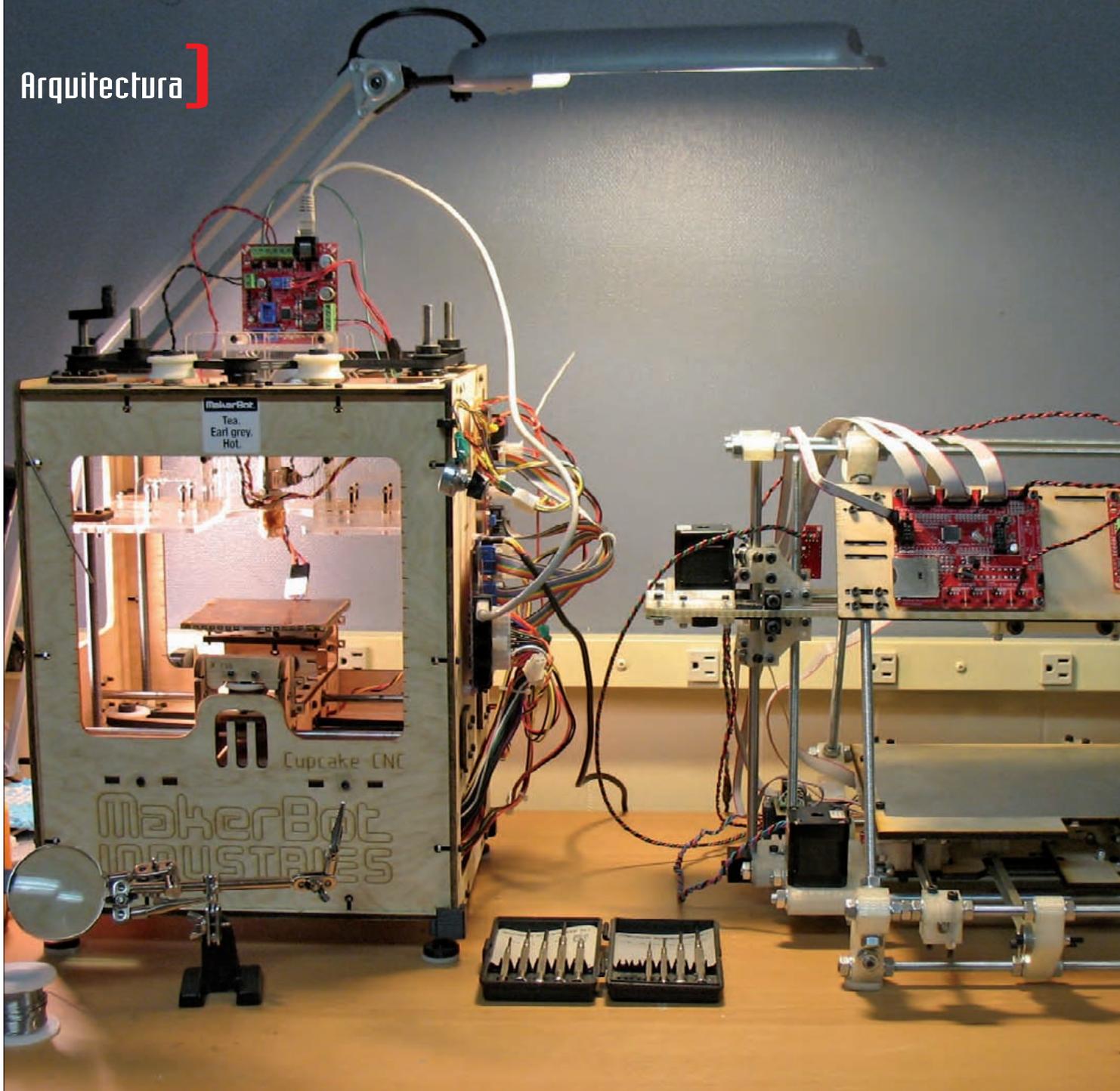
2ª EDICIÓN



P.V.P. : **10€**



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

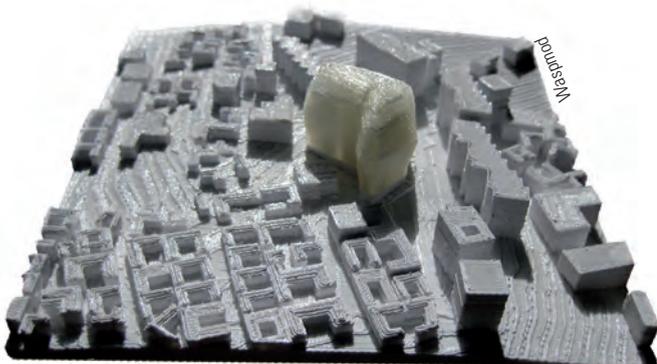
Un mundo de posibilidades

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.



► La impresora Makerbot (izquierda) ha replicado a la RepRap (derecha).



► 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 explorar 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.

