

Revista del
Ministerio de

Diciembre 2016 Nº 667 3€

Fomento



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

FINALIZADO EL VIADUCTO DE
ALMONTE, RÉCORD MUNDIAL
DE LUZ EN SU TIPOLOGÍA

TALGO AVRIL, MÁS
VERSATILIDAD Y EFICIENCIA
PARA LA NUEVA GENERACIÓN
DE TRENES AVE DE RENFE

EL PUERTO
DE BILBAO ACOMETE
LA CONSTRUCCIÓN DE SU
NUEVO ESPIGÓN CENTRAL

JOSÉ ECHEGARAY,
EL INGENIERO NOBEL
DE LITERATURA



Revista del Ministerio de

Fomento

Julio-Agosto 2016 ● Nº 663 ● 6 €



El correo y las comunicaciones postales en España (1716-2016)



MONOGRÁFICO

Julio-Agosto 2016

PVP: 6 €



SOLICITE SU EJEMPLAR EN TELF. : 91 597 53 85 / 53 91

Por fax: 91 597 85 84 (24 horas)

Por correo electrónico: cpublic@fomento.es

Director de la Revista: Antonio Recuero.

Jefe de Redacción: Mariano Serrano.

Maquetación: Aurelio García.

Secretaría de redacción: Ana Herráiz.

Archivo fotográfico: Vera Nosti.

Portada: Adif.

Elaboración página web:

www.fomento.gob.es/publicaciones.

Concepción Tejedor.

Suscripciones: 91 597 72 61 (Esmeralda

Rojo Mateos).

Colaboran en este número: Luis Fort López-Tello, Carmen Fort Santa-María, Pepa Martín, Javier R. Ventosa y Julia Sola Landero.

Comité de redacción: Presidencia:

Rosana Navarro Heras

(Subsecretaría de Fomento).

Vicepresidencia:

Alicia Segovia Marco

(Secretaría General Técnica).

Vocales: Patricia Crespo González

(Directora de Comunicación), Pilar Garrido

Sánchez (Directora 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), M^a José Rallo del Olmo

(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría

General de Transportes), Pedro Guillén

Marina (Director del Centro de

Publicaciones) y Antonio Recuero (Director

de la Revista).

Dirección: Nuevos Ministerios. Paseo de la

Castellana, 67. 28071 Madrid.

Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470.

Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65.

E-mail: cpublic@fomento.es

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.

FERROCARRIL

02



NUEVO RÉCORD.

FINALIZADO EL VIADUCTO DE ALMONTE, GRAN HITO DE LA LAV MADRID-EXTREMADURA.

FERROCARRIL

08



EL AVE DE MAYOR CAPACIDAD

TALGO AVRIL, LA NUEVA GENERACIÓN DE TRENES DE ALTA VELOCIDAD.

30. DE ÉXITOS Y OLVIDOS.

JOSÉ ECHEGARAY, EL INGENIERO QUE FUE PREMIO NOBEL DE LITERATURA.

36. FRAILES, PLATA Y MUCHO MÁS.

EL "GALEÓN DE MANILA", LA PRIMERA RUTA REGULAR DE LA HISTORIA, EN EL MUSEO NAVAL.

PUERTOS

16

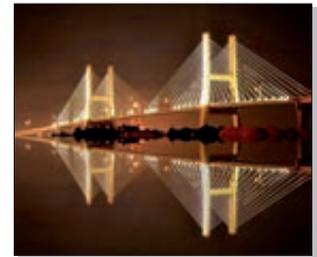


AMPLIACIÓN ESTRATÉGICA.

LA AUTORIDAD PORTUARIA DE BILBAO INICIA LA CONSTRUCCIÓN DEL ESPIGÓN CENTRAL.

FERROCARRIL

22



POR LAS LLANURAS DE LA ANTIGUA FLORIDA ESPAÑOLA.

LOS PROYECTOS DE DESARROLLO DE LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD EN ESTADOS UNIDOS (IV): NUEVA ESPAÑA CONNECTION.

44. LA DISPUTADA LÍNEA ANDALUZA.

150 ANIVERSARIO DEL FERROCARRIL MADRID-SEVILLA.

49. ÍNDICE TEMÁTICO DE LA REVISTA MINISTERIO DE FOMENTO 2016

Querido lector:

Después de 667 ediciones mensuales de la revista del Ministerio de Fomento, esta se ha consolidado como una de las publicaciones más interesantes del sector. En la misma se dan a conocer las novedades en materia de infraestructuras y transportes, así como normativas que afectan a las materias propias de este Ministerio, pero también se recuerdan hitos históricos, destacando todo lo que España ofrece y ha ofrecido en los transportes y servicios públicos. Nuestro país es una potencia aeronáutica, pionera en la red de alta velocidad, abierta al mundo a través de sus puertos y con infraestructuras claves para el crecimiento, la competitividad y la creación de empleo. De tal forma que la revista se presenta como un espacio de encuentro entre los logros alcanzados, el presente y los proyectos del futuro, además de recoger la riqueza y particularidades que presentan las distintas Comunidades Autónomas. Es nuestra intención continuar en la senda de la divulgación, para que la labor que desarrollamos desde el Ministerio, en numerosas ocasiones en colaboración con el sector privado, sea conocida y valorada. Desde la oportunidad que brinda esta tribuna agradecemos el esfuerzo de todos los funcionarios al servicio de la Administración Pública que hacen posible tal labor e igualmente, damos las gracias a todos los lectores de la revista por su fidelidad e interés.

Un afectuoso saludo





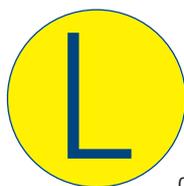
FINALIZADO EL VIADUCTO DE ALMONTE, GRAN HITO DE LA LAV MADRID-EXTREMADURA

Nuevo récord



JAVIER R. VENTOSA. FOTOS: FCC CONSTRUCCIÓN

El pasado 10 de octubre concluyeron al norte de Cáceres los trabajos de construcción del viaducto sobre el río Almonte, la estructura más emblemática de la línea de alta velocidad Madrid-Extremadura que Adif Alta Velocidad desarrolla entre Plasencia y Badajoz. Su excepcional arco de hormigón (384 metros de luz) ha convertido a este viaducto en la última joya de la ingeniería española y en un referente mundial al batir el récord de luz en su tipología para alta velocidad.



La ingeniería española ha sumado un nuevo hito a su catálogo de grandes obras tras la finalización del viaducto de Almonte, estructura de la futura línea de alta velocidad Madrid-Extremadura que salva con un único arco de 384 metros de luz el embalse de Alcántara (Cáceres). Con ello no solo ha superado la marca española de luz para un arco ferroviario

de hormigón, ostentada por el viaducto de Contreras de la LAV Madrid-Valencia (261 metros), sino que ha traspasado fronteras al convertirse en el récord mundial en su tipología para alta velocidad, superando en casi 50 metros al puente chino de Dashegguan (336 metros) y en más de 100 a los alemanes de Froschgrundsee y Grümpen (270 metros). Si se compara solo con puentes de arco de hormigón, sin distinción de tráfico, es el tercero de mayor luz a nivel mundial, solo por detrás del puente de Waxian en China (421 m) y muy cerca del mayor de los dos puentes entre las islas de Krk y Sveti Marko en Croacia (390 m).

Como todos ellos, el viaducto de Almonte debe su gran arco a los condicionantes orográficos y medioambientales impuestos por su emplazamiento, en este caso la gran anchura del cauce (formado por el río Almonte en su encuentro con la cola del embalse, con una luz superior a 350 metros), la imposibilidad de disponer apoyos sobre las aguas, el respeto a la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y la integración en un entorno de gran belleza, situado unos 20 kilómetros al norte de Cáceres. Los estudios de ingeniería Arenas y Asociados e Idom, autores del proyecto y que también han realizado la asistencia técnica de la obra, conjugaron estos condicionantes con criterios económicos, constructivos, de mantenimiento, durabilidad e integración ambiental a la búsqueda de alternativas tipológicas para un viaducto con esa luz, desde pórticos metálicos o de hormigón, puentes atirantados o arcos de hormigón con tablero superior, seleccionando finalmente esta última como la más adecuada. Como método constructivo se eligió el avance en voladizo del arco con ayuda de torres de atirantamiento provisional.

La construcción de la estructura, a cargo de la UTE Alcántara-Garrovillas (FCC Construcción y Conduril Ingeniería) –los servicios técnicos de la empresa española también realizaron el proyecto de detalle– y bajo dirección de Adif Alta Velocidad, ha sido todo un reto técnico para los ingenieros debido a la complejidad de ejecutar un arco con tantos metros de luz, inédito en la red de alta velocidad española, lo que ha exigido la utilización de los métodos constructivos más avanzados y de innovaciones tanto en medios como en materiales. Debido a esta gran luz, capaz de provocar oscilaciones por la interacción del viento sobre el viaducto, los cálculos estructurales previos han incorporado estudios y ensayos en túnel de viento sobre modelos a escala, que validaron la estructura durante las fases de construcción y explotación.

La estructura

El viaducto, que forma parte del tramo Embalse de Alcántara-Garrovillas de la línea de alta velocidad, se sitúa en un tramo recto en planta y presenta una pendiente



variable desde el 0,5% descendente según el avance de PK hasta el 1,5% ascendente, alcanzando una altura máxima de 80,7 metros sobre el río Almonte. Está constituido por tres partes diferenciadas: seis vanos de acceso (lado Madrid) con luces de 36 m + 5x45 m y un tablero continuo con sección cajón; el vano principal sobre el embalse, formado por un arco de 384 metros de luz que sostiene el tablero, con una distribución de luces de 45 m + 7 x 42 m + 45 m; y una serie de ocho vanos de acceso (lado Cáceres) con una distribución de luces de 7 x 45 m + 36 m. La longitud total de la estructura, por tanto, es de 996 metros, lo que la sitúa como el tercer viaducto de ferrocarril más largo de Extremadura tras los de Valdehervás (1.614 metros) y río Tago (1.488 metros, de similar tipología), de la misma línea de alta velocidad.

Esta distribución de luces tiene un doble objetivo: por un lado, disponer de un número suficiente de apoyos sobre el arco para propiciar un buen comportamiento estructural, y por otro, poder emplear un tablero con la misma sección en toda su longitud, facilitando de esta forma su construcción y mantenimiento. La solución de luces elegida, además, genera una imagen estéticamente equilibrada, ordenada y armoniosa con el entorno donde se levanta el viaducto.

El arco, el elemento que reviste a la estructura de su carácter singular, se ha construido con hormigón auto-compactante de alta resistencia. Está formado por dos tipos de sección, ambas huecas: octogonal en sus 210 metros centrales —una sección singular, dado que lo habitual en los arcos son las formas rectangulares, y que

ofrece un buen comportamiento aerodinámico— y hexagonal en los dos pies en que se bifurca, que se separan progresivamente hasta los 19 metros en sus arranques. En sus secciones de arranque el arco tiene un canto de 6,90 metros y una anchura de 3,70 metros, dimensiones que en la clave alcanzan los 4,80 y 6,00 metros respectivamente. El esquema de apoyo sobre cuatro puntos dota al puente de gran estabilidad transversal frente al empuje del viento y a los fenómenos dinámicos originados por el paso de los trenes a gran velocidad.

El tablero, por su parte, es una viga hiperestática de sección cajón, de hormigón pretensado ejecutada *in situ* y con un canto constante en todo el viaducto de 3,10 metros, siendo su parte central hueca con objeto de permitir la circulación para las labores de mantenimiento. Tiene una anchura total de 14 metros (6-7,40 metros del cajón más dos voladizos laterales), lo que permite alojar la plataforma de doble vía de ancho internacional sobre las que circularán los trenes de alta velocidad.

► Vista del viaducto desde una de las márgenes, donde se aprecian los dos pies en que se bifurca el arco hasta sus arranques.

Magnitudes de obra

Hormigón	56.550 m ³
Acero pasivo	8.407 t
Acero activo en tablero	490 t
Acero en tirantes	890 t
Acero en torres y estructuras atirantamiento	1.614 t
Anclajes al terreno	6.000 ml
Cemento inyectado al terreno	540 t

Fuente FCC Construcción.



Las pilas (15) y pilastras (8), tercer gran elemento del viaducto, presentan un fuste hueco de tipología octogonal, similar al arco, que se maciza en coronación, ofreciendo también un comportamiento aerodinámico muy beneficioso para la estructura, especialmente en el vano del arco dada su gran luz. Su altura es variable para adaptarse al perfil del terreno, oscilando entre los 65 metros de la pila 15, construida junto al río, y los 12 metros de la pila 22. Todas, salvo la 6 y la 15, tienen paredes de 0,40 metros de espesor y una zona superior maciza de 2,50 metros de altura; la 6 y la 15, debido a su altura y a su función como soporte de la torre de atirantamiento durante la fase de construcción, son de un hormigón de resistencia superior, tienen paredes de 0,70 metros y una zona maciza superior de 38,50 metros. Por su parte, los estribos son de hormigón armado, cerrados con aleta de vuelta.

Proceso constructivo

Los trabajos de construcción se iniciaron en agosto de 2011 y, tras diversas vicisitudes, han concluido en

Principales innovaciones

Las grandes obras de ingeniería afrontan condiciones particulares que hacen de ellas actuaciones únicas donde muy frecuentemente es necesario innovar, tanto en procedimientos constructivos como en medios técnicos o en materiales, para concluirlos con éxito. Es el caso del viaducto sobre el río Almonte, donde se han empleado las siguientes innovaciones principales:

✓ **Hormigón especial.** En la obra se han utilizado más de 60.000 m³ de hormigón de todo tipo, desde el más común en la obra civil, de 20 o 30 Mpa (megapascales), a los de alta resistencia. El proyecto estableció para el arco un hormigón con una resistencia a compresión superior a 80 Mpa y además autocompactante (exigencia de la alta densidad de la armadura y de la geometría de las secciones del arco), algo inédito en la construcción en España. FCC Construcción aprovechó un desarrollo aún no comercializado en el momento de estudio de su filial Portland Valderribas y, tras testarlo con éxito en laboratorio y en ensayos a escala, lo aplicó al arco cumpliendo con las especificaciones del proyecto. En el tablero se empleó hormigón de 40 Mpa en los vanos de acceso y de 60 Mpa en los vanos sobre el arco.

✓ **Torres de atirantamiento.** Estructuras metálicas auxiliares de 54 metros de altura, diseñadas ad hoc para la obra por los Servicios Técnicos de FCC Construcción. En vez de estar empotradas en el tablero, como es habitual, incluyen una articulación en su base que permite independizar el funcionamiento de la torre del resto de la estructura.

✓ **Ensayos en túnel de viento.** Al superar los 200 metros de luz, el viaducto ha sido sometido durante las fases de

proyecto y construcción a diversos estudios para comprobar la incidencia de efectos aerolásticos (fenómenos oscilatorios provocados por la interacción viento-estructura). En concreto, se han realizado un estudio de respuesta del viento sobre el viaducto, mediante ensayos sobre modelos seccionales de arco, y una campaña de ensayos aerolásticos en túnel de viento sobre modelos del puente completo, llevada a cabo en una universidad canadiense. Los ensayos han validado la estructura durante su construcción y posterior vida en servicio.

✓ **Monitorización.** Un sistema de instrumentación ha ejercido un control exhaustivo de la estructura durante la obra, midiendo en tiempo real diferentes parámetros y transmitiéndolos vía web a los usuarios con objeto de comparar el estado real y teórico del puente e introducir, en su caso, los ajustes necesarios. El sistema está formado por un equipo de adquisición, tratamiento y transmisión de datos a cada lado del arco, a los que se han conectado más de 250 sensores para captar datos del comportamiento de la estructura y del terreno adyacente, entre ellos células de carga (en los anclajes), extensómetros (en el arco), clinómetros (en pilas, pilastras, arco y torres de atirantamiento), barras extensométricas (en tirantes), extensómetros de varilla (en zapatas), sondas térmicas y anemómetros. También se ha realizado un control geométrico de la directriz del arco mediante aparatos de seguimiento topográfico en las distintas fases de obra, teniendo en cuenta tanto las contraflechas de construcción como la necesaria corrección térmica a la hora de comparar la geometría real de la directriz del arco con la obtenida mediante los modelos de cálculo.



octubre de 2016. Cronológicamente, el proceso arrancó con la construcción de las cimentaciones a ambos lados del cauce, resueltas mediante grandes zapatas directas ejecutadas sobre el sustrato rocoso. De especial envergadura ha sido la cimentación de los arranques del arco, que han obligado a ejecutar dos grandes macizos (el mayor de ellos, la zapata norte, de 37 metros de ancho, por 29 de largo y 19 de alto) para repartir sobre el terreno una carga de 40.000 toneladas. En el apoyo norte, la topografía obligó a realizar una cimentación asimétrica profundizando hasta 28 metros de altura y, para garantizar la máxima trabazón cimentación-terreno, se escalonó el fondo de la excavación en planos perpendiculares a la fuerza a recibir. Otras

actuaciones de cimentación reseñables han sido la ejecución de las zapatas de las pilas de retenida, con el anclaje previo de las mismas al terreno, y la mejora del terreno mediante inyecciones con lechada de cemento en las zonas afectadas por el arco y las zapatas de arranque y retenida de las pilas adyacentes.

► El viaducto ya terminado sobre el cauce ensanchado formado por el río Almonte y la cola del embalse de Alcántara.

