

Revista del
Ministerio de

Mayo 2018 Nº 683 3€

Fomento



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO



PUERTOS LIMPIOS

NUEVA VIDA PARA
EL PUENTE DE ALCOY

1,5% CULTURAL:
AVANCE IMPARABLE

RESPUESTA AL
CAMBIO CLIMÁTICO

Revista del
Ministerio

Fomento

60 Aniversario 1958-2018



Directora de la Revista: Herminia Cano.

Jefa de redacción: Carmen Fontán.

Redactor: Mariano Serrano.

Maquetación: Aurelio García.

Portada: Puente Fernando Reig de Alcoy.
DCE Comunidad Valenciana.

Elaboración página web:
www.fomento.gob.es/publicaciones.
Concepción Tejedor.

Suscripciones: 91 597 72 61
(Esmeralda Rojo).

Colaboran en este número: Luis Fort
López-Tello, Carmen Fort Santa-María,
Víctor Jiménez Fernández, Pepa Martín
Mora, Javier R. Ventosa y Luis Solera
Selvi.

Comité de redacción: Presidencia:
Jesús M. Gómez García.
(Subsecretario de Fomento).

Vicepresidencia:
Angélica Martínez Ortega
(Secretaría General Técnica).

Vocales: Alfredo Rodríguez Flores (Director
de Comunicación), Francisco Ferrer Moreno
(Director del Gabinete de la Secretaría de
Estado de Infraestructuras, Transporte y
Vivienda), Belén Villar Sánchez (Jefa del
Gabinete de la Subsecretaría), Mónica
Marín Díaz (Directora del Gabinete Técnico
de la Secretaría General de
Infraestructuras), Roberto Angulo Revilla
(Jefe del Gabinete Técnico de la Secretaría
General de Transportes), Regina Mañueco
del Hoyo (Directora del Centro de
Publicaciones) y Herminia Cano Linares
(Directora 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

Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589.

NIPO: 161-15-005-0

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 100%
reciclado a partir de pasta FSC libre de
cloro.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

PUERTOS

PUERTOS LIMPIOS PROYECTOS ESPAÑOLES PARA IMPULSAR EL USO DE COMBUSTIBLES MÁS LIMPIOS EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO Y EN LOS PUERTOS



PATRIMONIO HISTÓRICO AVANCE IMPARABLE

TERMINADAS VARIAS OBRAS DE RESTAURACIÓN CON CARGO A LOS PROGRAMAS DEL 1,5% CULTURAL Y REHABILITACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO



32 ATLANTA & SAVANNAH CONNECTIONS LOS PROYECTOS DE DESARROLLO DE LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD EN ESTADOS UNIDOS (VIII)

40 VIEJOS CAMINOS DE HIERRO SE CUMPLEN 25 AÑOS DEL NACIMIENTO DE UN PROGRAMA CON EL QUE YA SE HAN RECUPERADO 2.600 KM DE TRAZADOS FERROVIARIOS EN DESUSO

INGENIERÍA

EL PUENTE REINVENTADO

NUEVA VIDA PARA EL PUENTE

FERNANDO REIG DE ALCOY (ALICANTE)

MARINA MERCANTE

RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

ESTRATEGIA DE LA ORGANIZACIÓN
MARÍTIMA INTERNACIONAL (OMI) PARA
LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE
GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)
PROCEDENTES DE LOS BUQUES

48 PATRIMONIO BAJO EL AGUA (II)

LA PASADA SEQUÍA DEJÓ TEMPORALMENTE AL
DESCUBIERTO ALGUNOS PUENTES HISTÓRICOS DE
GRAN INTERÉS

56 PASADO Y FUTURO DEL TREN

MUSEO DEL FERROCARRIL, UN RECORRIDO HISTÓ-
RICO Y LÚDICO CON NUEVAS INICIATIVAS

63 LECTURAS

*PROYECTOS ESPAÑOLES PARA IMPULSAR EL USO DE COMBUSTIBLES MÁS LIMPIOS
EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO Y EN LOS PUERTOS*

Puertos limpios

JAVIER R. VENTOSA

Contribuir a la descarbonización del transporte marítimo en Europa y a la sostenibilidad ambiental de los puertos son las ambiciosas metas de dos proyectos de innovación comunitarios (CORE LNGas hive y OPS Master Plan for Spanish Ports) que apuestan por el uso de energías alternativas (gas natural licuado y electricidad, respectivamente) para reducir las emisiones contaminantes de los buques. Ambas iniciativas, lideradas por el organismo público Puertos del Estado y desarrolladas por autoridades portuarias y empresas españolas, llevan a cabo estudios y pruebas piloto con nuevas tecnologías con el objetivo final de implantar infraestructuras para el suministro de estos incipientes combustibles marinos en los puertos de interés general.



► Buques atracados en el puerto de Santa Cruz de Tenerife, cuya Autoridad Portuaria participa en los dos proyectos de innovación.

AUTORIDAD PORTUARIA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE



► *Metanero Eduard Toll, primer rompehielos propulsado por GNL, realizando la primera descarga de gas natural siberiano en los tanques de la regasificadora del puerto de Bilbao, en abril pasado.*

El transporte marítimo es el modo que menos contamina en términos de milla transportada, pero tiene un impacto notable sobre el medio ambiente que incide directamente en la calidad del aire de los puertos, con frecuencia integrados en ciudades densamente pobladas. Un estudio del proyecto OPS Master Plan sobre el funcionamiento de los motores auxiliares de los buques atracados en puertos españoles durante 2016 cifra las emisiones causadas por la quema de fuelóleo y gasóleo marinos derivados del petróleo en cerca de un millón de toneladas de CO₂, más de 11.000 toneladas de NO_x, 500 toneladas de SO_x y más de 300 toneladas de partículas PM_{2,5}, lo que equivaldría en términos medios a la circulación de 30 millones de vehículos. A estas emisiones de gases a la atmósfera se suman las emisiones acústicas causadas por los motores de los buques, con niveles que pueden oscilar entre 90 y 120 decibelios (similar a un martillo neumático). Esta contaminación ambiental es un riesgo potencial para la salud humana y para la calidad de vida de las personas que viven o trabajan en entornos portuarios.

En la lucha por reducir estas emisiones en puertos y contribuir a la descarbonización de rutas marítimas, la normativa internacional es muy restrictiva con los derivados marinos del petróleo —tienen cinco veces más NO_x y cien veces más SO_x que el diésel de automoción—

y aplica medidas cada vez más severas para limitar su uso (reducción para 2020 del contenido máximo de SO_x permitido, zonas de control de emisiones, etc.), al tiempo que la Organización Marítima Internacional (OMI) ha anunciado la reducción al 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero de los buques de sus socios para 2050. La presión regulatoria sobre el combustible marino, al igual que ocurre con el gasoil y la gasolina de automoción, está impulsando el uso de energías alternativas en el mar, como el gas natural licuado (GNL) durante la navegación y la electricidad cuando los buques están atracados. Son alternativas más limpias y económicas que ya han demostrado su viabilidad para participar en el proceso de descarbonización del transporte en Europa, objetivo que la UE ha fijado para 2050. La Directiva 2014/94/UE (Clean Power for Transport), traspuesta al ordenamiento español en diciembre de 2016, es un punto de partida hacia ese fin, al obligar a los Estados miembros a adoptar un Marco de Acción Nacional de energías alternativas en el transporte —ya aprobado por España— y a crear en el horizonte de 2025 infraestructuras para suministrar combustibles alternativos que minimicen la dependencia del petróleo y mitiguen el impacto del transporte.

El Ministerio de Fomento, alineado con la política de transporte marítimo de la UE para 2020 establecida en La Valetta en junio de 2017, que fija la descarbonización como un reto prioritario, y en sintonía con la estrategia

de la OMI, promueve cada vez más abiertamente el uso del GNL y la electricidad en los buques, particularmente en los puertos, mediante desarrollos normativos, incentivos fiscales y ayudas a astilleros y armadores. En el campo de la innovación, juega un papel relevante al liderar, a través de Puertos del Estado, los proyectos CORE LNGas hive y OPS Masterplan for Spanish Ports, principales iniciativas españolas de I+D sobre promoción del GNL como combustible marino y de la electrificación de la movilidad por mar, que debido a su potencial verde han sido seleccionadas por la Agencia Europea para la Innovación (INEA) y tienen financiación procedente del fondo Connecting Europe Facility (CEF). Ambos proyectos, que se detallan a continuación, están en ejecución y se espera que contribuyan a mejorar la sostenibilidad de los puertos en el camino hacia la descarbonización del transporte marítimo.

CORE LNGas hive

Esta iniciativa es la medida estratégica más importante desde el punto de vista institucional para impulsar el despliegue de infraestructuras de suministro de GNL en puertos de la Península Ibérica y Canarias y facilitar el desarrollo de este mercado, estando enfocada a avanzar en la descarbonización de los corredores del Mediterráneo y del Atlántico de la red transeuropea de transporte (TEN-T). El proyecto está liderado por Puertos del Estado, bajo coordinación de Enagás, y cuenta con una participación

muy representativa del sector marítimo, formada por 42 socios públicos y privados, entre institucionales (entre ellos Renfe Mercancías y Salvamento Marítimo), autoridades portuarias (13, prácticamente la mitad del sistema portuario de interés general español) e industriales (constructoras navales, navieras, operadores de GNL y regasificadoras), además de otros 77 grupos de interés (incluidas cinco autoridades portuarias más). La inversión en el proyecto es de 33 M€, de los que la mitad son fondos CEF.

El objetivo de este proyecto es la creación de una red logística con nuevos puntos de repostaje de GNL en puertos de la Península Ibérica y Canarias, que permita suministrar combustibles bajos en emisiones a un mercado de buques de nueva construcción que, aunque todavía reducido, crece con rapidez: la flota propulsada por GNL suma actualmente 121 unidades, cifra que se duplicará en el próximo lustro con pedidos ya confirmados, ratificando la apuesta de la industria naval por estos buques. España tiene el potencial suficiente para consolidarse como un mercado de referencia en este campo, tanto por el liderazgo europeo que ejerce en *know how* e infraestructuras (posee en su litoral siete plantas regasificadoras de gas natural) como por su posición geoestratégica privilegiada para el avituallamiento de estos buques.

Con ese objetivo general, el proyecto persigue la creación de la infraestructura de suministro de GNL y el desarrollo logístico-comercial para facilitar y extender la

► Gabarra Oizmendi en la ría de Bilbao, uno de las primeras realidades del proyecto CORE LNGas hive.



ENAGÁS



► Unidad móvil para suministrar electricidad generada por GNL para barcos ro-ro atracados, una de las iniciativas del puerto de Barcelona.

prestación del servicio, mediante 25 actividades a desarrollar por los socios: 14 estudios (el *software* del proyecto), que permitirán identificar los estándares técnicos y de seguridad para el desarrollo del GNL como combustible, así como los requerimientos para su uso y despliegue; y 11 estudios con proyecto piloto (el *hardware* del proyecto), que suponen el ensayo con tecnologías innovadoras en los puertos de Algeciras, Barcelona, Bilbao, Cartagena, Ferrol, Gijón, Huelva, Melilla, Santander, Tarragona, Tenerife, Valencia y Vigo, con objeto de afinar su uso de cara al servicio. En este marco se realizan también estudios sobre costes económicos de la adaptación de infraestructuras e identificación de barreras a la implantación del GNL.

Software del proyecto

En la recta final del proyecto, con finalización prevista en 2020, las actividades programadas están alcanzando su madurez, con una decena de ellas terminadas (la mayoría son estudios transversales y de viabilidad) y el resto en distintas fases de desarrollo (los proyectos piloto). De los siete estudios transversales previstos han concluido cuatro: los tres sobre estimación de la demanda potencial de GNL y de la cadena logística necesaria para su suministro en los corredores Mediterráneo, Atlántico y Península-Canarias, cuyas conclusiones apuntan a una demanda relevante, especialmente en el tercer corredor; y el de aceptación social del GNL, a cargo de Enagás, que ha identificado las percepciones de la sociedad sobre el GNL —negativas (desconocimiento elevado, riesgo por su uso) y positivas (mejora de la calidad del aire, eliminación de derrames)—, como base de una campaña para difundir los beneficios del GNL. En fase avanzada están los demás, previstos para 2019: la revisión del Marco de Acción Nacional de energías alternativas en el

transporte (Puertos del Estado); el estudio de especificaciones técnicas, de seguridad y medioambientales del GNL, que aportará los estándares sobre procedimientos y equipamiento para el suministro (Dirección General de Marina Mercante); y el estudio sobre requerimientos de formación y procesos de acreditación para el suministro (Universidad Politécnica de Madrid).

Igualmente adelantados están los siete estudios de viabilidad financiera y técnica de implantación del GNL en buques o muelles. A principios de año concluyó el estudio técnico para adaptar a GNL una locomotora de maniobras (modelo Adif 310/311) del puerto de Tarragona. En distintas fases avanzan los estudios de ingeniería para construir dos remolcadores propulsados por GNL para los puertos de Valencia (final previsto en 2018) y Barcelona (2019), así como otro sobre la viabilidad de reconvertir la flota de Salvamento Marítimo al nuevo combustible a partir del estudio de los buques *Luz de Mary Clara Campoamor* (2019). Finalmente, otros estudios técnicos analizan la viabilidad de compatibilizar las operaciones de suministro a gran y pequeña escala en los muelles de tres plantas de regasificación, con objeto de ampliar la oferta a todo tipo de buques. El estudio de la planta de Sagunto, que propone como solución técnica el uso de mangueras flexibles para el suministro a pequeña escala, concluyó recientemente, y prosiguen su desarrollo el estudio de alternativas para la planta de Huelva (2018) y el de ingeniería básica de un nuevo muelle para la planta de Ferrol-Murgados (2019).

Hardware del proyecto

La segunda parte del proyecto comprende el desarrollo de 11 estudios y pruebas piloto en partes reales de la cadena logística de GNL. Estos estudios, geográficamente divididos en puertos mediterráneos y atlánticos, se agrupan en tres ámbitos: la adaptación de las infraestructuras de suministro de las plantas de regasificación de Enagás para ofrecer abastecimiento a pequeña escala, el desarrollo de barcazas de distribución de GNL y el uso de este combustible en remolcadores, grúas y transporte ferroviario dentro de la zona portuaria, estos dos últimos enfocados específicamente a limitar las emisiones en los puertos. Cuatro de estos estudios, ya finalizados, han cristalizado en innovadoras soluciones que se están testando.

La Autoridad Portuaria de Barcelona participa en cuatro estudios, dos de ellos ya realidades: la adaptación del muelle de la regasificadora del puerto, que incorpora un brazo de carga criogénico y flexible para el suministro a pequeña escala, previsto para este verano; y la construcción de una unidad móvil tipo contenedor para suministrar electricidad generada por GNL a ferris atracados, transportable en barco, que ya ha sido testada en el puerto de Barcelona y está pendiente de hacerlo en los



de Tenerife y Vigo, las tres autoridades portuarias participantes en la iniciativa. También están en marcha en el puerto de Barcelona la adaptación a propulsión GNL de una grúa portacontenedores, a finalizar en noviembre, y la adaptación de una gabarra para suministro de GNL en puerto, que incorporará dos tanques de 100 m³. Los estudios con piloto en puertos mediterráneos se completan con la construcción de una gasinera mixta (Gas Natural Licuado/Gas Natural Comprimido para buques y vehículos) en el puerto de Valencia, en desarrollo, y la adaptación de un atraque para suministro a pequeña escala en el pantalán de la regasificadora de Cartagena, obra casi terminada y que iniciará el servicio en octubre. Este puerto

fue escenario, en abril de 2017, de la primera operación en Europa de suministro de GNL directamente desde una planta de regasificación a un buque, que fue posible gracias a las adaptaciones realizadas como parte del estudio (incorporación de mangueras criogénicas).

En los pilotos en puertos atlánticos el puerto de Bilbao tiene un fuerte protagonismo, al participar en tres estudios, dos de ellos ya en pruebas. El primero ha supuesto la reconversión de una barcaza en la gabarra *Oizmendi*, incluida la instalación de dos tanques con capacidad de 600 m³ de GNL, que le faculta para proveer este y otros combustibles *ship-to-ship* en la costa cantábrica. La gabarra culminó en febrero en este puerto la primera



Beneficios ambientales del GNL

El gas natural, considerado como el combustible fósil menos contaminante de todos, es la base de dos de las energías alternativas llamadas a tener un fuerte protagonismo en el sistema de transporte del futuro: el gas natural licuado (GNL), destinado sobre todo al transporte marítimo, y el gas natural comprimido (GNC), el combustible de mayor potencial en el sector de la automoción tras la electricidad. A diferencia del GNC, que es gas almacenado a altas presiones, el GNL es gas natural que, tras un proceso de enfriamiento a una temperatura aproximada de -163° centígrados y a presión atmosférica, pasa a estado líquido. Con este proceso su volumen pasa a ser 600 veces menor que el del gas natural original, lo que facilita su almacenamiento y transporte.

El GNL es uno de los combustibles más respetuosos con el medio ambiente, sobre todo respecto al fuelóleo pesado (HFO) y el gasóleo marino (MGO), los derivados del petróleo más utilizados por los motores de los buques de carga y de pasajeros. En comparación con estos combustibles convencionales, el GNL elimina totalmente las emisiones de óxidos de azufre (SOx) y las partículas en suspensión (PM), reduce en un 85% los óxidos de nitrógeno y genera cerca de un 30% menos de emisiones de CO₂, según datos del proyecto CORE LNGas hive. A la elevada eficiencia medioambiental se suma su menor coste respecto a los combustibles habituales de navegación, lo que perfila al GNL como una alternativa realista que puede contribuir a la descarbonización del transporte marítimo.

ofrecer servicios mixtos de suministro a gran y pequeña escala, en fase de obra. El último estudio con piloto, de carácter transversal, a cargo de las autoridades portuarias de Algeciras, Huelva, Melilla y Tenerife, junto a Enagás, Cepsa y Renfe, evalúa la viabilidad de crear una cadena de transporte en España para trasladar un isocontenedor con GNL por distintos modos (ferrocarril, carretera y marítimo). Concluirá en diciembre.

De cara al futuro, y a la vista de los resultados del proyecto y de la positiva evolución del mercado en el último año, Puertos del Estado trabaja ya en el diseño de la estrategia LNGhive 2, destinada a ofrecer a las navieras la mayor cantidad de puntos de suministro de GNL en los puertos españoles en el horizonte de 2030. Esta estrategia permitirá transformar en obras los estudios de ingeniería realizados de las infraestructuras de las plantas de Sagunto y Huelva en el marco del proyecto CORE. También permitirá incorporar nuevas actuaciones, entre ellas la inclusión de soluciones logísticas multisuministro de cisterna a buque en Gijón y Huelva, la creación de un corredor ferroviario de GNL entre el puerto de Huelva y el puerto seco de Sevilla, así como la construcción de dos buques de suministro de GNL para operaciones *ship-to-ship* y la reconversión de cinco ferris que utilizarán GNL como combustible.

► *Trasvase de GNL desde la gabarra Ozimendi a un cementero irlandés, primera operación de este tipo realizada en el Arco Atlántico, completada en febrero en el puerto de Bilbao.*

prueba piloto de carga de GNL de buque a buque en el Arco Atlántico (transfirió 90 m³ a un cementero) y hoy está destinada en el puerto de Huelva, que dispone así del primer buque de suministro multiproducto de combustible marino del sur de Europa. Y el segundo ha sido la adaptación del pantalán de la regasificadora del puerto (BBG) para el suministro a barcos de pequeño tamaño, también completada y en fase de ensayos. Como tercer estudio, está en marcha la construcción de un remolcador propulsado por GNL, que se incorporará a los servicios de remolcaje del puerto en 2019. Los estudios de los puertos atlánticos se completan con la adaptación del muelle de la regasificadora de Ferrol/Mugardos para



OPS MASTER PLAN FOR SPANISH PORTS

Este proyecto tiene un objetivo ambicioso: conectar los grandes buques que hacen escala en los puertos españoles (cruceros, portacontenedores, ferris) a la red eléctrica nacional, de la misma forma que ya hace el vehículo eléctrico, aunque en este caso en alta tensión. Esta tecnología es conocida como suministro eléctrico a buques en atraque durante su estancia en puerto (*On-Shore Power Supply*, OPS, en el acrónimo inglés, o *cold ironing*, en referencia al momento en que el casco de los buques del pasado se enfriaba al apagarse las calderas de carbón cuando el barco quedaba atracado en puerto). Se trata de una tecnología ya existente en países como Noruega, Suecia y Alemania, con experiencias de éxito en otros puertos europeos y también disponible en el puerto de Motril, con el objetivo común de reducir las emisiones a la atmósfera en el entorno portuario, dentro de la estrategia comunitaria de descarbonización de los corredores de transporte de la red TEN-T.

El proyecto OPS concretará los requerimientos técnicos que necesita el sistema, básicamente la adaptación de los muelles para propiciar la acometida a la red eléctrica,

la conexión muelle-buque y la adaptación del buque para recibir la energía eléctrica, cuya implantación tiene distintos grados de dificultad e inversión en función de la tipología de cada barco. Desde el punto de vista medioambiental, esta tecnología tiene un elevado potencial para los puertos: según un estudio de la consultora Inova Labs, participante en el proyecto, el *cold ironing* elimina localmente toda emisión, reduciéndolas de forma drástica a nivel del Estado respecto a la generación mediante combustibles marinos, dado el actual *mix* del sistema eléctrico español (un 96% menos de NOx, un 36% de SOx, un 68% de partículas y un 45% de CO₂); además, elimina prácticamente el ruido asociado a los motores auxiliares de los buques (utilizados para la operación de bombas de trasiego, sistemas de refrigeración, iluminación, equipos de emergencia...), dado que estos se pararán al conectarse a la red.

La iniciativa, sin precedentes para todo un país en el marco comunitario, está liderada y coordinada por Puertos del Estado, a la cabeza de un consorcio de 17 socios que incluye, entre otros, a cinco autoridades portuarias (Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria, Barcelona, Baleares y Pasaia), tres universidades y tres compañías navieras. Con un presupuesto de 6,2 M€, de los cuales

► Equipo de suministro eléctrico a cruceros turísticos en el puerto de Hamburgo.



► Los grandes portacontenedores y los cruceros son responsables en distinta medida de las emisiones contaminantes en entornos portuarios. En la imagen, vista del puerto de Barcelona.

1,6 M€ son financiados por fondos CEF, el proyecto tiene una duración de tres años, que concluyen teóricamente en noviembre de 2019. Como principales desarrollos, la iniciativa comprende la elaboración de diversos estudios sobre la normativa del sector eléctrico, técnicos y de impacto medioambiental para evaluar los beneficios de la implementación del suministro de energía eléctrica a buques de forma generalizada. También prevé el desarrollo de tres pilotos que supondrán la dotación en determinados muelles españoles de los elementos electromecánicos necesarios para realizar las operaciones de suministro, así como la adaptación de varios barcos para su conexión a la red eléctrica general. El objetivo final es la redacción de un Plan Director para el suministro de energía eléctrica a buques atracados en los puertos españoles.

Estudios y pilotos

El cuerpo conceptual del proyecto está formado por tres estudios transversales, a cargo de distintos grupos de trabajo, que analizan los temas económico-administrativos, técnicos y ambientales que influyen en la implantación del *cold ironing*. Su elaboración está avanzada. Como coordinador, Puertos del Estado, en colaboración con tres consultoras de ingeniería, ultima la selección de los muelles a integrar en el Plan donde ofrecer suministro eléctrico de acuerdo con las especificaciones técnicas de la norma internacional IEC/ISO/IEEE 80005-1; también tiene adelantado el estudio del marco normativo de acompañamiento, que ya ha identificado las barreras técnicas y económicas que dificultan la implantación de esta tecnología, además de perfilar las soluciones para superarlas, incluida la reducción de los costes de suministro. Desde la óptica académica, la Universidad de Cádiz ya ha publicado en el sitio web del proyecto el avance correspondiente al año 2017 del estudio sobre emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes generadas por los motores auxiliares de barcos atracados, que se actualizará en 2018 y 2019; y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria está cuantificando el impacto monetario de esas emisiones sobre la salud humana y el medio ambiente. Por último, la Universidad Politécnica de Madrid tiene prácticamente terminados los estudios encargados a sus dos grupos de trabajo: el estudio de los beneficios que pueden derivarse para el sistema eléctrico de la conexión de los barcos atracados a la red eléctrica, a cargo de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales; y el diseño de los elementos de manipulación del cable de conexión eléctrica muelle-buque, que elabora el Centro de Automática y Robótica (CAR).