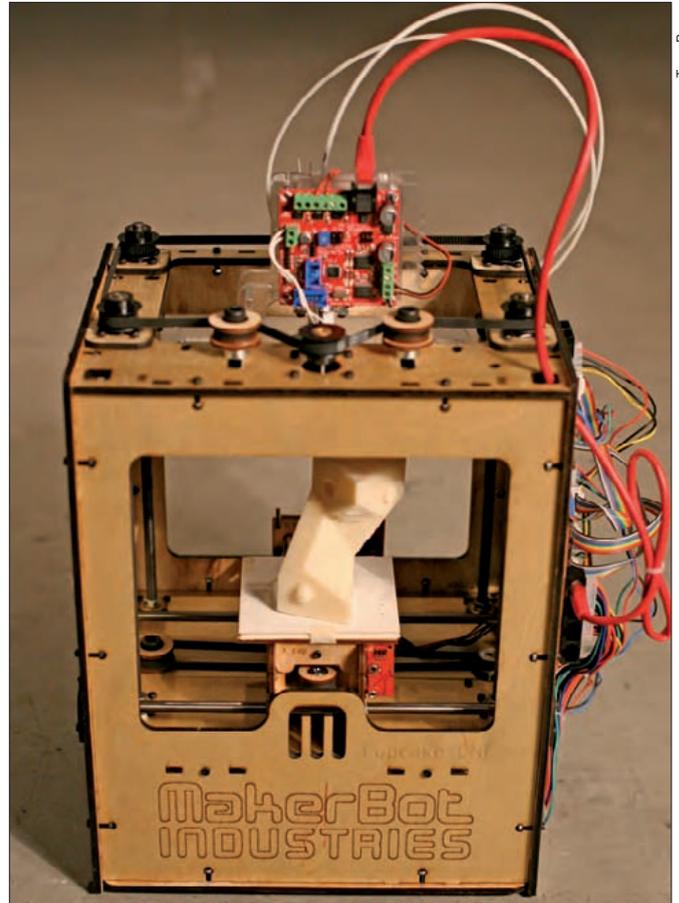
El proyecto RepRap (*Replicating Rapid Prototyper*), fundado por Adrian Bowyer en 2004 en la Universidad de Bath, es una iniciativa de código abierto (esto es, gratuito y accesible a todos) para construir una impresora 3D que puede incluso imprimir la mayoría de sus propios componentes. La visión de 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

La impresión 3D requiere tiempo, experimentación y recursos, razones por las que aún no ha calado en la arquitectura y la construcción

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 so-

bre 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%).

El código abierto

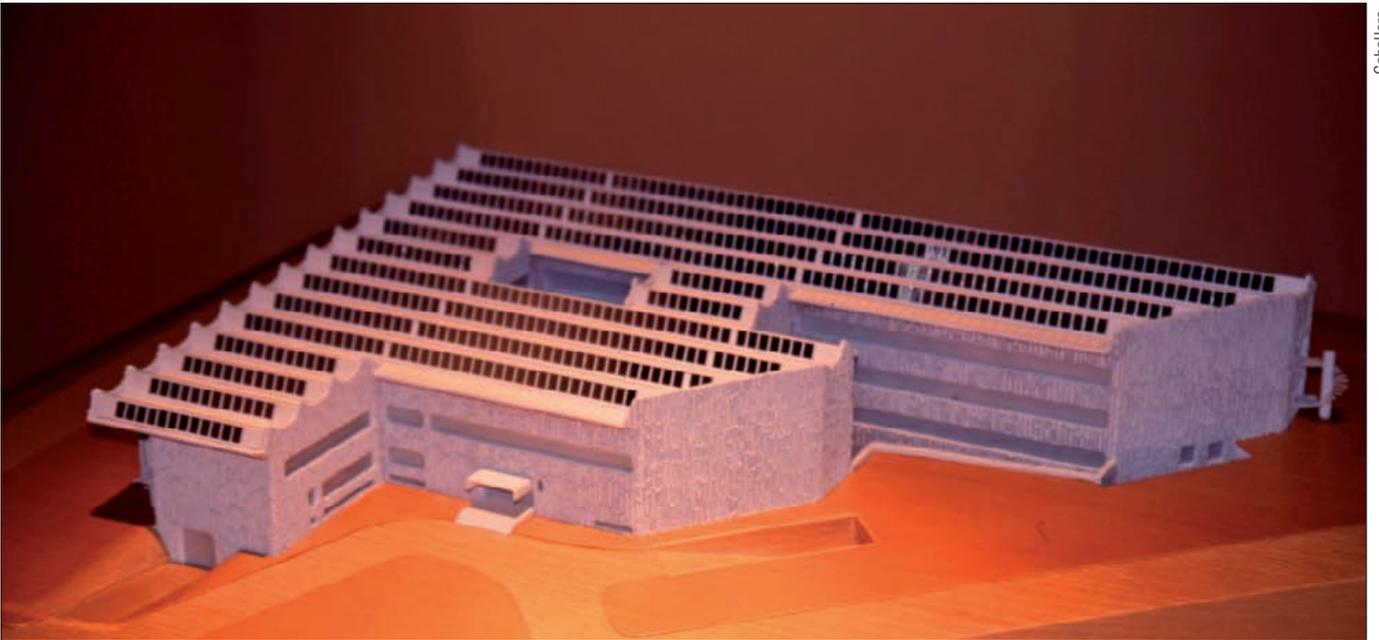
Una máquina de impresión 3D se compone de un *hardware* y un *software* de control, normalmente desarrollados por empresas que los controlan, los actualizan y cobran por ello. Sin embargo, existen empresas dedicadas a desarrollar *hardware* de una manera peculiar: publican las fuentes de sus invenciones y las comparan con todos, para que usua-

rios 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



▸ Apartamentos Fischer y hoteles Marlin y Plymouth impresos en cerámica.