El viaducto debe su gran arco a la anchura del cauce a salvar y a la imposibilidad de disponer apoyos sobre las aguas

Protección de la avifauna

La inserción del viaducto en el entorno natural del embalse de Alcántara ha incluido la implementación de varias medidas para preservar la vida animal, destacando entre ellas dos para la protección de las aves. Por un lado, tras un estudio ornitológico de las familias de aves afectadas por las obras, se detectó la presencia de una pareja de águilas reales, especie en peligro de extinción, que nidificaba en las cercanías. Para garantizar su seguridad, se construyeron varios nidos para que la pareja nidificara unos kilómetros aguas arriba, actuación culminada con éxito.

Por otro lado, en la parte superior del tablero se instalará una innovadora pantalla "avifauna" para obligar a las aves a remontar el vuelo en su encuentro con el viaducto y evitar así su colisión con los trenes o la catenaria. Frente a las habituales barreras opacas, esta singular pantalla, formada por perfiles tubulares verticales de acero de 3 metros de altura, mejora por su transparencia la integración estética y reduce al 10% las cargas de viento generadas.

Una vez finalizadas las cimentaciones y construidos los estribos (de hormigón armado, de tipo cerrado con aletas de vuelta), se procedió a la ejecución de los alzados de las pilas en los vanos de aproximación, ocho en el lado sur y seis en el lado norte, proceso que también se ha ejecutado de forma simultánea en ambas márgenes. El procedimiento constructivo empleado para esta fase ha sido el de encofrado trepante, en tramos de 5 metros de altura.

Secuencialmente, la siguiente fase ha sido la construcción de los dos tableros de acceso al arco, realizada desde ambos estribos. Inicialmente se han ejecutado los ocho vanos de aproximación del lado sur desde el estribo 2 hasta la pila 15, situada sobre el arranque del arco, totalizando unos 351 metros de tablero; luego se construyeron los seis vanos de aproximación del lado norte hasta la pila 6 de arranque, hasta un total de 261 metros. Esta fase ha sido ejecutada por el procedimiento vano a



► Fase final de la construcción del arco, con el sistema de atirantamiento montado, en una imagen de agosto de 2015.

vano mediante el concurso de una cimbra autolanzable de tipología superior, de 115 metros de longitud y más de 800 toneladas de peso, que está capacitada para ejecutar vanos de hasta 60 metros de luz. Una vez concluidos ambos tableros laterales, estos trabajos se han interrumpido temporalmente hasta la finalización del arco.

La distribución de luces del viaducto genera una imagen equilibrada, ordenada y armoniosa con el entorno

La construcción del arco, tramo principal del viaducto, ha constituido la fase más compleja y vistosa de la obra. El procedimiento empleado ha sido el de avance por voladizos sucesivos mediante carro de avance desde ambos lados, salvo las dos primeras dovelas de cada semiarco, realizadas con cimbra apoyada al terreno. En total, para completar el arco se han hormigonado 65 dovelas de hasta 6,74 metros de longitud (32 por semiarco más la dovela clave, ejecutada en agosto de 2015). Durante la ejecución y hasta su cierre, el arco ha estado sustentado por un sistema de atirantamiento provisional, formado por 26 parejas de tirantes de acero por cada semiarco, anclados, según la sección que sustentan, en la parte superior de la pila extrema y en una torre metálica auxiliar, más los correspondientes tirantes de retenida, anclados en las cimentaciones de las pilas adyacentes, sobre los que se han realizado maniobras de tesado y destesado para equilibrar el sistema.

En esta fase se han empleado importantes medios auxiliares, entre ellos dos torres metálicas de 54 metros de altura colocadas sobre las pilas extremas del arco, destinadas a los tirantes que sustentan el arco; un carro doble de hormigonado por cada semiarco, con un peso unitario de 240 toneladas, capaz de ejecutar tanto la sección doble en los 87 metros iniciales como la sección única libre en el tramo central; dos grúas de grandes dimensiones y dos de tamaño medio apoyadas sobre el arco para el traslado de materiales; y un sistema de anclajes provisionales al terreno para sujetar las zapatas de las pilas adyacentes. Todos ellos fueron retirados una vez que el arco se cerró y, por tanto, alcanzó su autoestabilidad.

La última fase ha consistido en la reanudación de los trabajos de la parte restante del tablero, la situada sobre el arco recién ejecutado. Inicialmente se erigieron las ocho pilastras para sustentar al tablero, separadas 42 metros entre sí. Posteriormente se procedió, simultáneamente desde ambos lados, a la construcción del tablero que sobrevuela las aguas, mediante autocimbras similares a las empleadas en las partes situadas sobre tierra. Tras el hormigonado de los cuatro vanos por lado, realizado simétricamente para no inducir esfuerzos excesivos al arco, se construyó el vano sobre la clave del arco, operación delicada ya que en esta zona se conectan ambos extremos y se transfieren mutuamente sus cargas. Una vez finalizada, se hormigonaron las dovelas de cierre norte y sur de la estructura y se realizó el pretensado de continuidad del tablero en los vanos centrales sobre la clave del arco, operaciones completadas el pasado 10 de octubre, con las que se dio por concluido el viaducto. A falta de detalles de acabado, la estructura ha quedado preparada para alojar en su parte superior la plataforma y la superestructura de la línea de alta velocidad Madrid-Extremadura. ■



TALGO AVRIL, LA NUEVA GENERACIÓN DE TRENES DE ALTA VELOCIDAD

El AVE de mayor capacidad

JAVIER R. VENTOSA. ILUSTRACIONES: PATENTES TALGO

Renfe Operadora ha resuelto el concurso para ampliar la flota AVE con la adjudicación a Patentes Talgo del contrato de suministro y mantenimiento durante 30 años de 15 unidades del tren Avril, con opción a 15 más, obteniendo una importante mejora sobre el precio de licitación. "Es el mejor tren para Renfe, el más eficiente y el más barato", subrayó el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, al anunciar el fallo del concurso. El Avril es una plataforma polivalente, con versiones adaptables a cada operador, que combinará la alta velocidad con gran capacidad, plena interoperabilidad y eficiencia energética. Entrará en servicio en 2020.



► Ilustración del tren Talgo Avril, futura incorporación a la flota AVE de Renfe.



E

l Avril (acrónimo de Alta Velocidad Rueda Independiente Ligero) conformará la nueva generación de trenes AVE de Renfe Operadora tras imponerse como mejor oferta económica y técnica a los modelos presentados por los principales fabricantes europeos en el concurso convocado hace un año por la operadora pública y fallado por su consejo de administración el pasado 28 de noviembre. Su adquisición está destinada a atender la creciente demanda de servicios de alta velocidad (aumento del 60% desde 2013), la apertura de nuevas líneas AVE y el proceso de liberalización de los servicios de viajeros. Con la incorporación del Avril, Renfe dispondrá en la próxima década de la flota de trenes de alta velocidad “más moderna de Europa”, en palabras del ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, durante el anuncio del resultado del concurso.

El denominado “contrato del siglo” ganado por Patentes Talgo —el de mayor cuantía económica en la historia de Renfe— contempla la fabricación y suministro de 15 unidades del tren Avril y su mantenimiento durante 30 años por un importe de 786,5 M€, lo que supone una rebaja del 28,2% sobre el presupuesto base de licitación, estableciendo un coste de 22,5 M€ por tren fabricado y de 2,49€ de mantenimiento por kilómetro recorrido. Renfe Operadora, en función de sus necesidades, tiene la opción de ampliar el contrato con el su-

ministro de otros 15 trenes y la prolongación del mantenimiento hasta 40 años, en cuyo caso el importe global ascenderá a 1.495,4 M€, con un ahorro del 43%. Como novedad, el mantenimiento se ha adjudicado por toda la vida útil del tren, frente a la práctica común de siete o 14 años, y lo realizará una empresa mixta formada por Talgo y Renfe Integria Fabricación y Mantenimiento.

A partir de la fecha de adjudicación, el fabricante dispone de un plazo de 28 meses para entregar los primeros trenes —su homologación debe estar lista

► El diseño aerodinámico de la cabeza tractora es una de las rasgos más acusados del Avril.

El Talgo Avril, en cifras

Velocidad máxima	363 km/h
Velocidad comercial	330 km/h
Capacidad	500-600 pasajeros
Configuración	2 cabezas, 12 coches
Ancho de vía	1.435 mm
Altura de piso	760 mm
Longitud	201,9 m
Ancho caja coches	3.200 mm
Peso en vacío	317 ton
Nº ejes	21
Tensión	25 kV CA (trifase opcional)
Potencia	2x4.000 kW (trifase opcional)

Fuente: Talgo

► El ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, durante el anuncio del fallo del concurso.

en un plazo de 38 a 42 meses— y de 50 meses para completar la primera fase del contrato. Los trabajos, que arrancarán dentro de un año, se llevarán a cabo en las factorías de Patentes Talgo en Las Matas II (Madrid), donde se desarrollarán las cabezas motrices, y Ribavellosa (Álava), donde se fabricarán los coches. La fabricación del tren Avril generará un millar de puestos de trabajo directos e indirectos durante los próximos cinco años, mientras que su mantenimiento propiciará la creación de un centenar de empleos/año durante toda la vida del contrato (30 y 40 años).

La adjudicación del concurso constituye un gran éxito para Patentes Talgo, empresa que ha invertido ocho años de investigación y más de 50 M€ en el desarrollo del proyecto Avril, con el que se consolidará como principal proveedor de trenes AVE de Renfe. Pero, sobre todo, es un enorme espaldarazo para este nuevo modelo de tren que, al ser seleccionado por la operadora pública española para circular por las vías de alta velocidad de su propio país superando a algunos de los principales fabricantes mundiales, se ha situado en una posición excelente en el mercado internacional de cara a próximos concursos de trenes de alta velocidad en otros países.

▶ Plataforma polivalente

Más que un tren, el Avril es una plataforma tecnológica polivalente o familia de trenes de alta velocidad que el departamento de I+D del fabricante desarrolla desde hace ocho años con el foco puesto en las demandas futuras del mercado ferroviario de transporte de pasajeros, en función de tres factores principales: reducir las inversiones que debe afrontar el operador, recortar los costes de ciclo de vida del tren y minimizar el impacto medioambiental de la explotación.

Esta plataforma fue anunciada conceptualmente en septiembre de 2008 y su primer prototipo fue presentado en la feria berlinesa InnoTrans en 2012. Desde entonces, el prototipo ha completado 75.000 kilómetros por distintas vías españolas de alta velocidad durante su preceptivo periodo de pruebas (2014-2016), alcanzando 363 km/h como velocidad máxima sostenida con rodaduras de ancho fijo y 350 km/h con rodaduras de ancho variable, y el pasado mes de julio finalizó su proceso de certificación oficial, quedando facultado para su explotación comercial. No obstante, el tren ofertado en el concurso de Renfe ha evolucionado respecto al prototipo, algo perceptible especialmente en el diseño exterior de su cabeza motriz. Su velocidad comercial ha quedado establecida en 330 km/h.

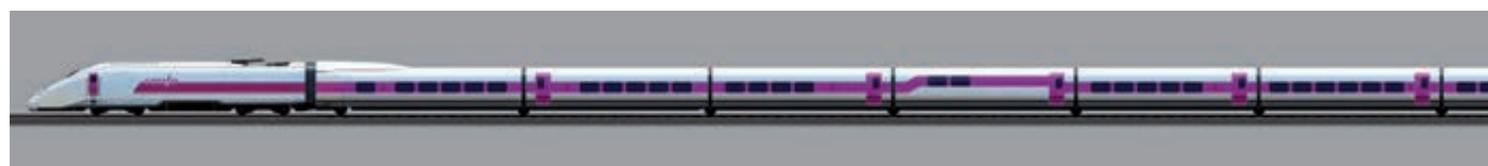




La arquitectura del Avril está basada en los principios tecnológicos de Talgo, como rodadura independiente guiada (menor consumo energético, menor coste de mantenimiento del material rodante y de la vía), piso bajo continuo (a la altura del andén, sin escalones, propicia la autoaccesibilidad y la movilidad), ligereza (el uso de aleación de aluminio y un equipamiento interior liviano, unido a la reducida longitud de los coches, reduce el peso del tren 100 toneladas respecto a otros modelos, ahorrando en la factura energética y en man-

tenimiento; según el fabricante, “son los trenes más ligeros del mercado de alta velocidad”), trenes totalmente articulados (mayor fiabilidad y seguridad), rodadura desplazable (aplicada como opción por primera vez a la muy alta velocidad, garantiza la interconexión con las vías convencionales) o el sistema de pendulación natural (mayor velocidad en curvas, evita obras para mejorar la infraestructura). Estas características, unidas al diseño aerodinámico, contribuyen a generar un bajo consumo energético por pasajero y por kilómetro, configu-

► La composición estándar del tren Avril está formada por dos cabezas motrices y 12 coches.





rando un tren energéticamente eficiente (hasta un 25% más que las series precedentes) y con bajos costes de explotación.

Concebido como una plataforma flexible, el Avril, cuyo prototipo equipaba ocho motores síncronos y tracción distribuida, incorporará soluciones tecnológicas a la carta, en función de las necesidades de cada operador. Así, podrán existir versiones de ancho fijo (1.435, 1.520 y 1.688 mm) y de ancho variable para circular por vías de distinto ancho; para líneas electrificadas (incorpora la

Una flota heterogénea

El Talgo Avril será la última incorporación a la flota AVE de Renfe Operadora, un conjunto heterogéneo compuesto por cerca de un centenar de trenes de los principales fabricantes mundiales que se ha configurado en el último cuarto de siglo. La operadora los clasifica en las siguientes series:

* **Serie 100.** Primer tren de alta velocidad que circuló en España, destinado desde abril de 1992 a la línea Madrid-Sevilla. Fabricado por Alstom, es una evolución del TGV Atlantique galo, aunque adaptado a la red española. En total, se entregaron 24 unidades en dos fases. Hacia la mitad de su vida operativa, estos trenes fueron sometidos a una completa modernización, culminada en 2009, que rebautizó la serie como S 100R. En 2012, 10 unidades se adaptaron para explotar las nuevas líneas de alta velocidad entre España y Francia, configurando la serie S 100F. Velocidad comercial: 300 km/h. Plazas: 332 en ocho coches.

* **Series 102/112.** Trenes fabricados por el consorcio Talgo-Bombardier en dos fases: 16 unidades de S 102 (encargadas en 2001 y en servicio desde 2005) y 30 unidades de S 112 (contratadas en 2005 y entregadas entre 2008 y 2010). Ambas series se basan en el Talgo 350, bautizado como "pato" por el peculiar morro aerodinámico de su cabeza motriz, aunque la serie 112 incorpora más plazas. Actualmente cubren ocho líneas de alta velocidad, seis con origen Madrid (León, Málaga, Valladolid, Huesca, Valencia y Albacete) y dos con origen Barcelona (Málaga y Sevilla). Velocidad comercial: 330 km/h. Plazas: 316 (S 102) y 362 (S 112), ambos en 12 coches.

* **Serie 103.** Versión mejorada del ICE 3 alemán, fabricada por Siemens. La serie está formada por 26 unidades, encargadas en dos fases, y presta servicio desde mediados de 2007. Cuenta con tracción distribuida, lo que permite la utilización completa de su espacio interior para los viajeros. Actualmente circulan por las líneas de alta velocidad Madrid-Málaga, Madrid-Zaragoza-Barcelona y Madrid-Sevilla. Velocidad comercial: 350 km/h. Plazas: 404 en ocho coches.

* **Otras series.** Renfe Operadora completa su flota de trenes capaces de alcanzar los 250 km/h con otras 161 unidades encuadradas en seis series, en su gran mayoría en servicio desde la pasada década. Para los servicios Avant de Media Distancia, dispone de 90 trenes de las series 121 (57 unidades), 104 (20) y 114 (13), fabricados por el consorcio CAF-Alstom. El servicio Alvia de Larga Distancia es realizado por 71 trenes de las series 120 (12 unidades), 130 (45) y 730 (14), fabricados por los consorcios CAF-Alstom (la primera serie) y Talgo-Bombardier (las dos restantes).





► Configuración interior de un coche de clase preferente, con 2+2 asientos (izquierda), y de clase turista (debajo), con un esquema de 3+2 asientos.

opción tritensión para los distintos sistemas de electrificación europeos), sin electrificar (con apoyo de grupos generadores diésel, propiciando un rango más amplio de destinos y simplificando las operaciones de *last mile*) o duales; para gálibo estándar o ancho; versiones con distintas velocidades de operación o diferente número de coches; y versiones que embarcan los distintos sistemas de mando y control de trenes en servicio en Europa (ERTMS, TVM, LZB, PZB Indusi, ALSN, ATC, BACC, CONVEL, ASFA Digital...). Es decir, se podrán fabricar trenes plenamente interoperables con los distintos anchos de vía, sistemas de electrificación y de señaliza-

ción existentes en Europa, un factor determinante de cara a la implantación del futuro espacio ferroviario europeo único.

▲ Capacidad y versatilidad

Uno de los rasgos más acusados del Avril es la amplitud de sus coches, más cortos pero más anchos que los de la competencia (3.200 mm frente a 2.900 mm), sin superar los límites de gálibo. Esta característica, unida a la distribución de equipos de tracción fuera de la zona de pasajeros, propicia un mejor aprovechamiento



► El Avril incorpora nuevos espacios para el equipaje, con posibilidad de colocar maletas bajo el asiento.



del espacio interior y, por tanto, permite la máxima capacidad en un único piso.

