

Revista del Ministerio de

# Fomento

Julio-Agosto 2015 ● Nº 652 ● 6 €



## Ingeniería española en el exterior





## CARRETERAS SIEMPRE COMO EL PRIMER DÍA **CON LOS ASFALTOS DE CEPSA.**

En Cepsa contamos con una amplia gama de productos de última tecnología para cuidar y conservar el buen estado de las carreteras. Desde masillas sellantes hasta la **gama ELASTER**, última generación de betunes modificados con polímeros. Sea cual sea tu necesidad, **elige Asfaltos de Cepsa** y estrena **carretera cada día**.

Más información en [www.cepsa.com](http://www.cepsa.com)

**CEPSA**

# Referente global

Inicio discretamente en los últimos años del pasado siglo, el proceso de internacionalización de las empresas constructoras españolas se ha consolidado de manera excepcional a lo largo de la actual década hasta cristalizar en un éxito sin precedentes. Si apenas veinte años atrás la presencia de esas empresas en el mercado internacional de la obra pública se circunscribía a países con niveles de desarrollo similares o inferiores al nuestro, hoy esa presencia, extensiva ya a 85 países de los cinco continentes, según el Instituto Español de Comercio Exterior, alcanza también a aquellas potencias de más alto nivel industrial y tecnológico.

El éxito exterior de las empresas de ingeniería españolas no ha sido un logro improvisado ni casual, como avalan no solo el volumen y valor de sus adjudicaciones, sino muy especialmente la envergadura y dificultades técnicas de los proyectos que a día de hoy ejecutan. Así, de acuerdo con informes especializados como los de la revista *Public Works Financing*, empresas nacionales participan en al menos siete de las diez mayores obras de ingeniería que se ejecutan en estos momentos en el mundo.

De Riad a Brasil, de Londres a California, de Qatar a Texas, Toronto, Sidney o Macao, solas o en alianzas con otras corporaciones, las constructoras nacionales lideran proyectos de nuevas infraestructuras o de gestión de concesiones de transporte caracterizados por una gran complejidad técnica y un enorme valor estratégico para el desarrollo de las zonas en que se llevan a cabo.

Se trata de infraestructuras y proyectos que, como la ampliación del Canal de Panamá, la línea de Alta Velocidad La Meca-Medina, el proyecto East Side Access del metro de Nueva York, la autopista North Tarrant Express de Texas, el proyecto Marmaray en Estambul, o la que en estos momentos es la mayor obra ferroviaria en Europa: el proyecto Crossrail para dotar de mayor capacidad a la red suburbana de Londres, conllevan el más alto nivel de exigencia. Infraestructuras y proyectos que dan la medida también del verdadero grado de competitividad logrado por las constructoras españolas, una competitividad fraguada en la experiencia y en una decidida apuesta por consolidar sus áreas de I+D+i que les ha permitido mantener una extraordinaria capacidad para ofrecer soluciones integradoras frente a los problemas más complejos, quizá la clave de su éxito.

En las páginas que siguen pretendemos mostrar un recorrido por algunas de esas obras que, de un modo u otro, llevan el sello de la ingeniería española más reciente en los lugares más dispersos del globo. Por razones obvias nos ha sido imposible incluirlas a todas. Confiamos, no obstante, en que los proyectos finalmente aquí reseñados sean un buen reflejo de los logros y motivos por los que la ingeniería española se ha convertido en un referente global a lo largo de esta última década.

ANTONIO RECUERO ALMAZÁN

**Director de la Revista:** Antonio Recuero.

**Jefe de Redacción:** Mariano Serrano. **Maquetación:** Aurelio García. **Secretaría de redacción:** Ana Herráiz. **Archivo fotográfico:** Vera Nosti.  
**Fotos portada:** LAV La Meca-Medina (Ineco), Esclusa Canal de Panamá (Sacyr), Autopista A-1 de Polonia (Ferrovial) y Aeropuerto de Heathrow (Ferrovial-Agromán).  
**Elaboración página web:** www.fomento.gob.es/publicaciones. Concepción Tejedor. **Suscripciones:** 91 597 72 61 (Esmeralda Rojo Mateos).

**Colaboran en este número:** M<sup>º</sup> del Camen Heredia, Pepa Martín, Begoña Olabarrieta, Julia Sola y Javier R. Ventosa.

**Comité de redacción:** **Presidencia:** Mario Garcés Sanagustín (*Subsecretario de Fomento*). **Vicepresidencia:** Eugenio López Álvarez (*Secretario General Técnico*). **Vocales:** Luis Izquierdo Labella (*Director de Comunicación*), Pilar Garrido Sánchez (*Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda*), Eloísa Contín Trillo-Figueroa (*Jefa del Gabinete del Subsecretario*), Mónica Marín Díaz (*Directora del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras*), M<sup>º</sup> José Rallo del Olmo (*Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes*), Pedro Guillén Marina (*Director del Centro de Publicaciones*) y Antonio Recuero (*Director de la Revista*).

**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470. Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65. **E-mail:** cpublic@fomento.es  
**Impresión y publicidad:** Comunicación y Diseño. C/ O'Donnell, 18, 5<sup>º</sup> H 28009 Madrid. Teléf.: 91 432 43 18. Fax 91 432 43 19. **E-mail:** revistafomento@cydiseno.com www.cydiseno.com  
Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589. NIPD: 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 con un 60% de fibra reciclada postconsumo y un 40% de fibras vírgenes FSC.

**04 Presencia de altos vuelos**  
Infraestructuras aeroportuarias, un sector en consolidación.

**14 Un mundo en construcción**  
La edificación española no conoce fronteras.

**26 Autopistas "made in Spain"**  
Empresas españolas en el desarrollo de infraestructuras viarias en el mundo.

**38 Raíles sin fronteras**  
El sector ferroviario español multiplica sus actuaciones por el mundo de la mano del AVE.

**48 De metro en metro**  
Empresas españolas en las redes ferroviarias urbanas y metropolitanas en el mundo.



# Sumario

Julio-Agosto 2015 ● Nº 652 ● 6 €



**60 Ruta para el siglo XXI**  
Ampliación del canal de Panamá.

**70 Muelles llave en mano**  
Los progresos en la fabricación de grandes estructuras de hormigón permiten la entrega de terminales a medida.

**82 Pasos de gigante**  
Viaductos internacionales emblemáticos con sello español.

**95 A través de la oscuridad**  
Empresas españolas participan en la construcción de algunos de los túneles más singulares y complejos del mundo.



▲ Túneles de Královo Pole. República Checa.



▲ Centro Hospitalario de la Universidad de Montreal. Canadá.

▼ Conexión Ferroviaria AirportLink. EEUU.



Más de cien años comprometidos  
con el crecimiento y el progreso



**OHL**

La **fuerza** de un gran grupo **internacional**  
de **concesiones** y **construcción**

[www.ohl.es](http://www.ohl.es)



Infraestructuras aeroportuarias, un sector en consolidación

# Presencia de altos vuelos



Begoña Olabarrieta

**En América Latina, África, Oriente Medio o Europa, con participación de empresas públicas o privadas, con construcciones de terminales, pistas o torres de control, la presencia de las ingenierías y constructoras españolas en infraestructuras aeroportuarias en todo el mundo se ha ido consolidando en los últimos años, exportando experiencia y conocimiento para mejorar la operatividad y capacidad de los aeródromos internacionales.**

♦ Vista de la T2 del aeropuerto londinense de Heathrow.

**P**rivada o pública, la participación española en la creación y renovación de infraestructuras aeroportuarias se deja notar en todo el mundo. Grandes obras para mejorar la capacidad de aeropuertos como el de Lima, terminales sostenibles como la T2 de Heathrow, ampliación de pistas o torres de control en Letonia, Colombia y Checoslovaquia, o creación de aeropuertos locales en Angola.

La construcción española en este sector ha saltado las fronteras nacionales para afrontar nuevos proyectos en tierras lejanas, como es el caso de la ingeniería pública Ineco. La que fuera encargada de supervisar los planes de ampliación y mejora que ha llevado a cabo la red de los 46 aeropuertos de nuestro país exporta ahora su experiencia y conocimiento.

Ejemplo de ello es la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez de Lima, donde la española, en consorcio con la ingeniería peruana Cesel, es la encargada de supervisar todas las obras previstas en la mayor intervención de la historia del aeródromo, que se adapta así a las necesidades de su creciente número de viajeros.

## // Aena Internacional está hoy presente en 15 aeropuertos en todo el mundo //

El proyecto contempla la construcción de una segunda pista de 3,50 kilómetros de longitud –que deberá estar finalizada en 2021–, nuevas calles de rodadura de aviones, nuevas terminales de carga y viajeros –previstas para 2016–, la ampliación de la plataforma de estacionamiento de aeronaves y la mejora de los accesos al aeropuerto. Todo ello supondrá un incremento de 13 a 23 millones de pasajeros para 2023.

También en ese continente, Ineco ha sido la encargada de diseñar la nueva torre de control para el Aeropuerto de El Dorado de Bogotá (Colombia), así como los sistemas de navegación aérea asociados. Una obra que supone duplicar su capacidad actual en número de pasajeros para situarlo en el tercer puesto en importancia en Latinoamérica.

Para su construcción, y la del Centro de Gestión Aeronáutico, fue elegida la española FCC. Con una superficie total de 16.300 metros cuadrados las nuevas infraestructuras permitirán el aumento del tráfico aéreo, respondiendo al incremento de las operaciones aeroportuarias.

La nueva torre de control tiene una altura de 80 metros, una superficie de más de 2.500 m<sup>2</sup> y una cimentación formada por pilotes prefabricados. Cuenta con dos cabinas, una para el control de tránsito aéreo y otra para el de plataforma SDPM, que garantizan una visibilidad de 360 grados sobre el aeropuerto y la línea de vista a cada una de las cabeceras de las pistas.



Por su parte, el centro de gestión es un conjunto independiente con cuatro edificaciones conectadas mediante un elemento distribuidor que hace de nexo de unión a la vez que asegura la independencia entre las diferentes piezas edificadas.

◆ Aeropuerto Leonardo da Vinci, Fiumicino (Roma).

## > Gestión de proyectos

En Kuwait la ingeniería española Ineco fue la elegida para el *project management* de la ampliación de su aeropuerto internacional –un proyecto de construcción de una segunda pista y una nueva terminal de pasajeros diseñada por Norman Foster–, y en Ucrania su papel abarca el diseño funcional, arquitectónico, estructural y de todas las instalaciones del nuevo edificio terminal del aeropuerto de Odesa, incluyendo el esquema de diseño de toda la urbanización del lado tierra y los nuevos accesos.

Ineco también está presente en Marruecos, dando apoyo técnico de ingeniería para la ampliación del aeropuerto de Casablanca Mohamed V, y en Abu Dabi con el proyecto Operational Readiness and Airport Transfer (ORAT) del Midfield Terminal Complex donde se encarga del análisis pormenorizado de todos los factores que afectarán a su funcionamiento una vez esté operativa. Un proyecto en el que también participa la sociedad estatal Aena.

Desde que inició su actividad en 1998, Aena Internacional ha gestionado infraestructuras aeroportuarias en el exterior en ocho países de Europa, América y África, lo que le ha llevado a consolidar su posición como el mayor operador aeroportuario mundial.

Una presencia internacional que se desarrolla mediante diversos esquemas, desde la propiedad de los activos aeroportuarios, hasta contratos de gestión de terminales o servicios, pasando por concesiones aeroportuarias.

En la actualidad Aena Internacional está presente en 15 aeropuertos en el mundo, pero desde su creación esta presencia de altos vuelos ha llegado a los 28 (12 en México, 2 en Colombia, 3 en Reino Unido, 3 en Bolivia, 1 en Suecia, 1 en Angola, y 6 en Estados Unidos, de los cuales 5 fueron contratos de gestión).

## > Papel privado

También las empresas privadas se han lanzado al mercado constructivo de infraestructuras aeroportuarias, consolidando la presencia española en medio mundo.

Es el caso de Acciona que ha desarrollado varios proyectos en distintos continentes. Por ejemplo, la ampliación y reestructuración del Satélite Oeste del Aeropuerto Internacional Leonardo da Vinci en Fiumicino, Roma, finalizada en 1999.

Acciona se encargó de la construcción de un nuevo satélite constituido por un edificio de estructura metálica de configuración cuadrada sobre pilares y núcleos rígidos de hormigón con luces de 40 x 40 m, comprendiendo tres niveles elevados y una red de distribución de sistemas tecnológicos situados en galerías enterradas.

A ello se añadió el viaducto del sistema automatizado para el transporte de pasajeros, compuesto por



2 vías paralelas que unen el terminal existente con el Satélite, de aproximadamente 500 m de largo, con una estructura formada por pilas de hormigón con luces de 25 m y superestructura de vigas de acero y solera de hormigón.

Y para completar la ejecución, se remodeló la estación de enlace, formada por un edificio de planta cilíndrica de estructura metálica sobre pilares y núcleos rígidos de hormigón, adosado al terminal existente, con tres niveles operativos, por el que transitan los pasajeros en dirección al Satélite o provenientes del mismo.

Mucho más lejos, en Jamaica, Acciona realizó los trabajos de rehabilitación de la pista de aterrizaje, pistas de rodadura y pavimentación del Aeropuerto Internacional Norman Manley, en la capital, Kingston.

## // La presencia de las empresas españolas comprende todos los ámbitos, desde la ejecución a la asistencia técnica //

Una pista de aterrizaje, de 2.740 m por 60 m, en la que se trabajó en el fresado de la superficie, la demolición de losas de hormigón que tenía, así como en el sellado de las grietas que presentaba y en la adecuación del alumbrado y la señalización. También se trabajó en la mejora y adecuación de las pistas de rodadura, todo ello en horario nocturno ya que el aeropuerto se mantuvo en servicio en todo momento.

◆ Aeropuerto de Abu Dabi.

También en ese hemisferio, la compañía privada trabajó en la construcción de la Terminal Aérea de Pasajeros y Carga en el Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales de San Pedro de Sula (Honduras) y en la Terminal de pasajeros del Aeropuerto Internacional Juan Manuel Gálvez, en la Isla de Roatán.

Además de estas obras ya concluidas, en la actualidad Acciona está trabajando en la remodelación de la terminal del Aeropuerto Internacional de Isla do Sal-Oasis Amílcar Cabral, en el archipiélago africano de Cabo Verde, que cuenta con una pista de 3.270 m y es considerado como un aeródromo alternativo para la operación de las aeronaves de la NASA.