▸ 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 pú-

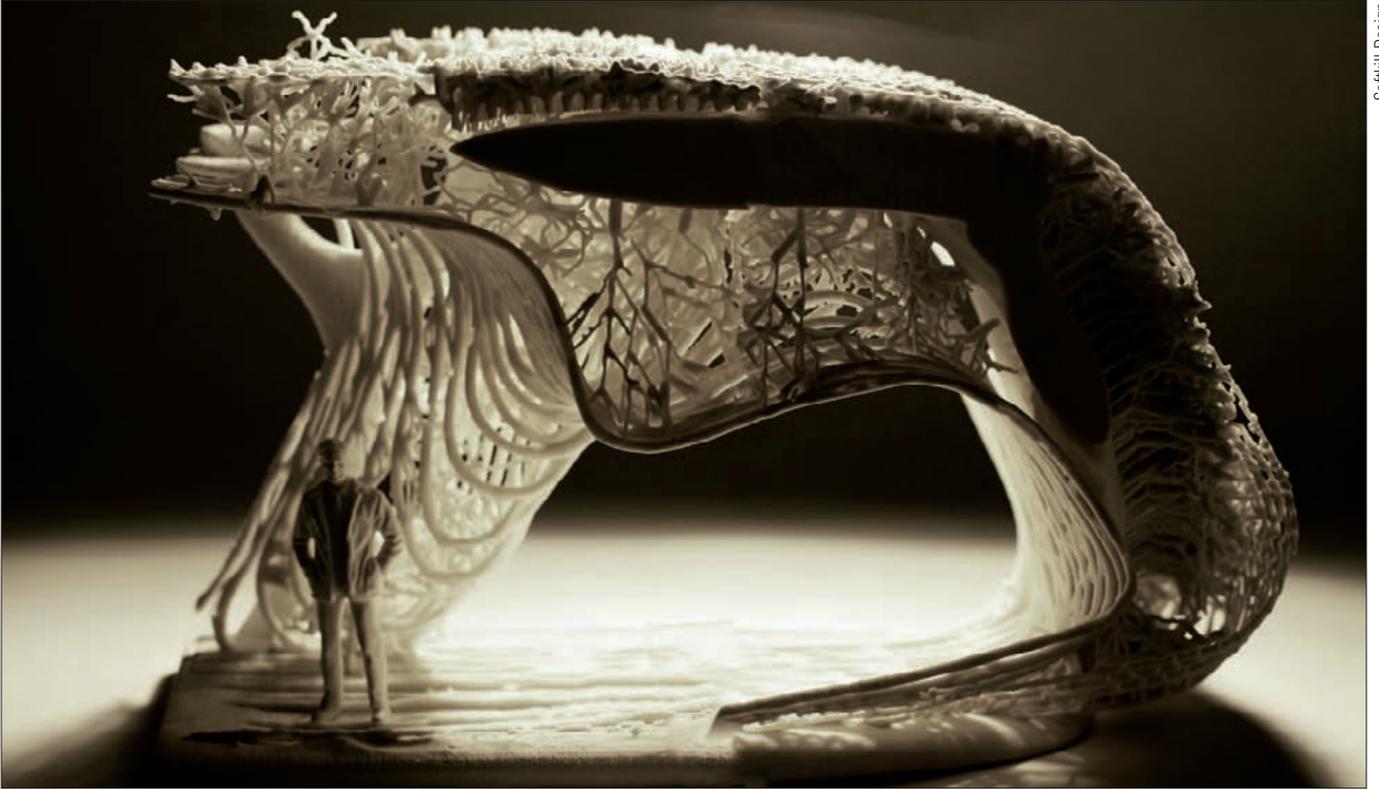
blicos. Como la máquina es libre y de código abierto, cualquiera puede, sin pagar derechos, construir un número ilimitado de copias usando las máquinas RepRap para construir las partes plásticas de las copias. El resto de sus componentes han sido seleccionados entre materiales estándar disponibles a 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 alcan-

ce 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-



► 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 descatálogadas 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