La plataforma Avril, cuya composición estándar está formada por 12 coches (tres de clase preferente, ocho de turista y un coche cafetería), presenta una capacidad que oscila entre 500 y 600 pasajeros, aunque la versión contratada por Renfe Operadora albergará un total de 521 pasajeros (416 en turista y 105 en preferente, más dos plazas para personas con movilidad reducida). Esto supone que la oferta de asientos del futuro Avril es muy superior a las del resto de trenes de la actual flota de alta velocidad de Renfe Operadora, concretamente un 30% más que la del AVE S 103 y un 47% más que la del AVE S 112. Con un mayor número de pasajeros por servicio se incrementa el aprovechamiento de material rodante y se pueden

ofrecer precios más competitivos, lo que redundará en una mayor rentabilidad para la operadora.

La configuración interior estándar de los coches presenta una nove-

dosa distribución para la clase turista, con un esquema de 3+2 asientos, también tapizados en piel, situados a ambos lados del pasillo (inspirada en la existente en el transporte aéreo), sin alterar la anchura de la butaca o del pasillo ni la distancia entre asientos, lo que garantiza el confort del pasajero. Para la clase preferente se mantiene la clásica distribución 2+2, con asientos ergonómicos tapizados en piel y pantalla plana de vídeo en el respaldo. No obstante, la distribución se adaptará a la demanda, por lo que existen esquemas 3+2, 2+2 y 2+1. Además, todos los asientos están situados sobre carriles interiores, orientables en el sentido de la marcha, lo que permitirá su adaptación para todos los usos (viajeros individuales, parejas o grupos, desde 3 a 6 personas), aportando mayor versatilidad en la configuración de la oferta de clases.

Asimismo, se ofrecen nuevos espacios para el equipaje (hasta 206 litros por plaza), con la posibilidad de colocar maletas debajo de los asientos, así como wifi en todo el tren. Los coches también se podrán segmentar por ambientes, adaptando su interior a distintas funciones —sala de reuniones, guardería, sala de exposiciones...— gracias a paneles y mamparas móviles, ofreciendo una gran versatilidad al operador. ■

El Talgo Avril podrá transportar un total de 521 pasajeros, una capacidad muy superior a la de los otros trenes AVE de la flota de Renfe



LA AUTORIDAD PORTUARIA DE BILBAO INICIA LA CONSTRUCCIÓN DEL ESPIGÓN CENTRAL

Ampliación estratégica

PEPA MARTÍN. FOTOS: AP BILBAO

El Puerto de Bilbao culmina, con el arranque de la construcción del espigón central y la estabilización de la antigua cantera de Punto Lucero, un ambicioso proyecto de ampliación que le permitirá aliviar los actuales altos índices de ocupación de sus instalaciones tras ganar 600.000 m² de nueva superficie.



Desde aquella ubicación original en la ribera superior de la ría de Bilbao, en la que se mantuvo hasta la década de los 80 del siglo pasado, el puerto de la capital vizcaína ha seguido creciendo gracias a un proyecto de ampliación muy ambicioso que le ha permitido situar la mayor parte de sus instalaciones en la parte inferior de la ría, llegando a día de hoy hasta Santurtzi, Zierbena, Getxo, Portugalete y Abanto, en lo que hoy se conoce como el Abra Exterior.





► Vista aérea del muelle de cruceros y, debajo, del inicio de obras en el espigón central.

Ahora esa ampliación, iniciada en 1992, culmina con la construcción de un nuevo muelle, que se ha denominado el espigón central por su ubicación en la zona abrigada por el dique de Zierbena y su contradique. La primera fase de obras ya está en marcha después de que el Consejo de Administración de la Autoridad Portuaria haya adjudicado su ejecución por un total de 79,3 millones de euros, presupuesto que también incluye la estabilización de la antigua cantera de Punta Lucero.

Se da la circunstancia de que las obras, que tendrán un plazo de ejecución de 39 meses, tendrán un coste inferior al presupuestado inicialmente, que fue de 125 millones de euros, un 36,54 por ciento menos. De los 79,3 millones, un 80 por ciento los aportará la propia Autoridad Portuaria, y el 20 por ciento restante será financiado por la Unión Europea con cargo al programa Connecting Europe Facility (CEF).

▲ Espigón

La construcción del espigón es un proyecto estratégico que permitirá al puerto bilbaíno sumar un espacio de 600.000 metros cuadrados. Con ello se aliviará también el alto índice de ocupación de las instalaciones, que está ya en algunos momentos por encima del 80 por ciento y que, con las previsiones que se manejan hoy, si no se genera nuevo suelo portuario, alcanzará el cien por cien en los próximos tres años. En una primera fase serán 334.000 metros cuadrados de explanadas de muelle los que se ganarán al mar, la mitad oeste del Es-

pigón Central, con 1.081 metros de línea de atraque que permitirán el acceso de barcos de gran tamaño gracias a una profundidad de calado de 21 metros.

Se construirán en total 26 cajones de 24 metros de puntal, 46 de eslora y 17 de manga –cada uno será como un edificio de ocho plantas de altura–. Los cajones





serán remolcados desde su punto de fabricación para depositarlos luego, mediante hundimiento controlado, en el punto preciso de su ubicación. La construcción de cada uno de estos bloques se efectuará en tierra, en el cercano muelle AZ3, y el posterior remolque será posible gracias a las celdas huecas diseñadas en su interior.

Para la plataforma donde se alojarán los cajones se utilizarán 8,5 millones de metros cúbicos de material de relleno que se irán depositando en el centro de la zona de abrigo, buena parte de los cuales procederán de la cantera de Punta Lucero así como de bancos de arena cercanos.

Con la construcción del nuevo muelle se espera abrir la puerta a la instalación de nuevas compañías en el

puerto bilbaíno, un objetivo que sin duda alguna permitirá apuntalar a esta infraestructura como nudo logístico estratégico en el norte de la península y en el Corredor del Atlántico. De acuerdo con los estudios, las previsiones son que, con la ampliación, el tráfico de mercancías se pueda incrementar en 4,4 millones de toneladas anuales y en otros 565.000 el número de contenedores que por allí pasan. Todo ello, a su vez, contribuirá a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en el interior de las instalaciones.

► Punta Lucero

Aunque la construcción del espigón y la estabilización de la cantera de Punta Lucero son proyectos independientes, ambos han sido englobados en un único contrato. Gracias a ello se han podido optimizar los recursos económicos, al tiempo que se logra también reducir el impacto medioambiental del proyecto, pues se reduce notablemente el tránsito de camiones en el recinto portuario, se evitan movimientos innecesarios de material y no se hacen precisas tampoco nuevas excavaciones en otras canteras del entorno, ya que el material sobrante de la de Punta Lucero se aprovechará para el relleno del muelle.

La estabilización de la antigua cantera de Punta Lucero consistirá en el peinado de la zona desde la cota más alta a la más baja mediante pequeñas voladuras controladas; se acometerán también dos pozos-túneles y otras obras auxiliares estableciendo nuevos taludes y

Mejora en la actividad

El Puerto de Bilbao cerró 2015 con datos positivos tras registrar un movimiento de mercancías superior a los 32 millones de toneladas, un crecimiento del tráfico de cerca del 5% respecto a 2014, en línea con las estadísticas registradas desde 2013. La mejora de la actividad consolida a este puerto como el quinto más importante del país, después de Algeciras, Valencia, Barcelona y Tarragona.

También el País Vasco afianza su posición como uno de los destinos más atractivos entre los circuitos europeos de cruceros, teniendo en cuenta que por los muelles de Getxo llegaron en 2014 cerca de 60 barcos de pasajeros –14 más que en 2013– y un total de 80.161 cruceristas, lo que supuso un crecimiento del 43 por ciento sobre el año anterior.



Evitar el colapso de las redes portuarias

Siempre que no se actúe con la suficiente antelación para evitarlo, la Unión Europea prevé que la tendencia al alza en el tráfico marítimo provocará un grave problema de congestión en el año 2030 en todos los puertos europeos, incluidos los del Corredor Atlántico. Dicha congestión vendría dada por el incremento del tamaño de los buques, que necesitarían cargar y descargar mayor número de mercancías, lo que a su vez aumentaría el tiempo de espera para entrar al puerto.

Es por ello que el 20 por ciento del presupuesto necesario para culminar este proyecto de ampliación procede de fondos con cargo al programa Connecting Europe Facility (CEF), cuyo objetivo es conectar Europa financiando proyectos que permitan completar las redes transeuropeas de energía, transporte y telecomunicaciones, como es el caso de esta ampliación del puerto bilbaíno, con la que aumentará su capacidad y se podrá reducir la congestión marítima en torno a un 20 por ciento una vez finalizada.

bermas, que permitirán evitar el riesgo de la caída de material. El objetivo es que no se produzcan episodios de deslizamiento y desprendimiento de los bloques rocosos y dar una solución definitiva y más integrada a todo el entorno.

La cantera está ubicada en el término municipal de Zierbena, y comenzó a explotarse para suministrar material para la ampliación del Puerto de Bilbao desde los años 70 y hasta hace unos 15 años. En su mayor parte presenta unas condiciones estables, excepto en una zona muy concreta donde la disposición de las lajas de roca y los estragos originados por los temporales y las bruscas oscilaciones térmicas le hacen acusar ya un cierto deterioro. Así, algunos de los últimos desprendimientos han obligado, por razones de seguridad, a cortar el vial que discurre a sus pies y a proteger, mediante un cinturón de bloques de hormigón, aquellas instalaciones que por su radio de proximidad a la cantera son más susceptibles de verse alcanzadas por el rodar de alguna roca.

► Vista aérea del espigón central y, sobreimpresa, planta de la sección de ampliación con los nuevos atraques.



Impacto Ambiental

Tanto para la construcción del espigón central como para la estabilización de Punta Lucero ha sido preceptivo realizar el Estudio de Impacto Ambiental, además de la correspondiente Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Para ello y con carácter previo se efectuaron diversos estudios tendentes a la identificación y caracterización de los distintos elementos del ecosistema, como sedimentos, biosfera marina, dinámica del litoral, corrientes y dispersión de partículas en suspensión, etc. Tras ello se definieron las medidas correctoras y de protección concretas, como las que se refieren a cortinas antiturbidez, dragado y vertido, cambio climático, control y mapa de ruido o diseño y vigilancia de los recintos de contención del material de relleno. Se incorporó también un estudio de maniobras de buques y un programa de vigilancia para el seguimiento y control de la calidad del agua, del aire, de los niveles de ruidos y de las comunidades bentónicas. Tanto el Estudio como la Declaración de Impacto Ambiental obtuvieron la corres-

Ya en la primera fase de obras se ganarán 1.081 metros lineales de línea de atraque, que permitirán el acceso a buques de gran tamaño

pondiente aprobación del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Entre las medidas que se llevarán a cabo para desarrollar el programa de vigilancia ambiental, tanto en la fase de ejecución de las obras como con posterioridad, cabe destacar que se emplazarán, en distintos puntos de la zona afectada, varias estaciones de control y monitorización y se implantará también un sistema adicional de seguimiento de la calidad del aire. Los resultados obtenidos por las distintas estaciones serán accesibles y podrán ser seguidos a través de la web de la Autoridad Portuaria de Bilbao, donde se publicarán con carácter periódico. Además de ello, también se realizará una monitorización continua de posibles movimientos de tierra en la zona a través de seis sismógrafos registradores, y se llevarán a cabo igualmente registros diarios de niveles de ruido, partículas en suspensión y calidad de las aguas. Se trata de anticipar cualquier posible anomalía y evitar así cualquier posible efecto no deseado en el medio natural de las obras de estabilización. Así, su seguimiento se completará con campañas de levantamiento topográfico, batimétrico de la zona submareal adyacente y caracterización del sedimento superficial. Se ha previsto asimismo realizar el seguimiento anual, a lo largo de la próxima década, de la evolución del estado de las seis playas más cercanas a la zona de obras, en concreto de las situadas en la parte exterior del Abra, hasta Atxabiribil, y en el caso de los arenales más cercanos, como los de Ereaga, La Arena y Arrigunaga, el seguimiento se efectuará cada seis meses. ■



*LOS PROYECTOS DE DESARROLLO DE LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD
EN ESTADOS UNIDOS (IV): NUEVA ESPAÑA CONNECTION*

Por las Llanuras de la antigua Florida Española

LUIS FORT LÓPEZ-TELLO Y CARMEN FORT SANTA-MARÍA

El cuarto artículo de la serie iniciada en la Revista Fomento “Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos”, tiene por subtítulo “Nueva España Connection”, al igual que los anteriores se titularon “Colorado Connection” (Del Pacífico a las Rocosas), “Texas Connection” (El descenso de las Rocosas) y “Mississippi Connection” (De las Rocosas al Mississippi).

Este artículo se ocupa de las líneas que discurren por los territorios de la antigua Florida Española, una vez pasada la desembocadura del Mississippi, en la región de las llanuras costeras “Gulf&Atlantic Coastal Plains” en la Península de Florida. En él se conecta (“Nueva España Connection”) con las líneas HSR que discurren por Nueva España, concretamente con la “Gálvez Line” (New Orleans-Mobile) en el Estado de Alabama.

► A la izquierda, vista de Jacksonville y, al lado, el lago Eola en el centro de la ciudad de Orlando.



Las líneas de la Florida HSRS (cuatro estatales, completamente en el Estado de Florida y dos interestatales conectando con los Estados de Alabama desde Mobile y de Georgia hasta Savannah), son objeto de la Unidad Estructural IV (del desarrollo de la U.S.H.S.R.S., planteado de acuerdo al proceso histórico de formación de los Estados Unidos ya referido en los anteriores artículos) “Florida Española”.

▶ Comienzo de la historia de Europa en EE UU

El 12 de Octubre de 1492, Cristóbal Colón con las tres carabelas “La Pinta”, “La Niña” y “La Santa María”, en expedición con financiación y apoyo de los Reyes Católicos de España, Isabel y Fernando desembarcó en Santo Domingo, iniciando la presencia de Europa en América a través de españoles.

En 1501, los exploradores españoles habían cartografiado la línea de costa atlántica al norte de Florida hasta pasada la Bahía de Chesapeake (ver mapa pág. 25).

En 1513, Juan Ponce de León, tras ejercer como gobernador de Puerto Rico, realizó el primer gran esfuerzo para implantar un establecimiento permanente en América del Norte, lanzándose a la exploración de una “misteriosa” tierra al norte de La Española que bautizó con el nombre de La Florida por haberla descubierto en Abril de 1513 durante la “Pascua Florida”. Murió en 1521, sin completar su colonización.

En 1526, Lucas Vázquez de Ayllón, rico hacendado español de Santo Domingo fundó el primer asentamiento europeo en lo que hoy es Estados Unidos en San Miguel de Gualdape (de vida efímera y poco documentado, podría ser Guadalupe). Ya en 1521 había enviado a Francisco Gordillo hacia el norte a explorar el continente. Llegado éste a las Bahamas, en unión de Pedro de Quexos navegaron hasta desembarcar en el “Río de San Juan Bautista”, posiblemente el actual “Pee Dee River”, donde uno de los nativos Francisco de Chicora les habló de una “nueva Andalucía” en la actual Carolina del Sur. Para explorar la “Tierra de Chicora”, Vázquez de Ayllón zarpó a mediados de Julio de 1526 desde Santo Domingo en tres barcos con 600 colonos y 100 caballos. Perdió uno de sus tres barcos en el “Río Jordán”, probablemente el actual “Santee River”.

El resto de la expedición desembarcó en “Winyah Bay”, cerca de la actual Georgetown, Carolina del Sur, el 29 de Septiembre de 1526 (Fiesta de los Arcángeles). Chicora abandonó el grupo y escapó a los bosques. El resto, según las crónicas, recorrió unas 45 leguas, parcialmente en tierra y parcialmente en barco, aunque no está documentado en qué dirección. Visitaron, según Peter Martyr, al rey de Duahe, llegando a otro río, el Gualdape, donde construyeron la misión San Miguel de Gualdape. Su fundación se data el 8 de Octubre de 1526. Historiadores americanos sugieren que las 45 leguas re-



corridas por la expedición de Vázquez de Ayllón podían haberse realizado en dirección sudoeste, opinando alguno que el río Gualdape era el "Savannah River" en Georgia y algún otro, recientemente, que el asentamiento español estaría en o cerca de "Sapelo Island" en Georgia. En cualquier caso, la colonia resultó fallida. Su establecimiento duró unos tres meses, a causa de un severo invierno y de una sublevación de esclavos (la primera documentada en Norte América). Vázquez de Ayllón murió allí en los brazos de uno de los frailes dominicos que integraban la expedición: Fray Antonio de Montesinos y Fray Antonio de Cervantes, a los que les cabe el honor de hacer de este lugar San Miguel de Gualdape la primera localidad de Estados Unidos en donde se celebró misa. En la primavera de 1527, Francisco Gómez retornó a La Española, en el único barco que no se hundió, con los 150 supervivientes de la expedición.