Paralelamente, también están en distintas fases de desarrollo los tres estudios piloto programados en este proyecto europeo. Los más avanzados son los correspondientes a la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, que ya han superado la fase de proyecto y actualmente se procede a la ejecución de las obras para implantar el sistema OPS en los puertos de Santa Cruz de La Palma, San Sebastián de la Gomera y, próximamente, en el propio de Santa Cruz de Tenerife, con la previsión de iniciar el servicio de suministro eléctrico a buques a finales de 2018. La mayoría de los cinco ferris rápidos que participan en el piloto ya han sido adaptados tecnológicamente por la naviera Fred Olsen para conectarse en puerto a la red eléctrica. Se da la circunstancia de que la implantación del *cold ironing* es especialmente anhelada en los puertos menores, que son los que esperan mayores beneficios ambientales con la eliminación de los ruidos nocturnos provocados por los motores auxiliares de los buques. Sin salir del archipiélago, la Autoridad Portuaria de Las Palmas de Gran Canaria estudia la viabilidad para suministrar energía eléctrica en atraque a un remolcador



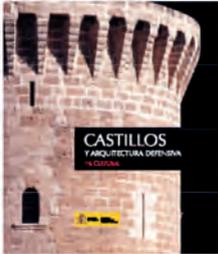
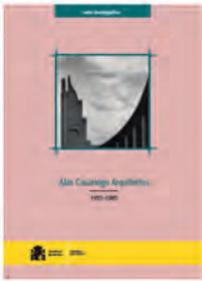
de Salvamento Marítimo, a los buques en reparación y a la flota pesquera.

Respecto a los dos estudios piloto restantes, la Autoridad Portuaria de Pasaia también ha concluido los estudios de ingeniería y los requerimientos operativos para el desarrollo de un punto de suministro de energía eléctrica a buques en el puerto guipuzcoano y tiene previsto iniciar próximamente las obras para implantarlo. Este punto de conexión se instalará en el muelle especializado en tráfico de vehículos y permitirá suministrar electricidad a los tres barcos gemelos de la naviera noruega UECC, dedicada al transporte de automóviles, el primero de los cuales será adaptado para estas operaciones durante el verano. Por último, las autoridades portuarias de Baleares y Barcelona están estudiando la viabilidad de ofrecer suministro de energía eléctrica desde tierra al *ferry Dimonios*, un buque de pasajeros que hace escala diaria en los puertos de Palma de Mallorca y Barcelona. Este piloto está solo a la espera del visto bueno de su nueva propietaria, la naviera española Armas.

El Plan Director del proyecto OPS elaborará un mapa con los puntos de conexión eléctrica para buques en los puertos españoles

Como da a entender el propio nombre del proyecto, el objetivo último es la elaboración de un *master plan* o Plan Director para dotar a los puertos de interés general de puntos de conexión para el suministro de energía eléctrica a los buques atracados, como estrategia para fomentar el uso de este combustible alternativo en el transporte marítimo. Puertos del Estado trabaja actualmente en el diseño de este documento final, que se apoyará en el *know how* obtenido de los estudios y los pilotos, e incorporará el marco legal y técnico con las especificaciones necesarias para la implementación del servicio en España (especificaciones de equipos, procedimientos de uso, *metering/ticketing*...), así como una serie de medidas de carácter económico y operativo para estimular su desarrollo (bonificaciones en las tasas por la estadía de los buques, eliminación del impuesto sobre la electricidad suministrada, reducción del término de potencia, supresión del canon de ocupación de las canalizaciones en los muelles, creación de la nueva figura del gestor de cargas eléctricas de buques atracados, autorización a los concesionarios de terminales portuarios para vender energía eléctrica a buques...), algunas ya en curso y otras en fase de consideración. Como aportación final, Puertos del Estado ha previsto incluir en el Plan Director un mapa con los puntos de conexión para el suministro de energía eléctrica a barcos en los atraques con mayor interés, que se elaborará a partir de los estudios de viabilidad en varios puertos y muelles españoles realizados por tres consultoras de ingeniería que participan como socios en el proyecto. ■

► Uno de los ferries adaptados para recibir suministro de electricidad desde tierra navega en la dársena del puerto de Santa Cruz de Tenerife.



CENTRO DE PUBLICACIONES
Ministerio de Fomento

Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid
tfn: 915 97 53 96

<https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web>






NUEVA VIDA PARA EL PUENTE FERNANDO REIG DE ALCOY

El puente reinventado



► Imagen cenital del pórtico, la parte central del tablero y los tirantes.



JAVIER R. VENTOSA. FOTOS: DCE COMUNIDAD VALENCIANA

El pasado abril se reabrió el emblemático puente Fernando Reig en Alcoy (Alicante), una infraestructura básica para la movilidad en este núcleo urbano que ha sido rehabilitado en los últimos meses. La obra principal ha consistido en la sustitución del sistema de atirantamiento que soportaba este puente treintaero, complementada por la reparación del único pilono, la actualización de varios elementos y la renovación de la estética. Con su reapertura al tráfico, se mejora la seguridad de los usuarios, se añaden nuevas prestaciones y se restablece la principal vía de salida desde “la ciudad de los puentes” hacia Alicante.

Los antecedentes de la intervención principal, la sustitución de los tirantes, se remontan al mes de julio de 2016, cuando una empresa contratada por el Ministerio de Fomento realizaba una obra de reparación de emergencia en este puente, situado en el pk 794+000 de la carretera N-340 en Alcoy. El objeto de esta obra de mantenimiento, primera de este tipo en las tres décadas de vida de la estructura, era la refacción de las impostas y las barandillas, así como la adecuación del sistema de contención de vehículos (pretilas), tanto para proteger a los transeúntes como a los propios tirantes, elementos básicos del esquema resistente del puente. También se estaba reparando (saneado, repintado y reposición de elementos deteriorados) el sistema de atirantamiento, formado por 38 tirantes de acero, que presentaba algunos deterioros superficiales. Las obras, con un presupuesto de 1,5 M€, se iniciaron en febrero de ese año y provocaron el corte de uno de los tres carriles de circulación del puente (existe uno de entrada a Alcoy y dos de salida).

El 28 de julio de 2017, durante la realización de los trabajos de hormigonado de aceras e imposta cerca de la pila principal, los operarios detectaron un ruido súbito y constataron un movimiento inusual del tablero que fue rápidamente asociado a un comportamiento anómalo de uno de sus tirantes, que perdió tensión y quedó deformado, flácido, como recoge el informe de la ingeniería Fhecor, asistencia técnica de la primera obra de reparación y de la posterior rehabilitación. Ante la gravedad del incidente y la incertidumbre por el estado de los tirantes vecinos, se cortó por prudencia la circulación en el puente y se iniciaron las investigaciones para averiguar sus causas. En primera instancia se advirtió una diferencia de cota de 2,5 centímetros entre la acera y el



balcón existente en torno al pilono, situado a una cota fija por ser solidario a este. Al revisar el interior del cajón izquierdo y los anclajes de los tirantes, también se detectó una salida significativa de agua del interior del tirante izquierdo T-41, lo que hizo pensar en una rotura por corrosión en la parte baja, normalmente la más problemática por razones de durabilidad. Inspecciones sucesivas en este tirante, sometido también a una prueba de carga, confirmaron la pérdida de tensión de los cordones que lo componían. El 23 de agosto, al proceder a sustituirlo por otro tirante nuevo, se constató su rotura debido a un proceso de corrosión que había arruinado sus cordones. La zona de la rotura se situaba en la parte alta, muy cerca del encuentro del tirante con el pilono, en coincidencia con una zona en la que la lechada de cemento—elemento protector de los cordones de acero— presentaba una anómala oquedad. Para analizar con rigor las causas de la rotura se dio traslado del tirante roto al laboratorio.

➤ Auscultación de tirantes

A la vista de lo sucedido, y pese a que los tirantes no presentaban los síntomas típicos asociados a la corrosión del acero del que están formados, se planteó la necesidad de explorar los restantes 37 tirantes por si esta atípica situación se repetía en alguno más y, por tanto, constituyera una amenaza para la estabilidad del tablero. Así lo entendieron los técnicos de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana y

los servicios centrales del Ministerio de Fomento, quienes, con el apoyo de la asistencia técnica, acometieron una campaña de auscultación, realizada entre el 17 de septiembre y el 8 de noviembre. Tras una selección previa de los dispositivos auscultadores más fiables (contrastados en un tirante de prueba en laboratorio), se optó por emplear una sonda capacitiva. Este tipo de sonda permite detectar la presencia de zonas huecas en el interior de las vainas protectoras de los tirantes, de polietileno negro, de alta densidad y en muy buen estado de conservación. El resultado de esta auscultación, realizada con el apoyo

▶ *Trabajos de construcción del puente.*



Por qué se rompe un tirante

Los tirantes son un elemento crítico de los puentes atirantados. La rotura de uno de ellos constituye un problema grave –aunque se ha comprobado que, transitoriamente, los tirantes vecinos se hacen cargo del déficit– que requiere una reparación rápida para restablecer el nivel de seguridad de la estructura. Aunque las causas de la rotura pueden ser de diversa naturaleza (diseño incorrecto, materiales deficientes, proceso constructivo inadecuado o condiciones de operación no previstas en el proyecto), la experiencia acumulada en los más de 60 años desde la construcción del primer atirantado moderno (Strömsund, Suecia, 1956) ha puesto de manifiesto que el envejecimiento del material produce, como en todo producto, procesos de degradación de los tirantes (corrosión o fatiga fundamentalmente), de sus cabezas de anclaje y de sus elementos de protección (relleno y vainas) que también pueden desembocar en rotura. Por ello, la existencia de un plan de inspección y mantenimiento preventivo desde la fase de proyecto es fundamental para garantizar la seguridad de la estructura.

En el caso del tirante roto (el T-41 lado izquierdo) del puente Fernando Reig, origen de la intervención reseñada, los estudios realizados por los laboratorios de Química y Física de Materiales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid apuntan, como causa de esa rotura, la mala calidad de la lechada protectora de cemento en que estaban embebidos los 23 cordones de acero que lo formaban. De acuerdo a esos estudios, la extrema porosidad de la lechada y la existencia de zonas desprovistas de la misma por haberse producido espumas provocaron, en presencia de agua, un proceso electroquímico que ha derivado en la corrosión de los cordones de la parte superior, produciendo su paulatina e imperceptible pérdida de sección y, finalmente, su rotura, dejando al tirante fuera de servicio. La existencia de procesos similares menos avanzados en otros tirantes y en otras zonas llevó a la decisión de sustituir todos los tirantes para garantizar la completa seguridad del puente.

► Vista de los nuevos tirantes anclados al pórtico y al tablero del puente.



de una plataforma elevadora, detectó la presencia de algunos huecos en otros tirantes, pero de una extensión limitada, apenas traducida en la existencia de corrosiones. Sin embargo, esta sonda no permitía el acceso a la zona de tirantes situada en el interior de los tubos-encofrado, tanto en el tablero como en el pilono, de forma que persistía, aunque en menor rango, la incertidumbre sobre la eventual existencia, en esas zonas inaccesibles, de oquedades con corrosión tan brutal e inesperada como la producida en el tirante colapsado. En vista de esta situación, el informe de la empresa de ingeniería, trasladado a la Demarcación de Carreteras, sostuvo que era imposible afirmar que el puente reuniera las condiciones de seguridad reglamentarias vigentes para los usuarios. Tampoco garantizaba que los defectos detectados no fueran a seguir progresando en el futuro, ni que los tramos imposibles de inspeccionar carecieran de tales defectos. Por todas estas razones, unidas al factor de los 30 años de vida de la estructura, para mantener el nivel de seguridad del puente en los márgenes reglamentarios, se recomendó la sustitución de todos los tirantes.

Además de los tirantes, durante la inspección del puente también se detectaron zonas en los paramentos del pilono donde la armadura había quedado expuesta o con muy



► Vista del puente poco antes de su reapertura.

poco recubrimiento de hormigón, siendo por tanto susceptible de corroerse y generar herrumbre que, aunque de poco espesor, tendiera, al expandir, a romper esquirlas de hormigón que podrían caer sobre el tablero, tanto sobre la plataforma del puente como en otras zonas aledañas fuera del tablero, constituyendo un riesgo para la seguridad de la circulación de vehículos y peatones. Tras una inspección más pormenorizada del pilono, realizada también con apoyo de una plataforma elevadora, el estudio concluyó que lo procedente era acometer la rehabilitación de los paramentos de la pila para eliminar el hormigón en trance de desprenderse, reponer los volúmenes de hormigón originales y proteger el pilono frente a futuros deterioros.

▮ Proyecto y obra

El 16 de enero de 2017, una vez sopesadas las conclusiones del informe y la visión de la propia Demarcación de Carreteras, el Ministerio de Fomento comunicó la decisión de acometer una obra de rehabilitación estructural en el puente para restituir las condiciones de seguridad perdidas. Esta actuación, a realizar según el proyecto re-

Singular entre sus pares urbanos

La accidentada orografía de la zona y los profundos cauces socavados por tres afluentes del río Serpis han condicionado históricamente el crecimiento del casco urbano de Alcoy, con zonas y barrios separados físicamente por hondonadas y desniveles cuya comunicación se ha tenido que realizar mediante la construcción de un buen número de obras de ingeniería, de ahí el sobrenombre de ciudad de los puentes que luce la capital de la comarca de l'Alcoià. Pocas ciudades españolas disponen de una colección tan variada de puentes urbanos, que además son un reflejo de la evolución tipológica de este tipo de estructuras en los últimos dos siglos: puente María Cristina (1838, neoclásico, de sillería, aún proyectado por arquitectos), San Roque y La Pechina (1862 y 1863, también de sillería, pero ya diseñados por ingenieros), Canalejas (1907, metálico, con vigas en celosía), San Jorge (1931, art decó, de hormigón armado), San Jaime (1933, también de hormigón armado) y Fernando Reig (1987, atirantado), por nombrar solo los principales.

El puente Fernando Reig, así denominado en homenaje a un ingeniero de Caminos alcoyano, no es solamente uno más en esa colección. Ha representado en las últimas tres décadas la imagen de la modernidad de Alcoy, como lo hiciera en su día el otro gran icono de la ciudad, el puente San Jorge. Con proyecto y dirección de obra de José Antonio Fernández Ordóñez, un grande de la ingeniería española que usó este puente como modelo para diseñar años después el del Centenario de Sevilla, esta estructura situada a 40 metros sobre el río Barxell, promovida por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo para reordenar el tráfico de la carretera N-340 a través de Alcoy fue construida entre 1985 y 1987 con un presupuesto de 1.000 millones de pesetas, ostentó en su día el récord mundial de mayor luz para un puente atirantado con tablero prefabricado. También

► Vista de las obras de reparación, con andamiaje en ambos pilonos y varias torres metálicas de apeo situadas bajo el tablero.



despuntó como puente pionero en España por características como la prefabricación total del tablero en un estructura de gran luz y el empleo de sensores para controlar sus parámetros estructurales. Por su carácter innovador, su integración en el entorno y la calidad de ejecución, materiales y acabados, en 1986 recibió el premio Construmat de la Generalitat de Cataluña a la mejor obra de ingeniería civil española. Su puesta en servicio, el 27 de abril de 1987, supuso una revolución para el tráfico rodado en la N-340 y en el propio casco urbano.

Por tipología, es un puente atirantado asimétrico de dos vanos, con una longitud total de 273 metros, dividida en tres vanos de luces 108 + 132 + 33 metros. Esta distribución está relacionada no solo con la asimetría de la garganta del río, sino también con la idea de los proyectistas de anclar parte de los tirantes en un estribo para mejorar la rigidez de la pila en la dirección longitudinal. La sección transversal del tablero, de 17,40 metros de anchura, está formada por dos vigas cajón, de armadura y dispuestas en los laterales, de 2,50 metros de canto y ancho máximo de 3'80 metros, constituidas a su vez por dovelas de 5 y 7 metros. El pilono principal, con una altura de 90 metros, es un pórtico de hormigón armado formado por dos fustes rectangulares, con un travesaño superior y otro intermedio por debajo del tablero, y cimentado con 24 pilotes. La configuración de los estribos es dispar: cajón de hormigón relleno de tierras y cimentado sobre 20 pilotes en el lado Alcoy y muro frontal cimentado sobre 8 pilotes en el lado Alicante. El sistema de atirantamiento, con configuración de arpa-abanico, presenta dos familias de 19 tirantes cada una, con longitudes que varían entre 128,5 y 30 metros, cada uno de ellos formado por un número variable de cordones (entre 23 y 55) de 0,60 pulgadas de diámetro.

dactado por la empresa de ingeniería, ha constado de dos obras principales: el desmontaje y sustitución de todos los tirantes y la reparación del pilono; posteriormente se sumaron otras actuaciones complementarias. La obra, adjudicada a una unión temporal de empresas especializadas y con un plazo de ejecución de 13 meses, fue tramitada administrativamente como una actuación de emergencia para acortar los plazos de entrega y puesta en servicio de la estructura afectada. Durante el tiempo de ejecución de la obra, cuya dirección recayó en Ismael Ferrer, ingeniero jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, se decidió mantener cortado el tráfico rodado y peatonal.

La obra de rehabilitación estructural ha estado presidida por el criterio de preservar la máxima seguridad para los operarios y para la propia estructura. El sistema constructivo de la obra principal, el destesado, desmontaje y sustitución de tirantes, se planteó de tal forma que no aumentara la tensión soportada por estas piezas, lo que incluyó la limitación del uso de maquinaria pesada sobre el puente. Con ese fin, se situaron 10 torres de apeo (cinco bajo cada uno de los cajones longitudinales) como soporte del tablero con una disposición deliberada para

que la carga de los tirantes desmontados se transmitiera a esas torres, y no a los tirantes contiguos. En concreto, se dispusieron torres de apeo cada tres tirantes (36 metros de luz), bajo cada uno de los cajones, y el levantamiento del tablero mediante gatos para que las torres entraran en carga. Esta disposición permitió proceder al desmontaje y sustitución de tirantes de manera segura en dos fases: primero el desmontaje de los tirantes del lado derecho y posteriormente los del lado izquierdo. La sustitución se realizó desde el tirante central (dispuesto en la sección del pilono) hacia los extremos, procediendo al desmontaje de manera simétrica, con objeto de minimizar los desequilibrios en el pilono. Estos nuevos tirantes, que incorporan la última tecnología de cordones autoprotectidos con una triple barrera que asegura una vida útil de 100 años, fueron sometidos a varias pruebas para comprobar su correcto funcionamiento y algunos se monitorizaron con dispositivos para seguir su evolución a lo largo del tiempo. Al finalizar el proceso de sustitución de tirantes, realizado con el apoyo de una grúa adosada al propio pilono, el puente fue desapeado de forma ordenada para restablecer la configuración original.

La otra obra prevista, la reparación de los paramentos del pilono, se llevó a cabo en coordinación con los trabajos de sustitución de los tirantes, aunque no se completó hasta la finalización de los mismos para poder reparar el deterioro ocasionados durante esta obra. La intervención, realizada con el apoyo de andamios, se realizó en dos zonas: aquellas en las que el hormigón ya se había desprendido (con armaduras a la vista que había que proteger) y otras en que, sin haberse desprendido y sin síntomas de caer, el “sonido a hueco” percibido por el procedimiento sónico de auscultación seguido constató el deterioro del hormigón debido a la expansión de la herrumbre generada por la corrosión de las armaduras interiores. En estas zonas se procedió a sanear el hormigón, realizando un cajeadado de varios centímetros de profundidad, se descubrió la armadura corroída y se la limpió de óxido. Posteriormente se reconstruyó el volumen aplicando un mortero de reparación de acuerdo con un protocolo estricto que asegurara la protección de las armaduras y la estabilidad del mortero.

En paralelo a las dos obras principales se realizaron una serie de actuaciones complementarias de mejora de la adecuación funcional del puente, entre ellas las que quedaron interrumpidas en julio de 2016. La relación de estas actuaciones de obra civil incluye el desmontaje de barandillas y piezas de imposta, la ejecución de un sistema de contención de vehículos, la adecuación del sistema de drenaje, junto con la impermeabilización y repavimentación del tablero, la demolición y reconstrucción de aceras, la sustitución de la junta de dilatación en el estribo lado Alicante y la disposición de una nueva junta de dilatación en el estribo lado Alcoy, la sustitución de las juntas entre la pila y los balcones y, finalmente, la



reparación del murete y de la losa de transición del estribo lado Alicante. También se aprovechó para instalar un nuevo sistema de iluminación que mejora la seguridad vial, facilita las labores de inspección y mantenimiento y realza la imagen del puente por la noche.

Prueba de carga

Concluida la fase de obras, el puente fue sometido el pasado 4 de abril a las pruebas de carga estática y dinámica para comprobar el comportamiento real de la estructura, en cumplimiento de las *Recomendaciones para el proyecto y ejecución de pruebas de carga en puentes de carretera*



► Imagen de la colorista prueba de carga, con la trama urbana de Alcoy de fondo.

del Ministerio de Fomento y del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto. Para estas pruebas se contó con la participación de 28 camiones articulados cargados de tierra, con un peso total de 1.120 toneladas, lo que supone aproximadamente el 50% de la capacidad de carga máxima del puente. La utilización de estos camiones, en seis fases diferentes, permitió someter al puente a distintos estados de carga, midiendo determinados parámetros de la estructura para compararlos con los valores teóricos de la misma. Los resultados obtenidos en esta prueba preceptiva constataron que las obras de rehabilitación del puente se realizaron de manera satisfactoria, dando de esta forma luz verde para su puesta en servicio.

Con la reapertura del puente Fernando Reig, el 16 de abril, se ha puesto fin a una importante actuación de ingeniería, calificada por el ministro de Fomento de “ambiciosa, complicada y vanguardista”, que ha requerido una inversión global de 11,6 M€ (IVA incluido, así como el importe de la obra interrumpida en julio de 2016) y que se ha completado con dos meses y medio de antelación sobre el plazo previsto. La obra de rehabilitación ha permitido restablecer y mejorar la funcionalidad del puente, su durabilidad y, sobre todo, la seguridad de los usuarios, abriendo una nueva etapa con mayores prestaciones en la historia de esta emblemática infraestructura alcoyana. ■

TERMINADAS VARIAS OBRAS DE RESTAURACIÓN CON CARGO A LOS PROGRAMAS DEL 1,5% CULTURAL Y REHABILITACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Avance imparable

REDACCIÓN FOMENTO

La protección, conservación, restauración y puesta en valor del Patrimonio Histórico español, principal testigo de la contribución de nuestro país a la civilización, constituye una de las obligaciones fundamentales de todos los poderes públicos. Los programas de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y del 1,5% Cultural, del que acaba de autorizarse una nueva convocatoria, son instrumentos fundamentales para estos fines.



▶ Torre de San Vicent en Benicàssim, Castellón.

Carlos Pérez



► Mercado Central en la plaza Corsini de Tarragona.

La defensa de nuestro patrimonio es perseguida, apoyada y potenciada por los poderes públicos, con el fin de que los ciudadanos puedan conocer y disfrutar los bienes que forman nuestro Patrimonio Histórico. Con su protección, la Administración General del Estado y, en concreto, el Ministerio de Fomento a través de sus programas, persigue poner al servicio de toda población estas obras –Patrimonio Arqueológico y Etnográfico, museos, archivos y bibliotecas de titularidad estatal, Patrimonio Documental y Bibliográfico–, facilitando el acceso a la cultura, que es, en definitiva, el camino más seguro hacia la libertad de los pueblos.

El Patrimonio Histórico Español adquiere su valor como elemento de identidad cultural y por ello es necesario que exista una sensibilidad ciudadana, pero también es necesaria su estimulación con fórmulas que ayuden a su conservación.

Firme con este compromiso, el Ministerio de Fomento financia un gran número de actuaciones de intervención en nuestro Patrimonio Histórico común, a través del Programa de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico, que consiste en la financiación de obras relevantes de

rehabilitación a través de los presupuestos propios de Ministerio, y del Programa del 1,5% Cultural, que, como es bien sabido, destina a estos fines el equivalente a ese porcentaje del presupuesto de cada obra pública.

En los últimos meses, varias obras de rehabilitación y recuperación de elementos patrimoniales, realizadas a cargo de estos programas, han sido inauguradas y abiertas al público. Algunas de las más relevantes son las que se describen a continuación.

▲ Torre de San Vicent en Benicàssim, Castellón

Construida en el siglo XVI, esta torre forma parte de un conjunto de diecinueve torres que, a lo largo de la costa de lo que hoy es Castellón, tenían en sus orígenes como principal misión la vigilancia del acceso por mar y la defensa ante los posibles ataques de corsarios. Su planta cuadrada fue construida de mampostería concertada y angulares de sillar. Cuenta además con un matacán aspillerado y, en los esquinales de la parte posterior, la que da al mar, con dos torrecillas circulares a

la altura de la terraza. A su interior se accede por una sola puerta que se encuentra a un metro ochenta del nivel del suelo.

La actuación para su reforma ha tenido un presupuesto total de 276.937,88 €, de los que el 75%, ha sido aportado por el Ministerio de Fomento con cargo al 1,5% cultural. Las obras realizadas se engloban en tres tipos de actuaciones: los trabajos de ejecución necesarios para reparar las patologías observadas en la estructura, las actuaciones encaminadas a hacer la torre visitable y, por último, las encaminadas a revalorizar su valor patrimonial.