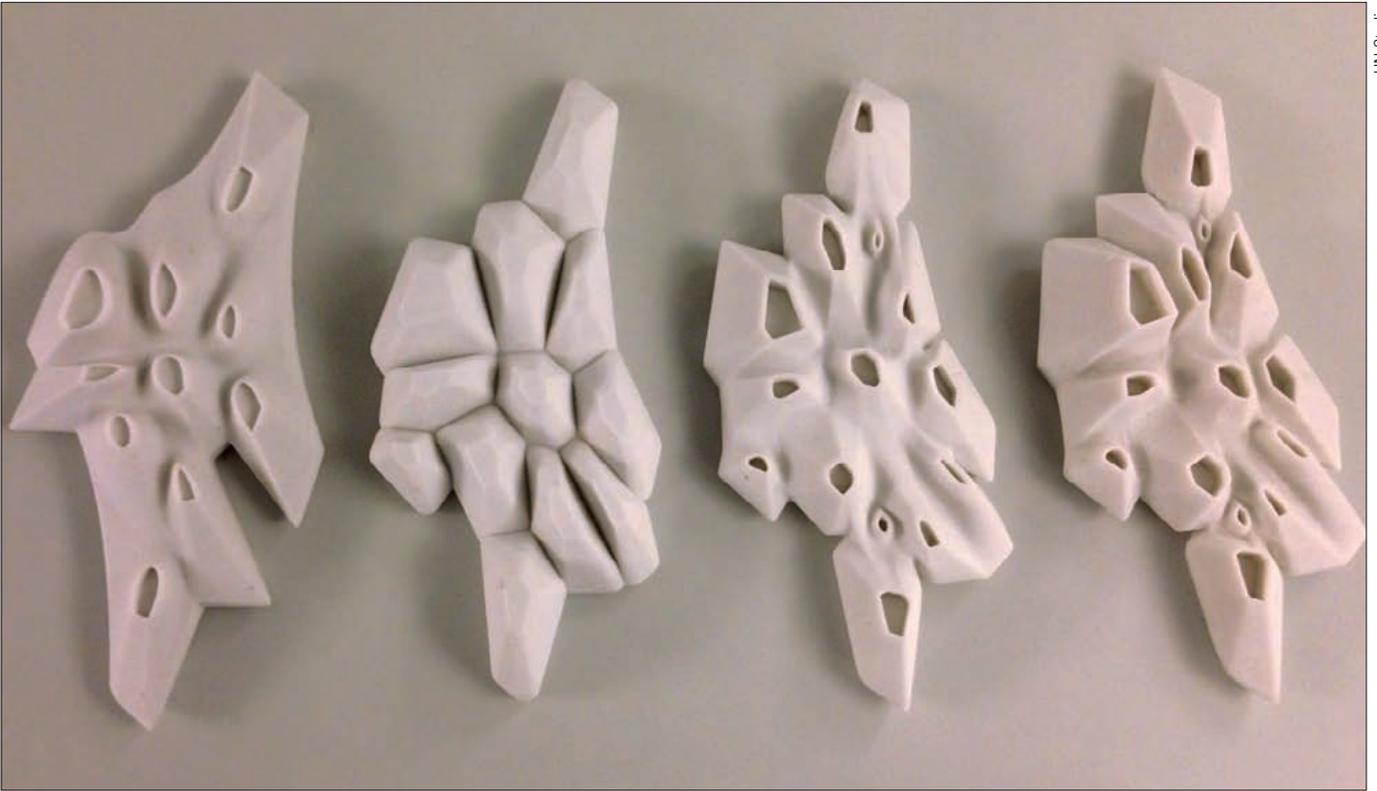
El 3D en estudios de diseño y arquitectura

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 autoapoya 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



► 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*), Bil-

bao (*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.

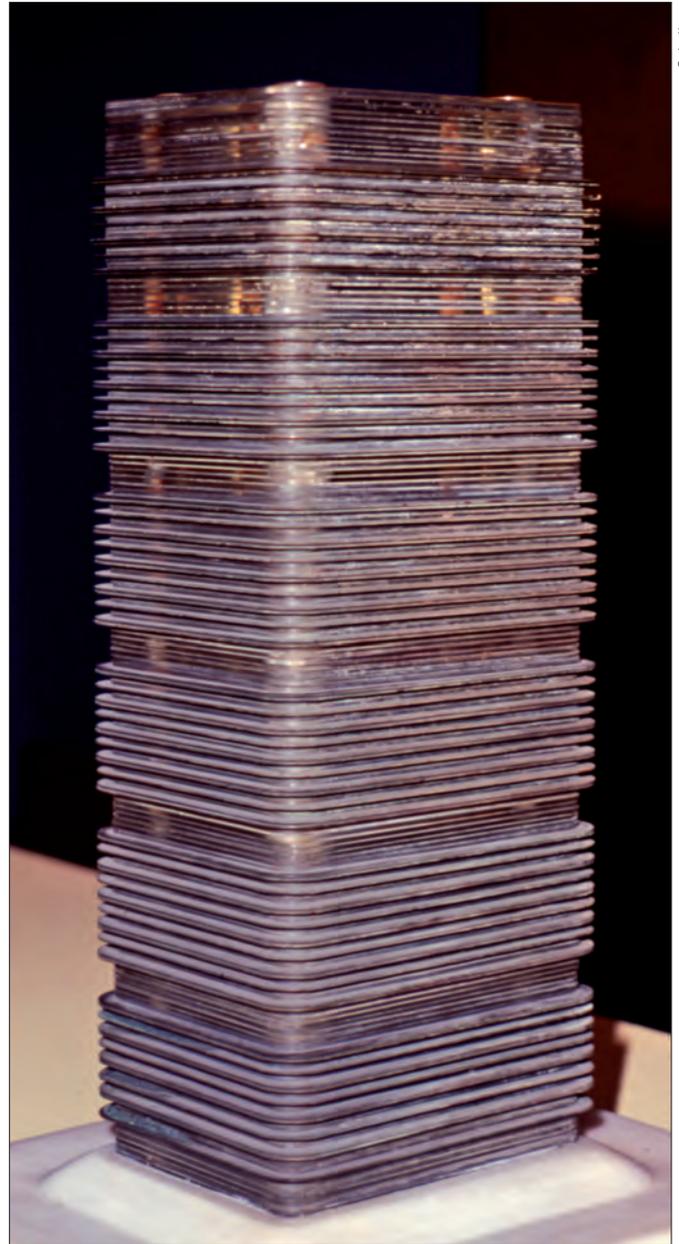
quiere mucho tiempo y, al menos, una persona con formación. Desde el modelado a la impresión, pasando por el calibrado y ajuste junto con la actualización de *software* y *firmware*, mimando y vigilando el proceso.