En 1528, Pánfilo de Narváez se adentró en la península de Florida desde su costa Oeste, explorando a pie el interior, mientras barcos con suministros debían esperarle más al norte. En Abril de 1528, la expedición de Narváez llega a las proximidades de Tampa con la intención de fundar una colonia, pero no encuentran los barcos, sucumbiendo ante las adversidades tanto Narváez como la mayor parte de sus hombres. Entre los pocos supervivientes se encontraba Alvar Nuñez Cabeza

de Vaca que estuvo viajando ocho años junto a otros tres españoles por los parajes inmensos del sureste de Nueva España, conviviendo con los nativos que les atribuirían poderes milagrosos, según se refirió en el artículo subtulado "Mississippi Connection"

En 1539, Hernando de Soto emprendió desde la bahía de Tampa un recorrido de miles de kilómetros, desde Florida a Missouri, como también se comentó en el artículo "Por las Grandes Llanuras al Golfo de México", acompañado de Juan Ortiz, otro superviviente de la fa-

▶ Arriba y punteadas en rojo, las principales rutas seguidas por los exploradores españoles en La Florida. Debajo, Capitolio de Tallahassee.



► Junto a estas líneas itinerarios de las líneas de alta velocidad (HSRL) en Florida. Debajo, La Florida según el mapa de Diego Gutiérrez de 1562.



lida expedición de Narvéez, al que rescató de los “indios Calusa”, con quienes respetó un tratado de paz y estableció un pequeño puesto de avanzada, abandonado también al no encontrar riquezas importantes ni interés de los indios nativos en convertirse al catolicismo. De Soto y muchos de sus hombres fallecieron en el camino.

En 1559, Tristán de Luna y Arellano fundó un poblado clave en el pasado español de Norteamérica, primero establecido por europeos en lo que hoy es Estados Unidos, que logró durar varios años, en Pensacola,

según ha salido a la luz el pasado 2 de Octubre de 2015, al efectuar el derribo de una casa en el centro de Pensacola, hallazgo realizado gracias al historiador local Tom Garner que lo notificó a la UWF (Universidad del Oeste de Florida). El núcleo de población de Luna sobrevivió entre 1559 y 1561 pese a las dificultades. Su expedición había partido de Veracruz (México) con once naves y 1500 personas a bordo, entre soldados, colonos, esclavos e indios. Bautizado como Santa María el nuevo poblado suponía el primer intento serio por España de adueñarse de la costa norte del Golfo de México. Pero al mes de llegar, un devastador huracán hundió parte de la flota y acabó con los víveres. Dos años después, aquel incipiente poblado se acabó desmantelando. Este enclave precedió en seis años a la fundación en la costa atlántica de Florida, también por españoles, de San Agustín y casi medio siglo a la llegada de los ingleses a Jamestown (Virginia).



► Líneas Ferroviarias de Alta Velocidad (HSRL) en Florida Española

En 1565, Pedro Menéndez de Avilés fundó San Agustín, dando por fin fruto los esfuerzos de los españoles por asentarse de forma permanente en Norteamérica.

FLORIDA ESPAÑOLA	Gulf Coastal Plains Project		Gulf Coastal Plains Project		Gulf Coastal Plains Project		Gulf Coastal Plains Project	
Líneas	"Yo solo, Pensacola Line" "Mobile (AL)-Tallahassee"		"Independency Line" "Tallahassee-Jacksonville"		"Narváez ,Nuñez & De Soto Line" "Orlando-Tampa"		RESUMEN GULF "Mobile(AL)-Tampa"	
Longitud Total (km, miles)	365	(227mile)	275,0	(171mile)	140,0	(87mile)	780,0	(485mile)
Desmontes / áreas de relleno (km) (%)	351,6	(96,33%)	271,5	(98,73%)	135,6	(96,79%)	758,6	(97,26%)
Longitud Total de Túneles (km)	0,0	(0,00%)	-	(0,00%)	-	(0,00%)	-	(0,00%)
Longitud Total de Viaductos (km)	13,4	(3,67%)	3,5	(1,27%)	4,5	(3,21%)	21,4	(2,74%)
Estaciones Principales	PENSACOLA		Baldwin Fork		ORLANDO(Meadow Connection) / MALIBU		PENSACOLA/Baldwin Fork/ORLANDO/MALIBU	
Velocidad media (km/h)	302		308		324		308	
Total Movimiento de Tierras (Mm³)	40,33		26,77		21,72		88,82	
Túneles Largos (≥6 Km) (ud. Km Totales)	0	(0,00%)	0	(0,00%)	0	(0,00%)	0	(0,00%)
Viaductos principales (>400 m luz) (ud Km Totales)	5	(8,00)	-	-	1	(1,60)	6	(9,60)
Presupuesto (A+B+C+D+E+F) (M\$)	4.117		2.247		2.141		8.505	
Movimiento de Tierras (a) (M\$)	1.009		685		699		2.393	
Túneles (b) (M\$)	0		0		0		0	
Estructuras (c) (M\$)	1.155		215		402		1.772	
A - Infraestructura (a+b+c) (M\$)	2.164		900		1.101		4.165	
B - Superestructura (M\$)	968		657		586		2.211	
C - Equipamento (M\$)	756		570		290		1.616	
D - Protección ambiental (M\$)	69		38		35		142	
E - Proyecto, Garantía Calidad y Dirección obra (M\$)	93		55		51		199	
F - Suplemento por Estaciones y PAETs (M\$)	67		27		78		172	
Coste Unitario (incluidas Estaciones) (M\$/km)	11,10	(11,28)	8,08	(8,17)	14,74	(15,29)	10,68	(10,90)
Inversión prevista de los Estados (M\$)	700 ALABAMA	3417 FLORIDA	2247 FLORIDA		2141 FLORIDA		700 ALABAMA	7815 FLORIDA

En 1562 una expedición francesa dirigida por el hugonote Jean Ribault llegó a la cuenca del río San Juan y en 1564 el también francés y hugonote René Goulaine de Laudonnière, fundó el primer establecimiento francés en esta región: Fort Caroline (de donde derivó el topónimo La Carolina para la región al norte de La Florida). Ante la pretensión de franceses hugonotes de establecerse en los dominios españoles y dentro del contexto de las Guerras de Religión entre católicos y reformistas, Felipe II encomendó a su mejor marino Pedro Menéndez de Avilés que los desalojara y éste cumplió con eficacia la tarea: El 2 de Septiembre de 1565 una fuerza española, aliada a los indios timucuas, al mando de Menéndez de Avilés desembarcó del galeón San Pelayo y procedente del recientemente fundado Fuerte

de San Agustín, atacó a los soldados hugonotes invasores, se hizo con el fuerte francés y exterminó a la mayoría, salvándose solo los franceses que demostraban ser católicos. Los españoles renombraron a la fortaleza con el nombre de Castillo de San Marcos, fundando el 8 de Septiembre de 1565 la Ciudad de San Agustín, capital de la Florida Española y desde entonces (hace 451 años) sigue habitada, por lo que es actualmente la ciudad más antigua de Estados Unidos.

📌 Héroe español de la independencia americana

En 1763 España pierde La Florida, como saldo de la Guerra de los siete años (1756-1763) en favor de Inglaterra a cambio de los amplios territorios de la Loui-

Atlantic Coastal Plains Project	Atlantic Coastal Plains Project	Atlantic Coastal Plains Project	Atlantic Coastal Plains Project	U.S.H.S.R.S. en FLORIDA	
"Menéndez de Avilés/San Agustín Line" "Jacksonville-Orlando"	"Ponce de León Line" "Orlando-Miami"	"Vázquez de Ayllón/Chicora Line" "Jacksonville-Savannah(GA)"	RESUMEN ATLANTIC "Miami-Savannah (GA)"	FLORIDA ESPAÑOLA "NUEVA ESPAÑA CONNECTION"	
250,0 (156mile)	355,0 (221mile)	194,0 (121mile)	799,0 (497mile)	1.579	(982mile)
235,4 (94,16%)	282,5 (95,76%)	181,0 (93,30%)	764,0 (97,62%)	1.545	(97,82%)
- (0,00%)	0,0 (0,00%)	- (0,00%)	0,0 (0,00%)	-	(0,00%)
14,6 (5,84%)	7,4 (2,08%)	13,0 (6,70%)	35,0 (4,38%)	34,4	(2,18%)
EAST PALATKA	LOXAHATCHEE/FORT LAUDERDALE	STERLING/BRONSWICK	EAST PALATKA/LOXAHATCHEE /FORT LAUDERDALE /STERLING-BRONSWICK	PENSACOLA/Baldwin Fork/ORLANDO/MALIBU/EAST PALATKA/LOXOHATCHEE/FORT LAUDERDALE/STERLING-BRONSWICK	
323	314	326	320	314	
15,83	27,36	19,45	62,64	146,46	
0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	-	(0,00)
4 (6,40)	2 (3,20)	2 (3,20)	8 (12,80)	14	(22,40)
2.773	3.469	2.527	8.769	17.274	
435	913	629	1.977	4.370	
0	0	0	0	0	
1.080	601	753	2.434	4.206	
1.515	1.514	1.382	4.411	8.576	
600	1.000	587	2.187	4.398	
518	735	402	1.655	3.271	
47	58	42	147	289	
67	83	61	211	410	
26	79	53	158	330	
10,99 (11,09)	9,55 (9,77)	12,75 (13,03)	10,78 (10,97)	10,73	(10,94)
2773 FLORIDA	3469 FLORIDA	442 FLORIDA 2085 GEORGIA	6684 FLORIDA 2085 GEORGIA	700 ALABAMA 14489 FLORIDA 2085 GEORGIA	

► En la tabla superior, desglose de los principales proyectos de desarrollo de líneas HSRL en el territorio de la antigua Florida Española. Debajo, estatua de Pedro Menéndez junto al antiguo fuerte español de San Marcos en San Agustín.

siana francesa. En 1779 España declara la guerra a Gran Bretaña para apoyar la independencia de las trece colonias británicas en América.

En 1781 Bernardo de Gálvez, gobernador de La Luisiana, tras derrotar y expulsar a los ingleses del Missis-



sippi (Manchac y Baton Rouge) y Mobile (Alabama), a bordo de su bergantín Gálvez-Town, forzó las defensas británicas de la Bahía de Pensacola, rindiendo la ciudad el 8 de Mayo de 1781, a pesar de que el capitán de navío José Calvo de Irazábal que dirigía la flota de 36 navíos con la que partió Gálvez en Febrero de 1781 de La Habana hacia Pensacola, no quiso arriesgarse por la presencia de bancos de arena en la bahía y las fuertes defensas inglesas. Gálvez sí, diciendo "El que tenga honor y valor que me siga", por lo que se ganó el lema "Yo solo" con el que ha pasado a la historia. Su gesta debilitó a los británicos y supuso una gran ayuda para la causa de la independencia de Estados Unidos.

El 9 de Diciembre de 2014 el Congreso de los Estados Unidos otorgó el título de Ciudadano Honorario a

Bernardo de Gálvez y colgaba su retrato en la sala de la Comisión de Exteriores del Senado. Con este reconocimiento se cumplía una promesa histórica del mismo Congreso 231 años antes con los elogios del Presidente George Washington.

Las 6 líneas de alta velocidad proyectadas en Florida suman un total de 1.579 kilómetros y su presupuesto asciende a 17.274 M\$/km

En la Tabla "Florida Española: "Nueva España Connection" se describen en forma esquemática las seis líneas que constituyen el desarrollo de la USHSRS en Florida Española "Nueva España Connection", cuyos anteproyectos son objeto de los Proyectos Gulf & Atlantic Coastal Plains, con un total de 1.579 km, y un presupuesto de ejecución material de 17.274 M\$, lo que supone un coste unitario de 10,94 M\$/km. La fisiografía de este territorio, de grandes llanuras costeras, tanto en el Golfo de México, como en la península de Florida costa atlántica del Este, es similar, incluso más suave, a las de los de Nueva España II y Nueva España III, cir-



► Batalla de Pensacola. Lienzo "Por España y por el Rey. Gálvez en América", de Ferrer Dalmau.

cunstancia que explica la analogía de los costes unitarios de las redes de alta velocidad en estas dos partes de la Unidad Estructural III: Nueva España II (11,23 M\$/km) y Nueva España III (11,81 M\$/km) y de la Unidad Estructural IV: Florida Española (10,94 M\$/km) en que se ha dividido esta extensa zona de territorio desde las Montañas Rocosas al Golfo de México y Costa atlántica de Florida, frente al de 25,42 M\$ de la primera parte de Nueva España (I) hasta las Rocosas.

La conexión Sur Pacífico Atlántico: Los Ángeles- Miami (vía Dallas- New Orleans- Jacksonville) entre los principales centros turísticos de Estados Unidos de 4880 km se puede hacer en líneas HSR en 16h 49m a través de las Unidades Estructurales III (Nueva España) y IV (Florida Española) del desarrollo de la U.S.H.R.S. ■

Bibliografía

- Laorden, L. (2009) "Caminantes y Caminos en la frontera del Oeste norteamericano español, 1529-1821" Conferencia en el Colegio de ICCP Valladolid, España.
- Diario ABC (2015-2016) -Varios Septiembre-Noviembre 2015: "El pasado español de EE.UU. Tres siglos de historia salen del olvido" "Bernardo de Gálvez. Un héroe americano" "El segundo Plan Gálvez" "Reencuentro con George Washington" "El papel de España crucial para la independencia de EE.UU." "Los Reyes en La Casa Blanca" "Del gal León al Foro España" "Baño de españolidad en Florida" "El Rey pide un esfuerzo para el "salto tecnológico" del español en EE.UU." "Más España en Estados Unidos" "El héroe español de la independencia americana" "Ferrer Dalmau pinta a Bernardo de Gálvez en la toma de Pensacola" "Con Bernardo de Gálvez en la toma de Pensacola"-Varios Enero-Mayo 2016 "Ve la luz en Pensacola el primer asentamiento español (y europeo) en EE.UU." "Día de Hispanoamérica 2016. Testigos de la misericordia" "Los bocetos de la Historia de España: Exposición de Augusto Ferrer Dalmau en el Palacio de Santa Bárbara (Madrid)". Editoriales, Terceras, Opinión, Enfoque, Cultura, España, Alfa y Omega de Trillo, Erice, Navascués, Quintero, García. Editados por Diario ABC, SL. Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2016) "Red de Alta Velocidad en Estados Unidos" I Congreso Internacional de Ingeniería Civil. Colegio de Ingenieros de Caminos 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, Nº658, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2016) "Proyecto Interplains II" Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Ref.151365,Abril 2016), 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, Nº666, Madrid, España.
- Fort, L. & Fort, C. (2016) "Proyecto Gulf & Atlantic Coastal Plains" Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Ref. 151773, Septiembre2016), 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, Próxima Publicación ≈ Octubre 2016, Madrid, España.
- Encyclopedia Wikipedia (2016) "San Miguel de Gualdape" "Spanish Exploration and Settlement in the Southeast Before Ajacan" y treinta localizaciones intermedias entre Mobile y Fort Spanish en Alabama; Miami, Tampa y Jacksonville en Florida y Savannah en Georgia. Internet. USA.

Historia

R.F.

Ministro de Fomento en dos ocasiones y en otras tres de Hacienda, brillante matemático y autor teatral de éxito, José Echegaray Eizaguirre fue sin duda uno de los grandes talentos surgidos de la Escuela de Ingenieros en la convulsa segunda mitad del siglo XIX. Sus enormes capacidades y una férrea disciplina le convirtieron en una de las figuras más destacadas de su tiempo en ámbitos tan dispares como las ciencias, las letras o la política. Tras un largo olvido, el centenario de su muerte ha deparado la oportunidad de rescatar su legado como científico y político, quizá aquellas otras dos facetas de su personalidad más eclipsadas tras sus éxitos como dramaturgo.

► Ministerio de Fomento hacia finales del XIX.



JOSÉ ECHEGARAY (1832-1916), EL INGENIERO QUE FUE PREMIO NOBEL DE LITERATURA

De éxitos y olvidos

Algunos epitafios condensan magistralmente una biografía, y el que escribió Mariano de Cavia a la muerte de José Echegaray puede ser un buen ejemplo: “Aquí yace el siglo XIX”. Ingeniero por formación, matemático por vocación, político por compromiso y obligación y literato —pero sobre todo dramaturgo, por afición y necesidad, entendida esta en su doble acepción material y espiritual—, en el que fuera primer Premio Nobel de Literatura español concurren tantos y tan diversos talentos que su vida, en efecto, se antoja propia de uno de los últimos grandes ilustrados decimonónicos. Porque además de todas esas actividades a las que consagró etapas más o menos largas de su vida, Echegaray cultivó con pasión y buen dominio otras muy diversas ramas del saber como la física, la mecánica, la filosofía o la economía. Y todas ellas también, en mayor o menor medida, le convirtieron en protagonista de la agitada segunda mitad del siglo XIX, en la que el país afronta su irrevocable decadencia colonial en una sucesión interminable de pronunciamientos militares y alzamientos revolucionarios; un choque nunca resuelto



► José Echegaray en una fotografía de la revista Mundo Gráfico.



► Teatro Apolo, donde se representaron muchas de las obras de Echegaray, en una postal de época.

y al que la generación posterior, la del 98, con Ortega y Gasset a la cabeza, atribuirá la eterna maldición de las dos españas (Discurso de la vieja y nueva política): “la oficial, obstinada en prolongar los gestos de una edad fenecida, y la vital, que estorbada por la otra no acierta de lleno a entrar en la historia”.