Debido al valor histórico de esta torre, las obras de restauración han tenido como uno de sus objetivos principales el de posibilitar el acceso de visitas turísticas, por lo que, entre las actuaciones realizadas, destacan las dirigidas a dotarla de instalaciones y acabados interiores, incluido el acceso a la cubierta mediante un elevador neumático. Para la reparación de las patologías observadas se ha trabajado principalmente en la consolidación del paramento exterior, la eliminación de humedades en la cubierta, la reposición de los desperfectos del casetón de la escalera o la recolocación de las dovelas del arco. Por último, para la protección y puesta en valor patrimonial, se han repuesto sillares y se han cegado las ventanas que falseaban la imagen de los muros del edificio.

Plaza Corsini en Tarragona

Una visita a Tarragona no puede entenderse sin poner la mirada y recorrer las calles en busca del legado modernista en la ciudad. En este sentido, uno de sus edificios emblemáticos es el Mercado Central, en la Plaza Corsini, un espacio cuya relevancia no puede interpretarse adecuadamente sin la lectura conjunta del entorno y, especialmente, sin este edificio del mercado. Construido en 1915 por el arquitecto Josep Maria Pujol i de Barberà con el fin de centralizar los puntos de venta que hasta entonces se encontraban diseminados por la ciudad, posee tres naves y forma rectangular, con 75 metros de largo por 35 de ancho. Su interior se caracteriza por las columnas de hierro colado que permiten prescindir de muros y que proporcionan una mayor amplitud y luminosidad. Su estilo modernista se aprecia en distintos elementos constructivos, como las rejas de las cuatro puertas de acceso, la tipología de las letras del edificio o la cubierta revestida de cerámica.

Las obras de restauración y urbanización de la plaza Corsini, inauguradas el pasado 11 de mayo, han tenido un presupuesto de 399.227,73 €, financiados en su totalidad por el Ministerio de Fomento en el marco del Programa de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico. La actuación ha consistido en la sustitución del solado de la plaza y de los elementos del mobiliario urbano, que se encontraban muy deteriorados.



Fundación Comillas

Iglesia del Seminario Mayor de la Universidad de Comillas

► Iglesia del Seminario Mayor de la Universidad de Comillas.

Recientemente, finalizaron también las obras de recuperación integral de la iglesia del Seminario Mayor de la Universidad Pontificia de Comillas, en las que se han invertido un total de 3.527.330,31€, de los que 1.763.665,16 € han sido aportados por el Ministerio

Ruta modernista en Tarragona

1. Teatro Metropol.
2. Camarín del convento de los Padres Carmelitas Descalzos.
3. Capilla de la iglesia de Sant Francesc.
4. Casa Ximenis.
5. Iglesia de Sant Llorenç del Gremio de Payeses de Sant Llorenç y Sant Isidre.
6. Santuario de Nuestra Señora del Sagrado Corazón.
7. Mausoleo de Jaime I.
8. Ostensorio de la catedral.
9. Matadero.
10. Casa Ripoll.
11. Barandilla del Balcón del Mediterráneo.
12. Casa Salas.
13. Casa Bofarull.
14. Convento de las Teresianas (Colegio Santa Teresa de Jesús).
15. Casa del doctor Aleu.
16. Edificio de la Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación.
17. Casa Rabadà o Casa Vallvé.
18. Casa Porta Mercadé.
19. Mercado Central.
20. Fábrica de la Chartreuse.
21. Viejo Hotel Continental.
22. Reloj del puerto.
23. Quinta de Sant Rafael

de Fomento. Esta actuación, consistente en la rehabilitación de las fachadas y torres exteriores de la iglesia, así como las zonas de sacristía, capilla privada e interior de la iglesia, ha permitido garantizar la estabilidad y estanqueidad de la misma y devolverle su esplendor inicial.

El Seminario Mayor de Comillas y en particular su iglesia son un claro exponente, fuera de Cataluña, del movimiento modernista catalán de finales del siglo XIX. La obra, proyectada por el arquitecto Joan Martorell i Montells (1833-1906), se comenzó a construir en el año 1881 con el patronazgo del primer marqués de Comillas, don Antonio López del Piélago y López de la Madrid. Siguiendo las directrices jesuíticas tradicionales, en el plano general del edificio se establecieron dos patios separados por la iglesia, conocidos como el patio de la comunidad y el patio de las aulas. Posteriormente, a propuesta del propio Martorell, la obra fue confiada al arquitecto Lluís Domènech i Montaner, a quien se debe el embellecimiento ornamental del edificio en el que participaron los artistas catalanes, Eduard Llorens i Masdeu, autor de las pinturas, y el taller de fundición Masriera & Campins, creador de las puertas de bronce de las Virtudes. En las fachadas



► Escalera monumental del Palau Vell del Duc de Lerma, en Dénia, antes y después de la restauración.



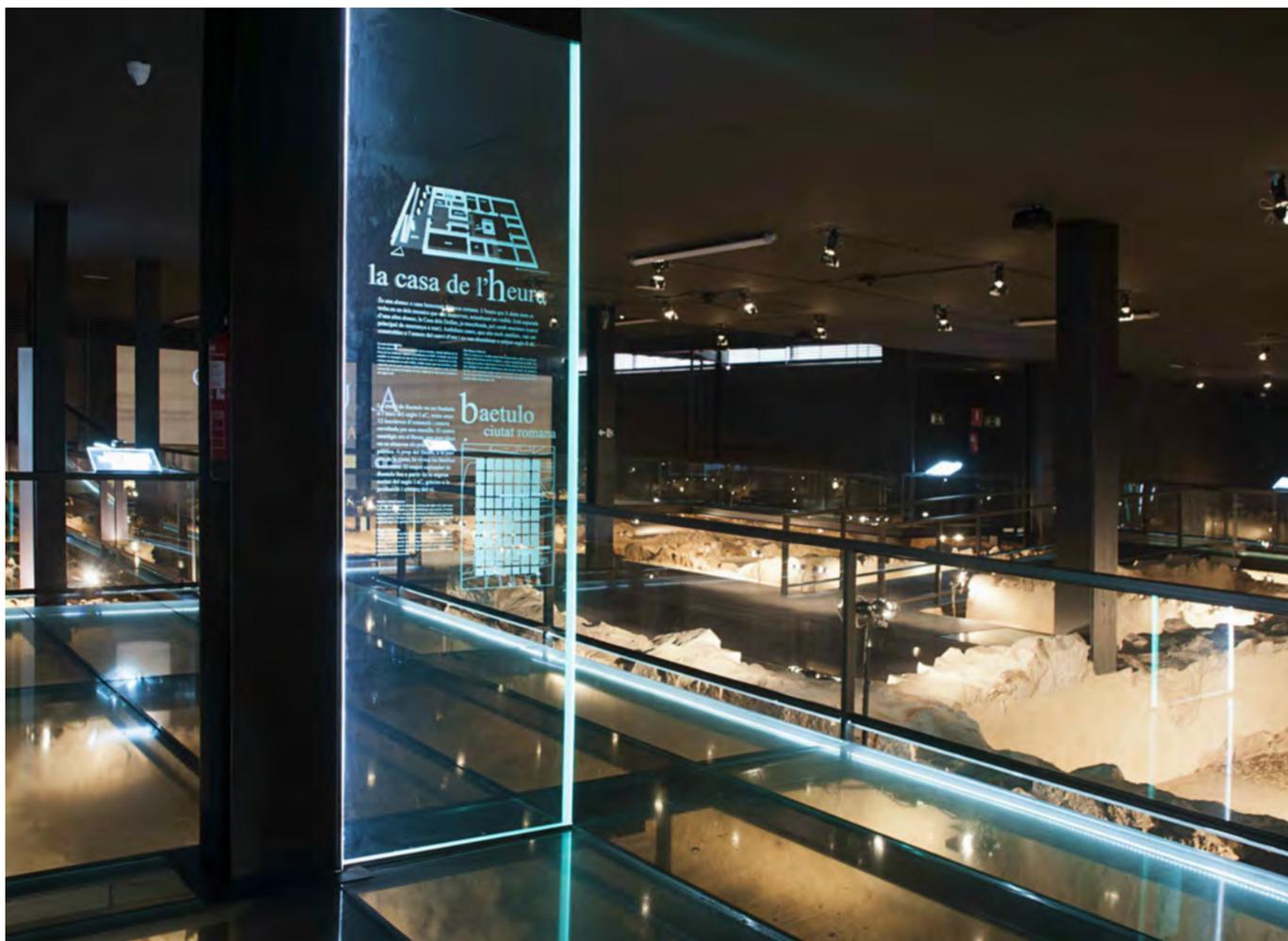
Elisa Moliner

del edificio se combinan mampostería y ladrillo, incorporando también azulejos cerámicos de tradición medieval y renacentista. El interior, al que se accede desde el pórtico del seminario, se caracteriza por el suelo decorado, arcos y columnas estilizadas, el artesonado de la escalera con un complejo entramado de cornisas, columnas, pinjantes y florones que convierten este espacio en un mundo aparte del exterior.

Escalera monumental del Palau Vell del Duc de Lerma en Dénia

Las obras de conservación y restauración del Palau Vell—construido en el s. XIV y ampliado por el duque de Lerma en el siglo XVII—, finalizadas el pasado mes de abril y ya abiertas al público, han contribuido a la recuperación de parte de las raíces de Dénia, pues este complejo, símbolo relevante de su historia y su cultura, aporta nuevo valor turístico al municipio y refuerza su atractivo cultural.

La principal actuación de los trabajos realizados ha sido la rehabilitación de la escalera del Duque de Lerma, en la que no solo se han restaurado los tramos conservados, sino que también se ha reconstruido el tramo



central que conecta con la plataforma del Palau Vell. Por otra parte, se ha llevado a cabo una excavación arqueológica en la que se han encontrado nuevos hallazgos que han permitido documentar la existencia de restos de estructuras de un palacio andalusí, construcción que dataría del año 1.100 aproximadamente y que habría sido la vivienda de altos cargos de la época. Se contribuye así a revalorizar el resto de zonas del Palau.

Con un presupuesto de 891.770 €, se ha contado también aquí con la participación del Ministerio de Fomento, a través del programa de rehabilitación arquitectónica y del 1,5% cultural, asumiendo 668.827,5 €, el 75% del importe total. Esta aportación, sumada a otras del Ministerio en la zona, como la restauración de las murallas y su conexión con el castillo y la recuperación de la escala original de lienzos, torres y el paso de ronda, han permitido la completa recuperación del entorno del Palau Vell.

▲ Casa romana de L'Heura en Badalona

La casa de L'Heura representa un importante ejemplo de arquitectura romana en la Península Ibérica. Se trata

de un edificio doméstico de aproximadamente 500 m², perteneciente a la antigua ciudad romana de Baetulo, fundada en el siglo I y que perduró hasta el siglo VI. En la actualidad, la casa se encuentra en la planta baja de un edificio de viviendas del barrio Dalt la Vila y es gestionado por el museo de Badalona, que prevé su apertura al público próximamente.

La intervención realizada ha sido sufragada íntegramente por el Ministerio de Fomento con una inversión de 416.010 €.

Los trabajos, cuyo objetivo era incorporar el yacimiento al conjunto de espacios visitables de la ciudad romana, han consistido fundamentalmente en la excavación arqueológica, consolidación de los elementos constructivos romanos y pavimentación del patio. Además, para hacer accesible la visita pública ha sido necesario construir una pasarela metálica con suelo transparente, desde el que se pueden observar las diferentes estancias de la vivienda, así como la instalación de las necesarias infraestructuras eléctricas y de iluminación, señalización, sistema de vigilancia y seguridad en el acceso de los visitantes.

► Casa romana de L'Heura, en Badalona.

► *Patio del convento y pinturas de la puerta principal del convento de San Francisco, Mula, Murcia.*



Ayuntamiento de Mula



Ayuntamiento de Mula

Convento de San Francisco de Mula en Murcia

La historia del convento de San Francisco comenzó en 1576, cuando los frailes franciscanos iniciaron su labor en la misma zona donde ya se encontraba el hospital de San Pedro y la capilla de la Purísima Concepción. En principio, se trataba de un emplazamiento provisional, pero una década más tarde los frailes consiguieron los permisos necesarios para establecerse en él de manera definitiva. En 1836, con la desamortización de Mendizábal, los frailes fueron expulsados de estas propiedades monásticas, que se vendieron a particulares pasando a lo largo de los años a servir como viviendas, teatro y cárcel. Actualmente, alberga el museo Ciudad de Mula y la oficina de Turismo local.

La actuación ahora finalizada y ya inaugurada se refiere a la segunda fase de la restauración total del edificio. Ha contado con un presupuesto total de 2.502.000,01 €, de los que el Ministerio ha aportado, con cargo al 1,5% Cultural, la cantidad de 1.746.396,01 €.

La primera fase, terminada en el año 2013, consistió en la recuperación del convento para usos comunitarios. Con esta segunda fase de trabajos se han restaurado las alas sur y este del convento y se han acometido las obras del patio del claustro, consolidándose los aljibes, reparándose los pavimentos y las fachadas interiores; también se ha llevado a cabo la restauración del volumen de la escalera conventual, además del conjunto de pinturas murales en los paramentos verticales y bóvedas del claustro. En el ámbito exterior del conjunto, se ha procedido a su completo tratamiento siguiendo las recomendaciones del Plan Especial de Protección y Revitalización del Conjunto Histórico de Mula. ■

ESTRATEGIA DE LA ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (OMI) PARA LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) PROCEDENTES DE LOS BUQUES

Respuesta al cambio climático

VÍCTOR JIMÉNEZ FERNÁNDEZ

La OMI reafirma su compromiso para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte marítimo internacional y tiene por objetivo final eliminarlas por completo.



Autoridad Portuaria de San Sebastián

España contribuye activamente en la elaboración de la Estrategia inicial de la OMI sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los buques.

El Comité de protección del medio marino de la Organización Marítima Internacional (OMI) adoptó, en el transcurso de su 72º periodo de sesiones celebrado en Londres el pasado 13 de abril, la Estrategia inicial de la OMI sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) procedente de los buques.

La OMI consigue cumplir, de este modo, con el primer objetivo marcado en su hoja de ruta para elaborar una estrategia detallada sobre la reducción de los GEI procedentes de los buques.

Hoja de ruta

Desde que en octubre de 2016 se aprobase dicha hoja de ruta, se han sucedido diferentes reuniones donde la estrategia inicial se fue configurando bajo un espíritu de compromiso, y donde todas las delegaciones que participaron de las deliberaciones mostraron su respaldo a los esfuerzos realizados por la OMI para avanzar en tan importante objetivo.

La cuestión de los GEI no es nueva para la OMI. Desde 2003, año en el que la Asamblea de dicho Organismo instó al Comité de protección del medio marino (MEPC en sus siglas en inglés) a determinar y elaborar los mecanismos necesarios para lograr la limitación o reducción de las emisiones de GEI procedentes del transporte marítimo internacional, la OMI viene contribuyendo a los esfuerzos mundiales por abordar el cambio climático.

Esto la ha llevado a convertirse en el primer organismo internacional en adoptar medidas de eficiencia energética jurídicamente vinculantes para la totalidad del sector. Se ha posibilitado así que más de 2.700 buques se hayan construido bajo las nuevas reglas sobre eficiencia energética establecidas en el marco del Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL Convention en sus siglas en inglés), lo que va a permitir que los buques construidos en 2025, sean un 30% más eficientes que los construidos en 2014.

La puesta en marcha el pasado mes de marzo del sistema de recopilación de datos sobre el consumo de fueloil de los buques es otra muestra más de la contribución de la OMI a la reducción de los niveles de GEI del sector marítimo. Este sistema, que incluye prescripciones obligatorias para que los buques registren y notifiquen los datos sobre





su consumo de fueloil, permitirá contar con elementos de juicio objetivos a la hora de analizar las políticas que terminen por configurar en el año 2023 una estrategia general para la reducción de emisiones de GEI.

Cooperación internacional

La potenciación de la cooperación internacional entre los Estados miembros de la Organización en materia de transferencia tecnológica ha sido otro ámbito donde la OMI ha venido trabajando en los últimos años. Prueba de ello son los desarrollos del proyecto GLOMEEP (Global Maritime Energy Efficiency Partnerships Project), que integra a las asociaciones para la eficiencia energética marítima mundial con el objeto de agilizar la adopción y la implantación de medidas de eficiencia energética para el transporte marítimo, y del proyecto GMN (Global MTCC Network for energy-efficient shipping) de la red mundial de centros de cooperación marítima, que gracias a la fi-

nanciación de la Unión Europea ha establecido cinco centros regionales de cooperación en tecnología marítima en África, Asia, el Caribe, América Latina y el Pacífico. El objetivo es que estos centros proporcionen ayuda a los países de sus regiones en la elaboración de políticas y medidas nacionales de eficiencia energética marítima, fomenten la adopción de tecnologías y operaciones de bajas emisiones de carbono en el transporte marítimo y establezcan sistemas piloto voluntarios de recolección de datos durante este año y los siguientes.

Como puede apreciarse, la OMI ya venía adoptando medidas, pero las expectativas para que hiciese aún más eran cada vez mayores. La rápida ratificación del Acuerdo de París y su entrada en vigor el 4 de noviembre de 2016 abrió una nueva ventana de oportunidades a la innovación, posibilitando un clima mucho más favorable para que los países estuviesen más dispuestos a hacer frente al cambio climático. Se hacía, por tanto, necesaria la elaboración de un ambicioso plan de trabajo para que la OMI pudiese participar de los esfuerzos de las partes en el ámbito del Acuerdo de París.





Principio estratégico: Responder al cambio climático

Junto a los objetivos fijados en París, coexistían otros indicadores como el objetivo 13 de desarrollo sostenible de la agenda 2030 para adoptar medidas urgentes que combatan el cambio climático o la propia decisión de la Asamblea de la OMI de adoptar, en su trigésimo período de sesiones de diciembre de 2017, el principio estratégico de la Organización titulado “Responder al cambio climático”. En este contexto, el sector del transporte marítimo internacional quedaba ubicado en un punto de no retorno, respecto a una apuesta firme y decidida por dotarse de una herramienta ambiciosa que permitiese reforzar la contribución de la OMI a los esfuerzos mundiales, abordando definitivamente las emisiones de GEI procedentes del transporte marítimo internacional.

Una falta de acción del sector marítimo en una cuestión de extrema sensibilidad como es la lucha contra el cambio climático hubiera generado dudas en cuanto a su papel contribuyente con el comercio mundial y el desarrollo sostenible. Y aunque el sector marítimo internacional presenta sus propias características, el hecho de que la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) hubiese ya desarrollado su Plan de compensación y reducción de carbono para la aviación civil, demostraba que un sector internacional podía actuar en el ámbito de la reducción de emisiones de GEI.

A esta posible incertidumbre, había que sumar también las estimaciones poco favorables que se proporcionan en el Tercer Estudio de la OMI sobre GEI (2014). Si bien, según dicho estudio, el transporte marítimo internacional

emitió en 2012 796 millones de toneladas de CO₂, aproximadamente el 2,2% del total de las emisiones mundiales de CO₂ de ese año, las previsiones de que las emisiones de CO₂ procedentes del transporte marítimo aumentasen de manera considerable en los próximos decenios eran evidentes. En función de los cambios económicos y energéticos futuros, las hipótesis que figuran en el estudio prevén un incremento de las emisiones entre el 50% y el 250% hasta 2050.

No cabían por tanto prórrogas o moratorias, era hora de tomar decisiones y el momento adecuado para responder a cuestiones tales como: ¿qué función debería desempeñar el sector del transporte marítimo internacional con respecto a los objetivos del acuerdo de París?, ¿cuándo debería iniciar la OMI la labor futura para abordar las emisiones de GEI ocasionadas por el transporte marítimo internacional? o ¿qué oportunidades podrían surgir para que el sector del transporte marítimo internacional continuase contribuyendo al comercio mundial, a los servicios de transporte marítimo y al desarrollo sostenible?

La Estrategia inicial de la OMI sobre la reducción de las emisiones de GEI procedentes de los buques responde a estas y a otras cuestiones. La Estrategia apunta a una visión encaminada a eliminar gradualmente las emisiones de GEI del transporte marítimo internacional con carácter urgente, incluyendo una referencia específica a un itinerario de reducción de emisiones de dióxido de carbono coherente con los objetivos de temperatura del Acuerdo de París.

La Estrategia identifica igualmente las medidas que ha de implantar el sector del transporte marítimo internacional

para alcanzar niveles de ambición consistentes en una reducción total de las emisiones de gases de efecto invernadero provocados por el transporte marítimo internacional de al menos el 50% en 2050 (comparado con los niveles de 2008), al mismo tiempo que se persigue eliminarlas por completo.

La estrategia inicial de la OMI es un instrumento de carácter político, que representa un punto de partida en la labor de la Organización y que actúa como marco de trabajo para los Estados miembros. Su adopción supone un nuevo ejemplo del reconocido espíritu de cooperación de la OMI, que permite a la Organización otorgar una base sólida para la labor futura en materia de cambio climático, aportando certidumbre a todos los Estados miembros y la industria marítima.

La futura visión para el transporte marítimo internacional, los niveles de ambición para reducir las emisiones de efecto invernadero y una lista de posibles medidas adicionales a corto, medio y largo plazo, junto con sus repercusiones para los Estados, son algunos de los elementos esenciales que conforman la estrategia. A ellos se unen también la identificación de posibles barreras y medidas de apoyo a la investigación y el desarrollo como la creación de capacidad, la cooperación técnica.

El papel de España

Han sido días de intenso trabajo. Largas jornadas de complejos debates, de interminables negociaciones fuera de la sala de reuniones, donde nuestro país, representado por el Ministerio de Fomento a través de su Representación permanente ante la OMI, ha jugado un papel relevante.

La administración marítima española mantuvo siempre entre los objetivos prioritarios de su política marítima internacional, una apuesta decidida por la contribución activa por parte del sector marítimo internacional para combatir el cambio climático. Con toda seguridad y desde un punto de vista político, la OMI hacía frente al mayor reto de los asumidos en los últimos 20 años, un debate crucial del que España no solo no podía permanecer al margen, sino que debía afrontarlo desde la posición de un país marítimo que apuesta firme y decididamente por un transporte marítimo seguro y sostenible.

Es por ello que, desde la Dirección General de la Marina Mercante se impulsó activamente la firma de la Declaración Tony de Brum. Durante la Cumbre «One Planet», celebrada el 12 de diciembre de 2017 en París y que reunió a líderes de todo el mundo como seguimiento del Acuerdo de París, España expresó su apoyo y suscribió dicha Declaración.

Se confirmaba así el claro convencimiento existente en el seno de la administración marítima española de que, en el sector del transporte marítimo internacional, al igual que en los demás sectores de la actividad humana,



debían adoptarse medidas urgentes, teniendo en cuenta que los objetivos fijados por el Acuerdo de París son esenciales para el futuro del planeta y de la humanidad.

Era el turno ahora de materializar ese convencimiento. A principios de este año, España se unía a un selecto grupo de países que promueven políticas ambiciosas en materia de cambio climático. Alemania, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Kiribati, Islas Marshall, Islas Salomón, Islas Fiyi, Países Bajos, Nueva Zelanda, Reino Unido y Suecia conforman junto con España lo que ha pasado a denominarse como la “coalición de países por la alta ambición”.

Las políticas ambiciosas de este grupo de países, se vieron reflejadas en los documentos presentados ante la OMI, los cuales fueron objeto de consideración y debate por todos los estados miembros de la OMI en el transcurso de las discusiones que precedieron a la elaboración de la Estrategia. Además, los países europeos integrados en



dicho grupo, fueron decisivos a la hora de conformar la posición coordinada de la Unión Europea que debía mantenerse en el seno del Comité de protección del medio marino de la OMI.

El papel de la delegación española en el transcurso del 72º periodo de sesiones del MECP no pasó desapercibido. Contribuyó a equilibrar los posicionamientos y a tender puentes entre las posiciones europeas y la de las islas del Pacífico con América Latina. Desde un primer momento, se constató por parte española que Latinoamérica sería clave en el proceso de elaboración y adopción de la Estrategia de la OMI. España siempre se ha mostrado partidaria de entablar un diálogo abierto con aquellos países latinoamericanos cuyas posiciones eran conciliables en algunos de los aspectos más complicados de abordar.

Se trataba de ampliar el espectro de países con un posicionamiento intermedio respecto de los objetivos y niveles de ambición contemplados en la estrategia, se debía procurar aumentar el número de países ubicados en ese “middle ground”, clave en toda negociación multilateral, y en esa labor resultaron decisivas las conversaciones mantenidas con delegaciones como México, Perú, Chile, Colombia, Ecuador, Costa Rica o Nicaragua.