La intervención de la empresa española consistirá en la remodelación de las zonas de salidas y llegadas internacionales, con rediseño de los servicios de emigración y fronteras, ampliando la terminal de salidas y toda la zona comercial del edificio Terminal.

Sin salir del archipiélago, también trabaja en la ampliación de la terminal de pasajeros del Aeropuerto de la Isla de Boa Vista Aristides Pereira, que desde su construcción en 2008 ha superado todas las expectativas en términos de crecimiento de tráfico aéreo, para lo que se duplicará y modernizará.

## > Terminal sostenible

La presencia internacional de otra de las empresas privadas españolas, en este caso Ferrovial, es especialmente importante en Europa: en Polonia –con la intervención en varios aeropuertos del país–, y en Reino

## Estrategia Internacional

En Europa, Aena Internacional posee el 51% del capital de la sociedad concesionaria del aeropuerto de Londres-Luton, siendo el accionista de control del mismo.

Un aeropuerto que tiene previsto incrementar su capacidad hasta 18 millones de pasajeros, para lo cual planea invertir 98,5 millones de £ (aprox. 116 millones de €), licitando un concurso para la ejecución de obras de remodelación y ampliación. En concreto la licitación consta de dos grupos de obras:

**Lote 1:** urbanización y accesos, por un importe aproximado 13 M£. Las obras consisten en ampliar el vial de acceso al aeropuerto y reorganizar completamente la urbanización frente al Edificio Terminal.

**Lote 2:** remodelación y ampliación del Edificio Terminal, por un importe aproximado de 52 M£. Los trabajos incluyen, entre otros, la construcción de un nuevo dique para embarque/desembarque de pasajeros, la reforma de la zona comercial, el cambio de ubicación de los controles de seguridad y la ampliación del vestíbulo de salidas del edificio terminal.

Además de las obras mencionadas, será necesario realizar otras actuaciones en años posteriores. Destacan la extensión de la calle de rodadura paralela a pista, la construcción de dos nuevos accesos a pista, la ampliación de plataforma y la construcción de una nueva calle de rodadura.

En América Latina, Aena mantiene su presencia en México, donde participa en el Grupo Aeroportuario del Pacífico, SAB de CV (GAP) para la explotación de 12 aeropuertos, a través de la sociedad Aeropuertos Mexicanos del Pacífico, SAPI de CV (AMP), y en Colombia está en Cali y Cartagena de Indias, a través de la participación en el capital de las distintas sociedades concesionarias donde tiene el rol de socio operador.

En 2014 GAP completó el Plan de Inversiones 2009-2014 que ha dotado de la capacidad necesaria a las infraestructuras, de las renovaciones necesarias de los pavimentos y de la ampliación y renovación de los equipos técnicos. En 2014 las inversiones totales fueron 507,4 millones de pesos mexicanos, destacando:

**Guadalajara:** Ampliación del edificio terminal y de la plataforma de aeronaves asociada.

**San José del Cabo:** Construcción de una salida rápida en cabecera de la pista.

**Puerto Vallarta:** Reordenación y mejoras del edificio terminal satélite

Como inversión singular en GAP, y en el sector aeroportuario mundial, cabe destacar la construcción en Tijuana del nuevo terminal "Cross Border" o terminal binacional. Este terminal binacional consiste en una nueva área terminal en el aeropuerto y un puente peatonal transfronterizo entre San Diego (EE.UU. de América) y el Aeropuerto Internacional de Tijuana. Es la primera vez que una obra conecta directamente un aeropuerto extranjero con territorio estadounidense.



♦ Aeroporto Internacional 4 de Fevereiro en Luanda (Angola).

Unido –con el emblemático proyecto de la T2 del aeropuerto londinense de Heathrow–.

Junto con la británica Laing O'Rourke, Ferrovial Agromán fue la encargada de la construcción de la nueva terminal, las plataformas para estacionamiento de aeronaves, la conexión con el edificio satélite T2B del aeropuerto británico de Heathrow, así como de la carretera de acceso, de una nueva estación de producción de frío y de todos los servicios afectados.

Ha sido uno de los mayores proyectos de construcción con financiación privada llevados a cabo en Reino Unido; supuso una inversión de 820 millones de libras, cinco años de trabajo y la colaboración de más de 5.000 personas.

## AENA INTERNACIONAL

PAÍS	AEROPUERTO	
México	Tijuana San José del Cabo Puerto Vallarta Los Mochis La Paz Hermosillo Guadalajara Bajío Aguascalientes Manzanillo Mexicali Morelia	Aena Aeropuertos es el socio operador de todos ellos.
Colombia	Cartagena de Indias Cali	Aena Aeropuertos es el socio operador de los dos.
Reino Unido	Londres-Luton	Aena Internacional posee el 51% y otros socios el 49%
Cuba		Contrato de asesoramiento y capacitación para la operación de aeropuertos (con la empresa Cuba-Ecasa).



Los trabajos, comenzados en 2010 y finalizados en 2014, además de completarse antes de lo previsto, lograron el récord de seguridad laboral de Reino Unido por ser el proyecto de construcción en el país con mayor número de horas acumuladas sin incidentes.

Un proyecto complejo ya que se desarrolló en pleno corazón de Heathrow, entre las dos pistas de vuelo y sus calles de rodaje, que llegan a registrar dos operaciones por minuto. Para garantizar la seguridad y no alterar la operatividad, se redujo el uso de grúas, de modo que se mantuviese la visibilidad de las cabeceras de pista, y el aprovisionamiento de materiales se realizó a través del único túnel del aeropuerto, por el que también circulan pasajeros y mercancías.

La nueva infraestructura es la primera terminal de nueva generación “verde” de Europa ya que cumple con los criterios de eficiencia en términos ecológicos que permiten reducir la huella de carbono un 40% respecto a la anterior, y su objetivo para 2020 es que el 70% de los residuos que genera sean reciclados.

◆ Aeropuerto Vaclav Havel de Praga y, debajo, aeropuerto Internacional de Riga (Letonia)

La cubierta, con un diseño en forma de olas solapadas y una superficie superior a los 50.000 metros cuadrados, capta el máximo de iluminación natural de forma equilibrada y uniforme, reduciendo el consumo de luz artificial, y la colocación de paneles solares disminuye la dependencia de fuentes de energía.

El 20% de la energía utilizada procede de fuentes renovables *in situ* gracias a un centro de energía eficiente construido en las inmediaciones; además, se instalaron más de 100 unidades de tratamiento de aire con sistemas de intercambio térmico, y las fachadas están dotadas de sistemas de protección pasivos, diseñados tras un modelado térmico.

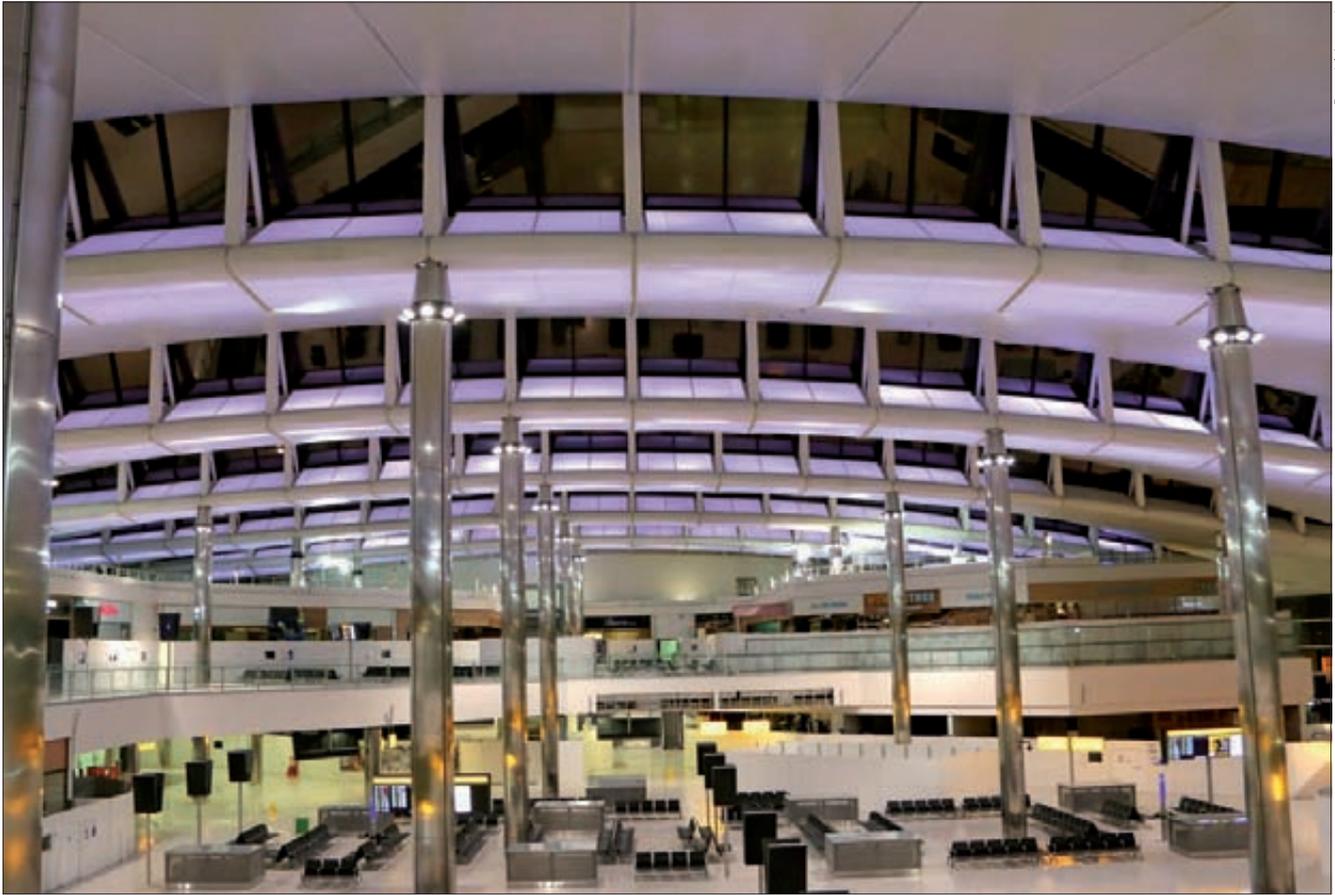
## > Sin salir de Europa

En Polonia, la filial de Ferrovial en ese país, Budimex, fue la encargada de ejecutar la construcción de la nueva terminal del Aeropuerto de Lublin, que se inauguró en 2012, una instalación que tiene una extensión de 11.000 metros cuadrados con capacidad de recibir a 1 millón de pasajeros anuales, un proyecto que se desarrolló en poco más de un año.

También fue la encargada de la construcción de la Terminal 2 del aeropuerto Lech Walesa de Gdansk, un proyecto que fue reconocido con los premios “Tricity Wings 2012” y el “Top Municipal Investments 2013”. Inaugurada en 2012, y con unas dimensiones de 39.400 metros cuadrados, esta nueva instalación ha permitido doblar la capacidad de este aeropuerto hasta alcanzar los 5 millones de pasajeros anuales.

Actualmente Ferrovial y su filial polaca están ejecutando la ampliación de la pista de despegue del aeropuerto de Varsovia, que con sus 10 millones de pasajeros anuales, concentra el 40% del tráfico aéreo de Polonia.





◆ Interior de la T2 del aeropuerto de Heathrow.

También interviene en el aeropuerto de Szczecin-Goleniow (uno de los principales puertos del Báltico), en un proyecto que comprende la mejora de una sección de 2,5 kilómetros de las actuales pistas, la construcción de otra de rodaje paralela, de 2,5 kilómetros, así como de otras cuatro de 720 metros de longitud.

Por último, y sin salir del país, la filial polaca de Ferroviál también está construyendo la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional de Katowice, de 3,2 kilómetros de longitud, que recibe 2,5 millones de pasajeros anuales, y la del Aeropuerto de Olsztyn, al noroeste del país.

Sin salir de Europa, a principios de este año se finalizaban las obras llevadas a cabo por el consorcio liderado por FCC en el aeropuerto de Riga (Letonia), el más importante de los Estados bálticos que conecta de forma directa con 28 países y opera también con vuelos domésticos.

Realizado entre 2013 y 2014, el proyecto consistió en la renovación de las pistas de vuelo, instalación de un sistema de iluminación categoría II, construcción de dos hangares anti-hielo, de dos nuevas zonas de estacionamiento de aviones y de un nuevo sistema de drenaje. Una reconstrucción de una superficie de las pistas de vuelo de 45x2.300 mm y el refuerzo de las franjas laterales, para mejorar la seguridad en caso de posibles accidentes.

Además, el proyecto incluyó la construcción de dos zonas de maniobra para mejorar la capacidad de la pista y la reconstrucción de dos zonas de abastecimiento. Estos trabajos han consistido en la demolición del pavimento existente, el extendido de un nuevo pavimento y la renovación de la señalización.

## > Costa Rica

Al otro lado del charco, además de su presencia en Colombia, FCC está trabajando en la reforma del aeropuerto internacional Juan Santamaría, en Alajuela, a 18 kilómetros de San José (Costa Rica) con la construcción de un hangar.

Las instalaciones de Alajuela dan servicio a aerolíneas que vuelan a todo el conjunto del continente americano y sus conexiones con Europa, convirtiéndose en uno de los aeropuertos con mayor crecimiento en la región, tanto en número de pasajeros –con casi 5 millones de usuarios anuales–, como en número de aerolíneas que lo utilizan y por volumen de carga.

La obra, con una superficie total de 21.894 metros cuadrados, consta de un edificio principal, el hangar, de 124,5 metros de largo por 118 metros de ancho y una altura de 26,8 metros, y una serie de edificios auxiliares como los destinados a talleres, uno para usos ge-



nerales y un edificio para almacenamiento de líquidos y materiales inflamables, además de un aparcamiento con 150 plazas.

El proyecto contempla construir el hangar a 150 metros de la pista, con capacidad para seis aeronaves, con el Boeing 757-300 como referencia.

◆ Aeropuerto de San Pedro de Sula (Honduras)

embarque y de todo el resto del espacio público en el primer piso.

En la de desembarque se aumentó la cantidad de puestos de control de pasaportes, policía y sanidad aeroportuaria, se instalaron nuevos equipos electro-mecánicos para las cintas transportadoras de equipaje, y se aumentó el área destinada al desembarque de pasajeros, incluida la construcción de un área comercial, de servicios, etc.