.\ De alumno a profesor

Nacido en Madrid en el seno de una familia de clase media, sus primeros años de formación transcurrieron, sin embargo, en Murcia, en cuyo instituto fue destinado su padre, médico de profesión, para ocupar la plaza de profesor de Botánica. En esa ciudad cursó los estudios de bachillerato, donde comenzó a destacar muy pronto como alumno brillante. Allí también se fraguó la que él siempre consideró su afición más perdurable: el estudio de las Matemáticas puras, de la mano de su profesor en el instituto, Francisco Alix, y de la que el propio Echegaray confiesa en sus Recuerdos: “Las Matemáticas fueron y son una de las grandes preocupaciones de mi vida; y si yo hubiera sido rico, o lo fuera hoy, si no tuviera que ganar el pan de cada día con el trabajo diario, probablemente me hubiera marchado a una casa de campo muy alegre y muy confortable y me hubiera dedicado

exclusivamente al cultivo de las Ciencias Matemáticas”.

Tras concluir los estudios de bachillerato, Echegaray se trasladó a Madrid para preparar el ingreso en la Escuela de Ingenieros, en la que se graduó con el número uno de su promoción en 1853. Como era costumbre entonces al terminar la carrera, la Escuela le asignó destino como ingeniero segundo en el distrito de Granada, desde donde el ingeniero jefe le remitió a Almería. Allí tuvo como principales cometidos la conservación de los 5,5 km de carretera entre Almería y Gádor, los únicos de toda la provincia, y supervisar el vertido de escollera en algunos de los puntos donde se construiría el futuro puerto, por entonces en fase de proyecto. La insignificancia de aquellas tareas y la asfixiante rutina de su vida en Almería, por entonces una población de apenas 16.000 habitantes, son resumidas así por el propio Echegaray: “... conservar una legua de carretera, ni más ni menos. El sueldo no era muy grande, nueve mil reales, tras doce años de estudio; pero tampoco era muy grande el trabajo: recorrer de cuando en cuando seis kilómetros de macadán... una legua de carretera, y ver bajar por el plano inclinado al burro –asi llamaban los peones al carro armado sobre rodillos donde se cargaban los bloques de escollera y que se dejaba caer sobre un plano inclinado hasta el punto de vertido–, haciendo burradas con sus saltos y huidas correspondientes,

sistema de transporte del que se hubieran avergonzado no ya los egipcios, sino los hombres prehistóricos". Esas desalentadoras perspectivas laborales hicieron de aquellos primeros meses "los más aburridos que recuerdo haber pasado en toda mi existencia", confesó más tarde. Solo la lectura de algunos tratados clásicos de Matemáticas, junto a las obras de Homero, Virgilio y Balzac, además de algunos paseos en la lancha del puerto, en la que por culpa de su confesada impericia a los mandos del timón más de una vez estuvo a punto de naufragar junto a los tres remeros que le solían acompañar, apenas lograron hacerle llevadera tanta monotonía.

Hacia el octavo mes en Almería contrajo unas fiebres tercianas que forzaron su traslado a Madrid y, en el viaje de regreso, como sucedería más de una vez a lo largo de toda su vida, le sorprenderá uno de los bruscos y frecuentes giros políticos de la agitada historia del XIX: la sublevación de O'Donnell y el comienzo del bienio llamado progresista. Fruto de aquel alzamiento y de los cambios en el gobierno se produjeron también algunas vacantes en la Escuela, lo que favoreció su contratación como profesor. Así, de 1854 a 1859 impartió clases a las nuevas promociones de ingenieros de diversas asignaturas como Estereotomía (corte de la piedra para usos constructivos), Cálculo Diferencial e Integral, Mecánica, Geometría e Hidráulica y Distribución de Aguas. En la Escuela, dirigida entonces por Juan Subercase, desempeñó asimismo los cargos de bibliotecario y secretario. En esos años comienza a dedicarse intensamente al estudio de las Matemáticas, fruto de lo cual serán, a juicio de los estudiosos de su producción científica, algunas de sus publicaciones más brillantes en esta materia: Cálculo de Variaciones; Memoria sobre la Teoría de los Determinantes; Integrales Múltiples, Resolución de las Ecuaciones de Grado Superior y Teoría de Gaulois; Introducción a la Geometría Superior, y Problemas de Geometría Analítica, entre otras.

Atado a la Escuela

Echegaray comienza también en ese periodo una fructífera actividad como divulgador científico en diversas revistas, entre ellas la Revista de Obras Públicas e, influido por las ideas librecambistas de su compañero Gabriel Rodríguez, profesor como él en la Escuela, participa en la fundación de la revista El Economista y empieza a ser un asiduo de los foros madrileños más progresistas y liberales del momento, como el Ateneo. En los ratos de ocio no pierde ocasión tampoco para asistir a los estrenos teatrales, en un momento en el que en los escenarios se imponen los dramas románticos de Zorrilla y Hartzenbusch y la denominada alta comedia de Tamayo y Baus y López de Ayala. Casado en 1857, la escasez de sus retribuciones en la Escuela le fuerza a solicitar la exclusión del cuerpo de ingenieros y abrigar



Archivo Ruiz-Vermacedo (MECD)

► El Banco de España en construcción y, debajo, ya terminado hacia 1900.



Científico en la sombra

El primer gran éxito de Echegaray como dramaturgo fue con la obra El libro talonario, estrenada en el teatro Apolo de Madrid en 1874. Desde entonces y hasta el final de sus días estrenaría otras 66 obras más. Sus dramas, las más de las veces trufados de un excesivo romanticismo, fueron muy del gusto del público de su época y de las primeras figuras de la escena, que ansiaban sus papeles protagonistas, pero tuvieron por contra muy desigual aceptación entre crítica y escritores: mientras que los más próximos a Echegaray en generación, como Emilia Pardo Bazán, Clarín y Perez Galdós apreciaron su teatro sin apenas reparos, autores más jóvenes como Azorín, los Machado y, sobre todo Valle-Inclán, vieron en él el fiel representante de los valores más trasnochados y se convirtieron en sus más severos detractores, en especial tras la obtención del Nobel.

Pese a todo, lo cierto es que, ya hacia la segunda mitad de su vida, sus éxitos como dramaturgo le proporcionaron el desahogo económico que tanto anhelaba y que sus otras actividades no le habían dado. Y quizá no es menos cierto que también pusieron en penumbra sus más que brillantes y decisivas aportaciones a la ciencia española del XIX, en especial en el campo de las Matemáticas, un legado que a juicio de expertos como José Manuel Ron hizo posible la definitiva puesta al día de las mismas, y también de su enseñanza, en nuestro país.



► Sede del Ateneo madrileño hacia 1900.

la intención de dedicarse primero a la enseñanza privada de las Matemáticas y, con posterioridad, de enrolarse como ingeniero en la construcción de los ferrocarriles italianos, encomendada a una empresa del marqués de Salamanca en la que ya trabajaba su buen amigo y compañero de promoción Leopoldo Brockmann. Pero en las dos ocasiones vio rechazada su solicitud por el director de la Escuela, Calixto de la Cruz, pues según cuenta el propio Echegaray en sus Recuerdos, en ambas ocasiones este se lo denegó alegando que el interés de la Escuela estaba por encima de los suyos. De todo ello se puede deducir, en definitiva, que Echegaray era ya por entonces reconocido como uno de los profesores más influyentes e imprescindibles del claustro y que, junto a otros profesores jóvenes como Morer, Saavedra o el citado Gabriel Rodríguez, comenzó a hacer posible una muy necesaria renovación del Cuerpo, según hace ver Fernando Sáenz Ridruejo en su libro "Los Ingenieros de Caminos".

Volcado a la fuerza en la enseñanza y el estudio de las Matemáticas, no tardará en cosechar el primero de sus grandes reconocimientos oficiales, siendo nombrado miembro de la Real Academia de Ciencias en 1865, cuando aún cuenta tan solo 32 años de edad. Su discurso de ingreso, pronunciado un año después y en el que ya dejaba entrever sus grandes dotes de orador, tuvo una gran resonancia en la opinión pública. Echegaray fue tachado en algunos medios de antipatriota al atreverse a señalar que, en nuestro país y en los últimos 300 años, no se hallaba ninguna contribución reseñable al campo de las ciencias, y sus palabras son consideradas todavía hoy el primer detonante de los frecuentes exámenes de conciencia de la sociedad española acerca de su acendrada actitud de desinterés, olvido o desprecio respecto a las cuestiones científicas.

Durante sus años de docencia en la Escuela, acaso para endulzar los rigores de las negativas a sus solicitudes de abandonarla, es enviado en algunas comisiones de estudio al extranjero. De la primera de ellas, al túnel de Mont Cenis que se comenzaba a construir en los Alpes, regresaría con el prestigio acrecentado de su enorme competencia, pues impedido por la policía para tomar *in situ* el más mínimo apunte o dibujo, al regresar reproduciría con todo detalle no sólo los métodos de trabajo utilizados en la realización del túnel sino también los mecanismos de los distintos tipos de máquinas utilizadas.

Salto a la política

Seguirían otros viajes a Londres, en 1862, con motivo de la Exposición Universal, donde conoció a Salustiano Olózaga, jefe del partido progresista, y en otra de sus visitas a París, en 1868, le sorprende la Revolución de Septiembre, que daría pie al destronamiento de

Isabel II, la entrada triunfal de Prim en Madrid y el comienzo del gobierno del llamado Sexenio Democrático. Con él y por mediación de Laureano Figuerola, ministro de Hacienda, que lo recomienda a Manuel Ruiz Zorrilla, ministro de Fomento, entrará por primera vez en política aceptando el nombramiento de director de Obras Públicas, Agricultura, Industria y Comercio (prácticamente todos los negociados del ministerio). De todas las ocasiones en que se aventuró en política fue la única en que pudo nombrar a todos sus colaboradores. Luego, al cabo de unos pocos meses, sustituiría a Zorrilla al frente de Fomento, cartera que volvería a ocupar en 1872 tras la ocupación del trono por Amadeo de Saboya.

Su paso por el ministerio, aunque breve en ambas ocasiones, estuvo caracterizado por su extrema eficacia, como era habitual en él. Sus esfuerzos se centraron en sacar y poner al día los miles de expedientes sin resolver; elaboró también un proyecto de ley de bases en materia de obras públicas, orientado a la descentralización de estas mediante la asignación también de competencias a diputaciones, regiones y ayuntamientos; formuló una ley para incrementar las garantías frente a posibles quiebras de promotores de proyectos ferroviarios comprometidos en convenios público-privados, y consolidó los estudios de ingeniería en la Escuela frente a algunos intentos para dispersarlos en otras facultades.



El veneno del teatro

Hacia finales de 1872 abandonó Fomento para ocupar la cartera de Hacienda, donde con su proverbial diligencia se consagró a sanear las finanzas públicas. Tras la proclamación de la I República en 1873, permaneció exiliado durante seis meses en París, regresando a Madrid tras el golpe de Pavía, esta vez para hacerse cargo de nuevo del ministerio de Hacienda durante sólo cuatro meses, periodo en el que fundó el Banco de España y le dotó prácticamente de todas sus competen-

► La calle de Alcalá y el teatro Apolo (primer edificio a la izqda.) hacia 1905.



► Fuente del Canal de Isabel II en la calle San Bernardo hacia 1870. (Archivo Canal de Isabel II).



► El Congreso de los Diputados hacia 1906.

► Vista de la calle Zurbano hacia 1906, en uno de cuyos caserones vivió Echegaray durante la última etapa de su vida. Debajo, la Puerta del Sol a finales del XIX.



cias actuales como banco nacional. Fue la penúltima vez que se implicaría directamente en la primera línea de la acción política —volvería a ocupar la cartera de Hacienda en 1904—, actividad que abandonaría para entregarse casi de lleno a su carrera de autor teatral. En ella cosecharía pronto sonados éxitos, hasta convertirse en uno de los dramaturgos más aclamados por el público de aquellos años, y gracias a ella obtendría también un sillón en la Real Academia de la Lengua (1882).

Escribió más de 60 piezas teatrales, la mayor parte de ellas en verso, y su éxito trascendió en muchos casos las fronteras nacionales, siendo representadas en algunas de las principales capitales europeas, lo que influyó sin duda en que se le concediera el Nobel de Literatura 1904, premio que compartió con el poeta provenzal Fré-

déric Mistral. Este acontecimiento y la larga sucesión de reconocimientos y homenajes oficiales que desencadenó provocaron, paradójicamente, que Echegaray se convirtiera en blanco predilecto de algunos de los miembros de la por entonces aún joven y emergente generación del 98, como los hermanos Machado, Azorín y, especialmente, Valle-Inclán, que veían en su teatro la exaltación de unos valores y el reflejo de una sociedad caducos y decididamente alejados de la realidad española de los primeros años del nuevo siglo XX. Quizá por todo ello volvió a refugiarse otra vez en las ciencias y siguió impartiendo clases de Física y Matemáticas en la Real Academia de Ciencias y en la Universidad Central de Madrid, donde fue nombrado catedrático de Física Matemática en 1905. También en las tertulias del Ateneo, a las que casi nunca dejó de asistir a lo largo de toda su vida. Luego fue apartándose cada vez más de la escena pública para refugiarse en su caserón de la calle Zurbano, vecino con el de la actriz María Guerrero, donde murió un 14 de septiembre de 1916. ■



Para saber más

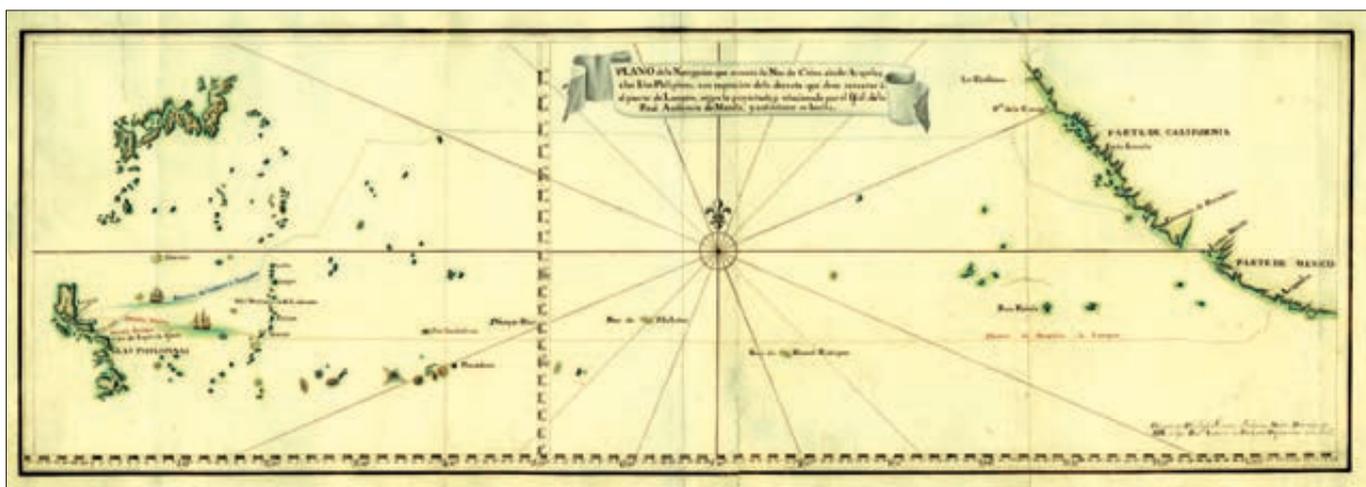
- *Recuerdos*. José Echegaray. Ruiz Hermanos Editores. Madrid, 1917.
- *Ingenieros de caminos del siglo XIX*. Fernando Saénz Roldán. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1990.
- *José Echegaray (1832-1916): el hombre polifacético: técnica, ciencia y política en España*. José Manuel Sánchez Ron. Fundación Juanelo Turriano. Madrid, 2016.



► Reproducción de una escena naval, con barcos españoles y juncos orientales.

EL “GALEÓN DE MANILA”, LA PRIMERA RUTA REGULAR DE LA HISTORIA, EN EL MUSEO NAVAL

Frailes, plata y mucho más



► Plano de las rutas de ida y vuelta del Galeón de Manila. José Francisco Badaraco, Real Academia de Pilotos de Cádiz [1750].

► Sala con reproducción del mercado de Manila y algunos productos de los embarcados en el Galeón.



M.S.

MARIANO SERRANO PASCUAL. FOTOS: MUSEO NAVAL

El Galeón de Manila o Nao de la China supuso un hito sin precedentes en la historia de la navegación comercial. Con su viaje de ida y vuelta entre Manila y Acapulco, significó la primera línea regular de la historia. No solo sirvió para el transporte de mercancías entre América, el Pacífico y el sureste asiático, sino también como vehículo para el intercambio de mentalidades, culturas y formas de vida. Fue, en definitiva, una de las primeras manifestaciones de un mundo globalizado.



Alexander von Humboldt recogía en sus anotaciones sobre el puerto de Acapulco que entre los habitantes de Nueva España la Nao de la China era conocida por “cargar frailes y plata”. Indudablemente fue mucho más, y en los 250 años de su existencia, entre 1565 y 1815, el viaje redondo que unió las islas Filipinas y el continente americano —enlazando además desde allí, tras atravesar Nueva España por tierra, con el Atlántico y Europa— fue uno de los principales vehículos de intercambio cultural y espiritual de la era moderna.