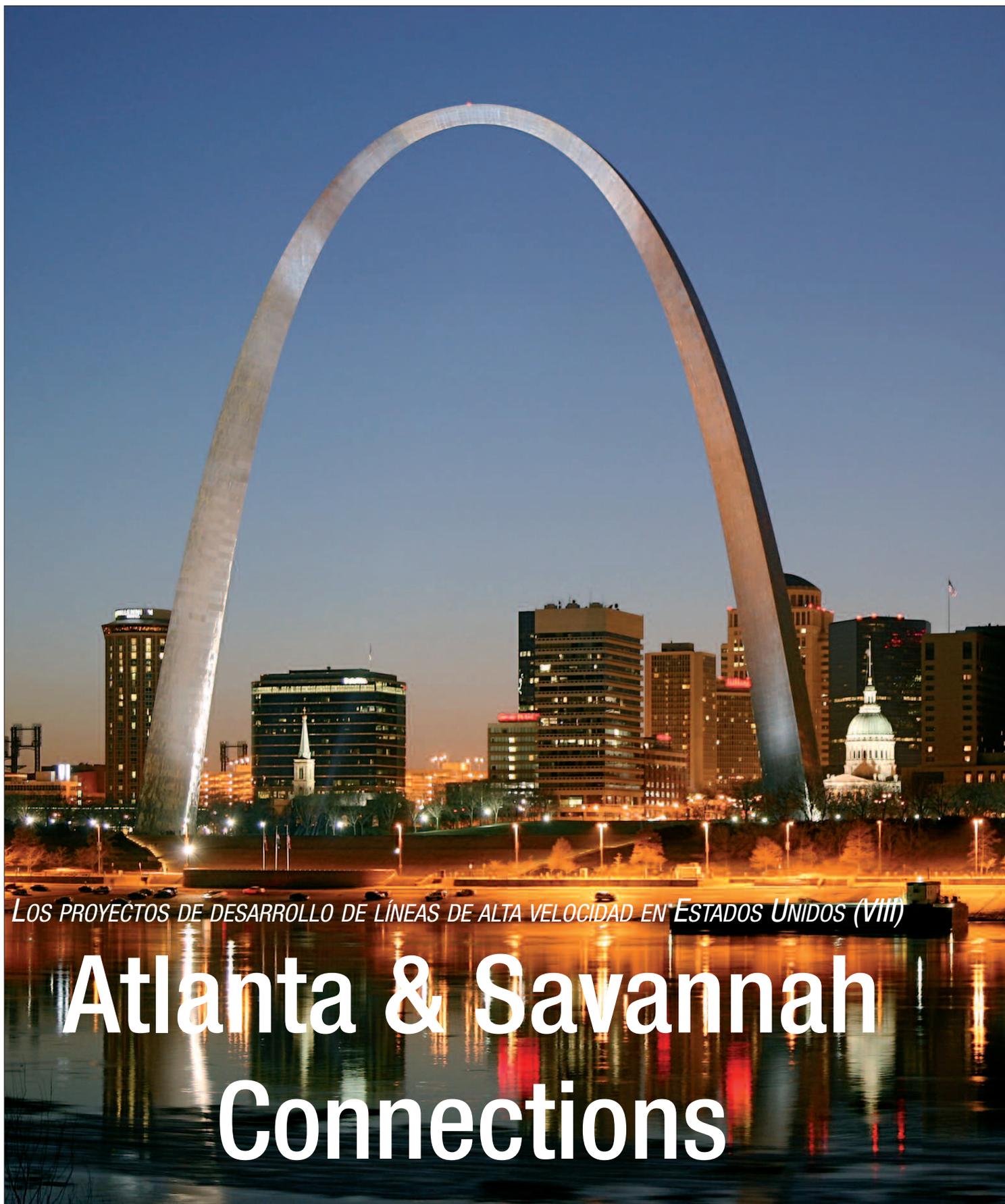
Se ponía así de manifiesto el papel de España como elemento natural de conexión entre Europa y América Latina y su meritoria y determinante contribución al éxito de la adopción de la Estrategia de la OMI.

Conclusion

Con la adopción de la estrategia inicial, la comunidad marítima internacional ha dado un paso decisivo, pero no definitivo, para marcar el camino por el que debe discurrir su contribución al esfuerzo por mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de los objetivos de temperatura fijados en el Acuerdo de París.

Para llegar a la primavera de 2023, plazo marcado en la hoja de ruta para que la OMI disponga de una estrategia general sobre la reducción de emisiones de GEI, queda todavía un arduo camino por recorrer. El liderazgo de la OMI debe seguir siendo decisivo en la elaboración e implantación de políticas que puedan tener un efecto inmediato para lograr la reducción de las emisiones, fomentando al mismo tiempo la elaboración de medidas importantes de medio a largo plazo.

Es por ello que los meses de septiembre y octubre de 2018 volverán a ser claves para determinar unas medidas de seguimiento de la estrategia inicial y para continuar examinando el modo de avanzar en la cuestión de la reducción de las emisiones de GEI procedentes de buques. La administración marítima española, seguirá contribuyendo a esa labor a través de la Representación permanente ante la Organización Marítima Internacional. ■



LOS PROYECTOS DE DESARROLLO DE LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD EN ESTADOS UNIDOS (VIII)

Atlanta & Savannah Connections

LUIS FORT LÓPEZ-TELLO Y CARMEN FORT SANTA-MARÍA

El anteproyecto “South East” de la Alta Velocidad en Estados Unidos, que afectará a los estados de Missouri, Illinois, Kentucky, Tennessee, Georgia, Carolina del Sur y del Norte, Virginia y Maryland, conectará por alta velocidad las llanuras litorales del Atlántico con la región del río Missouri y la ciudad de Chesapeake pasando por los montes Apalaches.



▶ Arco Gateway, en Saint Louis.

Es este el octavo artículo de la serie iniciada en la Revista Fomento “Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos”.

Serie ideada a partir del lanzamiento de la primera fase del plan de Infraestructura Ferroviaria de Alta Velocidad de Estados Unidos. Describe varias líneas de alta velocidad como parte del planeamiento del desarrollo de la USHSRS (Red de Alta Velocidad en Estados Unidos) y se basa en el posicionamiento de España como referente mundial en el campo de Alta Velocidad Ferroviaria, para que pueda servir de punto inicial en una posible colaboración coordinada entre los gobiernos de Estados Unidos y de España:

La experiencia y alta capacidad tecnológica española en el campo de la alta velocidad ferroviaria (segundo país, después de China, en extensión de su red nacional), con singularidades de trazado en sus líneas que han requerido la ejecución de túneles largos para atravesar cadenas montañosas importantes o grandes viaductos y tratamientos de mejora y consolidación de terrenos en zonas de suelos blandos con riesgos sísmicos, pueden ser de gran utilidad en el proyecto y construcción de la red de Estados Unidos.

Por otra parte, el pasado histórico de ambos países, con presencia española destacada especialmente en los siglos XVI a XVIII, durante los que, alentados por la Corona española se abrieron los primeros caminos “Historic Spanish Trails”, que contribuyeron a la formación y desarrollo de la gran nación que hoy es Estados Unidos, hacen muy interesante una posible colaboración coordinada de Ingeniería Civil entre ambos países.

El anteproyecto, cuyo nombre completo es: “South East (Missouri-Illinois-Kentucky-Tennessee-Georgia-South-Caroline-North-Caroline-Virginia-Maryland) Project: Atlanta & Savannah Connections” se ocupa de las Conexiones en Saint Louis (MO) y en Washington DC de la Unidad Estructural V “Ingleses Sudeste” con la Unidad Estructural II “Intercoasts Way” del desarrollo de la Alta Velocidad Ferroviaria en USA USHSRS”. La Unidad Estructural V2 (Miami II) Savannah-Washington DC dará continuidad a la Unidad Estructural IV “b” (Miami I): Savannah (GA)-Jacksonville(FL)-Orlando(FL)-Miami(FL) definida en el “Atlantic Coastal Plains Project” dando así lugar a “Miami Connection” que permite “inyectar” en Washington el importante centro de actividad y turismo de la península de Florida a la columna vertebral de la red de alta velocidad ferroviaria de Estados Unidos. La unidad Estructural V1 hace posible la “incorporación” en Saint Louis (MO), límite entre los “Central Side” y “Appalachian Side” del “Intercoast Way”, de la considerable actividad generada por los Estados del Sudeste de Estados Unidos.

Son objeto de este anteproyecto 1790 km de vía de los corredores HSR, repartidos en dos corredores: Por un lado, “Georgia-Missouri” de 838 km, formado por las

líneas “Georgia Line” Atlanta-Chattanooga, de 178 km, y “Tennessee Line” Chattanooga-Nashville, de 195 km (“Tennessee Connection”) y “Missouri Line” Nashville-Saint Louis, de 465 km (“Kentucky Connection”); por otro, “Georgia-Virginia” de 952 km, formado por las líneas “Georgia Line” Savannah-Columbia, de 205 km, “Columbia Line” Columbia-Charlotte, de 150 km, “North Caroline Line” Charlotte Raleigh, de 203 km y “Virginia Line” Raleigh-Richmond, de 242 km (“Caroline Connection”) y “Richmond Line” Richmond –Washington, de 152 km (“Virginia Connection”).

Una aproximación histórica y geográfica

Cerca de treinta tribus de indios nativos americanos vivían en la región que constituye actualmente los estados de Georgia y Carolina del Sur y Carolina del Norte. Entre ellas, los Catawba, Cherokee, Yamasee y, en el actual estado de Tennessee, también los Creek, Chickasaw y Tanasee (estos en el condado de Monroe, Tennessee, a los que el español Juan Pardo en el año 1567 llamó Tanasqui). En el estado de Kentucky, además de los Cherokee, también habitaban los Delaware, Shawnee e Iroqueses y a ellos les fue comprado por el gobierno británico en los tratados de Stanwix (1768) y Sycamore Shoals (1775). El estado de Missouri recibe su nombre del de los indios Ouemessourita (talladores de canoas), grupo Sioux, así llamado por los Miami-Illinois. Se cree que los primeros en asentarse lo hicieron hace unos quince mil años.

El primer europeo en avistar y desembarcar en la zona fue el español Rubén Laboy en 1521. Cinco años después, en 1526, Lucas Vázquez de Ayllón, fundó el primer asentamiento europeo en el territorio que hoy constituye Estados Unidos, a orillas del río Gualdape, (opinando algunos historiadores que podría ser el Savannah): la misión de San Miguel de Guadalupe. Su establecimiento duró tres meses, a causa de un severo invierno y de una sublevación de esclavos. Vázquez de Ayllón murió allí en los brazos de uno de los dominicos que integraban la expedición: Fray Antonio de Montesinos y Fray Antonio de Cervantes. Es esta, la primera localidad de Estados Unidos en donde se celebró misa.

En 1584, Sir Walter Raleigh financia la fundación de Virginia, en la bahía de Chesapeake, primera colonia inglesa en América. En 1607, la Compañía Virginia, de Londres, fundó Jamestown, primera colonia inglesa que prosperó en Estados Unidos, con una economía basada en las plantaciones de tabaco. En 1620 un grupo de peregrinos ingleses llegados a bordo del Mayflower desembarcó en la bahía de Massachusetts, fundando la colonia de New Plymouth, considerándose esta fecha como el inicio de la colonización anglosajona del Nuevo Mundo. Al sur de las posesiones holandesas, surgió en 1634 la colonia de Maryland. Hacia 1655 Nueva Suecia



pasaba a ser Nueva Holanda, fundada en territorio del actual estado de Delaware. La colonización inglesa de la costa atlántica se completó con la conquista de las colonias holandesas en 1664. En estos territorios surgieron las colonias de New York, New Jersey, Delaware y Pennsylvania. Así, a finales del siglo XVII, la América inglesa había adquirido su fisonomía: las cuatro provincias septentrionales de la Nueva Inglaterra (New Hampshire, Massachusetts, Rhode Island y Connecticut) con Boston, capital de Massachusetts, como ciudad más importante; las cinco colonias centrales (Maryland, New York, New Jersey, Delaware y Pensilvania), donde Filadelfia, capital de Pensilvania, ascendía a una posición preeminente; y las tres colonias meridionales (Virginia y las dos Carolinas).

La región fue reivindicada por los españoles de la Florida y los franceses de la Luisiana durante los siglos posteriores. Inglaterra, como se ha descrito anteriormente, desde principios del siglo XVII. El primer asentamiento inglés en la actual Carolina del Sur fue fundado en Albermarle Point en 1670. En 1680 los colonos se trasla-

► Sinagoga Mickre Israel, en Savannah.



► Vista del skyline de Atlanta y el parque Piedmont.

daron a la región de Oyster Point. El nuevo asentamiento se llamó Charles Town en referencia al rey Carlos I de Inglaterra, pasando en 1783 a llamarse Charleston. El conjunto de los actuales estados de Georgia, Carolina del Norte y Carolina del Sur, constituyó la provincia colonial inglesa de la Carolana. El rey Jorge I de Inglaterra otorgó en 1719 la autonomía de Carolina del Sur como premio por defender a su población de los ataques de los españoles desde Florida y más tarde, en 1732, la separación de otra nueva colonia: Georgia.

El grupo de las trece colonias británicas de la costa Este de América del Norte proclamaba en el Congreso el 4 de julio de 1776 la Declaración de Independencia. Los independentistas obtuvieron su primera gran victoria contra los ingleses en Saratoga (1777). Esta victoria decidió a Francia y a España, unidas en alianza, a reconocer a las trece colonias convertidas en Estados Unidos de América y a prestarle su ayuda. Cuatro años más tarde, capitulaba el general inglés Charles Cornwallis en Yorktown. El tratado de Versalles (1783) reconocía a Estados Unidos su independencia y la soberanía sobre el territorio que se extendía hasta el Mississippi, e Inglaterra restituía Florida a España, que a su vez devolvía a Francia la Luisiana occidental.

La Guerra Civil estadounidense se inició en Carolina del Sur el 12 de abril de 1861, cuando tropas confederadas iniciaron el ataque sobre Fort Sumter, próximo a Charleston, que se prolongaría durante cuatro años y solo concluiría con la rendición del general sudista Lee al general nordista Grant.

Lo que ahora es Tennessee fue inicialmente parte de Carolina del Norte. Tennessee fue el último estado en

abandonar la Unión y unirse a la Confederación en el estallido de la Guerra de Secesión en 1861, y el primero en ser readmitido a finales de la guerra.

La región donde está localizada actualmente Kentucky fue colonizada originalmente por pobladores de la colonia británica de Pensilvania en 1774, pero pasó a ser controlada por Virginia, convirtiéndose en uno de sus condados, durante la Guerra de la Independencia.

Por el tratado de París (1763), la región de Illinois pasó de manos francesas (Marquette y Jolliet fueron los primeros europeos en explorar la región –Misilnoh Project–) a manos británicas. La “Confederación Illinewek”, aliada de los colonos franceses, se rebeló contra los británicos en 1764, pero fueron derrotados. En 1778, durante la Guerra de la Independencia, Illinois fue tomado por las fuerzas estadounidenses.

En 1526, Lucas Vázquez de Ayllón fundó en esta zona el primer asentamiento europeo

El estado de Missouri o “Puerta del Oeste”, pasó en 1763 a España como compensación por la pérdida de Florida, pero vuelve a Francia en 1801, por el Tratado de Aranjuez. En 1803, Francia vende a Estados Unidos, bajo la presidencia de Thomas Jefferson, Missouri, como parte de Louisiana. Durante la Guerra Civil, como estado esclavista, quedó dividido: parte se adhirió a la Unión, mientras el resto se sumó a los estados de la Confederación.

Desde el punto de vista geográfico-geológico, cabe destacar como rasgos generales tres grandes regiones o unidades geográficas de Oeste a Este:

✓ Blue Ridge: (cota >600 m. Cota más alta Sasafras Peak en Carolina del Sur. Mayores altitudes en Carolina del Norte).

✓ Piedmont: (150-600 m).

✓ Llanuras litorales del Atlántico: (cota <150m).

El estado de Tennessee limita al norte con Kentucky y Virginia, al este con Carolina del Norte y dentro de la región de los corredores objeto de este proyecto, al sur con Georgia y al oeste con Missouri. El río Tennessee atraviesa el estado. El punto más alto del estado es Clingmans Dome (2.025 msnm), que se encuentra en la frontera este del Estado. Se considera generalmente que el río Tennessee es la frontera entre el oeste y el centro del estado, mientras que la planicie de Cumberland se considera la línea divisoria entre el este y el centro. Se pueden considerar las siguientes regiones:

✓ Gulf Coastal Plain

✓ Nashville Basin

✓ Highland Rim

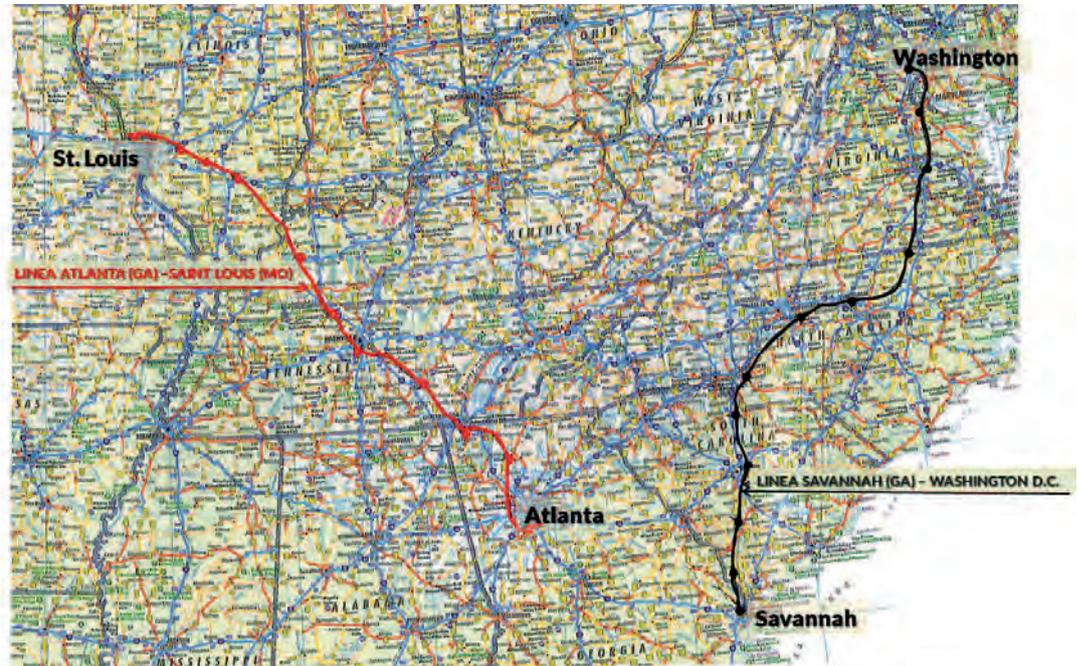
Tabla Resumen: USHSRS- "Atlanta y Savannah (Miami II) Connections" (Unidad Estructural V : Ingleses Sudeste"a")

		"Atlanta Connection"		"Savannah (Miami II) Conne-		SOUTH EAST "I" Project	
Unidades	Secciones	HSL ATLANTA (GA) - SAINT LOUIS (MO) GEORGIA- MISSOURI Connection		HSL SAVANNAH (GA) - WASHINGTON DC GEORGIA-VIRGINIA Connection		ATLANTA y SAVANNAH (MIAMI II) CONNECTIONS ATLANTA-SAINT LOUIS/SAVANNAH-WASHINGTON DC	
Km	Longitud Total	838(688+150)	(521mile)	952,0	(592mile)	1.790,0	(1113mile)
Km (%)	Longitud a cielo abierto (Desmontes y Terra-	749,0	(89,38%)	896,0	(94,12%)	1.645,0	(91,90%)
Km (%)	Longitud Total de Túneles	54,0	(6,44%)	6,0	(0,63%)	60,0	(3,35%)
Km (%)	Longitud Total de Viaductos	35,0	(4,18%)	50,0	(5,25%)	85,0	(4,75%)
Estaciones	Localización estaciones intermedias	Fairmount-CHATANOOGA/DALTON-Summitville-NASHVILLE-Clarksville Beulah-Norris City-Mount Vernon-Hofman-Highland		Garnett-Denmark-COLUMBIA-Edgemoor-CHARLOTTE-GREENSBORO-DURHAM/RALEIGH-Roanoke Rapids-RICHMOND-Port Royal		ATLANTA-CHATANOOGA/DALTON-NASHVILLE-SAINT LOUIS SAVANNAH-COLUMBIA-CHARLOTTE-GREENSBORO-DURHAM/RALEIGH-RICHMOND-WASHINGTON DC	
N ú m e r o	TSAP/PIB/(Línea + estación) (PAET/BIP)	12	(8+4)	12	(5+7)	24	(13+11)
Km/h	Velocidad Media	320	(1 Stop enNASHVILLE)	282	(1 Stop en RALEIGH)	300	
Mm³	Movimientos de Tierras (Total)	134,31		110,67		244,98	
Mm³	Excavación	20,14		25,78		45,92	
Mm³	Relleno	106,86		84,04		190,90	
Mm³	Túneles	7,31		0,85		8,16	
Mm³	Tras compensaciones	-86,72		-58,26		-144,98	
Mm³	Déficit (-)	-88,73		-60,84		-149,57	
Mm³	Exceso a Vertedero (+)	2,01		2,58		4,59	
Number	Total Túneles	2		1		3	
nb (Km)	Túneles Gran Longitud (≥ 6 Km)	2	(54,0)	1	(6,0)	3	(60,00)
nb (Km)	Túneles menores (≤ 1,25 Km)	0		0		0	
Km	Longitud grandes túneles	22-32		6		6-22-32	
m²	Total Estructuras	978.620		1.102.840		2.081.460	
nb	Viaductos	40		41		81	
nb-m²	Otros Puentes	113	460.720	101	430.200	214	890.920
nb-Km	Puentes colgantes (800 m de luz)	8	12,80	18	28,80	26	41,60
M\$	Presupuesto (A+B+C+D+E+F+G)	13.319		13.571		26.890	
M\$	Movimiento de tierras (a)	3745		2931		6.676	
M\$	Túneles (b)	1767		206		1.973	
M\$	Estructuras (c)	2353		3596		5.949	
M\$	A - Infraestructuras (a+b+c)	7865		6733		14.598	
M\$	B - Superestructuras	2180		3128		5.308	
M\$	C - Instalaciones	2631		2989		5.620	
M\$	D - Protección medioambiental	225		228		453	
M\$	E - Proyecto, Garantía de Calidad, Dirección de	322		327		649	
M\$/Km	F -Suplemento por Estaciones y Edificios en	96		166		262	
M\$/Km	Coste unitario (incluido estaciones)	15,78/15,90		14,08/14,26		14,88/15,03	
M\$/Km	Coste medio de eficiencia Ministerio español de Fomento (ref. 2010)	16,68		13,99		15,25	
FOM(2010) M\$/Km	Relieve - Tipo - Naturaleza	MS-2-Surb		F-2-Surb		MS/F-2-Surb	
M\$/estados	Imputación de Costes	3099 GEORGIA		442 GEORGIA		3541 GEORGIA	4191 SOUTH CAROLINE
		4196 TENNESSEE		4191 SOUTH CAROLINE		4196 TENNESSE	5260 NORTH CAROLINE
		2114 KENTUCKY		5260 NORTH CAROLINE		2114 KENTUCKY	3079 VIRGINIA
		3481 ILLINOIS		3079 VIRGINIA		481 ILLINOIS	599 MARYLAND"
		429 MISSOURI"		599 MARYLAND		429 MISSOURI	

Es interesante recordar que los montes Apalaches (Appalachian Mountains) están constituidos por un vasto conjunto de pliegues herciniano-caledonianos, que afectan a toda la parte oriental de América del Norte en un frente de unos 2.500 km, desde Terranova hasta casi el golfo de México y con una anchura variable entre los 200 y los 300 km. Después de los plegamientos paleozoicos las cadenas apalachianas fueron arrasadas por la erosión, sucesivamente

cubiertas por nuevos sedimentos y finalmente levantadas por el plegamiento alpino (hasta más de 2.000 m de altura), que exhumó las raíces de los antiguos pliegues. En el sistema se pueden distinguir varias secciones longitudinales paralelas entre sí, de NE a SW, cortadas transversalmente por profundos valles. La cordillera "Blue Ridge", es un rastro de esta formación. Hacia el este está flanqueada por un pie de monte (Piedmont) formado por los conos de

► Planta de líneas Saint Louis-Atlanta y Savannah-Washington D.C. Debajo, avenida Pensylvania en Washington D.C.



deyección de los ríos apalachianos superpuestos a formaciones cenozoicas, que domina la Llanura Costera aluvial, la cual se halla limitada a lo largo de la llamada “Falls Line”, escalón estructural que representa el borde orográfico exterior del sistema apalachiano.

.\ Descripción del proyecto “South East”

En la tabla Resumen adjunta se desglosa por corredores (grandes líneas) las figuras características, morfológicas, constructivas y económicas de este proyecto. Puede destacarse de forma general que se requiere la construcción de 1.790 km de plataforma de vía, de los cuales 60 km irán en túnel (tres túneles de gran longitud), 85 km en viaducto (veintiséis puentes

colgantes, con 41,6 km de longitud) y 1.645 km a cielo abierto (237 Mm³ de movimiento de tierras más 8 Mm³ de excavación en túneles). La explotación de este proyecto, en condiciones de seguridad y adecuado servicio, se propone hacerla con once estaciones (cuatro grandes terminales: Saint Louis, Atlanta, Savannah y Washington DC/Mount Vernon) y trece puestos de adelantamiento y estacionamiento de trenes (PAETs/TSAPs).