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



► 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 Lon-

dres, 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.

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 Alhóndi-

ga (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 Ferrocarril-

les 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

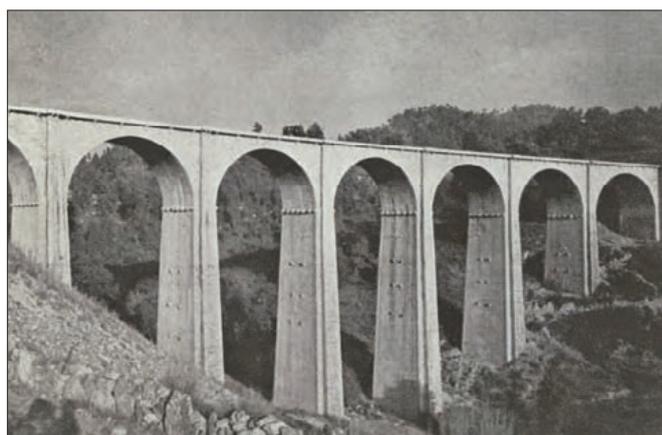
directo hasta Santiago de Compostela y A Coruña.

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

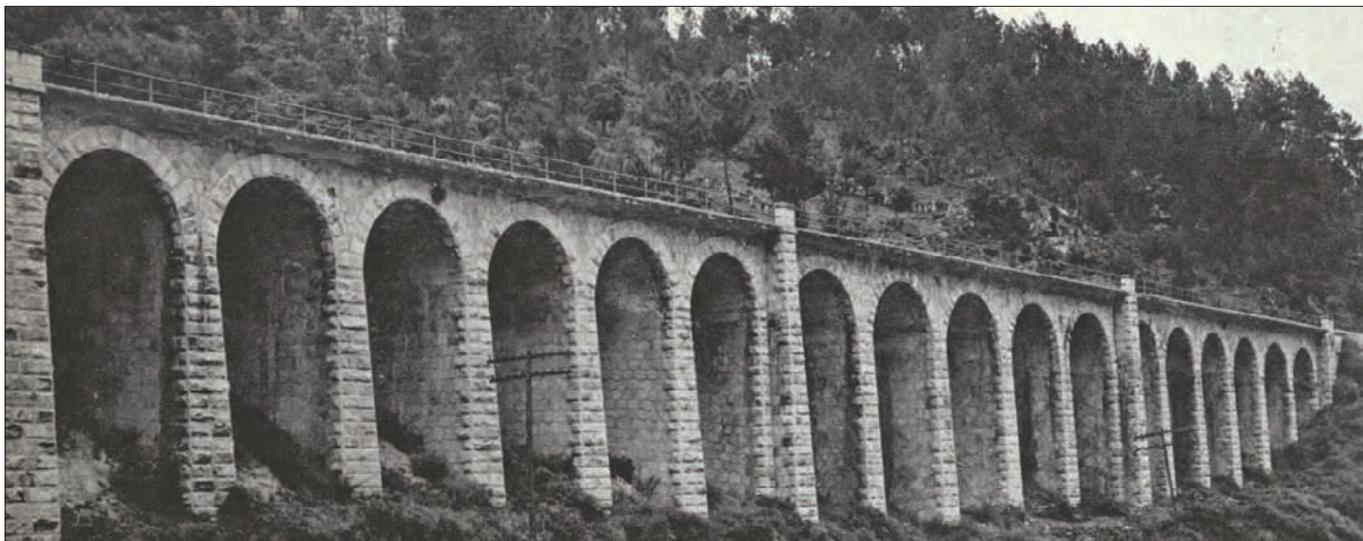


Estación de Santa Cruz de Arrabaldo.



Viaducto de Parada.