En otra intervención dentro de este mismo aeropuerto Sacyr remodeló la terminal nacional. Lo primero fue levantar una tienda de 4.500 m<sup>2</sup> para establecer una provisorio mientras se demolía la existente y se construía la nueva, en un área de construcción de 8.200 m<sup>2</sup>, distribuidos en dos pisos y un entrespiso.

La construcción cuenta con una estructura metálica fundada en macizos de hormigón a través de micropilotes, paredes exteriores e interiores con bloques de hormigón revestidos con piedra, cerámicos, revoque y estuco. Piso en piedra y cerámicos, techos internos en Pladur, metálicos y techo externo en ABM. Se trabajó en el equipamiento de veinticinco puestos de atención, una cinta transportadora de equipaje, tres ascensores y una escalera mecánica, además de las instalaciones necesarias.

También en Angola, Sacyr ejecutó otras tres obras: las de remodelación del Aeropuerto Yuri Gagarin en

## > También en África

Dentro del continente africano destaca la presencia de la española Sacyr, con intervención en 4 aeropuertos en Angola.

En 2010 finalizaba la remodelación y ampliación del Aeropuerto Internacional 4 de Fevereiro en la capital, Luanda, preparándolo para recibir el embarque de 840 pasajeros y el desembarque de 1.000 pasajeros por hora, todo en un área bruta de construcción de 37.824 m<sup>2</sup>.

Para ello se aumentó el hall, se instalaron ascensores, sistemas electrónicos de avisos, redes eléctricas, hidrosanitarias, de transmisión de datos y todos los trabajos de construcción civil y remodelación de la nueva terminal.

En la zona de embarque se aumentaron los puestos *check-in*, se instalaron cintas para el transporte de equipaje, puestos de control de seguridad y de pasaportes, puertas y puestos de embarque, y se remodeló la sala de espera, incluida la construcción de nuevas salas de



Namibe, con la construcción de los edificios de la terminal, bomberos, control y una planta eléctrica; las del Aeropuerto Internacional de Catumbela, en dos fases, con la ejecución de terminaciones generales e instalaciones especiales, la torre de control, la subestación eléctrica, el centro de servicios y el edificio de bomberos, y las del Aeropuerto Albano Machado en Huambo, terminadas en 2011.

## // La ampliación de Heathrow ha sido uno de los proyectos más complejos al mantenerse operativo durante las obras //

Otro continente en el que podemos encontrar presencia española es Asia. En Nepal, Sanjosé Constructora es la adjudicataria de la ampliación y remodelación del Aeropuerto Internacional de Kathmandú (Tribhuvan International Airport -TIA), destinada a facilitar el flujo de pasajeros y mejorar todas las condiciones de calidad y seguridad necesarias, pudiendo operar durante las 24 horas del día.

La ejecución, financiada por el Banco Asiático de Desarrollo (ADB), prevé la ampliación de la pista de aterrizaje y una nueva iluminación, la construcción de nuevas calles de rodadura de aviones, la ampliación

♦ Aeropuerto de Gdansk (Polonia).

de la zona de estacionamiento de aeronaves, la reforma y ampliación de la terminal Internacional, un nuevo sistema de transporte de equipajes, varias obras civiles e instalaciones asociadas y el suministro de cierto equipamiento a los aeropuertos regionales de Rara y Simikot. Un proyecto que generará unos 500 puestos de trabajo directos durante la construcción.

El mapa de la presencia española lo completan, entre otras, empresas como OHL con su intervención en la plataforma de estacionamiento de aviones en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez de Santiago de Chile, en el aeropuerto Internacional Václav Havel de Praga o en el Aeropuerto de Puerto Escondido, en Oaxaca. También ACS, que a través de sus filiales ha construido terminales en Estados Unidos en Sacramento y San Diego, renovado la T2 de San Francisco y modernizado el área terminal central del aeropuerto de Los Ángeles. A ellas se ha sumado también la reciente adjudicación de la ampliación y mejora de las terminales 2 y 3 del aeropuerto de Riad a través de su filial Hochtief. Y respecto a proyectos de ingeniería, Tyspa se va a encargar de elaborar el proyecto de ingeniería de detalle así como de asistencia a las obras de la fase 1B de la terminal del aeropuerto brasileño de Belo Horizonte.

Una presencia internacional a través de la ejecución de infraestructuras aeroportuarias que consolida a España como referente en muchos países del mundo. □

Revista del Ministerio de

# Fomento



## VIADUCTOS SINGULARES DEL SIGLO XXI (FERROCARRIL)



**MONOGRÁFICO**  
Julio-Agosto 2014

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](mailto:cpublic@fomento.es)

◆ Filarmónica del Elba,  
Hamburgo.

HochTief-ACS



La edificación española no conoce fronteras

# Un mundo en construcción



OHIL

Mariano Serrano Pascual

**Más allá de las edificaciones asociadas a las infraestructuras del transporte, como estaciones, puertos o aeropuertos, la actividad de las empresas constructoras españolas en el mundo se traduce en muchas otras obras de la más diversa tipología. Así, cada vez son más los edificios con destino residencial, comercial, industrial, tecnológico, cultural o de servicios al frente de cuya ejecución se encuentra algún grupo constructor español.**

La presencia española en la edificación se extiende por todo el planeta. Realizados en los últimos años o todavía en ejecución, nuestras empresas levantan viviendas y oficinas, centros de negocios y edificios industriales, complejos turísticos, establecimientos penitenciarios, auditorios y palacios de congresos, centrales térmicas, estadios deportivos, institutos tecnológicos o centros de investigación y hospitales.

### > Hospitales y centros de investigación

Uno de los sectores de edificación que cuenta con una mayor presencia de las constructoras españolas es el sanitario y de investigación médica. Una empresa con gran actividad en este sector es Acciona, que construye el hospital general de Nogales, en el estado

◆ Biblioteca Nacional de Praga.

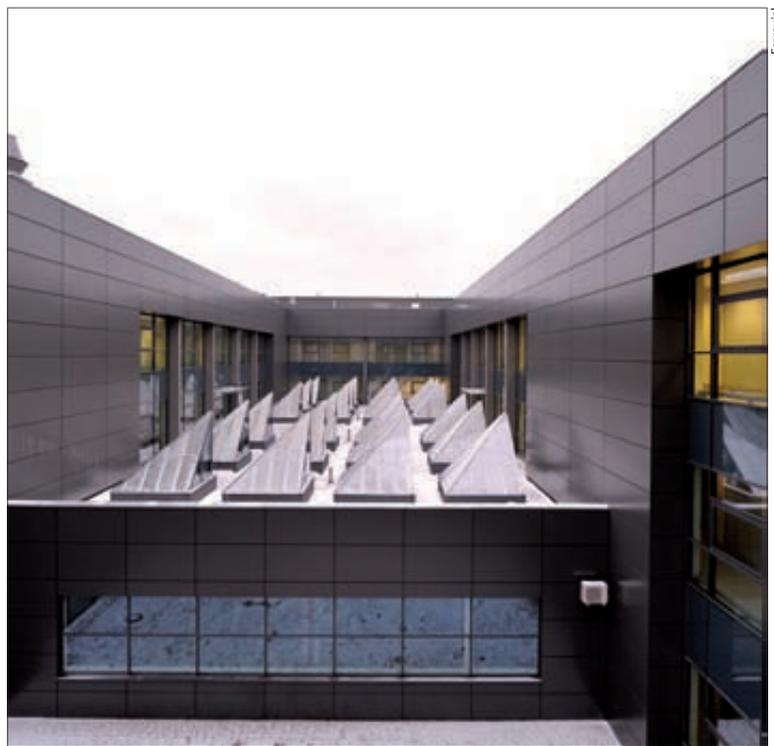
mexicano de Sonora, o el Instituto Oncológico Nacional de Panamá. El hospital de Nogales tendrá una superficie de 27.500 m<sup>2</sup>. Con una inversión en infraestructuras de 623 millones de pesos mexicanos (alrededor de 36 M€), contará con 144 camas. El hospital dará servicio no solo a la ciudad de Nogales, población de cerca de 250.000 habitantes, sino también a las poblaciones cercanas como Magdalena, Benjamín Hill y Puerto Peñasco, entre otras. El hospital se construirá siguiendo la normativa internacional de edificación sostenible LEED, que supone la autosuficiencia energética, con la instalación de paneles solares en la azotea y estructuras diseñadas para el aislamiento térmico, algo imprescindible en un desierto como el de Sonora. Estas medidas, encuadradas en un plan general de sostenibilidad elaborado por la compañía española a nivel global, incluyen no solo acciones dirigidas al sostenimiento medioambiental sino también a la prevención de riesgos laborales. El hospital, que comenzó a construirse en marzo del año pasado, estará listo para su entrega este mismo otoño.

El de Nogales es ya el séptimo hospital construido por Acciona en México, aunque no es este el único país en el que la empresa española ha levantado hospitales recientemente. También hay que mencionar el Fort St. John y Centro de Atención Residencial en la Columbia Británica (Canadá), el Royal Jubilee de Victoria, también en Canadá, o el Exequiel González Cortez en Chile. En cuanto al primero –terminado a finales de 2012 y en el que se han invertido 170 M€–, fue premiado por la Asociación de Construcción Regional de Vancouver, que reconoció no solo las dificultades técnicas derivadas del clima tan riguroso de la Columbia Británica (con temperaturas de hasta -40 °C), sino tam-

bién el haberse desarrollado el proyecto según la certificación LEED Gold de construcción sostenible, entre cuyas características están la reutilización de las aguas pluviales, la gestión de las aguas superficiales, el uso de luz natural, la alta eficiencia energética, la reducción del ruido y de los compuestos orgánicos volátiles. El proyecto incluyó el diseño, la construcción y la concesión durante 30 años del funcionamiento y mantenimiento del hospital, con 55 camas, y el anexo del centro residencial para la tercera edad con 123 camas. También en la Columbia Británica, otra referencia de la edificación hospitalaria fue el Royal Jubilee de Victoria, un hospital terminado en 2011 con una inversión de 348 millones de dólares canadienses (unos 250 M€). El proyecto incluyó el diseño y construcción del centro sanitario, así como la operación y mantenimiento posteriores. El hospital es una torre de 8 plantas que dará servicio a una población de 750.000 personas.

## // En todas las construcciones hospitalarias se está dando una especial importancia a la eficiencia energética //

Por lo que se refiere al hospital Exequiel González Cortés, se trata de un nuevo complejo hospitalario en este centro pediátrico ubicado en la comuna de San Miguel, en Santiago, la capital de Chile. Realizado por el consorcio formado por Acciona y Copasa, el nuevo Exequiel estará terminado este mismo año. Con una inversión de unos 62 M€ y en una superficie de 52.000 m<sup>2</sup> –de ellos más de 30.000 de áreas clínicas–, constará de 5 pabellones médicos y quirúrgicos y 168 camas, además de zonas de apoyo logístico e industrial y aparcamiento. En su construcción se ha dado una especial importancia a los aspectos relativos a la eficiencia energética y seguridad sísmica. En el primer aspecto,



♦ Arriba, centro tecnológico de Wielkopolska (Gran Polonia). Debajo, Tribunal Electoral de Panamá.

se han implementado una serie de medidas tanto de arquitectura pasiva –aislamiento térmico de alta eficiencia, predominio de iluminación natural, control solar, etc.–, como en elementos activos; en el segundo aspecto, el hospital cuenta con un sistema de aislamiento sísmico compuesto por dispositivos elastómeros situados en el nivel subterráneo. Y también Acciona, en este ámbito de la medicina, realiza en Panamá el proyecto de diseño y construcción del Instituto Oncológico Nacional. Situado en la localidad de Chivo-Chivo, a 11 kilómetros al oeste de la capital panameña (junto a la llamada Ciudad Hospitalaria, en cuya construcción intervienen otras empresas españolas), el diseño arquitectónico ha corrido a cargo del estudio español Taller de Arquitectura Sánchez-Horneros (TASH). Con un presupuesto de 125 M€ y una superficie de construcción de 33.350 m<sup>2</sup>, el instituto tendrá 280 camas, cuatro búnkeres de radioterapia, instalaciones de quimioterapia, cirugía, hospitalización, consulta externa, medicina física y rehabilitación, medicina nuclear, unidad de gastroenterología y banco de sangre, así como estacionamientos en superficie. El instituto no está destinado únicamente al tratamiento de pacientes oncológicos, sino que también será un centro de referencia en la investigación y docencia de esta especialidad. Su entrega está prevista en 2016.

No abandonamos Panamá, donde otra empresa, FCC, construye la ya citada Ciudad Hospitalaria de Ciudad de Panamá, al oeste de la capital. El proyecto consiste en el diseño, desarrollo urbanístico, estudio de impacto ambiental, construcción, financiación y equipamiento de las instalaciones de este complejo sanitario con una superficie construida de 219.000 m<sup>2</sup>. El complejo está compuesto por varios edificios que al-





Ferroviari

bergarán todas las especialidades, así como una residencia hospitalaria. También este proyecto ha sido diseñado por el estudio Taller de Arquitectura Sánchez-Horneros (TASH), que ha tenido muy en cuenta las condiciones medioambientales y meteorológicas del país. Con un presupuesto de 517 millones de dólares, será el mayor de Centroamérica y contará con las más modernas instalaciones de toda la región. Se estima que en el complejo hospitalario –cuyas obras comenzaron en 2012, estando prevista su terminación este año– recibirá atención sanitaria un millón y medio de personas.

También en este país centroamericano, la misma FCC acaba de construir el hospital regional Luis Chicho Fábrega, en la ciudad de Santiago. Con una superficie

◆ Estadio de Lublin y biblioteca de la Universidad de Luanda.

de 46.460 m<sup>2</sup> y un presupuesto de 127 M€, el hospital está dividido en una planta sótano, planta baja que alberga los servicios centrales y cinco plantas en altura para hospitalización (330 camas) y médicos de guardia, en un edificio de cimentación directa, fachadas de piezas de hormigón y vidrio y cubiertas invertidas. El proyecto arquitectónico se debe a los españoles Alfonso Casares y Carlos Lamela, y sigue criterios de respeto al medio ambiente según un concepto de “hospital verde y sostenible”, con el empleo de materiales con bajo contenido de energía primaria, uso responsable del agua, reducción de consumo de energía y optimización de todas las instalaciones aprovechando al máximo la luz solar.