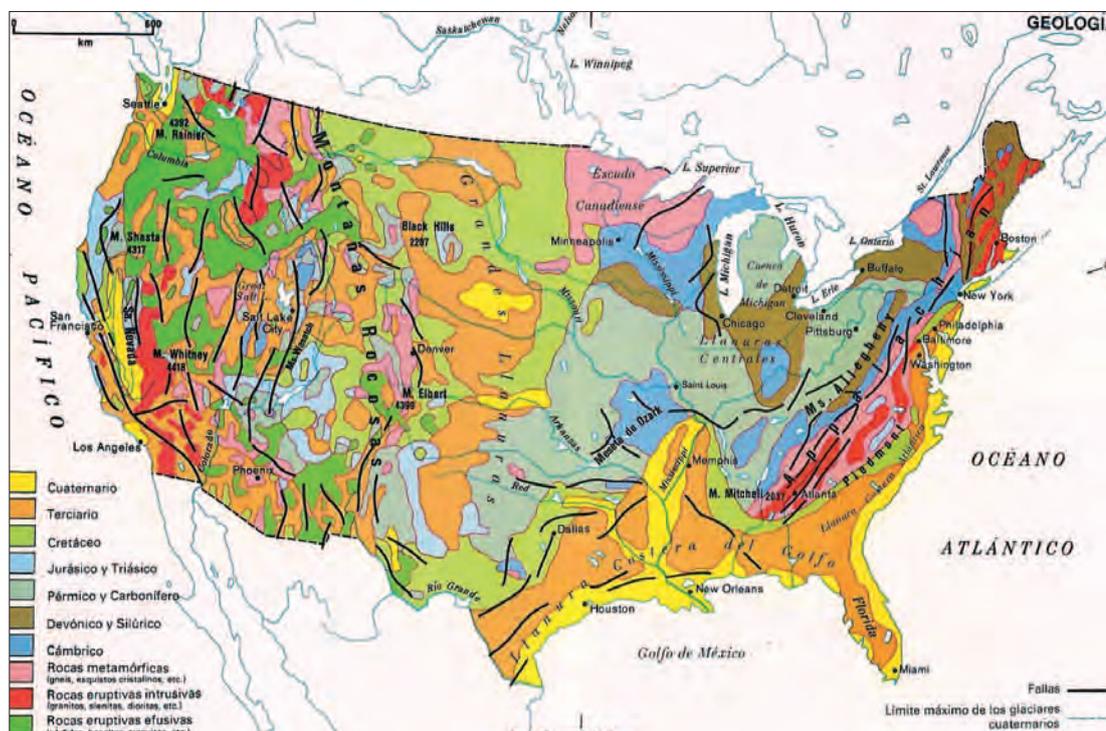
Este proyecto supone una inversión total de 26.890 M\$, con un coste unitario de 15,03 M\$/km, aproximadamente 1,5% inferior al de eficiencia FOM (coste que el Ministerio de Fomento del Gobierno de España aprobó en 2010 para la ejecución de obras públicas de infraestructura ferroviaria de alta velocidad), en condiciones medias aplicables por analogía.

El coste total imputable a cada uno de los nueve estados por los que discurre esta infraestructura ferroviaria interestatal es de 3.541 M\$ (186 km) a Georgia (13,17%), 4.196 M\$ (264 km) a Tennessee (15,60%), 2.114 M\$ (133 km) a Kentucky (7,86%), 3.481 M\$ (219 km) a Illinois (12,95%), 429 M\$ (27 km) a Missouri (1,59%), 4.191 M\$ (294 km) a Carolina del Sur (15,59%), 5.260 M\$ (369 km) a Carolina del Norte (19,56%), 3.079 M\$ (216 km) a Virginia (11,45%) y 599 M\$ (42 km) a Maryland (2,23%).

Se planifica la construcción de estas conexiones desde los “Work Poles” 3, (Pittsburgh), 5, (Atlanta) y 6 (Miami) en un plazo de quince años.

A continuación se describen con algún detalle las dos grandes líneas que forman parte del “South East I Project”, esquematizándose su trazado en planta y en perfil en el documento Planos.





▲ Línea U.S.H.S.R.S. ATLANTA (GA)-SAINT LOUIS (MO). Solución propuesta: “GEORGIA/TENNESSEE/MISSOURI LINES”

“Georgia-Missouri” de 838 km está formado por las líneas “Georgia Line” Atlanta-Chattanooga, de 178 km, y “Tennessee Line” Chattanooga-Nashville, de 195 km (“Tennessee Connection”) y “Missouri Line” Nashville-Saint Louis, de 465 km (“Kentucky Connection”).

El trazado de esta HSR, parte de la estación terminal de Atlanta (320m) en el Estado de Georgia y termina en la estación de Saint Louis (150m), p.k. 838.

Se proyectan en total diez PAETs, dos en el estado de Georgia, situados en los p.k. 100 (Fairmount) y p.k. 178 (CHATTANOOGA/DALTON), tres en el estado de Tennessee, en los pk 276 (Summitville), p.k. 445 (Clarksville) y en la capital del Estado: Nashville (p.k. 373) uno en el estado de Kentucky en el p.k. 520 (Beulah, desplazado a la boca sur del túnel que se proyecta como Túnel 2 , cuatro en el estado de Illinois en los p.k. 622 (Norris City), p.k. 688 (Mount Vernon), p.k. 733 (Hofman) y pk 769 (Highland) además de los situados en las Terminales HSR de Atlanta (Georgia) y de Saint Louis (Missouri).

La orografía ondulada por donde discurre el trazado, solo hace necesario proyectar dos *Long tunnels* de longitudes respectivas 22 km, para pasar Walden Ridge, y 32 km, en la variante de Beulah. La existencia de numerosos ríos y lagos en todo el trazado y particularmente en las proximidades de Atlanta, Chattanooga, Nashville y Saint Louis, aconsejan disponer en la plataforma de vía

ocho viaductos con tipología de “MultiSuspension Bridges” con una longitud total próxima a los trece kilómetros, que hacen espectacular este corredor suroriental de la USHSRS.

Se proyectan otros grandes viaductos en arco y tramo recto con luces superiores a 100 m, hasta totalizar treinta y cinco kilómetros de longitud (4,18% de la longitud total).

▲ Línea U.S.H.S.R.S. SAVANNAH (GA)-WASHINGTON DC. Solución propuesta: “GEORGIA/TENNESSEE/MISSOURI LINES”

“Georgia-Virginia” de 952 km está formado por las líneas “Georgia Line” Savannah-Columbia, de 205 km, “Columbia Line” Columbia-Charlotte, de 150 km, “North Caroline Line” Charlotte Raleigh, de 203 km y “Virginia Line” Raleigh-Richmond, de 242 km (“Caroline Connection”) y “Richmond Line” Richmond –Washington, de 152 km (“Virginia Connection”).

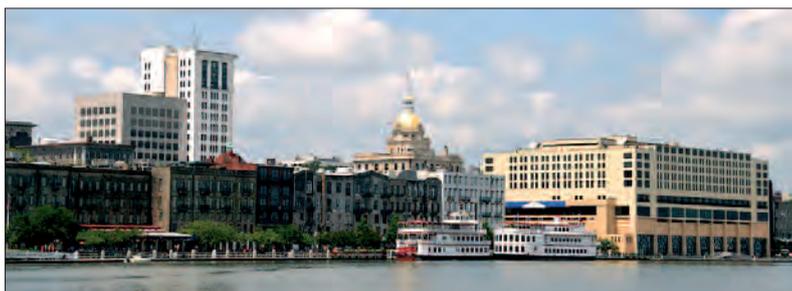
El trazado de esta HSR parte de la estación terminal de Savannah (GA) (15m) p.k. 0 situada en el estado de Georgia y termina en la Estación Terminal de Washington DC (Mount Vernon) (15 m) p.k. 952

Se proyectan en total diez PAETs, cuatro en el estado de Carolina del Sur, situados en los p.k. 53 (Garnett), p.k. 137 (Denmark), p.k. 205 (Columbia) y p.k. 300 (Edgemoor), cuatro en el estado de Carolina del Norte, en los p.k. 355 (Charlotte), p.k. 468 (Greensboro), p.k. 558 (Durhan /Raleigh) y p.k. 687 (Roanoke Rapids) y dos en el estado de Virginia, en los p.k. 800 (Richmond) y p.k. 888 (Port Royal) además de los situados en las Ter-

minales HSR de SAVANNAH (Georgia) y de Washington DC (Mount Vernon).

Al desarrollarse la línea en Georgia y Carolina del Sur en los 200 km iniciales por las llanuras litorales del Atlántico, con cotas inferiores a los 100 m, y llegar aproximadamente en el p.k. 450 a la altura de la localidad de High Point (Carolina del Norte) con la elevación mayor del trazado a la cota ≈ 280 , para descender después, ininterrumpidamente hasta los estados de Virginia, Maryland y Washington DC, no son necesarios grandes desmontes ni túneles, aunque sí numerosos puentes y viaductos para salvar cursos de agua, como los de los ríos Savannah, Congaree, Santee, Catawba, Pee Dee, Meherrin, Pamunkey, Rappahannock, Potomac y otros muchos, así como numerosas infraestructuras viarias. Por motivos de llegar a Washington D.C. a la terminal subterránea de Mount Vernon, con salida pea-

► Río Savannah a su paso por la ciudad del mismo nombre.



tional al Mount Vernon Community Park y a la red viaria de Washington D.C. a través de la Old Mount Vernon Road y la Highway nb 1, se proyecta un falso Long Tunnel de 6 km.

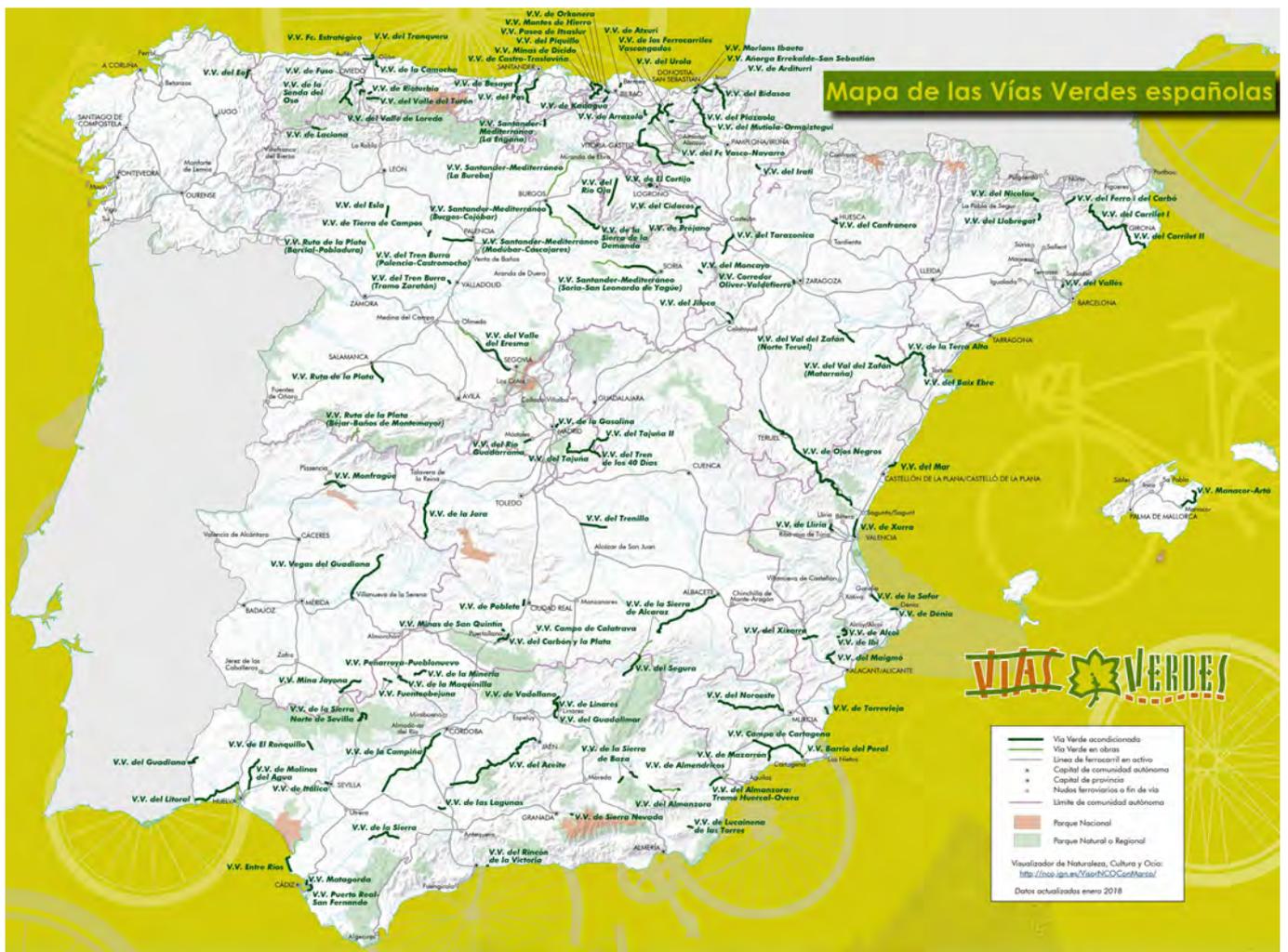
Se proyectan dieciocho viaductos con tipología característica de puente colgante de 800 m de luz central, uno sobre el río Savannah en el límite entre los estados de Georgia y Carolina del Sur, otro a la entrada de Columbia, capital de este último estado, para cruzar el río Congaree, otros, sobre el Catawba y Wateree entre Rock Hill y Charlotte, próximos a la línea limítrofe de las dos Carolinas. En Carolina del Norte cuatro puentes colgantes más sobre el río Pee Dee y afluentes y sobre Falls Lake a la salida de la estación de Raleigh, capital del estado. Sobre el río Roanoke junto al PAET de Roanoke Rapids, próximo al límite de estado, con Virginia. Sobre el río James en la línea de las cascadas Falls Line y como pórtico simbólico de Richmond, capital del estado de Virginia. Sobre el Rappahannock, uno, y sobre el Potomac tres más en el estado de Virginia, que anuncian espectacularmente la entrada a Washington D.C. Completan otros tres, también sobre el Potomac pero en el estado de Maryland, la enumeración de los *Suspension Bridges* de esta línea, con una longitud de 26,80 km. Además, otros grandes viaductos en arco y tramo recto con luces superiores a 100 m, hasta totalizar 50 kilómetros de longitud (5,2 % de la longitud total). ■

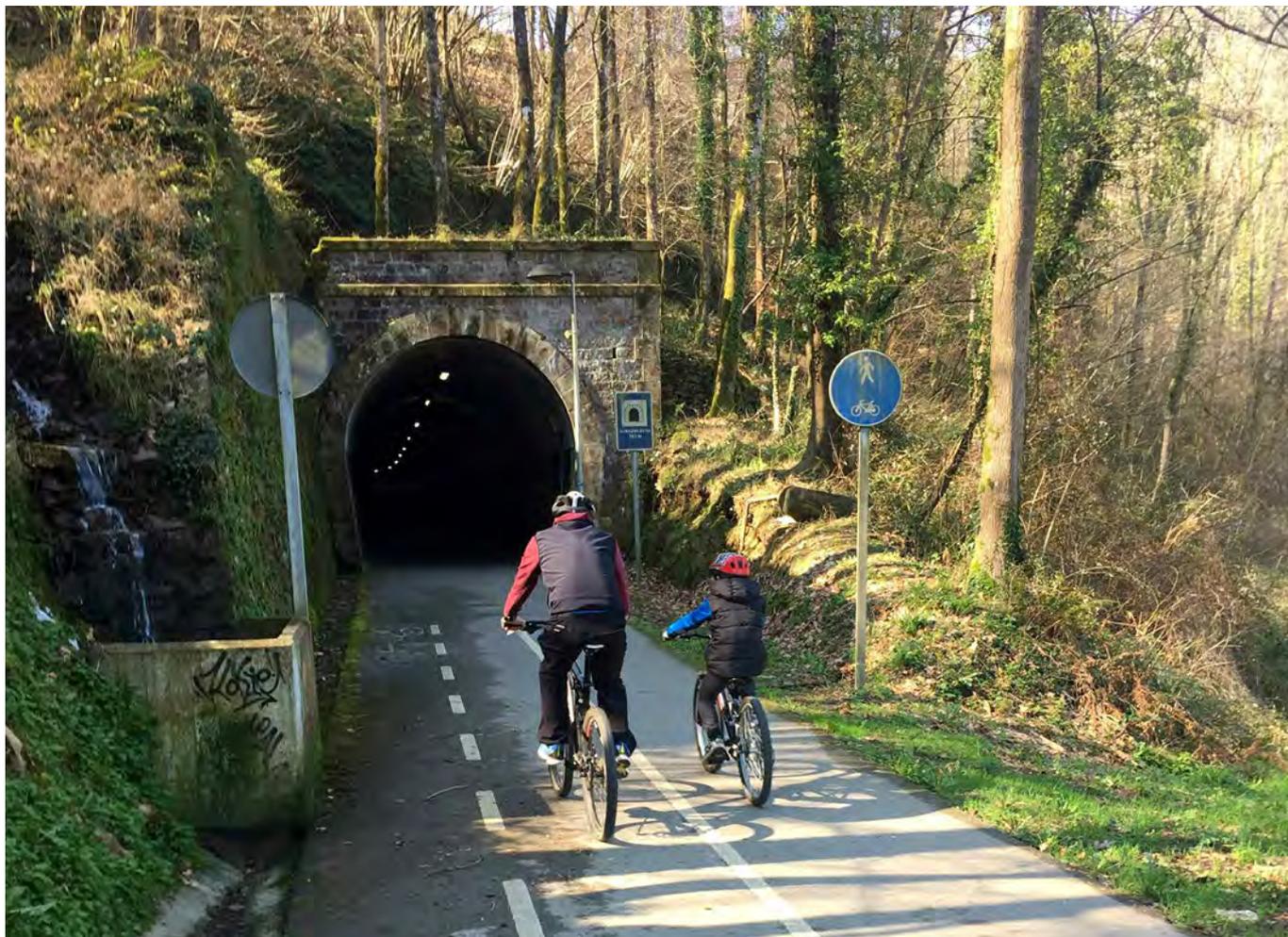
Bibliografía

- Fort, L. & Fort, C. (2016), "España y la red de Alta Velocidad en Estados Unidos", Revista de Obras Públicas, (ROP) nº 3580, octubre 2016, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2016), "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (I): Del Pacífico a las Rocosas" Revista del Ministerio de Fomento, febrero 2016, Nº 658, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2016), "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (II): El descenso de Las Rocosas" Revista del Ministerio de Fomento, septiembre 2016, Nº 664, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2016), "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (III): Por las Grandes Llanuras al Golfo de México" Revista del Ministerio de Fomento, octubre 2016, Nº 665, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2016), "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (IV): Por las Llanuras de la antigua Florida Española" Revista del Ministerio de Fomento, diciembre 2016, Nº 667, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2017), "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (V): La Alta Velocidad llega a Nueva York" Revista del Ministerio de Fomento, abril 2017, Nº 671, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2017), Anteproyecto "Misilino Project: Chicago Connection" Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Ref.152452), mayo 2017, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2017), "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (VI): Chicago Connection "Desde El Mississippi a Los Grandes Lagos" Revista del Ministerio de Fomento, septiembre 2017, Nº 675, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2017), Anteproyecto "Waoridnevut Project: Seattle Connection", Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Ref.152694), agosto 2017, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2017), "Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (VII): Seattle Connection "Del Pacífico al Gran Lago Salado por la Meseta de Columbia" Revista del Ministerio de Fomento, Pendiente próxima Publicación, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2017), Anteproyecto "South East I Project: Atlanta & Savannah Connections" Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, septiembre 2017, Madrid, España.

SE CUMPLEN 25 AÑOS DEL NACIMIENTO DE UN PROGRAMA CON EL QUE YA SE HAN RECUPERADO 2.600 KM DE TRAZADOS FERROVIARIOS EN DESUSO

Viejos caminos de hierro





► *Vía Verde del F.C.
Vasco-Navarro (Navarra).*

REDACCIÓN FOMENTO. FOTOS: ©FFE-VÍAS VERDES

Fue en 1993 cuando, por iniciativa del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, surgió el programa Vías Verdes con el objetivo de acondicionar parte de los más de 7.600 kilómetros existentes de antiguas líneas ferroviarias en desuso. En la actualidad, bajo la coordinación e impulso de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles y con el concurso de varios organismos como los sucesivos ministerios responsables del medio ambiente, Adif, Renfe, Feve y Administraciones territoriales, ya son 2.600 los kilómetros de viejos trazados recuperados para disfrute de caminantes y cicloturistas.

En 2013, con ocasión del veinte aniversario del programa, este Centro de Publicaciones editó un número especial de la Revista de Fomento con una selección de una treintena de vías verdes del centenar existente hasta entonces. Este año 2018, cuando se cumplen precisamente veinticinco años desde la puesta en marcha del programa, ya son 114 los itinerarios acondicionados de unas rutas que, además de fomentar el desarrollo sostenible mediante la promoción de un turismo más ecológico y respetuoso con el medio ambiente, sirven para recuperar y dar nueva vida a un patrimonio ferroviario de extraordinario valor,

compuesto por estaciones, túneles, puentes y viaductos que, de no ser por este programa, correrían el riesgo de perderse para siempre. Disfrutados por un número cada vez mayor de personas de todas las edades y condición física, estos itinerarios se han convertido en un motor para la inversión en infraestructuras, un instrumento eficaz para el desarrollo rural sostenible y un modelo de colaboración entre la Administraciones públicas –Estado, Comunidades Autónomas y entes locales– y la iniciativa privada, sobre todo empresas especializadas en un “turismo verde”, pero también cultural y patrimonial, teniendo en cuenta los diferentes y variados atractivos de estas rutas.

Transcurrido un lustro desde aquel especial de la Revista Fomento, en este reportaje haremos un breve recorrido por algunos de los itinerarios creados o ampliados desde entonces, pudiendo encontrar el lector información detallada sobre todas las rutas en la página web <http://www.viasverdes.com>.

▲ Tierras del norte

Varios tramos conforman la vía verde del ferrocarril Vasco-Navarro, un conjunto de rutas enlazadas que recorren el trazado de la antigua línea del mismo nombre, proyectada en 1879 con una longitud de 143 kilómetros. De estos, ya son casi 90 kilómetros, en las provincias de Guipúzcoa, Álava y Pamplona, los acondicionados como vía verde. Entre los tramos recientemente ampliados se encuentra el que une las localidades de Zubielqui y Estella, en Navarra, y el tramo guipuzcoano entre Bergara y Oñati. Verdes montañas, frondosos bosques y varias localidades históricas, además de un rico patrimonio ferroviario, son los atractivos de esta ruta. También en Euskadi, a caballo entre las provincias de Vizcaya y Álava, discurren los poco más de 5 kilómetros de la reciente vía verde de Kadagua. Entre los barrios de Arbuio (Alonsotegi) y Sodupe (Güeñes), la vía, construida sobre un tramo del antiguo ferrocarril de La Robla, ofrece un agradable paseo junto al curso del río Kadagua, con varios elementos de interés como viejas ermitas y caseríos tradicionales.

En Asturias, podemos destacar la nueva vía verde del Valle del Turón, un trayecto de 14 kilómetros que transcurre por el Concejo de Mieres, entre Reicastro (Ujo) y el paraje de la Molinera de Urbiés. Entre sus atractivos está el paisaje protegido de las cuencas mineras asturianas, con la posibilidad de visitar castilletes y otras infraestructuras de las minas, así como dos túneles y dos puentes, uno de ellos construido por un discípulo de Eiffel.

En Cantabria, dos nuevas vías discurren por interesantes parajes de la región: la del Pas y la del Besaya, de 34 y 8 kilómetros, respectivamente. La primera se sitúa entre Obregón y Puente Viesgo, recorriendo el Parque Natural de Peña Cabarga y los innumerables prados pasiegos, junto a un patrimonio cultural en el que destacan el balneario de Puente Viesgo y el Conjunto Histórico-Artístico de Alceda-Ontaneda. Distinto es el paisaje que ofrece el recorrido de la vía verde del Besaya, más próximo a la costa cantábrica, entre Suances y Los Corrales de Buelna, pasando muy cerca de Santillana del Mar, declarado Conjunto Histórico-Artístico, y la cueva de Altamira, Patrimonio de la Humanidad.

Por tierras sorianas y burgalesas discurre la vía verde del F.C. Santander-Mediterráneo, un extenso trayecto del que ya están acondicionados 90 kilómetros en tres tramos: La Engaña, Burgos-Modúbar y Soria-Hontoria del Pinar. Este último, el más reciente y con mucho el de mayor longitud (66 km), supone una buena oportunidad de ver una



gran variedad de paisajes, desde campos de cereal hasta frondosos pinares, y un rico patrimonio arquitectónico, empezando por la propia ciudad de Soria, cuyo casco antiguo fue declarado Bien de Interés Cultural.