Descubrimiento del “tornaviaje”

Tras el descubrimiento del “Mar del Sur” en 1513 por Núñez de Balboa y la arribada de Magallanes, ocho años más tarde, a las costas de Filipinas, después de atravesar el estrecho que ahora lleva su nombre para adentrarse en el océano conocido desde entonces como Pacífico —viaje completado por Elcano en la primera circunnavegación del globo—, el sueño de Colón y de los Reyes Católicos de alcanzar las “Indias” navegando hacia Occidente se había hecho realidad. A la expedición de Magallanes-Elcano siguieron otras como las de García Jofre de Loaisa (1525), Álvaro de Saavedra (1527),

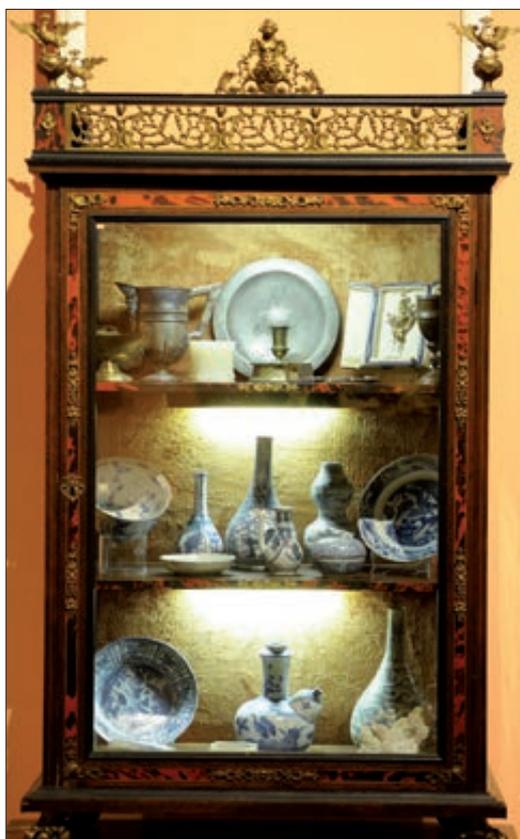
Ruy López de Villalobos (1542) o López de Legazpi (1564), y varios archipiélagos del Pacífico, no solo Filipinas sino también Guam, Palaos, las Carolinas y las Marianas, quedaron unidas a la corona española.

Pero el problema estribaba en que, si bien el trayecto desde América era relativamente sencillo y tranquilo, empujados los barcos por vientos del Este, no ocurría lo mismo en sentido contrario. Los vientos y las corrientes impedían la vuelta por la misma derrota. Tanto parte de la expedición del propio Magallanes-Elcano, como la citada de Loáisya y otras muchas lo habían intentado con trágicos resultados, y durante más de cuarenta años las embarcaciones con destino a los nuevos territorios asiáticos tuvieron que resignarse a completar la vuelta al mundo para regresar a España o enfrentarse a un fracaso seguro si pretendían regresar por el continente americano.

No sería hasta 1565 cuando Andrés de Urdaneta consigue completar el llamado tornaviaje entre Filipinas y América. Urdaneta, fraile agustino y experimentado cosmógrafo (contaba por entonces casi sesenta años) que ya había participado en muchas expediciones, entre ellas la fallida de Loáisya, había realizado su último viaje entre Nueva España y Filipinas unos meses antes como miembro de la expedición comandada por Legazpi, precisamente con el objetivo de, a la vuelta, hallar la ruta del tornaviaje. Mientras Legazpi permanecía colonizando las islas, la mayor de las naves de la expedición, la nao *San Pedro*, iniciaba su regreso en junio de ese año desde el puerto de Cebú, al mando de Felipe de Salcedo, nieto de Legazpi, pero bajo la supervisión de Urdaneta. Tras salir a mar abierto por el estrecho de San Bernardino, Urdaneta, en lugar de dirigirse directamente hacia el Este como otras expediciones, decidió ganar latitud, no virando hacia levante hasta haber alcanzado los 39°30' N. Navegando entonces hacia el Este, la *San Pedro* fue bajando de latitud hasta avistar la isla Deseada (actual Santa Rosa, frente a la bahía de Los Ángeles). Descendieron entonces junto a la costa, y en lugar de arribar al puerto de Navidad, de donde partió la expedición un año antes, siguieron hasta Acapulco, por considerarlo Urdaneta mejor puerto y encontrarse más cerca de la Ciudad de México. Era el 8 de octubre de 1565; tras cuatro meses de navegación, se había dado principio al que sería llamado Galeón de Manila, que constituyó la primera ruta regular a través del Pacífico.

Una ruta intercontinental

Más tarde, con los avances en la navegación, se establecieron otras derrotas que se consideraban más seguras y más cortas. Pero hasta el siglo XVII, la ruta abierta por Urdaneta fue la única conocida. Suponía entre cuatro y seis meses de penoso viaje: la salida se hacía en el mes de junio desde Cavite, en la bahía de Mani-



► Vitrina con mantón y abanico. Izda., vitrina con objetos de porcelana china.

la. Tras unos veinte días navegando por aguas interiores del archipiélago, se hacía una parada en algún puerto de las islas Ticao o Masbate con el fin de hacer agua y cargar víveres, para arrostrar después la difícil salida al Pacífico por el estrecho de San Bernardino, con fuertes corrientes e infestado de piratas. Luego se subía al norte, hasta el paralelo 38 o 39, donde, con la ayuda de la corriente de Kuro Sivo, se ponía proa a América.



► Modelo de fragata de cuarenta cañones del siglo XVII.

Tras cuarenta días siguiendo esa derrota, se empezaban a avistar las “señas”, que se reconocían por la turbidez del agua, de color rojizo, y la presencia de unas algas que fueron descritas como “porras o cabezas como cebollas”. Era el momento de la celebración, con un *Te Deum* y el reparto de vino entre la tripulación. A partir de entonces, se bajaba a la vista de la costa de California, a veces con una parada para reponer víveres en la misión de San José, y se arribaba por fin al puerto de Santa Lucía, en Acapulco, tras unos 150 días de navegación y más de 8.000 millas.

Las mercancías traídas de Asia se trasladaban a la Ciudad de México, donde muy pronto se organizó un mercado específico situado en la plaza del Zócalo, mercado que se mantuvo en pie hasta bien entrado el siglo XIX. Muchas de las mercancías se quedaban en Nueva España, otras eran embarcadas con destino a Lima y otras muchas continuaban su camino hacia España.

Gran parte de la importancia comercial y estratégica del Galeón de Manila se cifraba precisamente en que enlazaba con la carrera de Indias, uniendo Asia y Europa a través de dos océanos. Las mercancías eran transportadas por tierra por el denominado “Camino de Asia”,

que unía la Ciudad de México con el puerto de Veracruz, donde se embarcaban en los buques de la carrera de Indias con destino a Sevilla.

◦ Un océano para el intercambio global

En su camino de vuelta a Filipinas, el Galeón de Manila salía de Acapulco en marzo o, como muy tarde, en abril, con el fin de aprovechar los vientos portantes del Este y las corrientes, arribando a Cavite en el mes de junio o julio, cargado como decía Humboldt, de frailes, fervorosamente dispuestos a la evangelización del Pacífico, y de plata, destinada al pago de los sueldos de los funcionarios y los gastos de administración de Filipinas, así como para el pago de los productos enviados por los comerciantes europeos establecidos allí y los comerciantes chinos, principales proveedores del galeón. Pero también cargado de numerosos productos de América y Europa con destino a Asia, un continente difícilmente asequible hasta entonces para España, dado que, por el Tratado de Tordesillas, los portugueses tenían el monopolio sobre las rutas marítimas por el cabo de Bue-



► La ciudad y fondeadero de Acapulco.

na Esperanza y los territorios adyacentes, y la ruta terrestre, la mítica “Ruta de la Seda”, había sido ajena, salvo contadas excepciones, al comercio español.

Así pues, la posibilidad de regresar desde Filipinas hasta América por el Pacífico y de enlazar con Europa por medio de la carrera de Indias abría enormes expectativas para la Corona española, tanto desde el punto de vista comercial como estratégico. No menos importante fue la ruta para los comerciantes de los tres continentes. Supuso, además, una ocasión, excepcional en la época, para el intercambio cultural, espiritual y artístico entre civilizaciones muy diferentes.

En su viaje desde Acapulco a Manila, el Galeón, además de misioneros, funcionarios y militares y del dinero para pagar a los proveedores de las mercancías del viaje de ida anterior, transportaba el “real situado”, es decir, la plata que la hacienda de Nueva España destinaba al mantenimiento y administración de las islas del Pacífico. Entre las mercaderías, viajaban a Filipinas sobre todo animales de trabajo, como caballos y vacas, y diferentes cultivos originarios de América, como maíz, cacao, caña de azúcar, tomate, pimiento, calabaza o tabaco, entre otros muchos. Por su parte, los misioneros transportaron libros de culto, pintura y escultura religiosas, que marcaron una gran impronta en las artes que se desarrollaron en el archipiélago filipino.

En el viaje de Manila a Acapulco, el Galeón llevaba productos de Filipinas y de todo el sureste asiático, sobre todo de China —que mucho antes de la llegada de los españoles ya comerciaba con el archipiélago, existiendo colonias permanentes de comerciantes de ese

El “caso” Arellano

Ha pasado a la historia Urdaneta como el descubridor de la derrota del tornaviaje entre Filipinas y Nueva España. Pero no es seguro que fuera él realmente el primero en hacer aquel recorrido, ni que, si los hechos hubieran ocurrido en otra forma, ese mérito no le correspondiera a otro marino: Alonso de Arellano.

La expedición que zarpó en noviembre de 1564 del puerto de Navidad al mando de López de Legazpi y llevando como piloto mayor a Urdaneta, con la misión de colonizar las Filipinas y volver por la misma ruta, estaba compuesta por dos naos, la San Pedro y la San Pablo, y dos pataches. Uno de ellos, el más pequeño, de solo 40 toneladas y de nombre San Lucas, iba bajo el mando de Alonso de Arellano y pilotado por Lope Martín, un mulato natural de Ayamonte. A los pocos días de la partida, el San Lucas, más pequeño que el resto y por ello más veloz, a pesar de la orden expresa de Legazpi de que ninguno de los barcos se alejara más de media legua del convoy, se adelantó, perdiéndose de la vista de los demás navíos. No se saben las razones que impulsaron a Arellano a hacer aquello, pero el caso es que Legazpi, ya en Filipinas, lo dio por perdido. Cuando en octubre de 1565 Urdaneta regresó a Nueva España después de haber recorrido el, aparentemente, inédito camino de vuelta, se llevó la sorpresa de que el pequeño patache perdido el año anterior había arribado unas semanas antes, y que Arellano y su tripulación se ufanaban de haber llegado hasta Cebú y haber vuelto, arrogándose el mérito del primer tornaviaje.

No obstante, Arellano no fue capaz de acreditar ni hasta dónde llegó ni el verdadero camino de regreso, pues no llevó diario de navegación ni levantó cartas de ningún tipo. Es más, tampoco pudo dar explicaciones de su insubordinación, abandonando la flota, ni de los oscuros hechos ocurridos durante el tiempo que anduvo por el Pacífico: un supuesto amago de motín a bordo, pillaje y varios marineros asesinados y tirados por la borda. Lejos de ser recompensados, Arellano y los suyos fueron procesados por desertión y traición, si bien Arellano, que no carecía de influencias, consiguió aplazar el juicio sine die. Un privilegio que, en cambio, no le cupo a su piloto, Lope Martín, que sí acabó entre rejas.

En 1577, muerto Legazpi y creyendo que el asunto se había olvidado, Arellano marchó a Filipinas. Pero los hombres de Legazpi no lo recibieron muy bien, y Arellano tuvo que regresar precipitadamente a Nueva España, donde murió poco después. El regreso, se supone, lo haría por la derrota que él, oficialmente, no descubrió.



► Jarrón procedente de Martaban, golfo de Birmania (siglo XVIII). Dcha., maqueta en loza de una pagoda china.

país—, pero también de otras regiones más alejadas, incluso la India y Persia. Así el Galeón transportaba a Nueva España, y de allí llegaron a Europa, alfombras, tapices, mantas de algodón, telas de seda, abanicos, mantones y otros tejidos, canela, clavo y otras especias de las islas del Pacífico, muebles y lacados de decoración o la afamada porcelana china.

Este trasiego de mercancías y personas supuso un acicate decisivo para el crecimiento económico de, por supuesto, Acapulco y Manila, sedes del Galeón, pero también para otras zonas, como la Alta California, donde potenció el interés por la creación de misiones. Al no transportar solo mercancías sino también pasajeros, el Galeón fue además un vehículo para el intercambio de culturas y formas de vida. Aparte de la religión, un caso paradigmático de este intercambio lo constituye el



idioma chamorro, la lengua originalmente hablada en Marianas y otras islas del Pacífico, que a partir del siglo XVI recibió tan grandes influencias del castellano que llegó a ser considerado una lengua criolla. Este chamorro castellanizado, que aún perdura, aunque como lengua minoritaria, en varias zonas del Pacífico, se extendió no solo a Filipinas sino a algunos lugares de América del Norte.

El fin del Galeón

A pesar de que el nombre Galeón de Manila acabó imponiéndose para designar la ruta, no fueron solo galeones los barcos que estuvieron dedicados a ella. Antes que el galeón se usaba la nao, un barco de unas 200



► *Recreación de la bodega de un galeón.*

toneladas, de popa redonda, bordas muy altas, castillos en ambos extremos y una manga muy ancha en proporción a su eslora. El galeón propiamente dicho, que fue el más usado en el siglo XVII, era de mayor porte, con una capacidad de hasta 500 toneladas, con castillo de proa más reducido, tres o cuatro mástiles con velas cuadradas y vela latina en la mesana y una figura más estilizada que la nao. Además, podía ir fuertemente armado, aunque con el fin de aligerar el buque no siempre se embarcaban todos los cañones que habría podido albergar. Mayor porte, hasta mil toneladas, y más armamento tenía el navío, el tipo que se impuso a partir del XVIII. Sin castillo de proa, una popa más baja, menor arrufo y más velamen, era capaz de combatir con ventaja contra los buques extranjeros, sobre todo holandeses y alemanes, que empezaron a poner en peligro el monopolio español sobre la ruta. Otros barcos utilizados en esta fueron fragatas y pataches, de porte menor que los anteriores. En total, hicieron la carrera del Pacífico 108 buques.

Los barcos del galeón de Manila se construyeron en Nueva España hasta principios del siglo XVII, momento

La pérdida del monopolio naval en el Pacífico, la liberalización del comercio y la independencia de México pusieron fin a 250 años de “Galeón”

en que empezaron a salir de las nuevas atarazanas de la bahía de Manila. Desde 1721, para la construcción de los barcos de esta carrera se aplicaron las proporciones establecidas por José Antonio de Gaztañeta, marino e ingeniero de gran influencia en la construcción naval durante la época ilustrada.

Durante sus 250 años, el Galeón disfrutó de una vida bastante regular y pacífica, sin grandes altibajos. En los primeros años, hasta 1593, el número de barcos y su frecuencia no estuvo regulado, pero a partir de esa fecha se dictaron normas sobre estos aspectos, así como sobre el tonelaje máximo de

carga. Con el tiempo, la línea se estabilizó en un solo barco con una frecuencia anual. Por lo demás, los naufragios y apresamientos fueron muy escasos y las suspensiones debidas a conflictos bélicos muy breves.

A finales del siglo XVIII y principios del XIX, un cúmulo de acontecimientos —guerra de España contra Inglaterra, liberalización del comercio y declaración de Manila como puerto franco, los procesos de independencia en la América hispana, particularmente el mexicano— pusieron en cuestión el interés y la oportunidad de mantener la ruta. En 1811 las Cortes de Cádiz aprobaron su suspensión,

► Vista del pueblo de Zamboanga, en la isla de Mindanao. Dibujado por Fernando Brambila durante la Expedición Malaspina (1789-1794). Debajo, modelo de junco chino.



decisión ratificada dos años después, y en marzo de 1815 la fragata *Magallanes* zarpó de México con destino a Manila casi en lastre, pues tanto la plata como la carga habían sido requisadas por los insurgentes mexicanos. Fue el último de los “galeones” de Manila.