Seguimos aún el continente americano. OHL construye en Canadá el centro hospitalario de la Universidad de Montreal (CHUM). La construcción de este hospital se desarrolla en dos fases, que estarán finalizadas en 2016 y 2020, con el fin de afectar lo menos posible los servicios urbanos y hospitalarios. Con un presupuesto de 1.461,9 M€ y 332.656 m<sup>2</sup> construidos, el hospital contará con 772 camas repartidas en 26 unidades de hospitalización, centro ambulatorio, servicios de diagnóstico, 39 quirófanos, medicina nuclear y un centro integral de oncología, entre otros servicios especializados. El hospital CHUM se construye mediante el sistema Fast Track –sistema de gestión de la construcción que permite solapar el diseño del proyecto y la ejecución de las obras– y en condiciones climatológicas adversas, debido a las bajas temperaturas que registra el invierno canadiense. Por otro lado, el proyecto contempla también la reconstrucción de edificios del patrimonio histórico de Montreal, que fueron retirados para la obra, como el campanario de la ige-



Sacyr



sia Saint-Sauveur y la fachada de la casa Garth, que pasarán a formar parte del complejo.

La misma empresa, OHL, es la constructora del hospital Horacio Oduber, en Oranjestad, capital de la isla de Aruba. Las obras –adjudicadas en el mes de junio del año pasado por un valor de 71,5 M€– tendrán una duración de 4 años y serán ejecutadas en dos fases: una primera consistente en la construcción de nuevos edificios (15.500 m<sup>2</sup>) y una segunda en la que se acometerá la renovación de las instalaciones ya existentes. OHL ha desplegado en los últimos años una intensa actividad en América en el ámbito sanitario. Ya en 2008 levantó el hospital militar La Reina, en Santiago de Chile, y se ha adjudicado obras de reforma o ampliación de hospitales en otras partes del continente, entre otras, las del South Hospital y el Children's Hospital, ambos en Miami (Florida), o el hospital materno infantil Dr. Héctor Quintana en Argentina. Por su parte, el grupo ACS se adjudicó en 2014 por un valor de 90 M€ las obras del nuevo complejo sanitario de la clínica Cruz Blanca Salud, en la comuna de La Florida (provincia de Santiago de Chile). También en Chile, la empresa Sacyr construye el hospital de Antofagasta, que con una superficie construida de 114.000 m<sup>2</sup> se convertirá en el mayor del país. Tendrá 18 pabellones con 45 boxes de consulta y 24 de urgencia, y tendrá capacidad para cerca de 700 camas. Además de la construcción, Sacyr será la encargada del mantenimiento y la ex-

♦ Arriba, edificio del parque científico Tecnopolo, de México. Debajo, hospital militar La Reina, Santiago de Chile.

plotación de servicios no sanitarios, así como del mantenimiento del equipo médico.

Dejamos América para trasladarnos al otro lado del mundo. En Tasmania, Australia, el grupo ACS se adjudicó las obras de mejora y rehabilitación del hospital Royal Hobart, mientras que en Abu Dabi el mismo grupo formó parte del consorcio que se adjudicó en 2011 –por un valor superior a los 400 M€– las obras de construcción del hospital Al Mafraq. Este hospital, situado a 30 km de la capital de Emiratos Árabes Unidos, tiene una superficie de 245.000 m<sup>2</sup>, 700 habitaciones, quirófanos, laboratorios y todas las especialidades y servicios, y fue abierto al público el año pasado. Cerca, en Doha, capital de Qatar, OHL encabezó el consorcio encargado de la construcción del centro médico y de investigación de Sidra. La obra, con un presupuesto de 1.841,5 M€, incluyó el diseño, construcción y equipamiento de un complejo de 378.000 m<sup>2</sup>, compuesto por varios edificios y la urbanización de todo el complejo, 150.000 m<sup>2</sup> de jardines, paseos, fuentes, etc.

Para terminar este recorrido por las obras sanitarias españolas en el extranjero, venimos a Europa, a Portu-

**// Además del sanitario, las empresas españolas tienen otro punto fuerte en la edificación tecnológica //**





gal, donde Sacyr ha acometido en los últimos años la construcción de varios hospitales como los de Braga, Ilha Terceira (Azores) y el de Vila Franca de Xira. Por su parte, en la República Checa OHL ha realizado las obras de ampliación y reforma de otro centro de investigación clínica, el de Brno, compuesto por la clínica y el centro de investigación neurológica y la clínica y el centro de investigación cardiovascular. Con una superficie de 24.000 m<sup>2</sup> y 180 camas, el centro médico y de investigación de Brno cuenta con laboratorios científicos y medios quirúrgicos de alto nivel. Por último, un consorcio encabezado por FCC construyó en el año 2012 el hospital de Enniskillen, en Irlanda del Norte. Con una inversión de unos 340 M€, el centro sanitario ha sido el primero que se adjudica en Irlanda del Norte en régimen de colaboración entre el sector público y privado. En una superficie de 65.000 m<sup>2</sup>, cuenta con 315 camas para hospitalización, maternidad, servicios de urgencia y varias especialidades, además de otro edificio para alojamiento de trabajadores. Por otro lado, tiene un centro energético que lo convierte en uno de los hospitales más eficientes desde el punto de vista de la gestión de la energía, aspecto que ha sido reconocido con varios premios de diseño sostenible.

◆ Centro hospitalario de la Universidad de Montreal (Chun), Canadá.

## > Edificación industrial y tecnológica

Las empresas españolas en el extranjero tienen otro punto fuerte en la edificación destinada a la tecnología y la industria. Y aunque también se construyen edificios en otras partes del mundo, en este sector es en Europa donde se han realizado o se están realizando en la actualidad algunos de los proyectos más intere-

santes. Así, Ferrovial Agromán, a través de su filial Budimex, se ha introducido con fuerza en este sector en Polonia con varios proyectos reseñables como la planta energética de Turów y algunos centros de tecnología avanzada, como los de la Universidad de Varsovia y el de Wielkopolska (Gran Polonia), en el Báltico. En cuanto al primer proyecto, el consorcio formado por Budimex, Hitachi Power y la también española Técnicas Reunidas, se ha adjudicado recientemente la ampliación de la central eléctrica de Turów, en el sudoeste del país. El proyecto, valorado en 770 M€ y con una duración de 56 meses, comprende el diseño y la construcción de un nuevo bloque energético, así como el montaje de los aparatos de control y medición, la construcción de una torre de refrigeración, el sistema de extracción de cenizas y escoria y la instalación de equipos auxiliares termo-mecánicos.

En este mismo campo, Budimex-Ferrovial ya realizó la planta energética de Belchatów y participa en otros proyectos relacionados con otros equipamientos industriales como cementeras, instalaciones de residuos y tratamiento de aguas. Por otro lado, con un presupuesto de 65 M€, la misma empresa está ejecutando el proyecto del laboratorio central de la Universidad Politécnica de Varsovia, que comprende la construcción de un edificio principal de cuatro plantas y otros edificios auxiliares. En total, representan más de 33.000 m<sup>2</sup>. Las obras finalizarán este mismo año. Otro proyecto acometido por la filial de Ferrovial es el Centro de Gestión de Innovaciones y de Traspaso de Tecnologías de la misma universidad, con un edificio de siete plantas.

También en Polonia, ACS se ha adjudicado recientemente el contrato para el diseño y construcción de instalaciones de la planta de Volkswagen en Września,

## La arquitectura española y las infraestructuras del transporte

La arquitectura española también se exporta y los proyectos arquitectónicos realizados por estudios españoles abarcan todas las tipologías, entre ellas, por supuesto, las que afectan a las infraestructuras del transporte. Así, algunos de los proyectos más singulares de estaciones de ferrocarril y metro, terminales de aeropuertos, edificaciones portuarias o puentes de todo el mundo se deben a estudios de arquitectura con participación española. Ciñéndonos a los más recientes –algunos aún en ejecución– y sin ánimo de ser exhaustivos, se podrían citar los siguientes:

### Metro y ferrocarril

Estación de ferrocarril de Basilea (Suiza), de Antonio Cruz y Antonio Ortiz.

Birmingham New Street Station (Reino Unido. En la foto), de Alejandro Zaera-Polo y Maider Llaguno (AZPML).

Estación de Lieja-Guillemins (Bélgica) y estación Mediopadana de Reggio-Emilia (Italia), ambas de Santiago Calatrava.

Estación de metro de Clichy-Montfermeil (París), la estación metropolitana de Nápoles y el acceso a la estación de metro de Takaoka (Japón), de Enric Miralles y Benedetta Tagliabue (estudio EMBT).

Ampliación del metro de Argel, estaciones de la línea 6 del metro de Santiago de Chile y metro de Riad, de ACXT/IDOM.

### Aeropuertos

T1 y T2 del aeropuerto de Varsovia, del estudio Lamela.

T2 ("Terminal de la Reina"), del aeropuerto de Heathrow (Reino Unido), de Luis Vidal Arquitectos.

Cross-border entre los aeropuertos de Tijuana y San Diego, de ACXT/IDOM.

Sala VIP Iberia/America Airlines del aeropuerto de Ezeiza (Buenos Aires), de Israel Alba.

### Puentes

Puente peatonal y para bicicletas Lent-Tabor en Maribor (Eslovenia), de Burgos y Garrido.

Puente Calgary Peace (Canadá), de Santiago Calatrava.

Puente de Waterford y puente Nueva Europa, de Fernández Casado.

### Puertos

Terminal portuaria de Yokohama, del estudio Foreign Office Architects, formado por Alejandro Zaera-Polo y Farshid Moussavi.

Puerto de Kinmen (Taiwán), de Enric Miralles y Benedetta Tagliabue (EMBT).

La construcción de algunos de estos proyectos se debe además a empresas españolas. Es el caso de los metros de Argel y Riad y de las terminales aeroportuarias de Varsovia y Heathrow.



y el mismo grupo empresarial, a través de Hochtief, trabaja, esta vez en el Tirol austriaco, en la construcción de una central hidroeléctrica sobre el río Inn. En la obra, que tiene un presupuesto total de 132 M€, destaca la construcción del que será, con sus 22,6 km de longitud y 6,5 m de diámetro, el mayor túnel de Austria. Está previsto que las obras terminen en 2018.

## // Los complejos industriales, comerciales y de servicios son otros campos en los que destaca la edificación española //

Dejamos Europa y nos trasladamos al continente americano, donde dos empresas españolas construyen sendas edificaciones en México con destino industrial o tecnológico. Acciona es la responsable de la central térmica de Baja California Sur. El año pasado, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de México adjudicó a esta empresa por 107 millones de dólares (unos 77 M€) el diseño, suministro, construcción y puesta en operación de la fase V de la central térmica de Baja California Sur. El contrato supone la ampliación de una central situada en La Paz, capital del Estado, que ya tiene cuatro fases en funcionamiento –una de ellas, la fase III, operativa desde 2012, también diseñada por Acciona–. La planta de generación térmica aprovecha combustibles residuales del petróleo para la generación de electricidad a partir de motores de combustión interna, lo que permite optimizar el ciclo del crudo y su reutilización con el mínimo impacto ambiental, algo esencial en un entorno de alto valor ecológico como es la península de Baja California Sur. Además, el contrato incluye el diseño y la instalación de un novedoso sistema de reducción de emisiones de óxido de nitrógeno. La nueva planta, cuya entrega se prevé para 2016, contribuirá al abastecimiento eléctrico de La Paz y las zonas turísticas del Estado, con una cobertura estimada de más de 200.000 habitantes. En Brasil, Tyspa desarrolla la ingeniería de la central hidroeléctrica de Belo Monte, que con 11.233 MW se convertirá en la tercera más grande del mundo, y en Uruguay está también presente en la central hidroeléctrica fluyente de Sacachispas. Tyspa desarrolla asimismo otros proyectos hidráulicos en Arabia Saudí, donde supervisa las obras de 4 depósitos de las reservas estratégicas de agua en Riad y Jeddah. Tyspa desarrolla también en este país la que será la primera desaladora del mundo que funcionará con energía solar, una planta de desalación de ósmosis inversa alimentada por una planta fotovoltaica situada en Al-Khafji, que consolida su amplia presencia en Arabia Saudí, lo que ha llevado a confirmarla, conforme al ranking de la prestigiosa revista norteamericana ENR como la primera empresa exportadora española del sector de servicios profesionales de consultoría en ingeniería civil.



Por su parte, Aldesa finalizó en 2013 las obras del singular edificio que alberga el parque científico Tecnopolo Esmeralda, en el Estado de México. El edificio, cuya fachada fue diseñada por el escultor mexicano Sebastián, consta de seis plantas sobre rasante, con una superficie en planta baja de 775 m<sup>2</sup> y 340 m<sup>2</sup> de media en el resto de plantas. El parque tecnológico está ubicado en Atizapán, en el Estado de México, y alberga desde el año pasado el Centro de Investigación, Tecnología y Negocios de la Universidad Autónoma de México. También en América y en este apartado de la edificación con destino tecnológico, hay que destacar el Centro para Tecnología Aplicada de Edmonton, perteneciente al Instituto Tecnológico del Norte de Alberta (Canadá), contrato por valor de 157 M€ debido al grupo ACS. También del grupo ACS, esta vez en Asia-Oriente Medio y en el ámbito de la edificación industrial, hay que destacar el diseño y construcción de las instalaciones y servicios asociados en dos islas artificiales en Abu Dabi, como parte del desarrollo de varios campos petrolíferos. El contrato comprende la construcción de cuatro edificios de alojamientos, dos de oficinas, así como las plantas de generación y de tratamiento de aguas.

Y para terminar con este capítulo no podemos dejar de citar la actividad de otros tres grupos españoles. Por un lado, Sacyr, donde Valoriza Agua, perteneciente a este grupo, se ha convertido en un referente mundial en la construcción de plantas desaladoras y de tratamiento de aguas como las de Binningup y Perth (Australia), Ashdod (Israel) o Themclen Hounaine y Skikda (Argelia). Por otro lado, Abengoa destaca por sus plantas de energía solar, como las de Mojave y Arizona (EE. UU.). Por último, Técnicas Reunidas es también una referencia inexcusable, en este caso en la construcción de refineras y plantas de gas: las de Izmit y el Egeo (Turquía), Volvograd (Rusia), Talara (Perú), Jazan y Jubail (Arabia Saudí) y Penderang (Malasia) son algunos ejemplos.

♦ Arriba, Museo de Silesia. Debajo, hospital de Illa Terceira, en las Azores.