En la misma Comunidad castellanoleonesa pero en la provincia de León, cabe destacar la vía verde del Esla, 11 kilómetros acondicionados que recorren esta parte más occidental de la Tierra de Campos, entre Valencia de Don Juan y Castrofuerte, siguiendo el cauce del río Esla entre el bosque de ribera y la llanura cerealista. También se asienta sobre la comarca de Tierra de Campos, pero más al este, ya en Palencia, la vía verde del Tren de la Burra, ferrocarril que conectaba Palencia con Villalón de Campos (Valladolid) y que debe el nombre popular a su proverbial lentitud. Inaugurado en 1912, tiene antecedentes aún más antiguos que se remontan a 1877, cuando el mismo trazado lo cubría un tranvía tirado por mulas. Abandonado a principios de los años 70, se han recuperado para vía verde 30 kilómetros entre Palencia y Castromocho, con el Canal de Castilla, una de las grandes obras hidráulicas del XVIII, como principal atractivo.

► La Vía Verde del Besaya en Suances (Cantabria).



► Vías de Manacor-Artà (arriba) y del Tarazonica (Navarra).

(1 -4)B25G9 27 .436D4BBF94:

Nos vamos al tercio este peninsular para encontrarnos en primer lugar con la vía verde del Tarazonica, entre Tudela, en Navarra, y Tarazona, en Zaragoza, localidades unidas antaño por un modesto “trenico” y ahora por estos 22 kilómetros de camino natural que permiten descubrir el valle del Queiles, el Somontano y el entorno del Parque Natural del Moncayo.

Entre Aragón y Cataluña discurre un conjunto de tres vías verdes denominadas del Val de Zafán, que visitan las comarcas turolenses del Bajo Martín y el Matarraña y las tarraconenses de la Terra Alta y el Baix Ebre. Con una longitud total de 101 kilómetros, la tercera y última etapa, la de más reciente creación, comienza en la localidad de El Pinell de Brai para seguir el curso del río Ebro y llegar entre arrozales a Tortosa, declarada Conjunto Histórico-Artístico, cerca de las playas de Riumar y del Parque Natural del Delta del Ebro.

Y ya que estamos a orillas del Mediterráneo, nos adentramos en sus aguas para arribar a las Baleares, donde encontraremos la reciente vía verde Manacor-Artà, 29 kilómetros de camino natural que se sirve del antiguo ferrocarril que comunicaba el extremo oriental de la isla de Mallorca. Situada muy cerca de la costa, la vía recorre un variado paisaje de huertas –olivos, higos, naranjos– y bosque mediterráneo –acebuche, pino carrasco, lentisco–, además de acercarnos a un rico patrimonio, como el conjunto histórico de Manacor, conocido como Ses Dames, o los restos de la cultura talayótica de Artà.

De vuelta a la Península, acabamos el periplo por las más recientes vías verdes del Mediterráneo con las del Campo de Cartagena y Mazarrón. Dos vías comunicadas que nos ofrecen un total de 69 kilómetros entre Totana y Cartagena, la primera, y La Pinilla y Mazarrón, la segunda. El Parque Natural de Sierra Espuña y los hipnóticos paisajes de las antiguas explotaciones mineras son sus principales atractivos.



1 /:B 47 69D4B6:B A4969CE72B

Sobre el antiguo ferrocarril que unía Plasencia, en Extremadura, y Astorga, en León, se han recuperado, con el tradicional nombre de Vía de la Plata, algo más de 20 kilómetros entre Alba de Tormes y Carbajosa de la Sagrada. La ruta se desarrolla muy próxima a las orillas del río Tormes y de sus afluentes de la margen izquierda, por lo que ofrece un agradable paseo en un entorno de ribera, así como el conjunto arquitectónico de Alba de Tormes, declarado Bien de Interés Cultural, y el Sitio Histórico de Arapiles, escenario de una de las más famosas batallas de la Guerra de la Independencia.

Por el perímetro del Parque Nacional de Monfragüe discurren los 17 kilómetros de la vía verde del mismo nombre, en Cáceres, una excelente oportunidad para acercarnos a uno de los ejemplos de dehesa mejor con-



► Vía Verde y Camino Natural del Valle del Eresma.

Todas las vías verdes

ANDALUCÍA

Lucainena de las Torres (Almería)	5 km
Almanzora (Huércal-Overa) (Almería)	16 km
Valle del Almanzora (Almería)	36 km
De la Sierra (Cádiz)	36 km
Entre Ríos (Cádiz)	16,2 km
Puerto Real-San Fernando (Cádiz)	8,25 km
Matagorda (Cádiz)	3,6 km
La Campiña (Córdoba, Sevilla)	91,38 km
Del Aceite (Córdoba, Jaén)	128 km
De la Maquinilla (Córdoba)	8 km
Peñarroya-Pueblonuevo (Córdoba)	3,2 km
De la Minería (Córdoba)	14,6 km
Fuente Obejuna (Córdoba)	4,5 km
Sierra Nevada (Granada)	1,65 km
Sierra de Baza (Granada)	16 km
Guadiana (Huelva)	16,7 km
Litoral (Huelva)	48,7 km
Molinos de Agua (Huelva)	33,2 km
Guadalimar (Jaén)	15,3 km
Linares (Jaén)	6,6 km
Vadollano (Jaén)	6,7 km
De Segura (Jaén)	27 km
De la Sierra (Sevilla)	36 km
Itálica (Sevilla)	2,75 km
Sierra Norte de Sevilla (Sevilla)	18,7 km
El Ronquillo (Sevilla)	9,2 km
Las Lagunas (Sevilla)	5 km

ARAGÓN

Canfranco (Huesca)	4,6 km
Ojos Negros II (Teruel)	92 km
Val del Zafán (tramo Teruel) (Teruel)	52,3 km
Tarazona (Zaragoza)	26 km
Corredor Oliver-Valdefierro (Zaragoza)	2,6 km

ASTURIAS

La Camocha	7,5 km
Fuso	7,8 km
Senda del Oso	36 km
Tranqueru	1,2 km
Valle del Turón	14 km
F.C. Estratégico	9 km
Valle de Loredo	3,6 km
Rioturbio	3 km
Del Eo	12 km

BALEARES

Manacor-Artà (isla de Mallorca)	29 km
---------------------------------	-------

CANTABRIA

Castro-Traslaviña	5,5 km
Del Pas	34 km
Piquillo	1,9 km
Dícido	1 km
Besaya	8 km

CASTILLA-LA MANCHA

Sierra de Alcaraz (Albacete)	74 km
Poblete (Ciudad Real)	5,7 km
Minas de San Quintín (Ciudad Real)	1 km
Tajuña II (Guadalajara)	12,6 km
La Jara (Toledo)	52 km
Trenillo (Toledo)	26 km

CASTILLA Y LEÓN

Sierra de la Demanda (Burgos)	54 km
F.C. Santander-Mediterráneo (Burgos, Soria)	86 km
Laciana (León)	7,2 km
Del Esla (León)	11 km
Tren Burra (Palencia, Valladolid)	33,1 km
De la Plata (Salamanca)	20,3 km

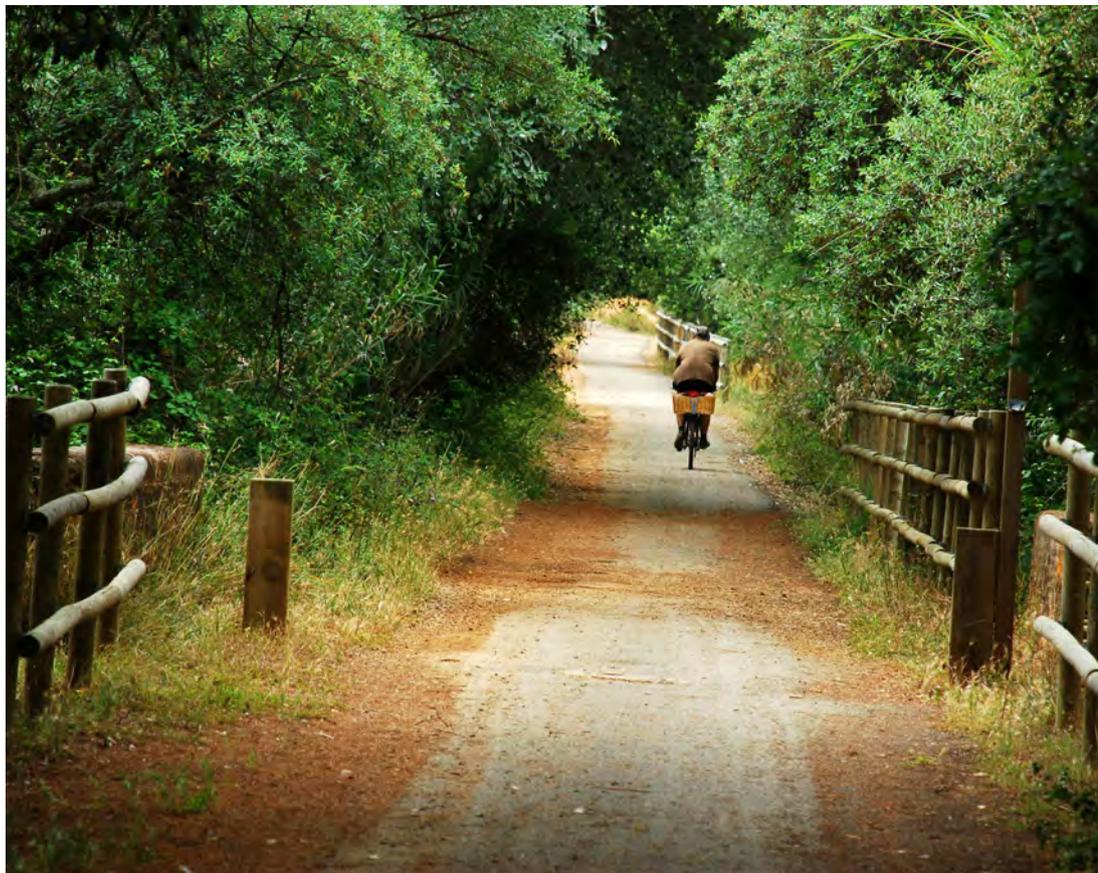


► Vía Verde del Parque Nacional de Monfragüe (Cáceres).

servados de Europa. También en Extremadura, en Badajoz, se han acondicionado recientemente los 20 kilómetros de la vía verde de la Mina La Jayona, que discurren por la plataforma de un antiguo ferrocarril de vía estrecha que unía las poblaciones de Peñarroya y Fuente del Arco, en la campiña sur pacense, entre dehesas de encinas y olivos y al pie de las estribaciones de Sierra Morena, con el aliciente de visitar la vieja mina que da nombre a la ruta.

Entre Segovia y Nava de la Asunción se desarrolla la larga vía verde (casi 50 km) del Eresma. Discurre por un agradable paraje entre el bosque de ribera y la planicie cerealista, pero su mayor atractivo es sin duda la posibilidad de visitar Segovia, declarada Ciudad Patrimonio de la Humanidad, con un conjunto monumental difícilmente igualable. Y al otro lado de la cercana sierra de Guadarrama, ya en Madrid, podemos recorrer la

Valle del Eresma (Segovia)	48 km	Arrazola (Vizcaya)	5 km
Moncayo (Soria)	4 km	Atxuri (Vizcaya)	3,8 km
Tierra de Campos (Valladolid)	4,5 km	Montes de Hierro (Vizcaya)	42,5 km
CATALUÑA		Paseo de Itsasur (Vizcaya)	2,2 km
Llobregat (Barcelona)	6,5 km	La Orkoneria (Vizcaya)	3,7 km
Nicolau (Barcelona)	6,1 km	EXTREMADURA	
Del Vallès (Barcelona)	1,5 km	Vegas del Guadiana (Badajoz, Cáceres)	56 km
Carrilet Olot-Girona (Girona)	54 km	Mina La Jayona (Badajoz)	20 km
Carrilet Girona-Sant Feliu (Girona)	39 km	Monfragüe (Cáceres)	17 km
Ferro i del Carbó (Girona)	15 km	GALICIA	
Val de Zafán-Terra Alta (Tarragona)	23 km	Del Eo (Lugo)	12 km
Val del Zafán-Baix Ebre (Tarragona)	26 km	LA RIOJA	
COMUNIDAD VALENCIANA		Río Oja	28 km
Dénia (Alicante)	6 km	Préjano	5 km
Alcoi (Alicante)	10 km	Cidacos	34 km
Maijmó (Alicante)	22 km	El Cortijo	3 km
Torreveja (Alicante)	6,7 km	MADRID	
Xixarra (Alicante)	15 km	Río Guadarrama	4,5 km
Ibi (Alicante)	1,5 km	Tren de los 40 Días	14 km
Del Mar (Castellón)	5,7 km	Tajuña	49 km
Ojos Negros (Castellón, Valencia)	67,7 km	De la Gasolina	3,18 km
La Safor (Valencia)	7 km	MURCIA	
Xurra (Valencia)	15 km	Campo de Cartagena	53 km
Llíria (Valencia)	6 km	Mazarrón	14 km
EUSKADI		Noroeste	76,8 km
F.C. Vasco-Navarro (Álava, Guipúzcoa)	112,5 km	Barrio del Peral	1,8 km
Kadagua (Álava, Vizcaya)	5,1 km	NAVARRA	
Arditurri (Guipúzcoa)	12 km	F.C. Vasco-Navarro	86,2 km
Urola (Guipúzcoa)	22,5 km	Irati	6 km
Mutiloa-Ormaiztegi (Guipúzcoa)	4,5 km	Plazaola	44 km
Plazaola-Leitzaran (Guipúzcoa)	41 km	Bidasoa	39 km
Bidasoa (Guipúzcoa)	39 km	Tarazonica	26 km
Ferrocarriles Vascongados (Guipúzcoa)	13,6 km		



nueva vía verde del Tren de los 40 Días, que debe su nombre al breve tiempo en que fue construida. Con una efímera vida como vía ferroviaria, ofrece ahora 14 kilómetros de ruta natural entre Carabaña y Estremera por el sureste madrileño, los valles del Tajuña y el Carrizales, con buenos ejemplos de cortados yesíferos, y el interesante conjunto arquitectónico de Carabaña.

▶ Caminos del sur

Terminamos este viaje por algunas de las más recientes vías verdes en la Comunidad andaluza. De las tres con que cuenta la provincia onubense, la de mayor recorrido, 33 kilómetros, es la de los Molinos de Agua. Es, además, una de las más pintorescas e interesantes, pues discurre a través de un antiguo tren minero, a orillas del río Tinto y entre las quebradas de la serranía. Si en el aspecto natural presenta el valor de sus alcornocales, en el cultural no le van a la zaga el conjunto etnográfico de Beas y el arquitectónico de Valverde del Camino, las minas romanas y restos de calzadas o los vestigios megalíticos de Trigueros.

En la provincia de Cádiz, podemos reseñar la vía que va de Rota a Sanlúcar pasando por Chipiona, llamada Entre Ríos, que nos permite un paseo junto al cordón dunar del entorno de Doñana. Entre la capital

Vías Verdes, una red que no deja de crecer

En el año 1993, el entonces Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente encargó, conjuntamente con Renfe y Feve, a la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (FFE) la realización de un Inventario de líneas en desuso. Gracias a esta investigación se consiguieron inventariar 7.600 km de trazados ferroviarios sin servicio, 954 estaciones, 501 túneles y 1.070 puentes y viaductos. Se trataba de un impresionante patrimonio ferroviario de incalculable valor que estaba necesitado de protección. A tal fin, la FFE organizó un seminario internacional con objeto de conocer las iniciativas de reutilización del patrimonio ferroviario en desuso de otros países. Las experiencias de Gran Bretaña y Estados Unidos en torno a las greenways sirvieron de referencia para la implantación de nuestras Vías Verdes, adaptando los objetivos, el diseño, la construcción y la señalización a las características de los trazados ferroviarios españoles.

En la actualidad, ya existen 114 vías verdes, con 2.600 km, que incluyen la reconstrucción de antiguos puentes, viaductos, túneles, estaciones, apeaderos y otros elementos de este fabuloso patrimonio. Y la red no deja de crecer. A día de hoy, otros 200 km se encuentran en obras o en licitación, y nuevas vías o ampliaciones de las existentes ya están en marcha, como las vías verdes de Vigo y Santiago de Compostela, la de la Plata más allá de Salamanca, la del F.C. Santander-Mediterráneo en tierras sorianas, el F.C. Guadix-Almendricos o la extensión de la vía verde de la Sierra de la Demanda hasta el yacimiento de Atapuerca.

Además, la red de Vías Verdes de España trasciende nuestras fronteras como parte integrante de la Asociación Europea de Vías Verdes (European Greenways Association), creada en 1998 en Bélgica y presidida hasta 2004 por la FFE, que actualmente ejerce las funciones de Secretaría General. Una asociación que, como las vías que crea y promueve, no deja de crecer, contando ya con 50 miembros de 15 países y que se embarca en proyectos cada vez más atractivos, como el Greenways Heritage, que tiene como objetivo el desarrollo y la diversificación de la oferta turística europea mediante la creación de nuevos productos que pongan en relación las vías verdes y los lugares Patrimonio Mundial de la UNESCO.



► *Vías Verdes del Almanzora, en Almería (arriba) y La Campiña (Sevilla y Córdoba).*



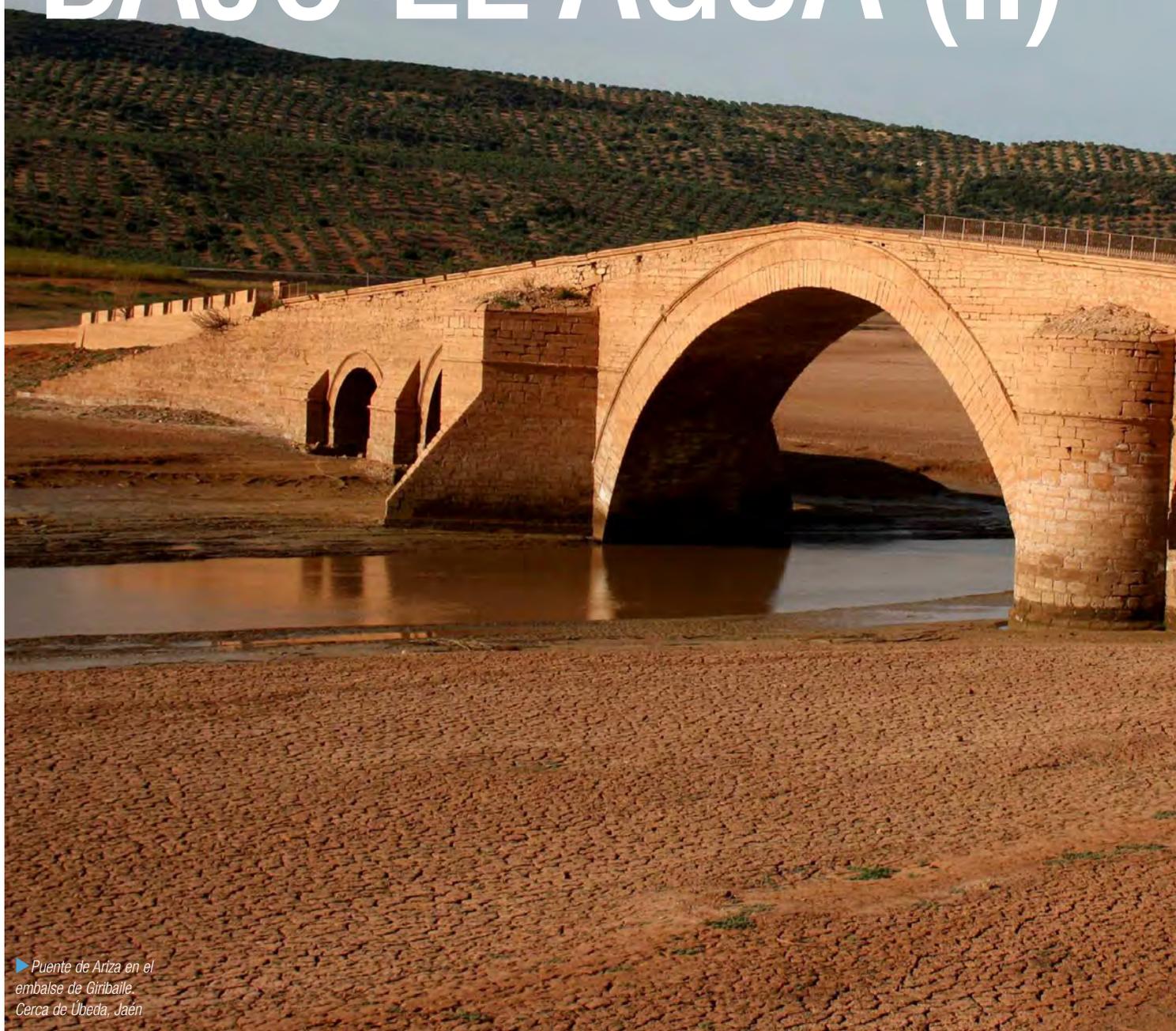
cordobesa y Marchena, ya en Sevilla, discurren los 90 kilómetros de la vía verde de la Campiña, que nos traslada por las riberas del Guadalquivir y los conjuntos monumentales de Córdoba, La Luisiana, La Carlota, Écija y Marchena.

Ya en la provincia de Jaén, el trazado del antiguo ferrocarril Baeza-Utiel, convertido ahora en la vía verde del Segura, nos lleva por cerros y lomas junto a los campos de olivos y nos adentra en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas, con interesantes visitas a Segura de la Sierra, declarado Conjunto Histórico-Artístico, o al puente romano de Génave, sobre el río Guadalimar.

Por último, en la más oriental de las provincias andaluzas, Almería, se desarrolla la vía verde del Valle de Almanzora, recientemente ampliada, que ofrece un recorrido de 39 kilómetros por la vega de este río, un auténtico vergel rodeado de desierto, con interesantes visitas a los restos nazaries de alcazabas y castillos que todavía conservan poblaciones como Purchena, Olula del Río o Serón. ■

*LA PASADA SEQUÍA DEJÓ TEMPORALMENTE AL DESCUBIERTO
ALGUNOS PUENTES HISTÓRICOS DE GRAN INTERÉS*

PATRIMONIO BAJO EL AGUA (II)



► Puente de Arza en el embalse de Girballe. Cerca de Úbeda, Jaén

TEXTO Y FOTOS: LUIS SOLERA SELVI

Si existe una monumentalidad que sobrecoja al visitante es la de una estructura enterrada, oculta o desconocida que, en un momento dado, emerge de las profundidades y se exhibe, achacosa o minusválida ante los atónitos ojos del curioso que ha peregrinado hasta aquel lugar para comprobar una realidad.



En España, debido a la escasez e irregularidad de precipitaciones, ha existido la permanente preocupación por dominar, administrar y gestionar bien el agua. Tal y como proponía la corriente regeneracionista que lideraba el político

Joaquín Costa, la construcción de presas posibilita la acumulación de agua y su posterior utilización en tiempos de sequía, tanto para el riego de cultivos como para el abastecimiento de la población.

La profusa construcción de presas entre los años 50 y 70 del siglo XX provocó que se anegaran muchos kilómetros cuadrados en las cuencas peninsulares que ocultaron centenares de obras pontoneras, algunas de las cuales pueden resultar interesantes desde un punto de vista histórico y patrimonial, y que en momentos de sequía, como la sufrida hasta principios de este año, afloran a la superficie mostrándonos parte de la historia cubierta por el agua.

Por fin, en febrero de 2018 las lluvias hacen su aparición, después de meses de muy escasas precipitaciones, los pantanos vuelven a llenarse y aquellas obras reveladas durante un tiempo vuelve a dormir bajo las profundidades.

Si en la primera parte de este reportaje (nº 681 de marzo de 2018) se hacía un recorrido por los puentes de Castilla y León y Madrid, en esta segunda y última parte veremos los de las comunidades de Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura, Aragón, la Rioja, Galicia y Cataluña.

El análisis que se presenta se refiere a algunas obras civiles que, enclavadas en cuencas significativas como las del río Guadiana, Guadalquivir, Tajo o Ebro, disponen de puentes que podrían considerarse históricos.

▲ Puento de Ariza

Comencemos con la Comunidad de Andalucía, en la que se encuentran dos obras muy interesantes, el puente de Ariza y el de La Venta de la Estrella.

El embalse de Giribaile, en la Cuenca del Guadalquivir, entre las comarcas de La Loma de Úbeda y El Condado, entró en funcionamiento en el año 1997 dejando oculto bajo las aguas procedentes del río Guadalimar este magnífico puente. Conocido como Mar de la Loma, este embalse tiene, además de su función como administradora de aguas para riego y generación de energía, otra función más lúdica pues sirve de esparcimiento a la población del entorno, que lo utiliza para la práctica de deportes náuticos y la pesca.