Los expertos consideran esta línea como la más audaz, complicada y costosa de las realizadas en España



▶ *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,

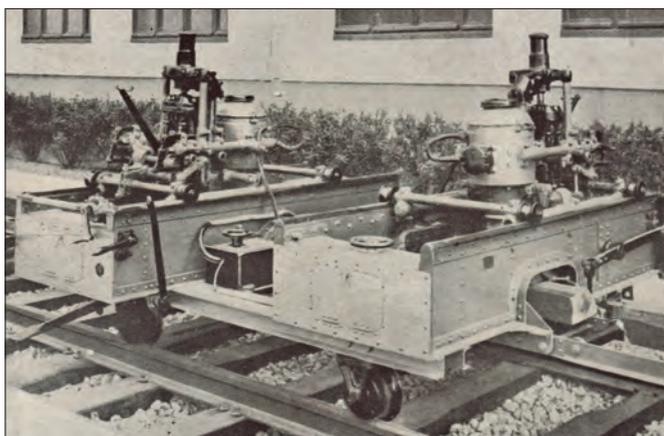
que llegaba hasta Zamora, para que alcanzara Ourense y Vigo. Pero por el camino se sucedieron toda una serie de dificultades que han hecho de la historia de esta línea una de las más azarosas –si no la que más– de la construcción ferroviaria española.

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

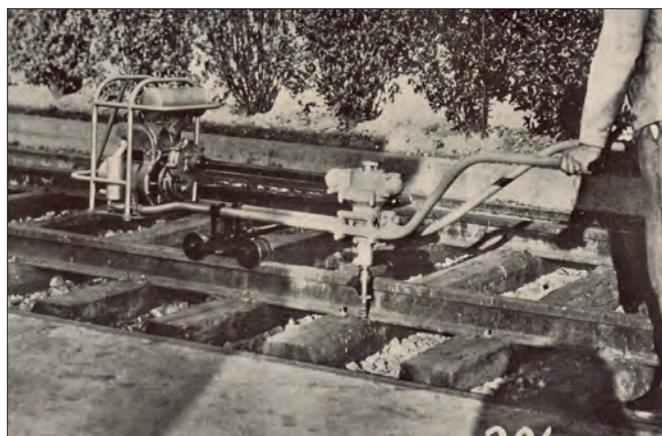
puerto de Pajares para llegar a Asturias. Y además –sentenciaron–, en la comarca que atravesaría el trazado «no se encuentra una sola población que supere las dos mil almas». Como alternativa más fácil y económica para unir Madrid y Vigo apuntaron a la construcción del tramo Zamora-Astorga y la prolongación de la línea Vigo-Ourense hasta Monforte, donde convergía la salida de Galicia hacia León.

Medio siglo de espera

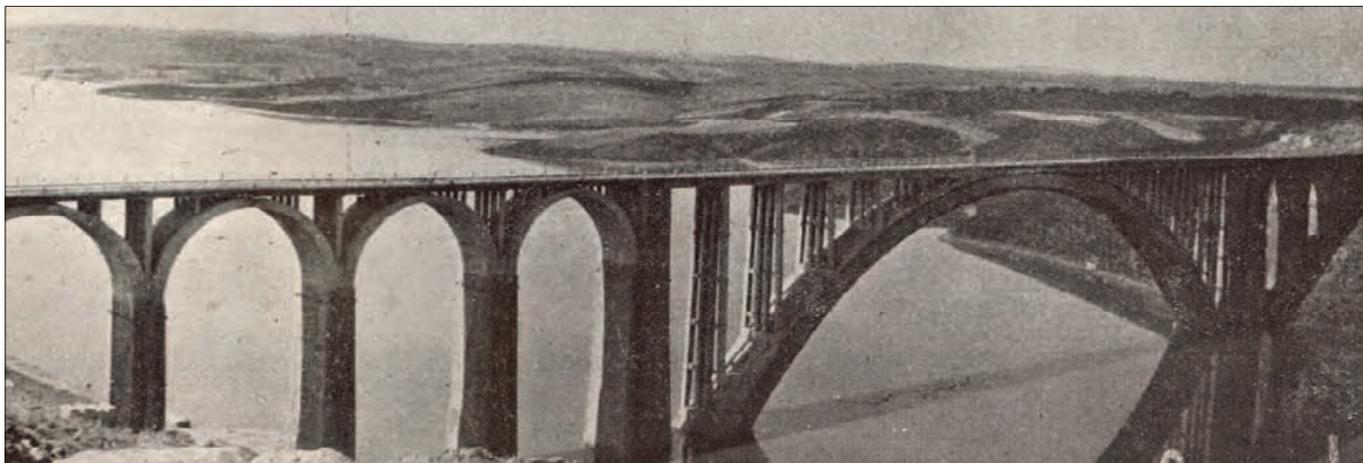
Hubieron de transcurrir más de 50 años para que se volviera a reconsiderar ese viejo anhelo. Cuando en 1927 el Gobierno de Primo de Rivera decidió emprender la construcción de nuevas líneas férreas, el proyecto Zamora-Ou-



▶ *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 kilómetros. 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

Más de 15.000 personas pertenecientes a tres generaciones trabajaron para completar la línea en 31 años

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.