## > Vivir, trabajar, comprar

Uno de los sectores donde se aprecia una mayor actividad de las empresas españolas en la edificación es el destinado a uso habitacional, comercial y de oficinas. Comenzando por Europa, la compañía ACS, a través de su filial Hochtief, tiene en Alemania varios proyectos recientes de centros comerciales destacables, como el centro comercial y de oficinas DreiEins en Düsseldorf y el centro Arge Neubau EKZ de Böblingen. Otros contratos del grupo en Alemania son los proyectos inmobiliarios Leonardo da Vinci y Adickesalle, ambos en Fráncfort del Meno, o el complejo residencial Lux de Berlín. Al otro lado del Atlántico, la misma empresa tiene su punto fuerte en EE. UU., donde se ha adjudicado en los últimos años varios grandes proyectos. Así, en California, construirá un edificio de oficinas de 26 plantas en San Francisco y el complejo Wilshire Grand Center en Los Ángeles. Este último proyecto consiste en una torre de 73 plantas y 335 m de altura. Una tercera parte de los pisos está destinada a oficinas y el resto al nuevo hotel, de 900





habitaciones. A partir de la planta 70 se instalarán un *sky lobby*, miradores, restaurantes y piscinas. El proyecto, que comenzó en 2012 con la demolición del antiguo hotel no estará terminado hasta 2017, y su coste total se estima en unos mil millones de dólares. Además, en Cleveland, el mismo grupo levantará otro hotel, el Convention Center, una torre de 28 plantas que albergará un establecimiento de la cadena Hilton.

◆ Hospital de Enniskillen, Irlanda del Norte.

seísmos, protección solar y ahorro de energía. La obra, que comenzó en 2008, se terminó en diciembre del año pasado, y otra empresa con matriz española, Aldesa, se ha encargado de los acabados interiores y exteriores de oficinas.

Volviendo al ámbito hotelero, y también en México, en el cabo de San Lucas de Baja California Sur, construye Aldesa el hotel Los Cabos, un complejo turístico con 300 habitaciones y suites, restaurantes y 1.220 m<sup>2</sup> de salones para eventos. La superficie total en la que se desarrolla el proyecto tiene 6 ha, enmarcadas en el nuevo desarrollo turístico, residencial y comercial denominado Puerto Los Cabos. Por otro lado, la empresa OHL desarrolla desde hace años el proyecto Mayakoba, en la Riviera Maya, un proyecto de largo recorrido que comenzó con un conjunto de *resorts* y continúa en la actualidad con el diseño y construcción de toda una ciudad. Fue en 1994 cuando OHL Desarrollos inició la concepción de Mayakoba Resorts, un modelo que partía de la base de la conservación y regeneración de dunas de arena, manglares y arrecifes coralinos. Los estudios para protección del ecosistema duraron 5 años y 13 más las obras sobre el ecosistema y las de construcción del complejo, que incluye varios hoteles, villas, apartamentos y campos de golf, todo ello sobre una superficie de 250 ha. Para la recuperación del manglar se construyó un sistema lagunar de canales artificiales navegables de 25 ha y 13 km de longitud, lo que ha permitido que Mayakoba se haya convertido en hábitat natural de cerca de 200 especies. Bajo los mismos criterios de sustentabilidad y desarrollo integral y con una inversión aproximada de mil millones de dólares, la misma empresa acomete ahora la segunda fase del proyecto, Ciudad Mayakoba, sobre una superficie de 400 ha de las que dos terceras partes estarán dedicadas a uso residencial (unas 10.000 viviendas) y comercial, equipamientos educativos, deportivos y

## // Con destino turístico, las empresas españolas desarrollan algunos de los principales proyectos de Oriente Medio y Asia-Pacífico //

También en América, el grupo FCC tiene edificios singulares reseñables, entre ellos el ya finalizado edificio corporativo de Banpro, el mayor banco privado de Nicaragua, en la capital, Managua. Con casi 10.000 m<sup>2</sup> de superficie construida, consta de 5 niveles (un sótano y cuatro plantas), además de áreas exteriores con jardines y estacionamientos. Diseñado por un estudio de arquitectura costarricense, recoge las tendencias más innovadoras en diseño arquitectónico. También se debe a FCC la torre Bancomer, construida para ubicar la sede del BBVA en la capital mexicana. Se trata del segundo rascacielos más alto de la ciudad, con una superficie construida de más de 150.000 m<sup>2</sup>, 235 m de altura sobre rasante, 50 niveles en altura y 5 de sótanos, además de zonas verdes. Con un diseño postmoderno de la prestigiosa firma Skidmore, Owings and Merrill y un enfoque puesto en la eficiencia de los espacios y energética, bajo especificaciones LEED, la estructura de la torre es de hormigón y acero, empleándose la última tecnología en protección frente a



♦ A la Izqda., planta energética de Belchatów, en Polonia. Debajo, hospital Fort St. John, en la Columbia Británica.

culturales, y el resto se destinará a la creación de corredores biológicos y zonas de conservación.

Al otro lado del mundo, en la zona de Asia-Pacífico, las empresas del grupo ACS han realizado y tienen en ejecución varios proyectos, alguno de los cuales ya se ha convertido en emblemático. Como la torre Eclipse, en Sídney, con un original y elegante diseño curvo obra del estudio Fitzpatrick Partners. En Oriente Medio, el mismo grupo realiza en Dubái una de las fases de las obras de construcción del complejo residencial, hotelero y comercial denominado "Jewel of the Creek" de Port Saeed, donde se están construyendo hoteles, apartamentos, edificios de viviendas y comerciales y un centro de conferencias, en un conjunto de cinco edificios de entre 15 y 19 plantas. El contrato incluye la construcción de un puerto deportivo, varios puentes, las infraestructuras viarias y el diseño y desarrollo paisajístico del complejo. También en Dubái, empresas de este grupo construyen otro hotel, el mayor construido hasta ahora en Oriente Medio. Sustituirá al actual hotel Metropolitan y contará con tres edificios que albergarán varios hoteles de diferentes categorías y estilos. Contará además con jardines y servicios, como un teatro acuático. Se prevé que las obras terminen el año que viene.

En otros Emiratos Árabes como Catar y Abu Dabi, el mismo grupo ACS tiene una presencia casi constante. En Qatar (donde ya realizó en 2011 otra torre emblemática, Al Faisal Tower) cabe destacar la expansión del centro de la capital, Doha, que incluye, en el marco de un proyecto más amplio, la construcción de 5 torres de distintas funcionalidades. También en los Emiratos Árabes, otra empresa española con una actividad cre-

ciente es Ecisa, uno de cuyos últimos contratos es la construcción de tres torres de 23 plantas cada una en la isla artificial de La Perla, en Doha (Qatar). Por último, ya en Extremo Oriente, en China, Leighton (Hochtief-ACS) se ha adjudicado la construcción del que será el mayor complejo turístico hotelero y de juego del mundo. Con una inversión superior a los 2.000 M€, el complejo se levantará en 450.000 m<sup>2</sup> de terrenos ganados al mar entre las islas Macao Taipa y Coloane, e incluye un hotel de lujo, casinos, centros comerciales, restaurantes y varias áreas recreativas.

## > Institucional y servicios

También en la construcción de edificios institucionales y entre los destinados a otros servicios públicos –defensa, sistema judicial, educativo o deportivo– destacan numerosas obras recientes debidas a constructoras españolas. Así, se pueden mencionar varios centros penitenciarios como los de Sarajevo o Melbourne. El primero –centro penitenciario de Naklo-Sarajevo, en Bosnia y Herzegovina– se debe a OHL ŽS (70%) y OHL (30%). Por su parte, ACS, a través de Leighton, se ha adjudicado el contrato para la construcción y explotación durante 25 años del centro penitenciario de Ravenhall, al oeste de Melbourne (Australia). El nuevo centro tendrá capacidad para un millar de reclusos. En este mismo ámbito de la justicia, también el grupo ACS se adjudicó el año pasado el contrato para la construcción del Palacio de Justicia de Stockton (California, EE. UU.), y FCC firmó en Centroamérica otro proyecto similar, el Complejo judicial central de Managua (Nicaragua), al que habría que añadir el Tribunal Electoral de Panamá, obra singular también finalizada ese mismo año, cuyo proyecto consistió en el diseño y ejecución de la sede de este tribunal, además de la construcción de los sistemas sanitarios, agua potable y pluvial y electrificación conectados a los servicios públicos, así como el diseño del sistema de aire acondicionado. La edificación consiste en la combinación de 3 edificios de estilo neoclásico de hasta 5 plantas con oficinas, despachos, salón de conferencias y otras salas, anfiteatro, museo y biblioteca, y una planta sótano de estacionamiento y servicios. Cada uno de



los edificios –unidos y comunicados entre sí formando una figura ortogonal en forma de H– tiene una superficie construida de cerca de 2.500 m<sup>2</sup>. Los dos edificios laterales tienen cubierta de metal, mientras que el central tiene cubierta de concreto; han sido construidos sobre pilotes vaciados *in situ* y están compuestos de columnas, vigas y losas –estas con un sistema de cables postesados para optimizar su diseño– de hormigón armado. La estructura del techo y la cubierta de los edificios laterales son de metal, sobre el que se colocó otra cubierta de tejas de arcilla. Las fachadas están construidas con bloques de hormigón o arcilla con grandes ventanas de vidrio tipo muro cortina. Todas las columnas exteriores llevan un sobre relieve con pedestal y capiteles con un acabado especial. Frente a los edificios se abre una plaza de 5.150 m<sup>2</sup> con una gran escalinata que da acceso a la entrada principal.

En otro aspecto de la edificación institucional, el de la defensa, cabe citar las obras del grupo ACS para el programa de transformación del centro de logística de defensa de Robertson Barracks del Gobierno australiano, consistente en la construcción de 11 edificios, además de los accesos al complejo y su urbanización (67.000 m<sup>2</sup> de aceras y 2,2 km de asfaltado). En el ámbito de las dotaciones para cultura y educación, son reseñables varios proyectos, entre ellos el museo de Silesia de Katowice (Polonia), obra singular a cargo de Budimex-Ferrovial. El proyecto ha consistido en el edificio que alberga el museo de Silesia –edificio de cuatro niveles más una planta sótano con sala multiusos–, un aparcamiento de varios pisos y un hall que constituye el punto central de distribución entre el museo y otras construcciones levantadas en el espacio donde se ubican, en el cual se han conservado algunas de las edificaciones industriales del siglo XIX pertenecientes a las antiguas minas. Referencias en el ámbito de las dotaciones culturales y para educación son también algunas obras de la empresa OHL en la República Checa, como la Biblioteca Nacional Técnica de Praga,



♦ Arriba, edificio Banpro, en Nicaragua. Debajo, Centro de Justicia de Santiago.

la Universidad de Brno o el complejo educativo FEKT VUT, también en esta última ciudad. Pertenecientes a esta misma tipología podemos citar algunos proyectos de los últimos años del grupo ACS en EE. UU., como son el centro académico de arte Lewis Center de la Universidad de Princeton, el instituto Concord Carlisle en Massachusetts o la facultad de Veterinaria de la Universidad de Georgia. También en el continente americano, esta vez debido a Corsán, cabe reseñar la restauración y puesta en valor de la histórica aduana Taylor de Buenos Aires para convertirla en el museo de la Casa Rosada, un centro cultural de primer orden de la capital argentina. Al otro lado del Atlántico, proyecto singular es también el realizado por Sacyr en Luanda (Angola), donde en 2011 construyó la biblioteca del campus Agostinho Neto de la universidad de esa ciudad africana.

Para terminar, no pueden dejar de mencionarse las dotaciones de tipo deportivo. Entre las muchas realizadas en los últimos años por empresas españolas, podríamos destacar el estadio de Lublin (Polonia), obra debida a Ferrovial, con un presupuesto de 110 millones de zlotys (unos 26,4 M€). El estadio, sobre una parcela ocupada en su día por una antigua fábrica de azúcar y en un área reconvertida ahora en zonas verdes y de esparcimiento, tiene capacidad para 15.500 espectadores y cuenta con vestuarios, salones VIP, sala de prensa, gimnasio, restaurante, área de retransmisiones y una zona comercial, además de un aparcamiento para 1.000 coches y 20 autobuses. Las condiciones del terreno, junto al río Bystrzyca, obligaron a utilizar pilotes de hormigón reforzado. Con todo, lo más destacado es su fachada, formando bandas acanaladas realizadas con paneles metálicos, y que, bajo una iluminación de distintos colores, presenta un aspecto impactante. Debe señalarse que el proyecto arquitectónico corrió a cargo del estudio español Lamela, que se ha encargado no solo del estadio sino del diseño urbanístico de toda la zona, en la que está previsto construir dos campos de fútbol de entrenamiento, una pista de atletismo y un parque a orillas del río. □



## Aprovechamiento Hidroeléctrico de Belo Monte, Brasil.

3<sup>er</sup> aprovechamiento más grande del mundo con una potencia de 11.233 MW.  
Ingeniería de la propiedad, seguimiento y control de trabajos, y planificación de la puesta en marcha.



Abastecimiento de agua a Riad

Master Plan, proyecto y supervisión de las obras del abastecimiento y de las reservas estratégicas de agua a la ciudad de Riad, Arabia Saudí



Metro de Estocolmo

Planificación y diseño de 11 km de nueva línea con un túnel en roca bajo el mar de Saltsjön



Puerto de San Antonio, Santiago de Chile

Ingeniería para el desarrollo de un puerto de gran escala con nueva dársena para terminal de contenedores

# Líder español en exportación de servicios de consultoría en ingeniería civil y edificación

- Conocimiento, experiencia, capacidad técnica e independencia empresarial.
- 2.500 profesionales de la consultoría al servicio de la inversión en infraestructuras y equipamientos, tanto en España como en el mercado internacional.
- Desarrollo propio de tecnologías aplicadas y nuevos sistemas avanzados. Más de 30 proyectos de I+D+i en marcha.
- Exportación de ingeniería española a todos los continentes, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.



Detrás de grandes obras siempre hay una gran ingeniería



Empresas españolas en el desarrollo de infraestructuras viarias en el mundo

# Autopistas 'made in Spain'



Javier R. Ventosa

**La presencia española en el desarrollo de autopistas y carreteras se extiende de Estados Unidos a Australia, de Argelia a Vietnam y de Brasil a Polonia, abarcando los cinco continentes con una oferta de actuaciones muy variada. La exportación de la ingeniería de autopistas ‘made in Spain’ se ha consolidado durante la crisis y hoy es un componente relevante de la Marca España.**

◆ Autopista interestatal I-595 en Miami (EE UU), con nuevos carriles de peaje electrónico en los extremos interiores del tronco central.