Bajo las aguas del embalse quedó sumergido el precioso puente de Ariza, construido por Andrés de Vandevira entre los años 1562 y 1563 a iniciativa del Concejo de Úbeda para dar servicio a la calzada que comunicaba este sector andaluz con el Levante peninsular.

Su estado actual, aunque bajo el agua, sigue siendo bueno. Es un puente largo, con una longitud entre estribos de 100 metros con cinco vanos con arcos de medio punto, siendo excepcional el central, de bella factura y con una luz aproximada a los 32 metros.



Excelente labor de cantería con cuidada talla en sillería, rosca de dovelaje en boquillas que se hace doble en el arco central y decorados con arquivoltas al viejo estilo romano. Tajamares en cuña y disparidad de espolones, cuenta con un ejemplar en cuña y otro semicircular que probablemente llegaban hasta el rasante para producir descansaderos. Aunque se diseñó con tablero en lomo de asno, las rectificaciones del mismo para suavizar las pendientes hicieron desaparecer estos descansaderos. Subsiste un pequeño aliviadero en la cuarta pila –visto desde aguas arriba margen izquierda– y en la base del cuarto arco todavía se puede ver el extradós de una bóveda perteneciente a un antiguo puente, sobre el que montó su obra Vandelvira y cuya fábrica podría ser de origen tardorromano o altomedieval.

Esta magnífica obra renacentista fue declarada Bien de Interés Cultural (BIC) por la Junta de Andalucía y actualmente se están haciendo gestiones para su recuperación y traslado a otro punto cercano donde pueda ser admirado. Aunque parte de la vieja calzada a la que daba servicio se oculta bajo las aguas del pantano, se puede acceder a las cabeceras del puente a través de la actual carretera autonómica A-301 en sus puntos kilométricos 31 y 38.

▮ Puente de la Venta de la Estrella

Fue en el año 1972, con la construcción de la presa de Villaviciosa en Córdoba para embalsar las aguas del

río Guadiato, cuando se ocultó de forma intermitente esta obra pontonera en fábrica de ladrillo y mampostería.

Este puente daba servicio en aquellos días a un viejo camino carretero que a través de los pueblos cordobeses de Espiel –término donde se ubica la obra– y Fuente Obajuna unía Córdoba con Badajoz. Al tomar forma la actual carretera nacional N-432 el puente perdió su utilidad y su uso quedó reducido al tránsito local agrario que utilizaba la conocida vereda de Peñaladrones. Normalmente oculto bajo las aguas del embalse de Puente Nuevo, como también es conocido, se encuentra en la cuenca del Guadalquivir y lo cubren las aguas del río Guadiato y otros arroyos.

Por lo que podemos observar en la actualidad, se trata de una obra pontonera reducida, de aproximadamente 40 metros de longitud en tablero ligeramente alomado. Dispone de tres vanos con esbeltos arcos de medio punto, cuyas bóvedas aún permanecen firmes, con luces de 4+7,30+11,30 metros. Buen trabajo de fábrica de ladrillo y aspecto decorativo interesante al retranquear las boquillas y añadir una arquivolta que da ligereza y adorna las arcadas.

Es característico del arte pontonero musulmán, dada la angostura del tablero, con un ancho regular de 3,30 metros y pilas de excesiva anchura, una de ellas de casi 6 metros de grueso. Se puede inferir que fue obra levantada en Al Andalus, probablemente entre los siglos XI y XIII. También destaca el uso de ladrillo en arcos, bóvedas y mampostería irregular menuda para cubrir tímpanos y muros de acompañamiento. Se refuerza la es-

► Puente Venta de la Estrella.
Embalse de Villaviciosa de
Córdoba. Espiel.



► Puente de Nolaya.
Embalse del Vicario.
Peralvillo, Ciudad Real.

estructura con imponentes tajamares de sección en cuña, originariamente de ladrillo, aunque embutidos en un denso aglutinante con mortero que pudiera relacionarse con una intervención clasicista, cuando, con gran esfuerzo, se intentó acondicionar los caminos peninsulares, reconstruyendo firmes de calzadas y reparando puentes que se encontraban hasta entonces en pésimo estado.

En cubierta todavía se exhiben tramos de los antiguos pretilos de mampostería y un firme a base de morrillo que aún presenta buena imagen.

Su posicionamiento en el actual embalse se situaría en la zona comprendida entre el puente moderno de la carretera nacional N-432 próximo al p.k. 218 y el puentecillo que cruza el embalse y que da servicio a la calzada local CO-4400.

▲ Puente de Nolaya

Nos desplazamos a Castilla-La Mancha para destacar dos obras pontoneras de la provincia de Ciudad Real. La primera de ellas es el puente carretero de Nolaya, que tuvo mucha importancia y gran uso hasta hace pocos años pues se encontraba en el viejo Camino Real que conexiona Toledo con Ciudad Real, actualmente carretera nacional N-401. Fue el año 1973 cuando se inauguró la presa y pantano de El Vicario para el almacenamiento de las aguas del río Guadiana según el proyecto realizado por Manuel de la Barreda Acedo-Rico, ingeniero jefe del Área de Proyectos y Obras de la propia Confederación Hi-

drográfica del Guadiana. Al mismo tiempo, se completaba la construcción del puente nuevo que daría servicio a la nacional N-401, quedando el vetusto puente, junto a un largo sector de la calzada, ocluido y periódicamente bajo las aguas de este gran embalse.

Se compone de un largo aterramiento que salvaba, en aguas muy bajas, no solo el estricto cauce del río Guadiana, sino también, al estar situado en una amplia terraza, los encharcamientos en periodos de crecidas que impedían el tránsito de carruajes por la calzada real. Por ello se diseñó una obra de alto rasante por medio de terraplenes, con muros de mampostería y una serie de arcadas por las que desaguan las corrientes del río.

Su longitud total es de aproximadamente 315 metros entre estribos. Desde la margen izquierda se construyen sucesivamente siete vanos con arcos de medio punto, un largo muro de acompañamiento y, hacia la cabecera derecha, otros tres arcos menores con la misma geometría. Son interesantes bóvedas y boquillas, donde se puede apreciar un buen trabajo de cantería, siendo el resto lienzos de sillarejo y mampostería. Esta obra, cuyo origen es clasicista, sufrió modificaciones a mediados del siglo XIX, con la incorporación de tajamares bajos de buena factura, a base de sillería y algunos espolones de sección semicircular, coronados con tejadillo de lajas de piedra caliza. Ya en el siglo XX se le adosó una gran tubería en la parte de aguas arriba, también se modificaron drásticamente los tajamares sobre los que se sustentaba la conducción con unos refuerzos de hormigón en masa que desvirtúan la obra histórica.



► *Puente de Venusto, embalse Vega del Jabalón, Granátula de Calatrava, Ciudad Real. Debajo, muro de acompañamiento del mismo puente cubierto de maleza.*

En cubierta todavía subsisten amplios sectores de pretilos de mampostería, guardarruedas y áreas de firme a base de hormigón asfáltico. Al permanecer bajo las aguas con cierta frecuencia varios elementos de su estructura original aún subsisten y nos muestran el modo y arte de la construcción carreteril del siglo XIX. En él, se puede observar que, a nivel de estratos del firme, sobre una primera capa madre a base de mampuestos pequeños puestos en canto (como perseguía el sistema Trèsaget), se añadía una bicapa a base de piedra machacada y recebo y una última capa de grava y arenas que recuerdan los firmes de macadán y que ahora queda absorbida por los recrecidos de alquitrán bituminoso y hormigón asfáltico.

► Puente Venusto

Se trata de un viejísimo puente que sucumbió a las aguas del embalse de Vega del Jabalón, cuya presa fue construida en la provincia de Ciudad Real en el año 1992.

Cubierto por las someras aguas del río Jabalón, afluente del Guadiana, este embalse generalmente no sobrepasa un 25 por ciento de su capacidad, aunque puede llegar a acumular hasta 34 hectómetros cúbicos, lo que permite que se haya creado un importante humedal en torno a sus orillas, frecuentado por naturalistas y ornitólogos por su variada fauna avícola.

El embalse se encuentra entre los municipios de Granátula de Calatrava y Calzada de Calatrava y sus aguas han hecho desaparecer una antigua calzada romana de segundo orden. En el entorno cercano se han descubierto restos de un templo romano y otras estancias de carácter religioso. De hecho, junto a este puente se encontró una placa de mármol, ahora depositada en el museo de Almagro, donde –al estilo del Caio Lucius Lacer del puente de Alcántara– se puede leer: [...] Publio Baebio Venusto .../... construyó este puente para honra de su templo [...].

Lamentablemente, de aquella obra romana no queda nada, al menos visible.

Actualmente es un puente muy enterrado en lodos del que apenas quedan tres vanos en un sector y otros dos esbozos de un muro de acompañamiento derruido y cubierto de maleza. La obra actual, de fábrica de mampostería, es muy rústica desde sus propios arranques. Sus bóvedas tienen un dovelaje bien tratado para mantener las roscas pero poco trabajado en cantería. Los vanos que se muestran mantienen la geometría de arcos de medio punto, con luces que no sobrepasan los cinco o seis metros. Se puede datar como obra civil bajomedieval, con grandes intervenciones en reparaciones que culminan a mediados del siglo XX con la incorporación o reconstrucción de potentes tajamares en cuña y espolones semicirculares con tejadillos, en cuyas basas se puede apreciar la presencia de hormigón en masa del tipo portland y el refuerzo interior en bóvedas a base de mortero grosero que desvirtúa su vieja fábrica de piedra.

Para intentar su recuperación, se le ha declarado Bien de Interés Cultural (BIC) por la Junta de Castilla La Mancha y es previsible un posible traslado y rehabilitación.





► *Puente del Cardenal. Embalse de Alcántara. Villarreal de San Carlos, Cáceres. Debajo, puentes de Almonte y Tamuja. Embalse de Alcántara. Término de Serradilla, Cáceres.*

▲ Puentes extremeños

En Extremadura, y dentro de la propia cuenca del río Tajo, destaca especialmente el embalse de Alcántara, un lento proyecto que terminó en el año 1970 y que anegó varios pueblos y algunos puentes interesantes, como los de Almonte y Tamuja.

Estas dos estructuras, que unen sus tableros formando un ángulo reflejo, se elevan sobre los ríos homónimos pocos metros antes de su unión. Fueron construidos para dar servicio al viejo camino real entre Plasencia y Cáceres, con testimonios que datan su terminación en 1530, en tiempos de Carlos I.

Se localizan en uno de los brazos menores del embalse de Alcántara, cerca del pueblo de Santiago del Campo, saliendo periódicamente a la luz y permitiendo su observación con cierto detalle. Se encuentran en el p.k. 15 de la carretera

EX-390, donde subsiste la vieja calzada llamada Vereda Real de Castilla que, aunque algo deteriorada, nos llevará hasta la cabecera sur de estos puentes.

Son dos estructuras muy parecidas, apoyadas íntegramente en roca pizarrosa. El de la cabecera norte salva el cauce del río Almonte y consta de tres vanos con arcos de medio punto, siendo el central de mayor luz, cuenta con tablero ligeramente alomado y predominio de fábrica de sillarejo en zonas bajas y mampostería en muros y tímpanos. Hacia el sur se dispone la otra estructura que salva el río Tamuja y que, semejante al anterior, dispone también de tres vanos en directriz de medio círculo, más elaborados, siendo el mayor el central, escoltado por dos arquillos muy peraltados que hacen las veces de desagüeros. Fábrica enteramente de mampostería y detalle en boquillas con doble rosca a base de dovelaje rústico de lajas de pizarra. La Junta de Extremadura estudia desde hace tiempo la posibilidad de su rescate y ya figuran tipificados como «Bien patrimonial subacuático».

En la provincia de Cáceres, cabe destacar el éxito de la iniciativa institucional que decidió rescatar de las aguas del embalse de Alcántara los restos del puente romano de Alconetar, que ahora podemos contemplar permanentemente. Pero todavía se mantienen en aguas del pantano, total o parcialmente sumergidas, otras obras pontoneras relevantes, como son el conocido puente del Cardenal, que se levantó en el siglo XV sobre el cauce del río Tiétar; el precioso viaducto de Alconetar, con arcos parabólicos, inaugurado en 1928 y que daba servicio a la nacional N-630 o Ruta de la Plata; los puentes ferroviarios de Villoluengo, o el precioso puente de Serradilla, obra singular del ingeniero Enrique Colás Arias terminada en 1927 en la que destaca la sección del tablero con viga inferior en celosía del tipo Howe en hormigón armado, poco frecuente en la pontonería peninsular.





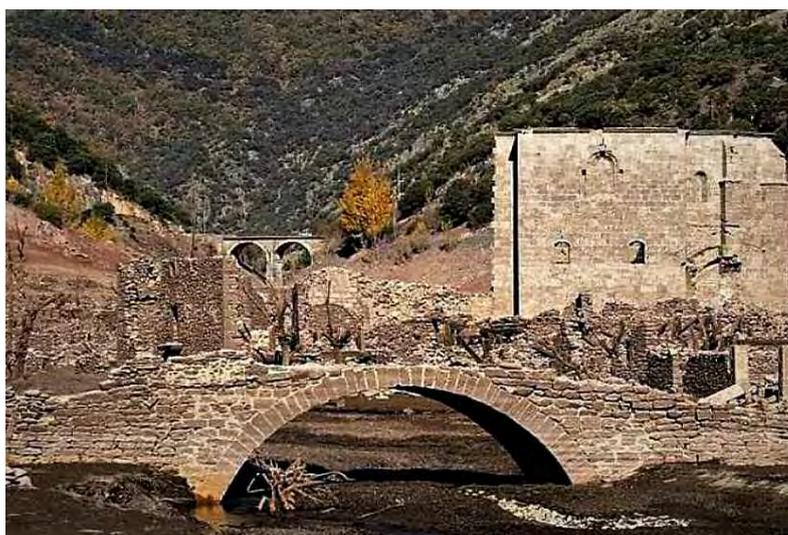
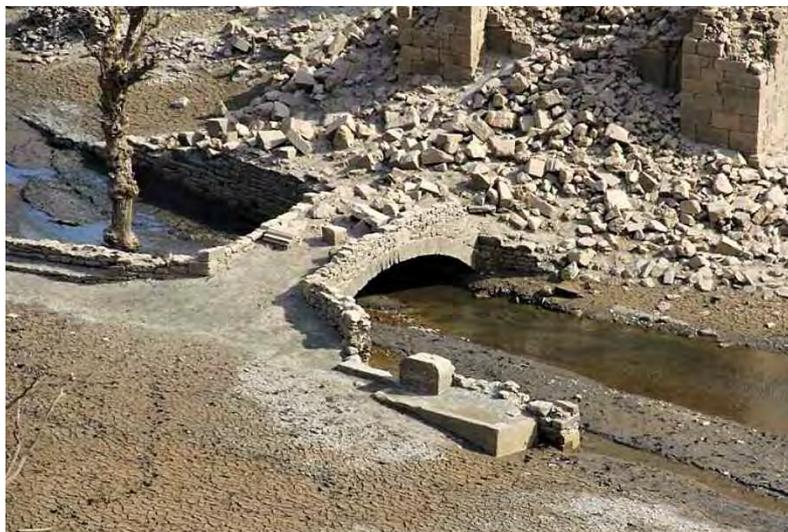
► Puente de Cacaviello. Embalse de la Peña. Huesca.

El puente del Vaso y otras obras aragonesas

En la Comunidad de Aragón existen muchos embalses y variados puentes bajo el agua. Se debe destacar el puente del Vaso, que quedó oculto cuando se construyó el embalse de La Peña, proyecto y obra del ingeniero Severino Bello, concluido en el año 1913, situado en La Jacetania oscense, en la cuenca del río Ebro, donde vierte aguas el Gállego y otros afluentes que lo conforman. Esta enorme balsa ocultó varias obras pontoneras entre las que sobresale el puente del Vaso, obra en hormigón en masa y mampostería, de precioso porte, que la revista de Obras Públicas sacó en portada con motivo de su inauguración en 1898. También quedó sumergido un pontón medieval de un solo ojo ubicado muy cerca de la presa y del puente de acero que con viga en celosía fue proyectado por el propio Bello y que hoy, tras más de un siglo, todavía da servicio a la carretera autonómica A-132.

Además de los ya citados, el pantano de La Peña ocultó el puente de Cacaviello, también conocido por los lugareños como puente de la Gorgocha. Estaba situado sobre el río Asabón, antes de su desembocadura en el Gállego. Por la configuración del valle donde se sitúan puente y embalse es muy improbable que pueda volver a observarse salvo que se decida vaciar la presa para acometer reparaciones. La última vez que se pudo ver fue en 1980 debido a una intervención para limpiar lodos.

Es un bello puente de tablero ligeramente a dos aguas que dispone de cuatro vanos de arcos de medio punto perfectos, el mayor de ellos con una luz aproximada de

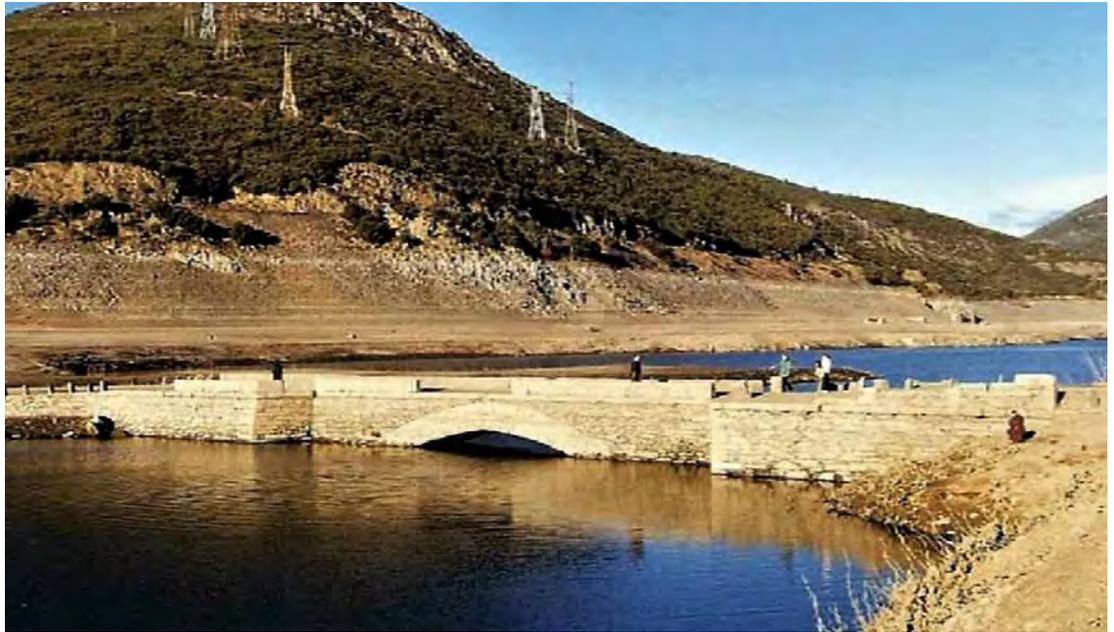


20 metros y una impronta muy interesante por su armonía y equilibrio. Las referencias documentales sobre él nos indican que se debió reconstruir en tiempos de Sancho Ramírez, hacia el siglo XI, aunque se ignora si se hizo sobre la base de una obra tardorromana. Lo cierto es que su fábrica, de mampostería, aunque muy cuidada en su colocación y asiento, marca más bien una huella medieval. Las pilas, gruesas y con apoyo directo en roca madre, sí parecen de factura romana, al menos en sus arranques. La cubierta con pretils y fábrica por debajo de impostas fue demolida en su día para bajar la rasante del puente por debajo de la lámina de aguas del pantano.

En diferentes momentos de su historia, especialmente cuando el ingeniero Andrés Biescas Pacheco estudiaba el recrecido de la presa hacia el año 1960, se contempló la posibilidad del desmontaje y reconstrucción de este bello puente en otra ubicación, pero lo cierto es que, hasta hoy, sigue oculto bajo las aguas del pantano de La Peña.

► Puentes de Mansilla de la Sierra, Soria.

► Puente de Bárcena.
Bárcena de Sil, León.



▮ Otras obras pontoneras

Finalmente, comentaremos algunas otras obras que se han podido ver durante la pasada sequía y que debido al bajo nivel de los pantanos donde se encuentran han sido noticia y han podido ser visitados por curiosos y excursionistas.

En La Rioja, el embalse de Mansilla –cuyo proyecto, aunque republicano, se ralentizó hasta el año 1959 cuando se produjo el llenado del pantano– recoge aguas del río Najerilla, dentro de la cuenca del Ebro. Bajo sus aguas se encuentran las ruinas del pueblo de Mansilla de la Sierra, donde aún permanecen en pie tres pontones de época barroca, de factura rústica pero en aceptable estado. En el año 2000, la población consiguió recuperar del pantano el conocido como puente de Suso, obra esbelta de origen medieval y tablero pronunciadamente alomado, que se reubicó a la entrada de la villa.

En la cuenca del Miño-Sil, situada en su mayor parte en Galicia, pero también en Castilla y León y Asturias, se construyó en el año 1960 el embalse de Bárcena, que ocultó algunos sectores de la mítica calzada romana conocida como Vía Nova, en la que ya existían algunas alcantarillas y tajeas datadas a principios de nuestra Era. Aunque habitualmente cubierto por las aguas del pantano, los lugareños guardan gran estima por uno de sus puentes que pudo tener un origen romano. La fábrica actual es netamente clasicista dentro del proyecto del viejo Camino Real hacia Galicia que fue tomando forma en tiempos de Fernando VI y Carlos III. Es admirable la labra de sus gruesos pretilos biselados y el gran número de guardarruedas de época hincados en las cunetas.

En la cuenca del río Ter, se terminó en 1963 el embalse de Sau, situado en la provincia de Barcelona, muy visitado

en épocas de bajo nivel de aguas pues muestra las ruinas del pueblo de San Román de Sau. Debido a su profunda ubicación, su puente medieval de tres grandes arcos y dos aliviaderos en tímpanos no ha podido volver a verse desde los años 40 o 50 del siglo XX.

Otros embalses que ocultan algunas obras pontoneras son el de Ricobayo, Entrepeñas, Barrios de Luna, Irueña, Belesar, Susqueda o el del Ebro, por citar algunos de los que recogen obras civiles documentadas. Aunque en muchos casos son puentes o pontones en ruina, otros se corresponden con obras contemporáneas de estilo decimonónico. Es el caso del puente ubicado en el pantano de Entrepeñas, puente mixto de tablero inferior metálico con una viga en celosía muy interesante y que, por alguna razón desconocida, no se desmontó antes de dejarlo bajo las aguas, por lo que ahora solo en ocasiones deja ver parte de su estructura.

Todos estos ejemplos son testigos históricos de obras públicas españolas que vuelven a tener protagonismo y captan nuestra atención en pleno siglo XXI, renaciendo una vez más la posibilidad de evaluar con garantías su rescate, reconstrucción y exhibición en lugares adecuados donde puedan ser contemplados y admirados.

Con todas estas obras ocultas bajo el agua, vienen a nuestra memoria dos libros de eminentes ingenieros y amantes de la pontonería histórica, que metafóricamente son contradictorios con la realidad de estas obras bajo las aguas: uno de ellos es *Tierra sobre el agua. Visión histórica de los puentes*, de Leonardo Fernández Troyano, y el otro *Caminos en el aire: los puentes*, de Juan José Arenas de Pablo. Estudiemos la posibilidad que señalan estos autores en sus obras y hagamos que puedan cobrar sentido para algunos de los puentes presentados aquí. ▮

MUSEO DEL FERROCARRIL, UN RECORRIDO HISTÓRICO Y LÚDICO CON NUEVAS INICIATIVAS

Pasado y futuro del tren



PEPA MARTÍN MORA. FOTOS: MUSEO DEL FERROCARRIL

La antigua Estación de Delicias es la sede que acoge el Museo del Ferrocarril en Madrid. Bajo su imponente estructura de hierro se expone una completa colección de material histórico que nos permite conocer este medio de transporte. Tras haber cumplido ya más de siglo y medio, este año contará con un centro de interpretación de tecnología *know-how* sobre la alta velocidad.



► Nave central del edificio de viajeros de la estación de Delicias.



Divulgar el ferrocarril, promover su conocimiento, impulsar la investigación y poner en valor el patrimonio ferroviario son los principales objetivos con los que, hace ya más de treinta años, se creó el Museo del Ferrocarril. Con vocación de servicio público, es gestionado por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, vinculada al Ministerio de Fomento, y forma parte de la Red de Museos de España.

Su sede, ubicada en la antigua estación de Delicias, data de 1880 y es uno de los más representativos ejemplos de la arquitectura industrial española. Cuenta con una colección permanente de vehículos y piezas relacionadas con la historia del ferrocarril que permite conocer la evolución de este modo de transporte y a la que a finales de este año se sumará un centro de interpretación sobre tecnología y *know how* sobre la alta velocidad.

Su objetivo es dar a conocer la Alta Velocidad ferroviaria como un factor distintivo de la marca España, teniendo en cuenta que nuestro país, con sus logros y el progreso con orientación de futuro que nos define, es uno de los líderes mundiales del sector, con una red de 3.248 kilómetros, a la cabeza de Europa y tan solo por detrás de China.