El Galeón en realidad aumentada

La exposición del Museo Naval de Madrid está dividida en varios espacios que recorren la larga historia de la ruta: desde sus antecedentes y presupuestos —las pretensiones de Colón de llegar a Asia por Occidente, el reparto del mundo conocido y por conocer entre portugueses y castellanos o el descubrimiento del océano Pacífico y la primera circunnavegación del globo— has-



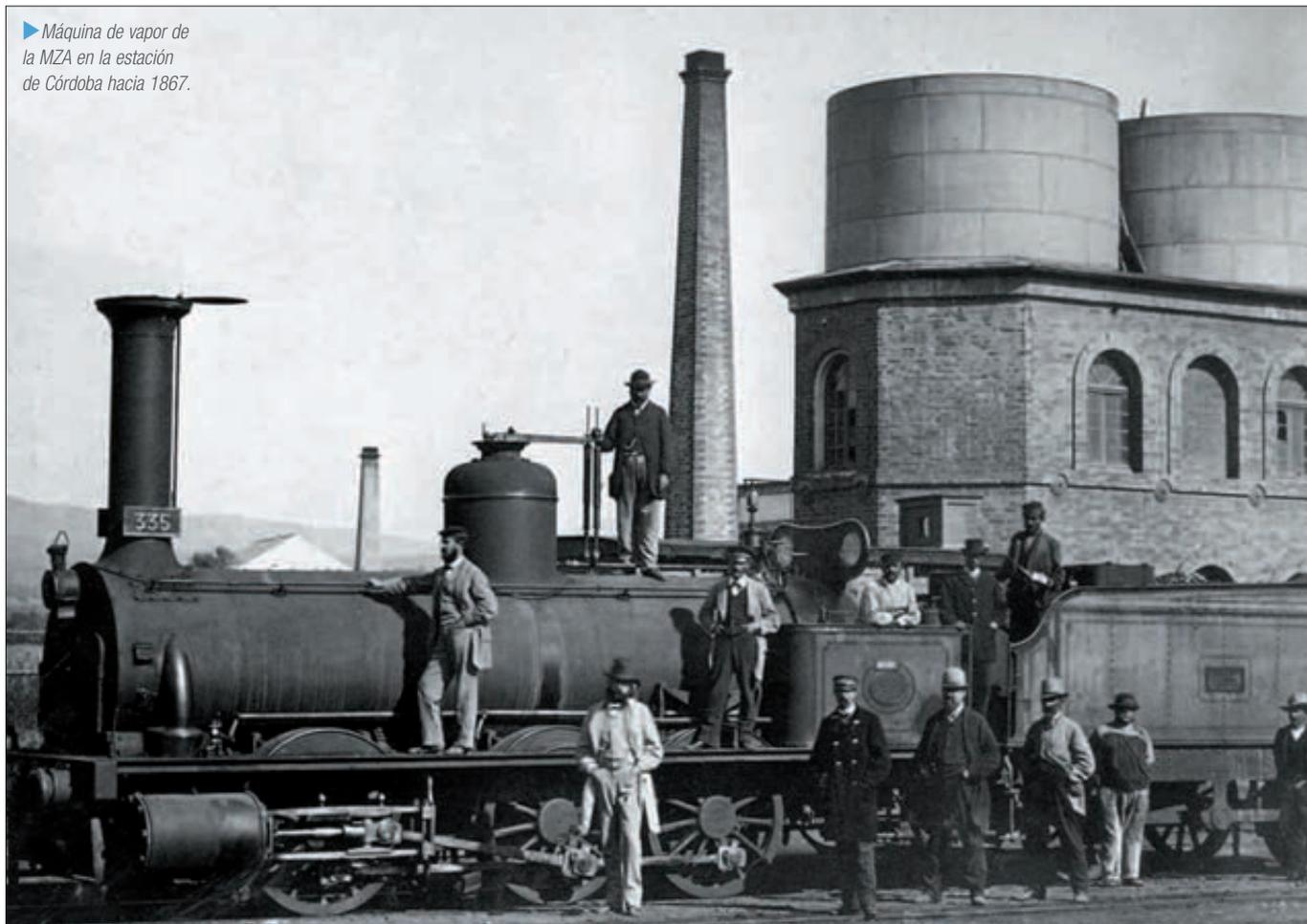
ta el fin de la ruta, precipitado por la independencia de los territorios americanos. Entre medias, sus 250 años de historia, ejemplificados por grabados de puertos y ciudades de la ruta, cartas náuticas y mapas, instrumentos de navegación de las distintas épocas, maquetas de algunos de los barcos que la surcaron, retratos de los principales protagonistas y una amplia muestra de los objetos y géneros transportados, así como una gran recreación de la bodega de uno de estos buques. Entre las piezas más destacadas, las pertenecientes a varios juegos para mesa transportados en el Galeón y llevados a España o a la América hispana: soperas, platos, fuentes, salseras, mancerinas y jícara de delicada porcelana china.

Destaca también la experiencia de realidad aumentada que incluye la exposición, un gran mapamundi interactivo representando rutas y barcos que permite al visitante, mediante una aplicación que este puede descargar en su dispositivo móvil o utilizar directamente en las tabletas provistas por el museo, seguir las vicisitudes de los viajes de Magallanes, Loáisa, Legazpi o Urdaneta y revivir, entre sonidos de aves, viento y oleaje, los avatares del Galeón. ■

Más información

La exposición “El galeón de Manila” permanecerá en el Museo Naval de Madrid hasta febrero. Más información en www.armada.mde.es/museonaval y en el extenso y completo libro-catálogo publicado por el Ministerio de Defensa, El galeón de Manila, la ruta que unió tres continentes.

► Máquina de vapor de la MZA en la estación de Córdoba hacia 1867.



Archivo Ruiz Vemaco (MECD)

150 ANIVERSARIO DEL FERROCARRIL MADRID-SEVILLA

La disputada línea andaluza

JULIA SOLA LANDERO

El 15 de septiembre de 1866 finalizaron las obras de la gran línea ferroviaria Madrid-Sevilla, que conectaría el centro de la península y la capital de Andalucía con la mayor comodidad y rapidez que la época permitía. Se han cumplido, pues, 150 años desde que culminó la emblemática obra, un largo proceso que se desarrolló durante 15 años mediante numerosas etapas.



► Andenes de la estación de Santa Justa en 1993.



El origen de la línea se sitúa en 1851, con la construcción de un tramo estratégico que serviría de gozne para enlazar la capital con Andalucía y Levante: Madrid-Aranjuez. Tras la apertura de aquel primer tramo y después de superar no pocos avatares, las obras culminaron con la puesta en servicio del tramo Vilches (Jaén)-Córdoba.

El trayecto Madrid y Aranjuez, nacido con vocación de llegar al Mediterráneo a través de la línea hasta Alicante, también apuntaba hacia el sur, donde la inmensa meseta castellano-manchega y el rico valle del Guadalquivir esperaban el impulso del ferrocarril para dar salida hacia el norte a las mercancías que producían sus tierras y a las que entraban por los puertos andaluces. En aquellos años el ferrocarril se estaba imponiendo en toda Europa, a toda velocidad y de forma imparable. Y es que ya no se concebía el progreso sin el concurso del tren.

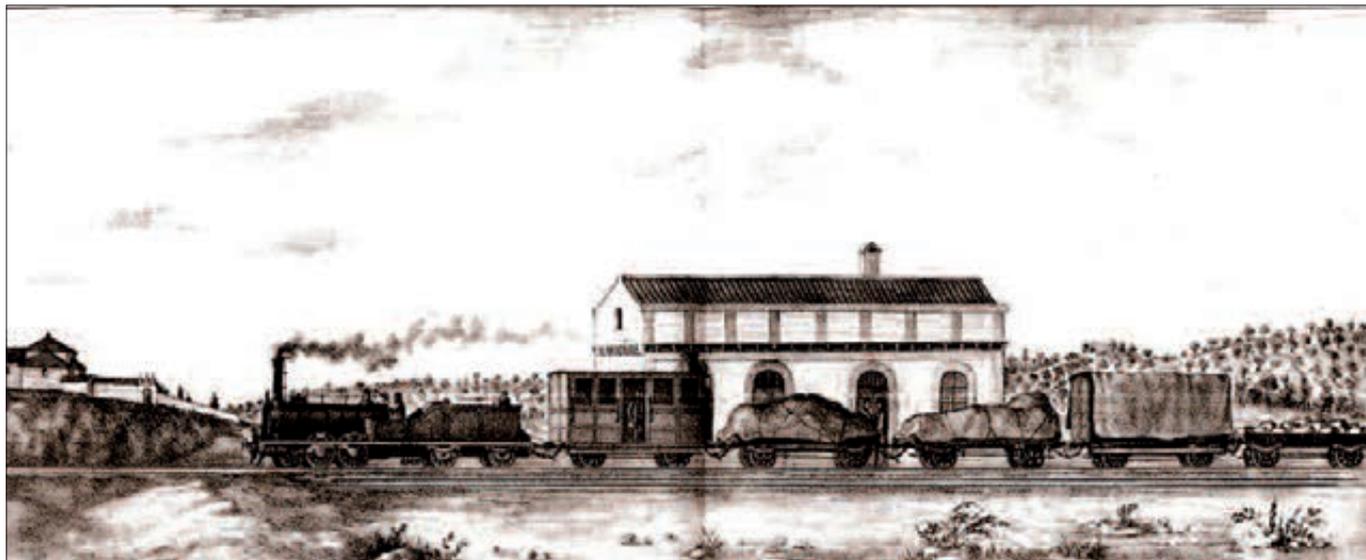
Antes de ejecutarse el tramo inaugural de la gran línea andaluza —abierto sólo tres años después del pionero ferrocarril de Barcelona-Mataró—, se estudiaron distintas variantes tanteadas por su promotor, el marqués de Salamanca que, diputado por Alicante en 1884, ya vislumbraba por entonces que Madrid debía abrirse al Mediterráneo por vía férrea.

De entre todas las variables posibles, Aranjuez era un destino ineludible. Allí estaba la residencia veraniega de los reyes de España y la Corte pasaba largas temporadas en el real sitio. Lugar, por tanto, donde se daban cita la aristocracia y alta burguesía españolas. De hecho, además de vocación por asomarse al mar, su carácter de tren real quedó bien patente con la construcción de un apeadero que llegaba hasta las mismas puertas de palacio, alimentando la leyenda que asegura que los últimos metros de las vías eran de plata.

El tramo fue ejecutado por la Sociedad del Camino de Hierro de Madrid a Aranjuez, constituida bajo la dirección de José de Salamanca en 1845. Los trabajos empezaron inmediatamente después de la constitución de la compañía y a toda máquina, hasta el punto de que hubo momentos en que trabajaron en los distintos tajos de la línea más de 7.000 obreros. Era evidente que aquel tren se perfilaba como una línea muy rentable por necesaria. Baste señalar que antes de su puesta en servicio, el sistema de transporte entre Madrid y Aranjuez se hacía a bordo de una diligencia de tracción animal con capacidad para 20 viajeros, que tardaba siete horas en recorrer los 49 kilómetros del trayecto. Con la línea férrea, el panorama cambió radicalmente: circularon tres trenes diarios con capacidad para llevar a cerca de 700 pasajeros que llegaban al real sitio en hora y media y que podían transportar asimismo, de regreso a la capital, todo tipo de mercancías y productos de la huerta ribereña.

➤ Hacia al sur

Aquella primera pieza de la futura línea crecería rápidamente, y muy pronto comenzó a extenderse también hacia el sur. La expansión se realizó, por una parte, a través del ferrocarril de Alicante, que incorporó en sus vías a los trenes con destino Andalucía hasta Alcázar de



San Juan, segundo tramo de la línea, puesto en servicio el 22 de junio de 1854; por otra parte, también fue utilizada por los trenes andaluces la línea que conectaba Alcázar de San Juan con Ciudad Real, concretamente el tramo que une Alcázar y Manzanares, inaugurado el 1 de julio de 1860. En total, cerca de 200 kilómetros de ferrocarril desde Madrid.

A partir de ahí, la prolongación de la línea hacia el sur se realizaría desde Manzanares y continuando por Valdepeñas hasta Santa Cruz de Mudela en 1862, siguiendo hasta el límite de la provincia de Ciudad Real, en Venta de Cárdenas, en 1865, para llegar cuatro años más tarde a Córdoba. Allí enlazaría con la línea Córdoba-Sevilla, abierta en junio de 1859, que años más tarde se integraría en la compañía Madrid-Zaragoza-Alicante (M.Z.A.) junto con el resto de los tramos.

Mientras se dilucidaba la ejecución del tramo intermedio de la línea —un proceso trufado de rivalidades entre las distintas compañías—, por el lado andaluz trabajaba la Compañía del Ferrocarril de Córdoba a Sevilla —parte de cuya propiedad pertenecía a los Peireire, principales accionistas también de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España—, una línea que serviría asimismo para conectar poco después con Cádiz y Málaga.

Cuando aquella compañía se hizo con la concesión y comenzó a operar en la zona, ya existían algunos avances obra del empresario José Joaquín Figueras, que fue propietario de la concesión de la línea hasta 1857. A partir de aquella fecha la nueva Compañía del Ferrocarril Córdoba-Sevilla dio un impulso definitivo a las obras —llegaron a trabajar más de 3.000 obreros simultáneamente en las vías—, de forma que el tramo Lora del Río-Sevilla se terminó en marzo de 1859, y el de Lora del Río-Córdoba, en abril del mismo año, finiquitando así el trayecto previsto.

Un tramo muy disputado

Quedaba, pues, por ejecutar las obras en el terreno comprendido entre la localidad alcarreña de Manzanares y Córdoba; cerca de 300 kilómetros en los que se situaba el brusco descenso desde la apacible meseta castellana —600 metros de altitud— hasta la depresión del valle del Guadalquivir, atravesando el complejo relieve de Sierra Morena. Pero a las dificultades orográficas que presentaba el trazado se unió la feroz competencia entre las diferentes compañías férreas, sobre todo entre la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España y M.Z.A.

La idea inicial del Estado de crear una línea que conectara con Andalucía vía Villarrobledo-Córdoba-Málaga no cuajó, dado que los adjudicatarios de la concesión, otorgada el 18 de junio de 1856 a un grupo de consejeros del Grand Central de la France, renunciaron a acometer el proyecto tras suspender pagos y liquidar la sociedad en 1857. Por tanto, se decidió estudiar otro trazado que partiera de Manzanares dividiendo a la línea en cuatro secciones: Manzanares-Andújar; Andújar-Córdoba; Córdoba-Málaga, y el ramal a Granada desde la estación del Campillo, en la sección Córdoba a Málaga.

Para la compañía M.Z.A. parte de esta línea era muy apetecible, en concreto las secciones Manzanares-Andújar y Andújar-Córdoba, por lo que —negociaciones mediante—, consiguió que el Estado sacara a subasta ambas secciones convertidas en una sola; esto es: desde Manzanares a Córdoba. Para ello, la Administración modificó el pliego de condiciones y convocó la subasta —año 1860—, a la que se presentaron nada menos que catorce postores. Pero fue M.Z.A. la que se alzó con la adjudicación, para lo cual rebajó sustancialmente las condiciones económicas.

► *Tren de mercancías en la línea Córdoba-Sevilla hacia 1870.*

► Una de las locomotoras de la serie 7800 de Renfe, conocidas como "panchorgas", remolcando un convoy de mercancías cerca de Almuradiel hacia finales de los 70.



Cambio de ciclo

Con la llegada de la Alta Velocidad Española (AVE), la línea convencional andaluza pierde protagonismo. Hasta ese momento, por su trazado se circulaba a un máximo de 140/160 Km/h y sufría una rémora importante al atravesar Despeñaperros —una notable pendiente salvada por vía única y con radios de curvatura muy reducidos que permitían velocidades máximas entre 70 y 100 km/h—, además de una notable saturación de tráfico.

Cuando el 14 de abril de 1992 se inauguró el AVE Madrid-Sevilla y la nueva línea supuso disponer de una vía doble alternativa al paso de Despeñaperros con velocidades de hasta 300 km/h, comenzó una nueva era. El tiempo empleado por los trenes AVE para recorrer 471 kilómetros es de 2 horas y 15 minutos. Récord imbatible que ha dado como resultado que sea éste el transporte elegido mayoritariamente para hacer el recorrido Madrid-Sevilla.

Seis meses después de su apertura, entraban en servicio las lanzaderas entre Madrid, Ciudad Real y Puertollano. En 1993 los trenes de Málaga, Cádiz y Huelva circulaban por la línea. De modo que en menos de un año el AVE se hizo con la mitad del mercado para viajar entre Sevilla y Madrid y el número de viajeros entre ambas ciudades se duplicó.

Y la alta velocidad se expande. Desde 1992, los trenes que salen desde Madrid hacia Huelva, Cádiz, Algeciras y Málaga recorren parte de su trayecto por vías AVE, lo que ha permitido también reducir notablemente los tiempos de viaje. En 2006 se puso en servicio el tramo Córdoba-Antequera de la Línea de Alta Velocidad Córdoba-Málaga, lo que acortó los tiempos de viaje hacia Algeciras y Málaga y abrió una nueva ruta para los trenes hacia Granada, que hasta ese momento entraban por Despeñaperros. La línea fue inaugurada en su totalidad en diciembre de 2008, lo que supuso la llegada del AVE de Madrid a Málaga en 2 horas y 30 minutos.

El resultado final de la línea AVE es el esperado: solucionar un problema técnico debido a la baja capacidad de la antigua línea, impulsar el factor económico frenando la pérdida de viajeros y mercancías, y mejorar la calidad del servicio.

El objetivo era claro: controlar el transporte ferroviario entre el centro de España y Andalucía atravesando la cuenca minera de La Carolina. Estábamos ante un trayecto que rozaba los 250 kilómetros sin ningún núcleo urbano de primer orden y teniendo que salvar el paso de Despeñaperros y los ríos Jabalón, Záncara, Río Viejo del Guadiana, y los arroyos de Tamújar y Despeñaperros, entre otras barreras orográficas. En Sierra Morena tuvieron que construirse 13 viaductos de más de 25 m de longitud, entre los que sobresalían el puente metálico sobre el Guadalquivir en Espeluy y en Alcolea del Río, mientras que los túneles más notables fueron los de Andújar, Espeluy y Montoro. En Venta de Cárdenas se construyeron cuatro túneles de 10, 69, 225 y 219 metros, además de los túneles de Santa Elena, de Calancha y de Vilches, el más largo, con 377 m.

No fue una sorpresa, habida cuenta de la dificultad del trazado, que los costes se dispararan cerca de un 40% por encima de la estimación inicial. Un sobrecoste que se vio incrementado con el producido en 1866 por las inundaciones que arrasaron 20 kilómetros de línea entre Venta de Cárdenas y Vilches, y cuyos daños se estimaron en 36 millones de reales.