Las compañías que desarrollan infraestructuras de transporte viario son un notable exponente de la internacionalización de la empresa española. Presentes en varios países desde hace más de dos décadas, el estallido de la crisis aceleró su salida al exterior en búsqueda de mercados y hoy tienen la mayor parte de su cartera de proyectos fuera de España. En este periplo exterior, grandes constructoras y concesionarias, que lideran los *rankings* mundiales del sector, están acompañadas por empresas medias, consultoras, ingenierías y compañías especializadas. Su portfolio de actuaciones es muy variado: concesiones, proyectos y construcción de autopistas y carreteras, ejecución de



FCC

obras subterráneas y estructuras singulares, rehabilitaciones, supervisión de obras, equipamiento con sistemas ITS, trabajos de mantenimiento, etc.

Su presencia es hoy global. Operan en los cinco continentes, en países desarrollados y emergentes con fuertes inversiones en carreteras: Europa y América son los principales mercados, con interés creciente por Asia-Pacífico. Actúan bien a través de la matriz o de filiales, habitualmente en consorcios, y cada vez más con esquemas de colaboración público-privada (CPP). Su facturación exterior es cada vez mayor: solo en 2014, las seis grandes del sector (ACS, OHL, Ferrovial, FCC, Acciona y Sacyr) obtuvieron contratos de construcción y concesión de autopistas fuera de España por más de 11.000 M€.

A continuación se resumen los principales proyectos de las empresas españolas:



FCC

## > EUROPA

Portugal es un destino prioritario para las empresas españolas, que realizan allí obras de carreteras desde el pasado siglo. Cintra (Ferrovial), Iridium (ACS) y Globalvia (FCC y Bankia) desarrollan y explotan hoy siete concesiones que suman 1.100 km (Rotas do Algarve, Baixo Alentejo, Norte Litoral, Beira Interior, Euroscut Algarve, Euroscut Azores y Transmontana –acabada en 2013–), algunas básicas para conectar con España. Como hitos de ingeniería destacan la autopista Euroscut Azores, obra de Ferrovial en una orografía volcánica, y el viaducto Corgo, el peninsular más alto (206 m), de FCC.

Las Islas Británicas son otro mercado clásico. En Irlanda, casi todas las grandes constructoras han contri-

♦ Arriba, viaducto de Corgo, principal estructura de la autopista Transmontana en Portugal. Debajo, enlace de Amendoeira de la misma autopista.

buido al desarrollo de la red vial de la isla. Tres concesionarias, Cintra, Globalvia e Iridium, explotan hoy 200 km de seis autopistas realizadas por sus constructoras asociadas (M3, M4, M6, M7-M8, N25 y el anillo de Dublín), y ACS sostiene el impulso constructor con dos tramos de autopista (42 km) en 2015. En el Ulster, Ferrovial construyó y gestiona en consorcio el proyecto DFOB2, el mayor contrato viario CPP de la provincia, propiciando el enlace Dublín-Belfast. Ahora duplica un tramo de la autopista Belfast-Larne. En Inglaterra y Escocia, la Marca España también es visible. Abertis participa en dos concesiones de autopistas (74 km) y gestiona el peaje de un importante acceso a Londres; ACS y FCC construyen los dos mayores puentes atirantados del Reino Unido; y Ferrovial completa la red de autopistas de Escocia central entre Edimburgo y Glasgow. Su filial Amey tiene contratos de mantenimiento



◆ Enlace de la circunvalación de Lublin, en el tramo Lublin-Piaski de la autovía S17, en Polonia. Debajo, construcción del puente de Zezelj en Novi Sad.

del 30% de la red de autopistas de Inglaterra y del 60% de la de Escocia.

La presencia española en Europa central es menor, pero tiene sus hitos. En Francia, Abertis gestiona el 22% de las vías de peaje, con más de 1.750 km de 10 autopistas. En Italia, Sacyr desarrolla en consorcio una concesión (autopista Pedemontana Veneta, 94 km, inversión de 2.000 M€) y ultima un difícil tramo de la Salerno-Reggio Calabria por 1.000 M€. En Alemania, ACS, mediante filial, amplía 140 km de las autopistas A8 en Baviera y A7 en Hamburgo, ejecuta puentes y túneles, y extiende sus obras a Austria, donde una filial de FCC firmó túneles alpinos notables. Ya en Holanda, ACS amplía y explotará un tramo de 20 km de la autopista A1 Ámsterdam-Almere (1.000 M€). En Escandinavia, la filial de ACS hizo dos tramos subterráneos del anillo Norra Länken de Estocolmo (Suecia), abierto en 2014, y moderniza la principal autopista de Noruega; al norte de este país, Obras Subterráneas construye el túnel de Sorkjoss (4,5 km).

ACS, FCC, Acciona, OHL y Sando, mediante filiales, han construido más de 350 km de autopistas (A1, A2, A4) y autovías (S3, S5, S7, S8, S17, S19), y ejecutan otro centenar de kilómetros más; entre sus obras figuran anillos (Wroclaw, Wolin, Ostroda), una decena de puentes singulares (Siekierkowski, Kwidzyn) y un túnel bajo el Vístula en Gdansk. Esta presencia se extiende a Rumania: FCC ha construido aquí un centenar de kilómetros de autopistas y viaductos notables (Vidin-Calafat y Basarab), y Aldesa, Corsán y Copisa ejecutan tramos de autopista. Otras referencias aparecen en República Checa (tramos de los anillos de circunvalación de Praga y Brno, de FCC y OHL), Eslovaquia (tramos de OHL y Corsán), Serbia (tres tramos y puente Zezelj, de Azvi), Macedonia (túnel urbano en Skopje, de Idom), Eslovenia, Moldavia y Armenia. En Grecia, Ferrovial y ACS siguen presentes en dos concesiones de autopistas, cuya construcción cesó en 2013.

## // El este de Europa, sobre todo Polonia y Rumanía, acapara parte de las actuaciones de las empresas españolas en carreteras //

En el este de Europa, la Marca España tiene un gran mercado en los nuevos países de la UE, receptores de ayudas para desarrollar los corredores paneuropeos. Polonia es el gran destino. Las constructoras hispanas modernizan desde hace años su red vial: Ferrovial,



## > ÁFRICA

Este continente, donde los Gobiernos multiplican las obras viales para superar un atraso secular, no es un mercado muy explorado por la Marca España. Las principales referencias están en el norte: en Argelia, OHL completó en 2012 el tramo central del anillo de Argel (65 km), proyectado por Tyspa, y cuatro empresas desarrollan el equipamiento ITS de la autopista Este-Oeste (1.216 km), que cruzará el país entre Túnez y Marruecos: Indra y Sice suministran e instalan los equipos en casi 800 km, y Sener e Idom dirigen la obra de instalación; además, Ayesa proyecta una autopista de 36 km que enlazará con este eje. En Egipto, Acciona Ingeniería proyectó la ampliación del anillo de El Cairo y ha diseñado y supervisa la ampliación de la autopista El Cairo-Alejadría; asimismo, el tándem Getinsa-Paymacotas finalizó en 2014 un estudio para construir dos túneles bajo el Canal de Suez y Sener realiza ahora el diseño conceptual básico y detallado de la obra civil. En Marruecos, Copisa amplió un tramo de la autopista Casablanca-Rabat (A3) y desdobra otro de la autovía Taza-Alhucemas.

En el resto de África hay actuaciones puntuales. En obra civil, Acciona ha construido carreteras en Gabón, el Grupo Puentes tiene proyectos de conservación y construcción en Namibia, y Elsamex realiza una carretera en Etiopía y otra en Botswana. Isolux Corsán construye el mayor puente de Gambia (942 m) sobre un caudaloso río hasta ahora cruzado mediante *ferry*, primer enlace entre las zonas norte y sur del país que mejorará la conexión con Senegal. En ingeniería hay referencias de Egis Eyser, Sener, Pedelta (Guinea Ecuatorial), Tyspa (Kenia, Senegal, Zambia, Madagascar y Botswana) y Getinsa (Angola y Sierra Leona).

## > AMÉRICA DEL NORTE

Es el mercado de la gran expansión de empresas españolas en la última década, con presencia en proyectos de gran relevancia, frecuentemente mediante la fórmula CPP.

En Canadá operan desde finales del siglo XX mediante dos concesiones, entre ellas la rentable autopista 407 ETR en el Gran Toronto (108 km, 3.530 M€ de inversión y 240.000 vehículos/día, gestionada por Ferrovial-Cintra), primera con peaje *free flow*. Hoy, tres grupos (ACS, Acciona y Ferrovial) desarrollan otras seis concesiones en Ontario, Quebec, Alberta y Columbia Británica, con 200 km, la mayoría anillos de grandes

◆ Arriba, enlace en cuatro niveles de la autopista ETR 407 (108 km), en Toronto (Canadá). Debajo, vista del tramo Zeralda-Boudouaou de la segunda circunvalación de Argel (Argelia), en servicio desde 2011.



Ferrovial



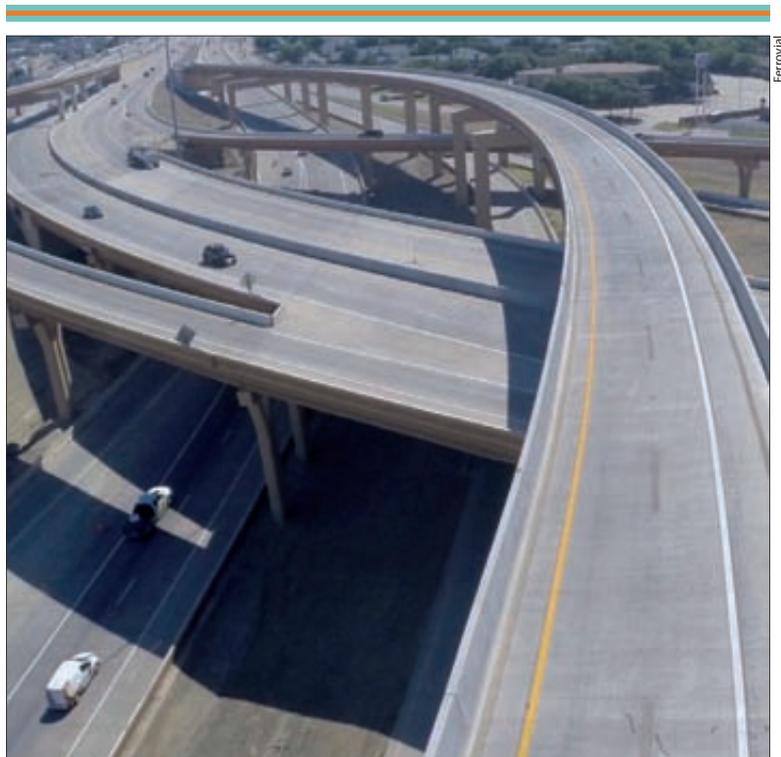
OHL

urbes. Por su volumen de inversión gestionada destaca la Nouvelle Autoroute, en Quebec (1.770 M€), explotada por ACS y Acciona. Desde enero, Ferrovial amplía 22 km de la 407 ETR, que ya extendió en una primera fase. Como obra singular, ACS construirá el puente St-Lawrence (3,4 km, 1.850 M€) en Montreal, que relevará al de mayor tráfico del país.

Desde hace 10 años, EE UU es destino estratégico de las constructoras, que junto a socios locales modernizan la veterana red vial del país, optando a los principales proyectos. Su cartera abarca desde las millonarias ampliaciones de autopistas mediante carriles de peaje electrónico (*managed lanes*) hasta la construcción o rehabilitación de autopistas, enlaces y puentes en una docena de Estados. En el ámbito concesional, Cintra-Ferrovial desarrolla seis concesiones, cuatro de ellas de *managed lanes* (más de 100 km –21 en servicio y el resto en obras– de las autopistas LBJ y North Tarrant Express en Texas, e I-77 en Carolina del Norte, con inversión global de 4.600 M€), y explota dos autopistas en Texas (SH-130) e Illinois (Chicago Skyway); ACS gestiona tres, una operativa desde 2014 (17 km de la I-595 en Florida) y dos en obras (16,5 km de la SH-288 en Texas y 26 km del Portsmouth Bypass en Ohio, con inversión conjunta de 2.800 M€; e Isolux Corsán amplía, con proyecto de Typsa, un tramo de la I-69 en Indiana (240 M€). En construcción, ACS realiza obras en una decena de Estados, entre ellas el mayor túnel urbano del país en Seattle y un gran puente atirantado en Corpus Christi (840 M€). En Florida, OHL ejecuta 25 km de carriles express en la I-75 y el mayor intercambiador de Miami. En ese Estado, FCC ha realizado este tipo de carriles en la I-95 de Miami, y en el puerto de Los Ángeles construye el puente Gerald Desmond.

## // Canadá, Estados Unidos y México se han convertido en mercados estratégicos para las empresas españolas //

México es otra prioridad para la Marca España, muy activa en los planes de infraestructuras del país. Sus empresas gestionan hoy 16 concesiones de autopistas de peaje, con más de 1.200 km, y construyen vías en varios Estados. OHL llegó de las primeras, en 1998, y ya es uno de los mayores operadores de infraestructuras. Hoy desarrolla siete concesiones, con 414 km e inversión superior a 5.600 M€. Cuatro de ellas –Super vía Poetas (7 km), Autopista Urbana Norte (7 km), Circuito Exterior Mexiquense (110 km y 1.386 M€ de inversión) y Viaducto Bicentenario (32 km, 689 M€)–, ya en operación, alivian la congestionada zona metropolitana de México DF. Otras concesionarias (Cointer, Aldesa, Isolux y Globalvia) gestionan nueve proyectos, con más de 800 km, en Chiapas, Michoacán, Nuevo



Ferrovial



OHL

♦ Arriba, estructuras de la autopista North Tarrant Express, en el eje Dallas-Forth Worth, en Texas (EE UU). Debajo, autopista Urbana Norte, que discurre en viaducto al oeste de México DF. Se construyó en horario nocturno para reducir las afecciones al tráfico.

León, Morelos, Veracruz y Puebla; y más de media docena de constructoras (entre ellas Acciona, Isolux, Assignia, Azvi, Comsa y Rubau), además de consultoras e ingenierías como Typsa, desarrollan otros contratos. Como hitos de ingeniería figuran, además de las autopistas urbanas, la autopista Nuevo Necaxa-Tihuatlán, de FCC; y dos tramos de la supercarretera Durango-Mazatlán, con 60 túneles y puentes, de Aldesa y FCC.