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 Pa-

dornelo, a poco más 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 cercanos 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 explotación y algunos vestigios de la subestación eléctrica, los almacenes o los barracones del personal. ■

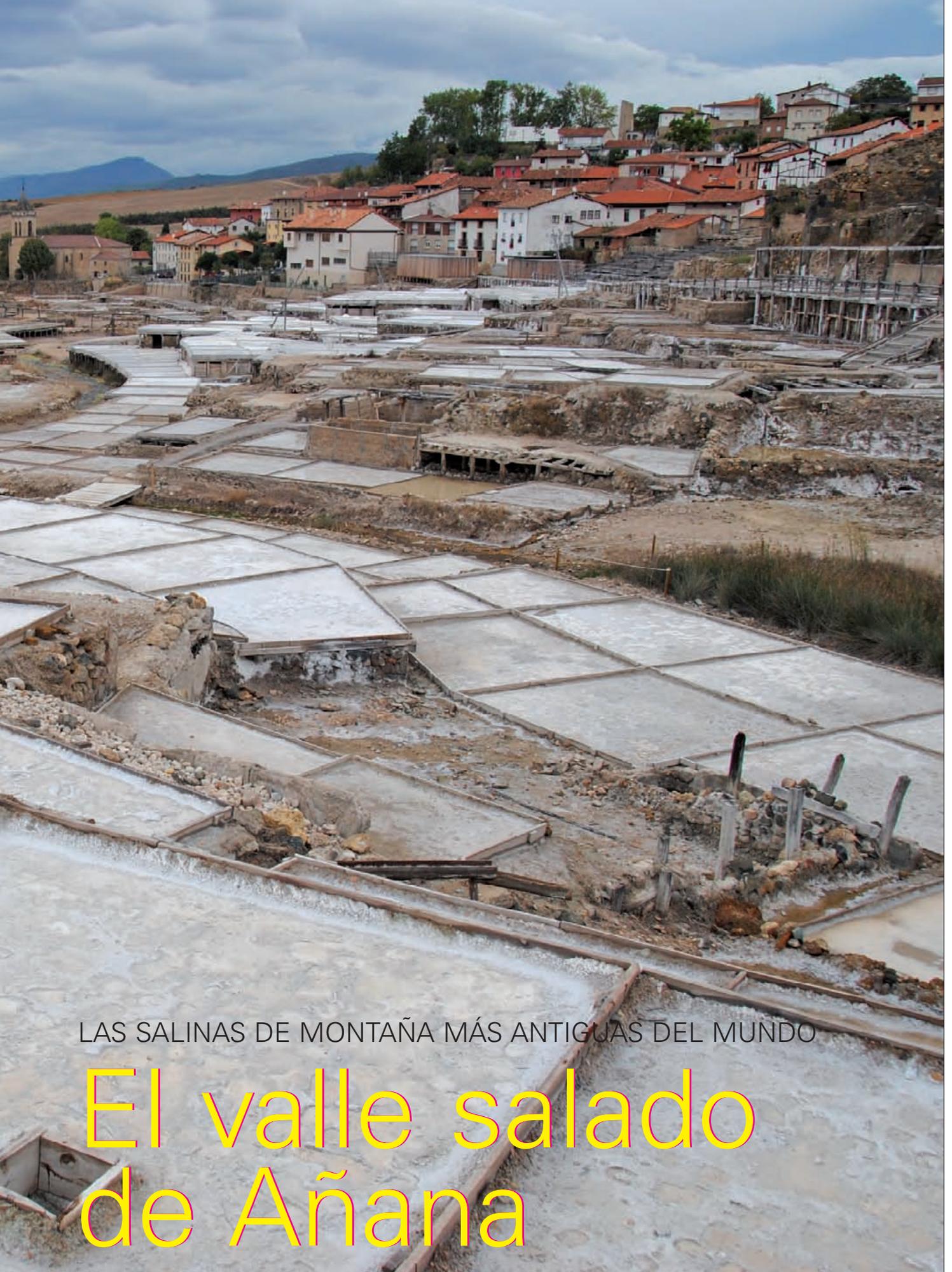
TEXTO Y FOTOS: JESÚS
ÁVILA GRANADOS

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-1, 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 remon-

ta 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 An-nana (Menéndez y Pidal vinculó las poblaciones termina-

das 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.