Finalmente, M.Z.A. abrió su nueva línea en diversas etapas. La primera, entre Manzanares y Santa Cruz de Mudela, el 21 de abril de 1862. A continuación, los tramos de Santa Cruz a Venta Cárdenas, el 25 de mayo de



1865 y de Venta Cárdenas a Vilches el 8 de julio de 1866. El 15 de septiembre de 1866 se abrió el tramo Vilches-Córdoba, que culminaría la línea andaluza –con 28 paradas y numerosos apartaderos industriales– y que permitió completar una red ferroviaria que en aquel momento se prolongaba desde Córdoba hasta Málaga desde agosto de 1865, y desde Sevilla hasta Cádiz desde marzo de 1861.

Desde su apertura, prácticamente la totalidad del tráfico ferroviario entre Andalucía y el resto de la península se realizó por esta vía, hasta que en 1992 empezó a funcionar la nueva línea de Alta Velocidad Madrid-Sevilla, que supuso una drástica reducción en el uso de aquella por los viajeros.

Modernización

Tras un primer periodo de locomotoras a vapor, la línea fue incorporando los últimos modelos en material móvil. En 1878 llegó el primer gran expreso a Sevilla y por ella circularon en 1953, por primera vez, locomotoras diésel de línea con motivo de la construcción de la Base de Rota, cuando Estados Unidos trajo la DL-500 (luego 1615, conocida como Marilyn), que se conserva en el Museo del Ferrocarril de Madrid.

Hasta la puesta en servicio del AVE, la principal mejora que experimentó la línea fue la sustitución de la trac-

ción vapor por la eléctrica. La línea quedó totalmente electrificada en 1977. Esta operación se realizó en tres etapas; la primera, en el tramo Santa Cruz de Mudela-Linares-Baeza, que comenzó a funcionar en 1957. La segunda, en la prolongación de Linares-Baeza a Córdoba, en 1960, y la última, en la sección entre Alcázar de San Juan y Santa Cruz de Mudela ese mismo año. Además, junto a la tracción eléctrica, también se implantó un moderno sistema de Control de Tráfico Centralizado para agilizar la circulación de los trenes.

El siguiente tramo electrificado correspondió a los 150 kilómetros que separan Madrid de Alcázar de San Juan, inaugurados el 13 de julio de 1963. Por último, la sección de Córdoba a Sevilla, mayoritariamente explotada desde los años sesenta mediante tracción diésel, vio circular las primeras locomotoras y automotores eléctricos el 14 de abril de 1976.

En los primeros años tras la electrificación circularon por la línea las robustas locomotoras de la serie 7800 –apodadas “las panchorgas”–, con fuerza suficiente para salvar Despeñaperros; las unidades suizas de la serie 600, que protagonizaron los servicios regionales de viajeros, y las Alsthom de la serie 7600, hasta que en los años ochenta tomaron el relevo las japonesas de la serie 269. En aquellas fechas, ya se acercaba un cambio de ciclo radical: la Alta Velocidad Española que, como se comprobaría muy pronto, cambiaría por el panorama del transporte ferroviario en Andalucía. ■

► Antigua estación de la plaza de Armas (Sevilla), inaugurada por la MZA en 1901.

ÍNDICE TEMÁTICO REVISTA **Fomento** 2016

AEROPUERTOS

La red de aeropuertos consigue más de 207 millones de pasajeros en 2015

REGISTRO HISTÓRICO

Nº 658. Pág. 10

Aena operó más de 13.000 vuelos sanitarios en 2015

AMBULANCIAS EN EL AIRE

Nº 659. Pág. 22

La terminal T4 de Barajas cumple 10 años ampliando y mejorando sus servicios

UNA DÉCADA EN EVOLUCIÓN

Nº 660. Pág. 2

ARQUITECTURA

La Sierra de Francia conserva un valioso patrimonio de arquitectura popular

DESAFIANDO AL TIEMPO

Nº 657. Pág. 48

El antiguo Ensanche Sur de Madrid, hoy en pleno centro, sigue conservando vestigios de su pasado industrial

HUELLAS DE LA CIUDAD INDUSTRIAL

Nº 659. Pág. 36

Rafael Moneo, Premio Nacional de Arquitectura 2015

ESPACIOS CON ALMA

Nº 662. Pág. 2

75 aniversario de las cubiertas del hipódromo de La Zarzuela

LA MAESTRÍA DE UN REFERENTE ACTUAL

Nº 662. Pág. 36

El pabellón español, premiado con el León de Oro en la XV Muestra Internacional de Arquitectura de la Bienal de Venecia

RECONOCIMIENTO COLECTIVO

Nº 664. Pág. 2

Antonio Palacios, el "Arquitecto de Madrid", a los 100 años del hospital de Maudes

EL ESCENÓGRAFO DE LA METRÓPOLI

Nº 665. Pág. 30

El edificio Telefónica de la Gran Vía de Madrid cumple 90 años

UN YANKI ENTRE CASTIZOS

Nº 665. Pág. 44

Los mercados tradicionales se reinventan para adaptarse a los nuevos tiempos

SUPERVIVIENTES DE BARRIO

Nº 666. Pág. 24

Restauración de la sede de la Fundación de Ferrocarriles Españoles

EL PALACIO QUE DESLUMBRÓ A MADRID

Nº 666. Pág. 32

AVIACIÓN

"Aviación Sin Fronteras" colabora con otras ONGs en misiones de ayuda humanitaria

EL ESLABÓN DE LA SOLIDARIDAD

Nº 661. Pág. 48

La vuelta al mundo por los polos de un aviador español permite medir la huella de carbono en zonas remotas

GESTA POR UNA BUENA CAUSA

Nº 662. Pág. 50

AESA edita un folleto con recomendaciones para los usuarios que deseen contratar los servicios de empresas operadoras de drones

LA SEGURIDAD ES LO PRIMERO

Nº 664. Pág. 32

CARRETERAS

En servicio el cuarto tramo de la autovía A-54 en Lugo

EN EL CORAZÓN DE GALICIA

Nº 657. Pág. 2

El puente internacional del Guadiana cumple 25 años

UNIENDO ESPAÑA Y PORTUGAL

Nº 657. Pág. 10

En servicio la variante de Benicarló Vinarós en la N-340 en Castellón

UNA OPCIÓN MÁS SEGURA

Nº 658. Pág. 18

En servicio la variante de Valls de la A-27 en Tarragona

CONEXIÓN ESTRATÉGICA

Nº 659. Pág. 10

El Centro COEX de Teruel enseña a escolares el ayer y el hoy de las carreteras a través de juegos y exposiciones

HACIENDO ESCUELA

Nº 661. Pág. 16

En servicio la autovía AC-15 al puerto exterior de A Coruña

NUEVO ACCESO A LANGOSTEIRA

Nº 664. Pág. 18

Hitos carreteros: La Nacional N-611 de calzada romana a camino real

REBOSANTE DE HISTORIA

Nº 666. Pág. 18

EXPOSICIONES

"Dueños del mar, señores del mundo", en el Museo Naval de Madrid: un viaje por la historia de la cartografía náutica española

PINTADO EN UNA CARTA

Nº 657. Pág. 36

Pacífico. España y la aventura de la Mar del Sur

UN NUEVO MUNDO, UN NUEVO MAR

Nº 658. Pág. 40

"Más allá del arco, puentes para la modernidad", en la arquería del Ministerio

ROMPER CON LAS TRADICIONES

Nº 659. Pág. 44

El "galeón de Manila", la primera ruta regular de la Historia, en el Museo Naval

FRAILES, PLATA Y MUCHO MÁS

Nº 667. Pág. 36

FERROCARRIL

En ferrocarril de vía estrecha por toda la cornisa cantábrica, de Ferrol a Hendaya y de Bilbao a León

UNA ALTERNATIVA DE BAJO COSTE

Nº 657. Pág. 26

Nuevas conexiones ferroviarias a Zamora y Salamanca

A HORA Y MEDIA DE MADRID

Nº 658. Pág. 2

Adif y Unesid suscriben un acuerdo para impulsar el transporte de mercancías siderúrgicas

OBJETIVO COMÚN

Nº 658. Pág. 24

Los proyectos de desarrollo de LAV en Estados Unidos (I)

DEL PACÍFICO A LAS ROCOSAS

Nº 658. Pág. 30

125 años del ferrocarril del Cadagua

EL PROGRESO LLEGÓ EN TREN

Nº 660. Pág. 24

Adif y Adif Alta Velocidad actualizan las Declaraciones sobre la Red para el 2016

INFORMACIÓN AL DÍA

Nº 661. Pág. 8

Se inicia la temporada 2016 de los trenes turísticos de Renfe

REVIVIR LOS GRANDES CLÁSICOS

Nº 661. Pág. 42

La Associació per a la Reconstrucció de Material Ferroviari (ARMF) cumple 20 años

SEGUNDA VIDA DEL TREN

Nº 662. Pág. 24

125 aniversario de la línea Madrid-Almorox

EFÍMERO PERO PROVIDENCIAL

Nº 662. Pág. 30

Los proyectos de desarrollo de líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (II)

EL DESCENSO DE LAS ROCOSAS

Nº 664. Pág. 36

Los proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (III)

POR LAS GRANDES LLANURAS AL GOLFO DE MÉXICO

Nº 665. Pág. 22

Las novedades del sector ferroviario español en la feria Inno Trans

VÍA LIBRE A LA INNOVACIÓN

Nº 666. Pág. 2

Finalizado el viaducto de Almonte, gran hito de la LAV Madrid-Extremadura

NUEVO RÉCORD

Nº 667. Pág. 2

Talgo Avril, la nueva generación de trenes de alta velocidad

EL AVE DE MAYOR CAPACIDAD

Nº 667. Pág. 8

Los proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (IV): Nueva España Connection

POR LAS LLANURAS DE LA ANTIGUA FLORIDA ESPAÑOLA

Nº 667. Pág. 22

GEOGRAFÍA

Mirambel conserva uno de los mejores conjuntos medievales del Maestrazgo turolense

UNA JOYA ENTRE MURALLAS

Nº 657. Pág. 42

Complejo rupestre de Los Algarves, en la Hoya Guadix-Baza

MISTERIO ALMOHADE

Nº 666. Pág. 38

HISTORIA

Treinta años del TER en el Museo del Ferrocarril de Madrid

UN TREN PARA EL RECUERDO

Nº 658. Pág. 48

ÍNDICE TEMÁTICO REVISTA **Fomento** 2016

2016, año de Torres Quevedo
**UN LEONARDO DEL SIGLO XX
Y MÁS ALLÁ**

Nº 660. Pág. 38

Los viejos caminos reales al
monasterio de San Lorenzo de El
Escorial

HUELLAS DEL PASADO

Nº 660. Pág. 46

Hacia la recuperación del
acueducto romano de Cádiz

UNA OBRA COLOSAL

Nº 662. Pág. 44

160 aniversario de la línea
Madrid-París por Irún

VIAJE HACIA EUROPA

Nº 664. Pág. 48

Los puentes como valor facial
y simbólico en el euro

ICONOS DE LA UNIÓN

Nº 665. Pág. 38

TERCER CENTENARIO
NACIMIENTO CARLOS III
Expediciones científicas

LOS DOMINIOS DEL MUNDO

Nº 665. Pág. 50

Real Observatorio Astronómico
DE MADRID AL CIELO

Nº 666. Pág. 44

José Echegaray, el ingeniero
que fue Premio Nobel de
Literatura

DE ÉXITOS Y OLVIDOS

Nº 667. Pág. 30

150 aniversario del Ferrocarril
Madrid-Sevilla

**LA DISPUTADA LÍNEA
ANDALUZA**

Nº 667. Pág. 44

I+D+i

El proyecto Magallanes ultima un
trimarán para la generación de
energía a partir de mareas

ELECTRICIDAD A FLOTE

Nº 657. Pág. 22

La división española de defensa
de Airbus colabora en el
desarrollo de un nuevo avión
supersónico

EL REGRESO DE LOS MÁS RÁPIDOS

Nº 659. Pág. 32

Ensayo con materiales
fotocatalíticos para reducir la
contaminación urbana

PAVIMENTOS SOSTENIBLES

Nº 660. Pág. 16

Sistema inteligente de control de
gases y ventilación en la obra del
túnel de Padornelo

AIRES RENOVADOS

Nº 665. Pág. 16

Innovaciones del proyecto Aridlap
contra los efectos del clima
desértico en líneas férreas

A LA VANGUARDIA MUNDIAL

Nº 666. Pág. 10

INGENIERÍA

Alcoy cuenta con uno de los más
extensos catálogos de puentes
urbanos de España

PONTONERA DE TRADICIÓN

Nº 657. Pág. 16

Premio Acueducto de Segovia para
el puente sobre la bahía de Cádiz

CALIDAD RECONOCIDA

Nº 662. Pág. 10

Javier Rui-Wamba, Premio
Nacional de Ingeniería Civil 2016

LA BÚSQUEDA

DE LA COHERENCIA

Nº 665. Pág. 2

INTERNACIONAL

Empresas españolas firman la
nueva torre de control del
aeropuerto de Bogotá, la más
alta de Latinoamérica

ICONO DE EL DORADO

Nº 659. Pág. 26

MARINA MERCANTE

Nueva regulación para
embarcaciones de recreo
inferiores a 24 m

**MÁS SEGURAS, MENOS
CONTAMINANTES**

Nº 661- Pág. 30

La ampliación del Canal de
Panamá, obra con protagonismo
español, reconfigurará el
comercio mundial

UN HITO GLOBAL

Nº 664. Pág. 10

PUERTOS

El puerto de Motril amplía su
dique exterior

MÁS MARGEN DE MANIOBRA

Nº 658. Pág. 36

El tráfico de mercancías en la
Red de Puertos del Estado
supera por primera vez los 500
millones de toneladas

CIFRAS HISTÓRICAS

Nº 661. Pág. 2

El puerto de Sevilla estrena su nueva
terminal de pasajeros sostenible
LUMINOSA Y CON VISTAS

Nº 661. Pág. 24

Nuevo dique de poniente del
puerto de Almería

GANANDO ABRIGO

Nº 664. Pág. 26

La Autoridad Portuaria de Huelva
inaugura el nuevo Paseo de la Ría

UN BALCÓN SOBRE EL ODIEL

Nº 665. Pág. 10

La Autoridad Portuaria de Bilbao
inicia la construcción del espigón
central

AMPLIACIÓN ESTRATÉGICA

Nº 667. Pág. 8

SALVAMENTO MARÍTIMO

Salvamento Marítimo rescató a
15.556 personas en 2016

POR CIELO Y MAR

Nº 659. Pág. 2

TRANSPORTES

El sistema de navegación global
Galileo cumple una década de su
despliegue en órbita

MÁS CERCA DEL SUEÑO

Nº 659. Pág. 16

La III edición del Informe del
Observatorio del Transporte y la
Logística señala la recuperación
de la movilidad en 2014

BUENOS SÍNTOMAS

Nº 660. Pág. 10

La UE impulsa la plataforma para
el desarrollo de los sistemas
inteligentes de transporte cooperativo

ANTICIPANDO EL FUTURO

Nº 661. Pág. 36

Varios proyectos europeos
buscan la implantación del
autobús eléctrico en las ciudades

RECARGA INTELIGENTE

Nº 662. Pág. 18

El transporte marítimo de la Bahía
de Cádiz

VAPORCITOS Y CATAMARANES

Nº 664. Pág. 42

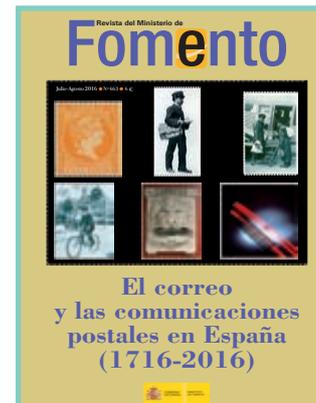
URBANISMO

Arturo Soria y el nacimiento de
una idea pionera en el urbanismo
moderno

LA UTOPIA A PIE DE CALLE

Nº 660. Pág. 30

NÚMERO EXTRAORDINARIO



COMUNICACIÓN E HISTORIA

Nº 663. Pág. 4

Los servicios postales en España
durante el s. XVIII (1706-1808)

EL NACIMIENTO

DE UN SERVICIO PÚBLICO

Nº 663. Pág. 12

El correo y las comunicaciones
postales: del antiguo régimen al
Estado liberal (1800-1868)

LA REVOLUCIÓN DEL VAPOR

Nº 663. Pág. 22

La irrupción de los nuevos
sistemas de transporte: tren y
avión (1868-1936)

LA CONQUISTA DE LA VELOCIDAD

Nº 663. Pág. 30

Correos y Telégrafos 1936-1992:
de dirección general a organismo
autónomo

EN LA SENDA

DE LA MODERNIZACIÓN

Nº 663. Pág. 40

Correos y Telégrafos 1992-2016:
Liberalización y diversificación

AL RITMO DE LOS TIEMPOS

Nº 663. Pág. 50

El telégrafo en España (1854-
2016)

MENSAJES AL MOMENTO

Nº 663. Pág. 60

España participa en cinco
organizaciones postales
internacionales

CONECTANDO AL MUNDO

Nº 663. Pág. 72

El franqueo timbrado en España

LO QUE CUENTAN LOS SELLOS

Nº 663. Pág. 82

Especial



30

Vías Verdes por España

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

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



PVP: 10 €

Centro de publicaciones

Librería 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 667, diciembre 2016.**

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

Año de edición: 2016

Características Edición:

1ª edición electrónica: febrero 2017

Formato: PDF

Tamaño: 5,73 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€

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