## > CENTROAMÉRICA Y AMÉRICA DEL SUR

La presencia española en estas regiones es antigua y variada en actuaciones. Las constructoras configuran desde finales del siglo XX la red chilena y ahora apuestan por los millonarios planes de carreteras de Colombia y Brasil. Muchas empresas medias cruzan el charco para realizar labores más modestas de modernización de una extensa red viaria en estado precario.

En Centroamérica, FCC realiza desde hace años trabajos de rehabilitación, ampliación y construcción en los seis países del istmo. Sus principales referencias son la autopista del Sol (San José-Caldera), en Costa Rica, construida junto a Sacyr y explotada por Globalvia, y varias ampliaciones de la carretera Interamericana. En el Caribe, Abertis explota tres concesiones (dos autopistas y un puente) en Puerto Rico, y Ferrovial, que ejecutó los primeros túneles de la isla, ultima una circunvalación de la autopista PR-9.

Ya en Sudamérica, Colombia es la apuesta más actual. Todas las grandes empresas españolas participan aquí en la mayor iniciativa CPP continental, la cuarta generación de concesiones viales (4G), lanzada en 2014 para modernizar la red nacional. Este plan destinará más de 20.000 M€ para transformar 8.000 km mediante nuevas autopistas, ampliaciones y rehabilitaciones a través de 46 concesiones que se licitan en oleadas. En la primera oleada, en 2014, la Marca España obtuvo cuatro de 10 concesiones: Iridium participa en consorcio en dos, Mulaló-Loboguerrero (31 km) y Conexión Pacífico 1 (49 km); OHL construye la autopista Río Magdalena 2 (144 km), y Grupo Ortiz opera en el consorcio de la Conexión Norte (145 km). La inversión en las cuatro supera los 2.700 M€. En la segunda, con nueve concesiones, hasta julio sumaba tres más, con inversión de 1.000 M€. Sacyr participa en consorcio en dos, Puerta de Hierro-Palmar de Varela (195 km) y Autopista al Mar

◆ Tramo de la autopista del Sol (San José-Caldera), de 77 km, que une el valle Central con la costa pacífica de Costa Rica.

1 (176 km); y Grupo Ortiz en otra, Sisga-El Secreto (137 km). Otra decena de constructoras ha colaborado desde 2012 en el programa Corredores para la Prosperidad, que integra zonas aisladas en la red estatal, y en el mantenimiento de la red. Y en Barranquilla, Sacyr construye el puente Pumarejo (2,2 km), mayor obra de ingeniería del país. Además, Pedelta ha diseñado otra docena de viaductos. Y respecto a implementación de soluciones ITS, Etra ha participado en varios tramos de la Ruta del Sol.

Chile es un destino histórico. En este país, las empresas españolas desarrollan desde hace dos décadas la red estatal de autopistas, y siguen activas en el ne-

## Hitos americanos del siglo XXI

*La ingeniería española de este siglo exhibe su potencial en varias obras viales en Latinoamérica, como reflejan estos ejemplos:*

**Altitud.** Las constructoras reeditan gestas de otros tiempos en altitudes elevadas. En Bolivia, Corsán construyó el tramo II de la autovía Oruro-La Paz en el altiplano, a 4.100 m sobre el nivel del mar. En Guatemala, FCC rehabilitó 67 km de la Ruta Nacional 12, la carretera más alta de Centroamérica, a 3.500 m de altitud.

**Anchura.** El túnel Manquehue I, en la autopista Nororiente (Santiago), tiene el ancho circular de boca mayor del mundo (23 m). Proyectado de Geocontrol, es obra de Sacyr.

**Patrimonio.** El factor histórico-cultural condiciona varias obras. En Arequipa (Perú), el puente de Chilina (obra de Isolux y diseño de Arenas Asociados), de 562 m, cruza un valle que es Patrimonio de la Humanidad, por lo que la Unesco ha supervisado la obra. En Lima, Aldesa construye un túnel bajo el cerro Puruchuco, que alberga un rico yacimiento inca. Para no causar daños se realiza de manera tradicional, sin explosivos.

**Sobre el agua.** No batan récords, pero algunos puentes con firma española son hitos territoriales. Entre ellos figuran estos tres: puente Cau Cau, en Valdivia (Chile), primer basculante del país, de Azvi; puente Treng-Treng y Kay Kay sobre el río Cautín, en Temuco (Chile), primer atirantado urbano del país y símbolo de la Araucanía, diseño de Apia XXI y obra de Assignia; y puente Chiche, de 201 m de luz sobre un cañón de 150 m, que da acceso al aeropuerto de Quito (Ecuador), construido por el Grupo Puentes.



Abertis



OHL

gocio concesional. Casi el 80% de las autopistas urbanas de Santiago (Central, Vespucio Sur y Norte, Acceso Nororiente y Túnel San Cristóbal, con 150 km) es obra de Dragados, Sacyr y Acciona, que luego traspasaron las concesiones –una de ellas a Abertis–, y hoy el consorcio OHL-Sacyr construye la séptima autopista urbana, Vespucio Oriente (9 km, 710 M€). En el resto del país, Abertis, Globalvia, Iridium y Sacyr Concesiones explotan más de 1.300 km de nueve autopistas de peaje –obra de OHL, Dragados y Sacyr, la mayoría duplicaciones de la Panamericana, eje norte-sur del país–. Además, Sacyr, en Chile desde 1996, duplica otros 450 km de cuatro autopistas en concesión (Accesos a Iquique, La Serena-Vallenar, La Serena-Ovalle y Concepción-Cabrero, con 130 km ya en servicio). En Concepción, OHL gestiona una concesión que incluye un nuevo puente de 2,5 km sobre el Bio Bio.

◆ Puesto de peaje de la autopista del Sol (Santiago de Chile-San Antonio, 133 km), a la salida de la capital. Debajo, pérgola en la autopista del Norte (Pativilca-Trujillo), tramo desdoblado de la Carretera Panamericana junto a la costa de Perú.

En Brasil, con un importante programa de carreteras, desde hace unos años compañías españolas modernizan y explotan en concesión más de 3.000 km de autopistas en cinco Estados. Abertis es la mayor operadora de autopistas del país, con 2.246 km repartidos en nueve concesiones de autopistas federales y estatales (adquiridas a OHL en 2012), la mayoría en Sao Paulo. Isolux Corsán, por su parte, mejora y explota 680 km de dos autopistas en Bahía, y Acciona desarrolla otra concesión de 200 km en Río de Janeiro. En obra civil, ambas constructoras y la gallega Copasa, con ingeniería de apoyo a la coordinación de Ineco, construyen cuatro de los seis tramos (39 km, 1.000 M€) que cerrarán el anillo de Sao Paulo (177 km). Además, Ferrovial y Corsán duplican 200 km de dos autopistas, y Obras Subterráneas y Assignia desarrollan otros contratos.

En otros países la presencia es menos acusada. En Argentina, Abertis participa en dos autopistas de acceso a Buenos Aires (175 km), la filial de ACS duplica rutas nacionales y realiza obras viales en la capital, y Corsán pavimenta varias rutas. En Perú, OHL gestiona la concesión de la autopista Pativilca-Trujillo (356 km), duplicación de la Panamericana, con 75 km ya operativos; y Sacyr rehabilita el tramo II (875 km) de la Longitudinal de la Sierra, en la que OHL renueva otro tramo (76 km). En Bolivia, Corsán realizó el mayor tramo (77 km) de la autovía Oruro-La Paz, primera duplicación en el país, y otras ejecutan y/o pavimentan vías. En Ecuador hay expectativas con el plan de autopistas concesionadas, derivado del Plan Estratégico de Movilidad, de Ineco; además, el Grupo Puentes ejecuta varias estructuras. A escala regional, la presencia aflora en los proyectos de integración Atlántico-Pacífico: túnel de Agua Negra entre Argentina y Chile (optan ACS, FCC, OHL, Acciona) y corredor bioceánico Argentina-Chile (tramos de ACS); corredor interoceánico Brasil-Perú (túneles de Obras Subterráneas) y corredor Brasil-Bolivia-Chile (que integra la Oruro-La Paz).



◆ Construcción de viaducto urbano en la avenida Jamal Abdul Nasser en Kuwait City (Kuwait). Debajo, puesto de peaje en la autopista NH1 Panipat-Jalandahar, en el Estado de Haryana (India).



## > ASIA

La Marca España, hasta ahora ausente de este mercado, ha llegado a la región al calor de ambiciosos planes de modernización viaria, sobre todo en el golfo Pérsico e India.

En el golfo Pérsico, meca de las infraestructuras de transporte, empresas hispanas desarrollan contratos y concursan en varios países. En Omán, el sultanato más extenso y con más inversiones viales, Isolux Corsán y una filial de ACS duplican a cuatro carriles 130 km de la autopista Bidbid-Sur (247 km), y Ferrovial construye uno de los seis tramos de la autopista Batinah (265 km), de ocho carriles. Además, Euroconsult diseña un tramo de 36 km de otra autopista. En Qatar, ACS ejecuta, por 684 M€, un tramo de 56 km de la autopista New Orbital, estratégica ruta norte-sur de 12 carriles, dos separados para camiones. En Kuwait, OHL integra el consorcio que desde 2012 desarrolla el proyecto Abdul Jabar Nasser, autopista elevada de 11 km que discurrirá en viaducto sobre una avenida capitalina. Otros proyectos de mejora de vías para aliviar la congestión urbana son realizados en Riad (Arabia Saudí) por Ferrovial, Ayesa e Idom.

En India, la Marca España se hace hueco en el plan de autopistas concesionadas, destinado a mejorar las conexiones interurbanas. Isolux Corsán, presente en el país desde 2009, se ha posicionado como el principal concesionario de autopistas y uno de los mayores inversores extranjeros: tiene adjudicadas obras en 4 tramos de carreteras de casi 400 km por un total de 270 M€ y hoy gestiona concesiones de ampliación de cuatro autopistas (NH-1, NH-2, NH-6 y NH-8) en cinco Estados que suman 710 km, parte en explotación y

## Sistemas ITS de exportación

**En cien países.** La industria de gestión del tráfico también tiene un peso relevante en la oferta del sector. Operadoras de autopistas de un centenar de países explotan hoy sistemas inteligentes de tráfico (ITS) españoles, en un abanico tecnológico que incluye equipos de gestión y control de tráfico en autopistas o túneles (centros de control, estaciones de datos y meteorológicas, tecnología de detección de incidentes, videovigilancia, paneles de mensajería variable, comunicaciones, etc.), sistemas de peaje y gestión del transporte público, entre otros, destinados a mejorar la movilidad y la seguridad. Se trata de desarrollos propios con un fuerte componente de I+D+i.

**Dos grandes.** Por su volumen de exportaciones, en el sector destacan Indra y Sice (ACS). La multinacional tecnológica ha implantado soluciones ITS en más de 50 países, y hoy controla carriles y estaciones de peaje en autopistas de 15 países de Latinoamérica

(Chile y México), EE UU (peaje free flow en las autopistas de Ferrovial), Canadá, India y Europa. La segunda, presente en más de 30 países, ha desarrollado proyectos en Latinoamérica, EE UU, Europa, Oriente Próximo y Oceanía.



◆ Playa de Peaje Atlacomulco-Maratavio (México).

**Oferta variada.** Otras empresas que exportan sus desarrollos de sistemas de peaje son Tecsidel –presente en 15 países–, Telvent (Schneider Eléctrica) –con contratos en EE UU, Brasil, Australia y Arabia Saudí–, GMV, Ikusi, Etra (ACS), FCC Industrial y Quercus. Sanef ITS, filial de tecnología de peajes de Abertis, está presente en seis países. En gestión de túneles despuntan las actuaciones de Tekia Ingenieros y de ADM y Acisa (ambas del grupo Aldesa) en Latinoamérica. En señalización variable, Lacroix Traffic, Grupo Postigo y Fixalia Electronic Solutions sirven paneles y pantallas led a varios países. En gestión de tráfico, Worldsensing y TSS Transporte exportan soluciones tecnológicas a autopistas de EE UU y Francia.



parte en obras, con una inversión superior a 2.000 M€. Otra referencia es Grupo Sanjosé, que construye y explotará un tramo del anillo de Jaipur (47 km) en Rajasthan y también diseñará y rehabilitará un tramo de 133 km de la autopista NH-232 en Uttar Pradesh por 70 M\$. En consultoría operan Eptisa, Ayesa y Euroestudios, supervisora de obras de una autopista que incluye el túnel de Patnitop (9,6 km), el mayor del país. Además, sistemas de gestión vial y peajes de Indra operan en cinco autopistas de cuatro estados.

En el resto de la región hay actuaciones puntuales de obra civil. En 2014, filiales de ACS se adjudicaron un tramo elevado de 5,6 km de la autopista Luzón Norte en Metro Manila (Filipinas) y túneles de un *bypass* en Hong Kong; OHL ganó sus primeros contratos en Vietnam (tramo de 13 km de autovía y puente de 540 m); Obras Subterráneas finalizó dos túneles (4,5 km) en Taiwán, y Corsán ultima una importante autovía en Uzbekistán. En consultoría, Getinsa marcó un hito con la dirección de obra de la autopista Noi Bai-Lao Cai (244 km), la mayor de Vietnam, abierta hace un año.

♦ Arriba, tramo de la autopista Noi Bai-Lao Cai junto al río Rojo, en Vietnam. Debajo, túnel urbano de Legacy Way, al oeste de Brisbane (Australia), en servicio desde junio.

## > OCEANÍA

La reciente presencia española está protagonizada por grandes constructoras que operan en los estados orientales de Australia, sobre todo en los planes para descongestionar las grandes urbes. En Brisbane firman dos grandes proyectos subterráneos, con inversión de 2.000 M€: los túneles urbanos AirportLink (6,7 km), abierto en 2012, de ACS (filial); y Legacy Way, doble tubo de 4,6 km abierto en junio, de Acciona. En Sídney, la filial de ACS se ha hecho con dos contratos de WestConnex, el mayor programa de vías urbanas del país: construirá un tramo de 7 km de la autopista M4 East (incluido un túnel de 5,5 km) y amplía otros 7,5 km, por casi 2.000 M€. Y en Melbourne, la misma filial ampliará la autopista de peaje urbana City Link, enlace con otras dos autopistas. Las demás referencias se reparten en obras en Adelaida (nueva vía de acceso rápido a la ciudad, de ACS, 630 M€) y Perth, así como en la ampliación de tres autopistas orientales: Pacific Highway (OHL y un consorcio Acciona-Ferrovial duplican 50 km por 900 M€), Mitchell Freeway (ACS prolonga 6 km) y Bruce (Acciona remodela un enlace). Ferrovial y ACS, además, optan a la variante de Toowoomba (41 km) por 1.100 M€.