Según el investigador R. Pastor, las salinas de Añana, inicialmente en manos de propietarios libres, fueron absor-

[Pueblos neolíticos, celtas, romanos y musulmanes explotaron estas salinas, cuyo principal desarrollo se dio a partir del Renacimiento



Detalle de algunas estructuras del complejo salinero, con los pilares de madera.

bidias 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 explota-

ción, 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 inte-

gral de las salinas auspiciada desde la Administración, que buscaba mejorar la calidad de la sal y aumentar su producción. A consecuencia de ello, desaparecieron 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 colmar 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,



► *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

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 utiliza-

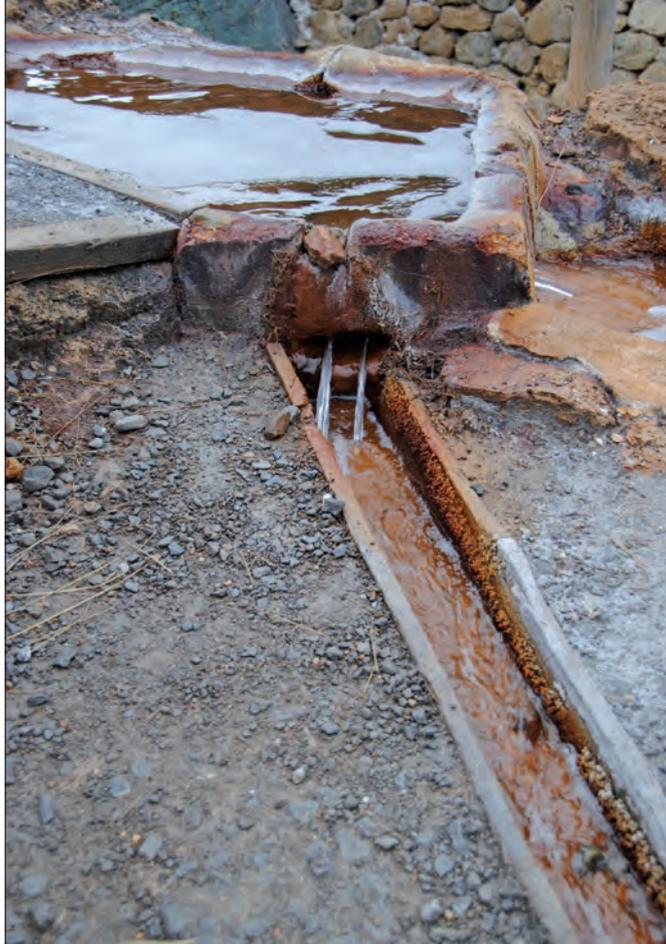
ción del cemento dio lugar a un optimismo falso, porque supuso inicialmente un incremento considerable de la producción de sal, al facilitar su recolección, pero no tardó en

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.

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.



► *Instrumentos y útiles de los operarios de la sal.*



► *Poza superior de distribución de agua salada.*

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 (cigüeña); 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 al-

gunos 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 ma-



► *Canal de distribución, próximo al manantial de Santa Engracia.*



► *Entrada a uno de los almacenes de sal del complejo.*

dera. 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.

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 Añana 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 permiti-

tió 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 facilitar los trabajos en este comple-

jo 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 trans-

formaciones. 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.

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. ■



► *Uno de los conjuntos, en plena actividad.*

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
Nº 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
Nº 631. Pág. 4

Remodelación del nudo de O Pino en Pontevedra

IMPULSO A LA MOVILIDAD
Nº 631. Pág. 10

Implantación del tercer carril en el tramo San Rafael-Villacastín de la autopista AP-6

TRES MEJOR QUE DOS
Nº 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-Figueras 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
Nº 631. Pág. 18

150 años de la línea Madrid-Zaragoza

EL TREN MÁS ESPERADO
Nº 631. Pág. 40

Recuperación del ferrocarril minero de Langreo

VIAJE AL FONDO DE LA MINA
Nº 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

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
Nº 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
Nº 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
Nº 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

NUOVA 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

NUOVOS 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 Portogalete

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

ESCALA SOBRE EL EBRO
Nº 630. Pág. 54

Viaducto de Navia

ARCOS SOBRE LA RÍA
Nº 630. Pág. 62

Puente de Ibn Firmás

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

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
NPO: 161-123-147-8
DL: PI-20168-2013

Copyright. Prohibida la reproducción total y parcial, así como el préstamo del contenido a cualquier otro sistema de recuperación de información, en forma de texto o de imagen, por medios electrónicos, mecánicos, ópticos o de cualquier otro tipo, sin el consentimiento expreso y por escrito del editor.

También en el DVD:

- 1093 Espacios Naturales Protegidos
- 152 Rutas Turísticas
- 116 Vías Verdes

Edición 49
PVP: 22,74 €

Centro virtual de publicaciones

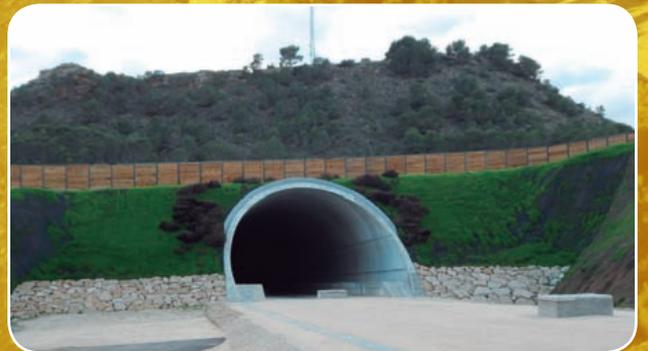
Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales



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.



Ejecución de la línea de Alta Velocidad
Alicante-Murcia. Tramo: El Carrús-Elche.

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:

1ª edición 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.