Además de Renfe y Adif, participa en la iniciativa impulsada por Fomento la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (FFE), organismo que gestiona el museo. Por su parte, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT) ceden el espacio de la antigua estación de Delicias para poner en marcha un centro

de interpretación que estará operativo en octubre de este año, coincidiendo con el 170 aniversario del ferrocarril Barcelona-Mataró, la primera línea de la España peninsular.

Actualmente se está trabajando en la organización de las salas y el diseño museográfico con las diferentes piezas, discursos y contenidos que albergarán los espacios expositivos del museo. Centrándose como tema principal en la alta velocidad, utiliza maquetas y objetos de valor histórico y didáctico, con montajes audiovisuales y elementos interactivos –como la reproducción de una sala de control de tráfico– para incorporar los conceptos de modernidad, evolución, futuro, tecnología y complejidad

► Fachada principal de la estación de Delicias y, abajo, locomotora Talgo II.





► Locomotora de vapor "El Alagón".

de sistemas. Además, también se hará referencia a la velocidad, la tecnología de integración, el material rodante, la infraestructura y la construcción de una línea de alta velocidad.

► Exposición permanente

Con el fin de conservar, estudiar y difundir el patrimonio histórico y cultural ferroviario, el Museo del Ferrocarril reúne en su exposición permanente una variedad de colecciones, actualmente formadas por más de 4.800 piezas, que explican la historia del tren en España. La selección de vehículos ferroviarios, que dedica un lugar sobresaliente a las locomotoras de vapor, de gran valor, destaca entre todas ellas, además de otras referidas a infraestructura, lampistería, comunicaciones, modelismo, maquetas, relojes, uniformes y arte.

Respetando las tres premisas clásicas de todo museo: conservar, estudiar y difundir, esta exposición permanente se organiza en distintos itinerarios temáticos. Así, desde la nave central que alberga una selección variada de locomotoras y coches de viajeros que nos muestra el progreso de la tracción —desde el vapor, a la electricidad y al diésel— y las distintas condiciones en las que viajaron los pasajeros en estos trenes, se abren a ambos lados distintas salas, entre las que figuran la dedicada a antiguos relojes de estaciones, otra al modelismo con maquetas animadas y una tercera en la que se explican los principales elementos de las infraestructuras ferroviarias.

Vehículos expuestos

- Locomotora de vapor 141-F-2416. Rodaje tipo Mikado (Talleres Euskalduna, España, 1960).
- Locomotora de vapor 030-2107. Rodaje tipo Mamouth, El Alagón (Société Autrichienne, Francia, 1861).
- Locomotora de vapor 1 Tardienta. Rodaje tipo Patentee (John Jones & Son, Gran Bretaña, 1862).
- Locomotora de vapor 242-F-2009. Rodaje tipo Confederación (Maquinista Terrestre y Marítima, España, 1956).
- Locomotora eléctrica trifásica n.º 3 (Brown Boveri et Cie, Suiza, 1907).
- Locomotora diésel 1615 (American Locomotive Company, Alco, Estados Unidos, 1955).
- Talgo II (Patentes Talgo, España, 1950). ►
- Coche de tercera clase C-16 (The Ashbury Railway Carriage & Iron Co. Ltd., Gran Bretaña, 18).
- Coche-restaurante R12-12954 (Leeds Forge Carriage Works & Company, Gran Bretaña, 1926).
- Coche-restaurante WR-3569 (Sociedad Española de Construcción Naval, España, 1930).
- Coche-salón ZZ-307 (Talleres Generales de Madrid, España, 1946).



Bajo la impresionante marquesina de hierro y cristal está la nave central, en la que se ubica el espacio de andenes y vías donde se exponen las locomotoras, automotores y coches de viajeros, que constituyen la parte principal de la colección del museo y que, junto a otras piezas de menor tamaño, se dividen en locomotoras de vapor, desde las primitivas Patentee hasta las Confederación, consideradas como la culminación del vapor en nuestro país; las de tracción eléctrica, que circularon por España desde el último cuarto del siglo XIX hasta la década de los 60, y las de motor diésel, que se empezaron a utilizar en 1930, pero que no se perfeccionaron hasta 1950, cuando se introdujeron las de fabricación norteamericana, más potentes y que supusieron una alternativa al vapor cuando no era posible la electrificación de las vías.

Siguiendo el itinerario encontramos la Sala de Relojes, que recoge una numerosa selección de piezas que se utilizaban habitualmente en las estaciones y oficinas ferroviarias. Hay que tener en cuenta que el interés por la medición del tiempo a lo largo del siglo XIX estuvo muy relacionado con la evolución del tren, dada la necesidad de dotar de relojes las instalaciones ferroviarias, así como los gabinetes de circulación, los talleres, los depósitos de locomotoras, factorías de mercancías, oficinas administrativas, etc. De ahí que se adquirieran numerosos y variados modelos de las firmas europeas más prestigiosas para ofrecer la hora puntualmente a trabajadores y viajeros.

En la Sala de Modelismo se puede disfrutar de tres maquetas animadas de gran atractivo, referidas a diferentes épocas y escalas. En ellas los trenes en

Historia de su creación

La idea para la creación del Museo del Ferrocarril de Madrid surgió en 1948, con ocasión de la conmemoración de la primera línea de tren en España, que unía Barcelona-Mataró, para lo que se organizó el montaje de una gran exposición de piezas y elementos históricos ferroviarios y la exhibición del material rodante más novedoso en el puerto de Barcelona.

El proyecto finalmente no salió adelante, pero con los sucesivos aniversarios de otras líneas españolas, como la de Madrid-Zaragoza o Madrid-Irún, se decidió retomar esta iniciativa. Es en 1964 cuando Renfe vuelve a estudiar el proyecto, pero se encuentra el escollo de no contar con un local (antiguas estaciones, depósitos de máquinas o talleres que no prestaran servicios) que reuniera las condiciones necesarias para albergar un museo de estas características. Se decide entonces reunir las piezas que quedaron dispersas tras la exposición de 1948, eligiendo para su ubicación el palacio de Fernán Núñez, actual sede de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, donde se reunieron maquetas, grabados y objetos pequeños vinculados a la historia del tren en el que será el primer museo ferroviario de España.

Más adelante, con la firma en 1981 de un acuerdo entre Renfe y el Ministerio de Cultura, el proyecto recibe un nuevo impulso gracias a la declaración de la estación de Delicias como Monumento Histórico-Artístico, hecho que se produce diez años después de su cierre. La nave de las Delicias, el primero y más amplio espacio diáfano que se construyó en Madrid con una moderna estructura metálica, se inauguró en 1880, doce años antes que la estación de Atocha. El proyecto es del ingeniero francés Émile Cachelièvre, quien utilizó las más modernas técnicas constructivas, prefabricando la estructura de hierro en los talleres franceses de la compañía Fives Lille para posteriormente montarla en Madrid.

Una vez declarado el edificio monumento histórico-artístico y realizada la restauración y adaptación necesaria, todo el material rodante que se había ido recuperando durante diez años, además del que estaba expuesto en el palacio de Fernán Núñez, se traslada finalmente al nuevo museo, que se abre al público el 19 de diciembre de 1984. Desde entonces se han ido sumando otras cesiones, compras y donaciones que han ampliado la colección.

Durante este año se ampliará el espacio expositivo del museo con la puesta en marcha del centro de interpretación de tecnología y del conocimiento de la alta velocidad, lo que supondrá la adición de otros 1.000 m² al museo.



► Visita de público a uno de los trenes de la colección. Debajo, una de las maquetas expuestas.

miniatura circulan por vías, puentes, túneles e instalaciones ferroviarias que nos permiten descubrir una representación a escala de la realidad. Curiosamente, la aparición del ferrocarril dio un gran impulso al mundo del modelismo, ya que en paralelo a su evolución surgió un gran entusiasmo por la fabricación de juguetes y maquetas que evocaban este medio de transporte, y que a día de hoy es un pasatiempo para millones de aficionados en todo el mundo.

Otra de las propuestas es la visita y recorrido por la Sala de Infraestructura, en la que podemos conocer la evolución histórica del sistema ferroviario, los principales aparatos y elementos que lo conforman y su significado a través de modelos a escala, aparatos reales y la reproducción de una instalación de vía completa, con carriles, traviesas, balasto e incluso catenaria eléctrica.

La visita a la exposición permanente finaliza en la Sala de Andaluces, que toma su nombre de la locomotora que preside este espacio: la locomotora de vapor 020-0201 (Schneider & Cie., Francia, 1871), máquina que en 1890

fue la locomotora número 01 de la Compañía de los Ferrocarriles Andaluces y la más pequeña que ha circulado por vías de ancho ibérico. La sala se completa con una variada colección de placas de construcción, numeración o denominación de vehículos ferroviarios, que se muestran en vitrinas ubicadas alrededor de sus paredes y que conforman las cerca de 600 piezas de la colección de modelismo ferroviario Carlos Pascual Quirós, una de las más importantes del mundo en su género.

Actividades

El museo ofrece programas de actividades dirigidas a todos los públicos y diseñados para atender las inquietudes tanto de niños como mayores, a través de distintas modalidades de visitas a la colección del museo y con un completo material didáctico de apoyo con el objetivo de potenciar el conocimiento del material expuesto y acercar el mundo del ferrocarril a los ciudadanos, integrando los aspectos educativos y culturales con los lúdicos.

Para ello dispone de una zona infantil de juego y de talleres didácticos, ofrece además visitas guiadas que se pueden combinar con la asistencia a una obra de teatro para niños, un parque ferroviario y el Ferrocarril de las Delicias, que consta de todos los elementos tradicionales de una explotación ferroviaria.

A todo ello, hay que añadir las actividades del fin de semana. Los primeros sábados de cada mes se celebra la feria de coleccionismo "La Estación", en la que se presenta, en 250 metros lineales, la mayor oferta de juguetes y cómics de Madrid, y los primeros domingos de cada mes se organiza un mercadillo de modelismo ferroviario para que todos aquellos aficionados acudan a comprar, vender o intercambiar sus artículos. Como actividad extraordinaria, el segundo fin de semana de cada mes el visitante puede acudir a un mercado de productos *vintage* y de segunda mano, donde se aúnan la restauración y la música en los diferentes espacios de las instalaciones del museo.

Archivos históricos

El Museo del Ferrocarril también dispone de una unidad de información única en España, conformada por la biblioteca, la hemeroteca y el archivo histórico ferroviario. Tanto por su historia como por la magnitud de su volumen informativo, constituyen una entidad documental de referencia para el conocimiento del ferrocarril en España, teniendo como principales objetivos la conservación, el estudio y la difusión del patrimonio ferroviario, contribuyendo con sus fondos a la investigación. Logros, todos ellos, a los que sin duda también se sumará el nuevo centro del conocimiento de la alta velocidad. ■

Ciudad y Territorio



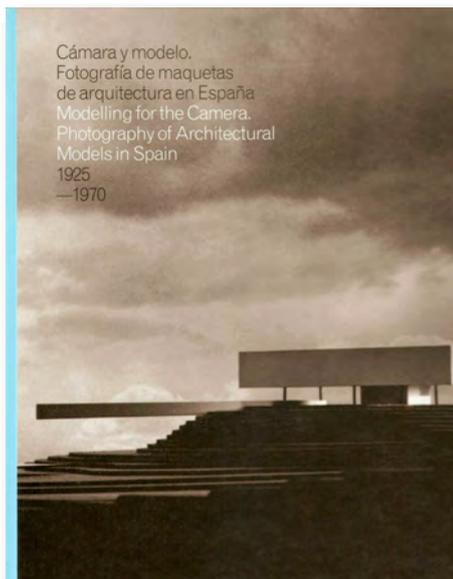
Ya está disponible en la biblioteca del Ministerio el número 195, correspondiente a la primavera de este año, de la revista Ciudad y Territorio, publicada por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. En este número se tratan temas como el de las características e implantación de la planificación estratégica territorial (M.J. Romero Aloy y V. Vidal Climent); la explosión fragmentada de la ocupación urbana (Rubén Pesci); el planeamiento urbanístico en el litoral andaluz (P. Górgolas Martín); las formas de regulación territorial del crecimiento del alojamiento turístico (J.M. Parreño Castellano, A. González Morales y J.A. Hernández Luis); el *cohousing* como alternativa a las dinámicas de habitar en la ciudad de Madrid (A. García Pérez y L. Moya González); la recualificación de las periferias urbanas a través del patrimonio histórico (J.M. de Ureña y J.M. Coronado); el planeamiento térmico en áreas urbanas (F. Allende Álvarez, F. Fernández García y D. Rasilla Álvarez), y la prevalencia de la evaluación ambiental en los planes urbanísticos (M. Almenar-Muñoz).

Además, en la revista se recogen las habituales secciones de Observatorio inmobiliario, Crónica jurídica y Recensiones y reseñas de revistas y libros recibidos en la redacción.

Ciudad y Territorio. Estudios territoriales, n.º 195, primavera 2018.

Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento, Madrid, 2018.

El modelo arquitectónico y la fotografía



En este catálogo de la exposición homónima diseñada por el Proyecto Fame (Fotografía y Arquitectura Moderna en España) —que pudo verse entre otros lugares en la sala Arquería del Ministerio de Fomento— se incluyen, además de las fotografías expuestas de más de un centenar de maquetas, cuatro interesantes ensayos sobre la función y significado de las maquetas de arquitectura y sus relaciones con una disciplina fotográfica en la que recalcaron desde fotógrafos desconocidos hasta prestigiosos profesionales de la fotografía española del siglo XX.

En “Las maquetas y sus fotos: ideas, sueños y deseos”, Iñaki Bergera reflexiona sobre la “nueva realidad” que una fotografía aporta a una maqueta y las complicidades que surgen entre la cámara y su modelo. En “Modernidad en miniatura: puntos de vista”, Davide Deriu nos lleva a la época dorada de esa relación, los años 20 y 30 del pasado siglo, en los que tanto las escuelas de Arquitectura como un buen número de revistas utilizaron con profusión la fotografía de maquetas. En “La apariencia del modelo”, Juan Carlos Oliver expone las estrategias visuales escenificadas por la fotografía para abarcar y realzar la maqueta arquitectónica. Y Eduardo Prieto, en su texto titulado “El arquitecto y su modelo”, pone de relieve cómo a pesar de su función vicaria e interés efímero, la maqueta fotografiada se convierte también en un icono que trasciende su finalidad originaria de mera herramienta representativa.

Cámara y modelo. Fotografías de maquetas de arquitectura en España (1925-1970).

Ministerio de Fomento, Fundación ICO y La Fábrica, Madrid, 2016.

Hacia la ciudad inteligente



Este libro trata de las comunicaciones presentadas al segundo Congreso de Ciudades Inteligentes, que se celebró en Madrid en abril de 2016 organizado por Smartcity (Red Española de Ciudades Inteligentes) y el Grupo Tecma-red.

Con la participación de destacados profesionales de diversos ámbitos, profesores, investigadores y representantes de las Administraciones Públicas, se han dividido las comunicaciones en ocho áreas temáticas: Innovación social; Movilidad urbana; Eficiencia energética, gestión medioambiental, habitabilidad y recursos urbanos; Gestión inteligente de infraestructuras y servicios públicos; Gobierno, economía y ciudadanía; Seguridad y servicios asistenciales a las personas; Destinos turísticos inteligentes, e Islas y territorios rurales.

Así pues, se ofrece al lector de este libro una amplia variedad temática desde una perspectiva multidisciplinar de una realidad, la ciudad inteligente, que ya ha dejado de ser una utopía futurista pero en cuyo desarrollo y perfeccionamiento aún queda mucho camino por descubrir.

II Congreso Ciudades Inteligentes (Madrid 13-14 abril 2016). Libro de comunicaciones.

Tecma Red, Madrid, 2016.



Los inicios de la aviación en España

Desde las primeras experiencias aerostáticas no tripuladas de Agustín de Betancourt con un globo de tipo Montgolfier en 1783, hasta la creación de la Gerencia del Tráfico Aéreo del Ministerio del Aire en 1939, pasando por el surgimiento en 1918 de la CEMA (Compagnie Espagne-Maroc-Algérie), primera sociedad aeronáutica con capital español, que cubriría la ruta entre Toulouse y Rabat con escalas en Barcelona, Alicante y Málaga, este texto de Luis Utrilla y Julián Oller realiza un documentado recorrido por la historia de la aviación en España, analizando minuciosamente la evolución de todos los sectores –institucionales, como el Ministerio del Aire o los servicios postales, y empresariales, como Iberia y otras compañías– implicados en el transporte aéreo, poniendo de manifiesto en sus páginas no solo la importancia económica del transporte aéreo, sino también su influencia social, trascendental en muchos aspectos como la eliminación del aislamiento de nuestros archipiélagos o el desarrollo de zonas difícilmente accesibles por otros medios.

Un libro, en definitiva, que más allá de los aspectos puramente históricos revela la gran incidencia del transporte aéreo en la sociedad española de la primera mitad del siglo XX.

Luis y Oller, Julián: *Historia del transporte aéreo en España (1919-1940)*.

Fundación Enaire, Ministerio de Fomento, Madrid, 2017.



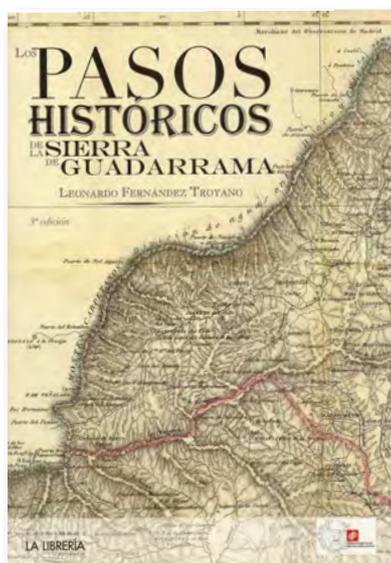
De ingeniería e ingenieros

Se recogen en este libro casi medio centenar de artículos y conferencias del ingeniero y profesor de Historia de la Ingeniería Fernando Sáenz Ridruejo (Soria, 1939). Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos especializado en obras hidráulicas y en Historia de la Ingeniería, trabajó en la Dirección General del Agua como Jefe del Área de Explotación y fue secretario de la Comisión Central del Acueducto Tajo-Segura, además de profesor asociado a la cátedra de Arte e Historia de las Obras Públicas de la Escuela de Caminos y vicepresidente de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas. Académico de la Real Academia de la Historia, es autor de cinco libros y ha colaborado en otros cincuenta, publicando un centenar de artículos, muchos de ellos en la Revista de Obras Públicas.

En los artículos y conferencias recogidos en este libro, trata el autor, por una parte, de temas sobre el ejercicio de la profesión, su incidencia en la sociedad y las relaciones de la ingeniería con la literatura y el arte, mientras que en la segunda parte presenta la semblanza de varios ingenieros, como Betancourt, Torres Quevedo, Cerdá, Torroja, Benet y otros.

Sáenz Ridruejo, F.: *Ni pedir ni rehusar. Artículos y conferencias sobre ingeniería e ingenieros*.

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 2017.



Los caminos de la Sierra

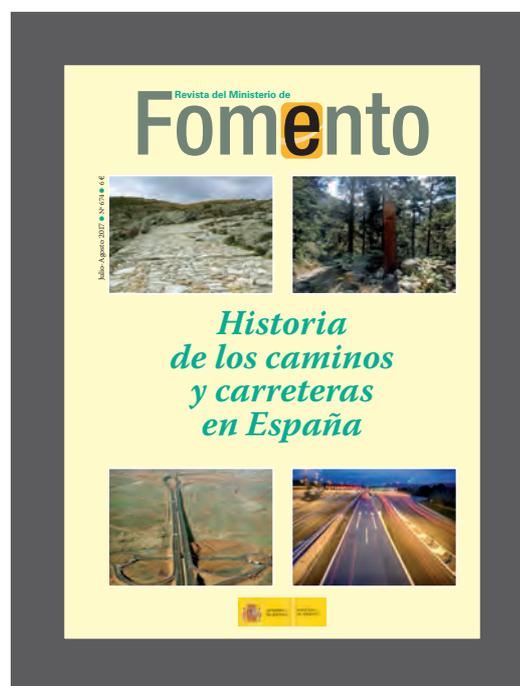
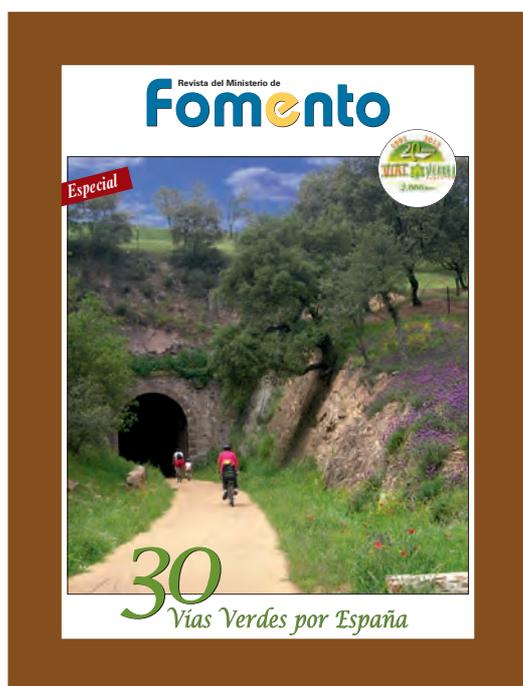
Recientemente se ha reeditado el que ya puede considerarse un clásico de la caminería histórica. Publicado por primera vez hace casi veinticinco años, Los pasos históricos de la Sierra de Guadarrama, del ingeniero Leonardo Fernández Troyano (Madrid, 1938), es uno de esos libros que, más allá de su indudable interés desde el punto de vista de la historia de la Ingeniería, nos transporta a un mundo de referencias literarias, de apuntes sobre el paisaje y la naturaleza y de evocaciones históricas que hacen de su lectura un placer, sobre todo para todos aquellos amantes de unas montañas como las del Guadarrama repletas de connotaciones históricas y culturales.

La lectura del libro, acompañado de fotografías, mapas y documentación –en parte procedentes de los distintos archivos de Fomento–, es una excelente oportunidad no solo de conocer en detalle las características de unas obras públicas con siglos de historia, sino de andar, de la mano de Fernández Troyano, por las calzadas, caminos, sendas y puentes que atravesaron romanos y árabes, los monteros de Alfonso XI, el Arcipreste de Hita, las serranas del Marqués de Santillana, Cervantes con su Rinconete, los intelectuales de varias generaciones o los pioneros de la geografía, la geología y las ciencias naturales de nuestro país, en un entorno que en 2013 mereció, por muchas razones, la declaración de Parque Nacional.

Fernández Troyano, Leonardo: *Los pasos históricos de la Sierra de Guadarrama*.

Ediciones La Librería, Madrid 2015.

REVISTAS MONOGRÁFICAS



Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones

Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid
tfn: 915 97 53 96

<https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web>





LIBRERIA

**Centro de Publicaciones
Ministerio de Fomento**

<https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/>
Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid
tfn: 915 97 53 96



2018

Mapa Oficial de Carreteras[®] ESPAÑA

Incluye:

- Cartografía (E. 1:300.000 y 1:1.000.000)
- DVD interactivo actualizable vía web (windows 7 o superior)
- Caminos de Santiago en España 
- Alojamientos rurales 
- Guía de playas de España
- Puntos kilométricos
- Índice de 20.000 poblaciones
- Mapas de Portugal, Marruecos y Francia

Español / Inglés
2018
Mapa Oficial de Carreteras[®]
ESPAÑA

DVD INTERACTIVO
(Windows 7 o superior)
Versión 23.0

Español / Inglés
Actualizable vía Web

ISBN: 978-84-496-1016-9
NºPO: 161-15-851-9
DL: M-18778-2017



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Copyright. Prohibida la reproducción total o parcial, incluso el vínculo del contenido a cualquier soporte informático sin la autorización expresa de los titulares de los derechos de autor. Se permite la explotación económica y la transformación de esta obra por el propietario del Copyright.

Edición 53
P.V.P.: 22€

También en el DVD:

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

Centro virtual de publicaciones

Librería virtual y descarga de publicaciones oficiales

www.fomento.gob.es



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 683, mayo 2018**

Autor: Ministerio de Fomento, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones

Año de edición: 2018

Características Edición:

1ª edición electrónica: agosto 2018

Formato: PDF

Tamaño: 10 MB

Edita:

© Ministerio de Fomento
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

NIPO: 161-15-006-6

I.S.S.N.: 1577-4929

P.V.P. (IVA Incluido): 1,50 €

Los derechos de distribución de esta publicación pertenecen al Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento. La difusión puede realizarse colocando un link que dirija a la página de la publicación en la web del Centro Virtual de Publicaciones/Ministerio de Fomento

Aviso Legal: Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en todo ni en parte, ni registrada, ni transmitida por un sistema de recuperación de información en ninguna forma ni en ningún medio, salvo en aquellos casos específicamente permitidos por la Ley.