En Nueva Zelanda hay algunas obras *made in Spain*. En Auckland, dos empresas desarrollan el cierre del anillo oeste de la capital, principal infraestructura del país: una filial de ACS amplía un tramo y Sice equipará el túnel de Waterview. Y al norte de Wellington, la misma filial construye la autopista Transmission Gully (27 km, 560 M€). En Timor Oriental San José acaba de adjudicarse la rehabilitación y mantenimiento de un tramo de carretera de casi 30 km. □





SALÓN INTERNACIONAL DE  
LA MOVILIDAD SEGURA Y  
SOSTENIBLE

29 SEPTIEMBRE  
A 2 OCTUBRE  
**2015**  
MADRID-ESPAÑA



CONECTIVIDAD



SOSTENIBILIDAD

# TRAFIC 2015



SEGURIDAD



APARCAMIENTO



INFRAESTRUCTURAS

**TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN  
PARA UNA MOVILIDAD SEGURA,  
SOSTENIBLE Y CONECTADA**

PROMUEVEN



MINISTERIO  
DE FOMENTO



MINISTERIO  
DE INTERIOR



MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, ENERGIA  
Y TURISMO

COLABORAN



servici català de  
**Trànsit**

[www.trafic.ifema.es](http://www.trafic.ifema.es)

LINEA IFEMA

LLAMADAS DESDE ESPAÑA  
INFOIFEMA

902 22 15 15

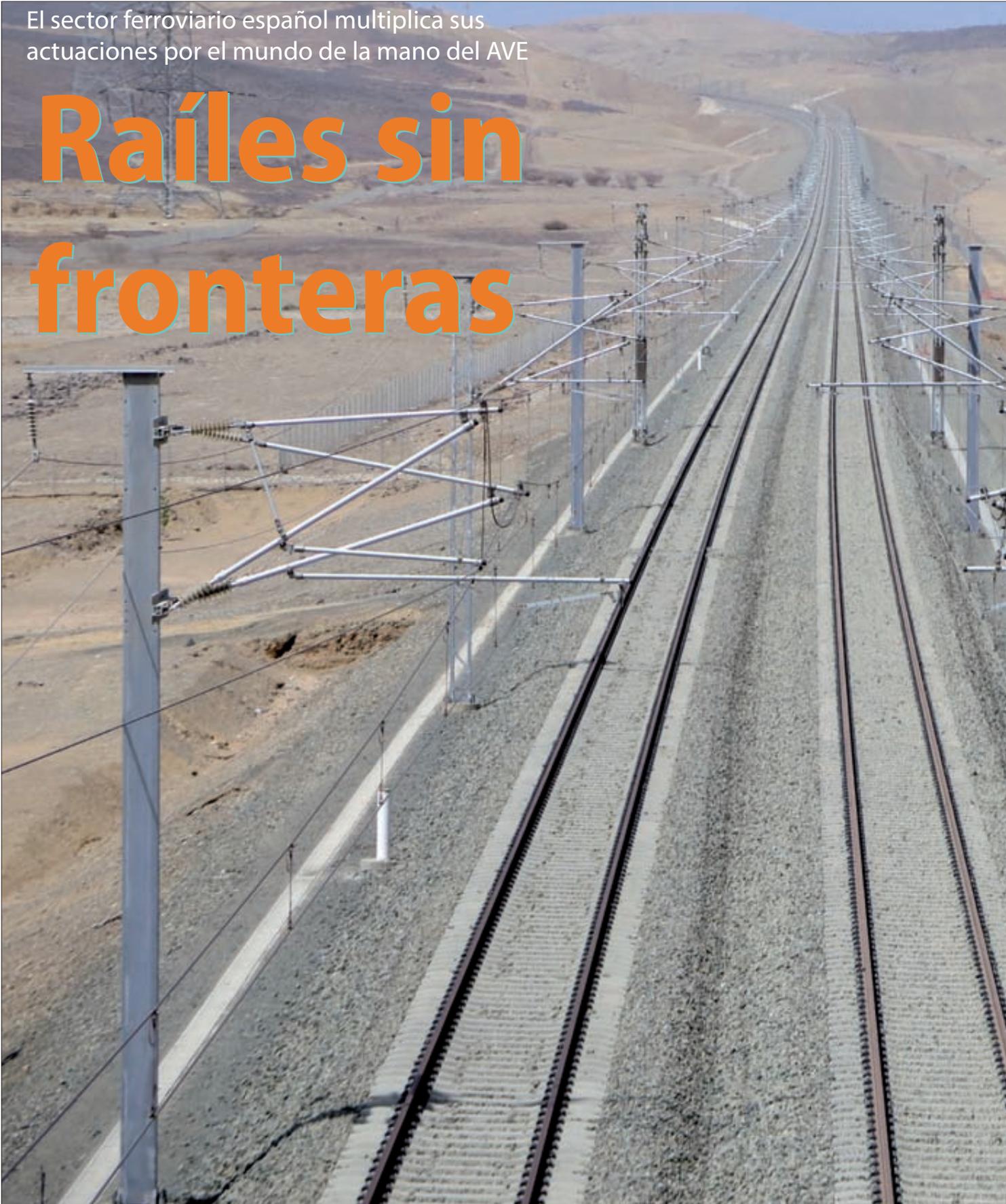
LLAMADAS INTERNACIONALES (34) 91 722 30 00

[trafic@ifema.es](mailto:trafic@ifema.es)



El sector ferroviario español multiplica sus actuaciones por el mundo de la mano del AVE

# Raíles sin fronteras





Tramo acabado del área 4 de la línea La Meca-Medina, cuya superestructura es obra de un consorcio español.

Javier R. Ventosa

**La industria ferroviaria española se ha posicionado en los últimos años como un referente en el mercado global del ferrocarril de alta velocidad y convencional, sobre todo gracias al AVE. Constructoras, ingenierías, fabricantes de trenes y de material de vía, empresas de señalización y de mantenimiento forman el núcleo de la proyección internacional del sector, que exporta a los cinco continentes.**

**E**l sector ferroviario español ha dado un gran salto al exterior en busca de mercados, obligado por la débil demanda interna, y hoy sus compañías desarrollan actuaciones de obra civil, soluciones tecnológicas y servicios en más de 90 países. Sus cifras de exportación se han duplicado durante la crisis: las empresas agrupadas en la patronal Mafex (el 85% del sector) han pasado de 1.200 M€ exportados en 2008 a 2.800 M€ en 2014, pero esto es solo la punta del iceberg, ya que los contratos de las constructoras en el exterior pueden doblar esa cifra. La internacionalización se ha visto favorecida por la demanda mundial de productos ferroviarios, una tendencia en alza.

El AVE, gran embajador de la Marca España, ha proporcionado a las empresas un enorme capital tecnológico y gran experiencia, facilitando un proceso de internacionalización con el que han ganado visibilidad, prestigio y contratos. El sector está posicionado hoy como un referente mundial, tanto por la competitividad de su oferta, que comprende todos los ciclos del proyecto ferroviario (ingeniería, construcción, material rodante, equipamiento de vía, señalización, mantenimiento, etc.), como por sus desarrollos en España y en el exterior, entre ellos los proyectos en Arabia Saudí, Turquía y EE UU. Este posicionamiento, que incluye a empresas del Grupo Fomento, coloca a España en la élite de países que se reparte el mercado ferroviario de alta velocidad.

Los principales proyectos de alta velocidad y convencionales son los siguientes:

## > EUROPA

El viejo continente es el destino natural del sector, exportador tradicional de trenes, material de vía y equipamiento, y que concentra el 50% de las ventas de sus pymes. Hoy, las principales actuaciones se enmarcan en el proyecto de la UE para crear un espacio ferroviario único basado en infraestructura integrada y equipos interoperables. Con objeto de propiciar la conexión entre las distintas redes nacionales, la Comisión Europea ha confiado a la consultora Ineco, del Grupo Fomento, el programa de integración estrella: la coordinación y supervisión del despliegue del sis-



tema de señalización ERTMS en los nueve corredores de la red básica TEN-T (más de 50.000 km), que incluye las principales líneas de alta velocidad y de mercancías. El proyecto debe completar la cobertura ERTMS (hoy solo en el 13% de la red) entre 2016 y 2030.

En ese marco comunitario, las constructoras contribuyen a configurar la red básica TEN-T en varios países. Algunas de las grandes obras subterráneas de esa red tienen sello español, como los túneles alpinos de San Gottardo (57 km), en Suiza, y Brenner (55 km), en Austria, que comunicarán Alemania e Italia, con tramos ejecutados y equipados por una filial de FCC. En Noruega, Acciona lidera el consorcio encargado desde marzo, por 1.000 M€, de la construcción de la línea Follo, que enlazará Oslo y Ski a 250 km/h con el mayor túnel bitubo del país (19 km). Otras obras subterráneas relevantes las ejecuta ACS en las líneas de alta velocidad de Alemania (túneles urbanos de Bad Canstatt y Rastatt y viaducto de Saale-Elster, de 8,5 km), Austria (tramo de 7,4 km del túnel de Semmering y túnel de Granitz, de 6 km) y Noruega. Una referencia previa son los túneles urbanos de Bolonia (6 km), de Acciona. Este año, la Marca España opta al mayor desafío de la ingeniería europea, el túnel sumergido de Fehrmanbelt, enlace vial y de alta velocidad entre Alemania y Dinamarca (18 km, 5.500 M€): OHL, FCC y ACS figuran entre los consorcios seleccionados para la obra civil y el consorcio Alstom Transporte-Indra para el equipamiento electromecánico. Las próximas oportunidades son High Speed Two (HS2), segunda línea de alta velocidad en el Reino Unido, a cuya primera fase de construcción (10.000 M€) optan consorcios con Ferrovial, ACS y FCC; y las futuras líneas de alta velocidad en Rusia, en cuyo desarrollo están interesadas empresas como Adif y Renfe.

♦ Arriba, la optimización del tramo Mosty u Jablunkova-Bystrice nad Olší (Rep. Checa) ilustra las actuaciones de empresas españolas en el este de Europa. Debajo, montaje de traviesas monobloque en la sección Erstfeld del túnel alpino de San Gotardo (Suiza).

También las ingenierías juegan su papel. En el Reino Unido, Ineco participa en la primera fase del proyecto HS2, realizando en consorcio el diseño preliminar de uno de los tramos entre Londres y Birmingham (190 km); es la única ingeniería no inglesa en el proyecto. En Polonia, Idom desarrolló los estudios de viabilidad de la línea Varsovia-Poznan/Wroclaw (450 km) y Sener otros trabajos para extender los estándares de alta velocidad. Ambas participaron también en el proyecto del AVE luso, luego cancelado. Tyspa, presente ya en Macedonia y Bulgaria en ferrocarril convencional, prepara también el estudio de viabilidad de la línea sueca de alta velocidad Jönköping-Malmö de 350 km.

En material rodante, el gran hito en alta velocidad ha sido el contrato ganado por CAF para suministrar ocho unidades del Oaris a un operador de Noruega, primera venta europea de un tren español en este segmento. Hasta ahora, las principales referencias eran los





equipos de propulsión fabricados por Siemens para el ICE-3 alemán en Cornellá (Barcelona) y por Bombardier España para el V300 Zefiro italiano en Trápaga (Bizkaia). En electrificación, Electrén (ACS) opera con éxito en el proyecto Suite Rapide de renovación de la red de alta velocidad francesa. En comunicaciones, la tecnología wifi de Hispasat equipa los trenes Thalys (Bélgica) e Italo (Italia). Y en arquitectura, hay estaciones de alta velocidad de Santiago Calatrava en Francia (Lyón), Bélgica (Lieja y Mons, en construcción) e Italia (Reggio Emilia). Además, la industria suministra componentes de vía y carril a varios proyectos de alta velocidad.

En el segmento convencional, las grandes actuaciones también responden al proyecto comunitario. El principal mercado son hoy los nuevos socios de la UE, embarcados en la construcción de los corredores de las redes TEN-T básica y global. Esto supone la renovación

♦ Composición del Oaris cerca de Toledo, primer tren de alta velocidad exportado por España a un país europeo. Debajo, tren HT6 5000 de la línea de alta velocidad turca Ankara-Estambul.

de la infraestructura ferroviaria en 20 países del este para adecuarla a los estándares UE (ancho UIC, electrificación, ERTMS, etc.). En ese proceso, más de una veintena de compañías españolas modernizan líneas en Polonia, Rumanía, Bulgaria, Lituania, Eslovenia, República Checa, Croacia y Macedonia. Por otro lado, en el Reino Unido, la filial de Ferrovial se ha posicionado como contratista de referencia de Network Rail (primer operador del país) al ganar sendos contratos por más de 700 M€ para renovar y electrificar la mayor parte de su red. También hay referencias arquitectónicas de estaciones en Lisboa, Basilea y Birmingham.

## > ASIA-PACÍFICO

La industria española ha puesto el foco en este mercado emergente, con proyectos de alta velocidad (Arabia y Turquía) y oportunidades de expansión en India y otros países.

Turquía ha sido el primer gran destino asiático del sector español, activo desde hace una década en el proyecto Hizli Tren, que prevé una red de 10.000 km de alta velocidad. Sus empresas han sido protagonistas en las dos primeras líneas: en la Ankara-Estambul (533 km), OHL construyó un tramo de 206 km, Ineco supervisó otro de 150 km, los trenes son de CAF y la tecnología ERTMS de Thales España, Adif asesoró en la apertura, Renfe formó a los maquinistas y otras empresas aportaron el montaje de vía (Assignia), el carril (Arcelormittal) y los desvíos (Amurrio); y en la Ankara-Konya (212 km), el ERTMS es de Siemens Rail. También contribuyen al proyecto Marmaray, enlace mixto entre las dos orillas de Estambul, cuya renovación ultimaron OHL y Siemens Rail. Desde 2014, además, Indra im-





Talgo

planta el sistema de gestión de tráfico de alta velocidad (DaVinci) y un centro de control para planificar la explotación de toda la red. Además, Talgo se ha asociado con una compañía local para fabricar trenes de cara a la renovación de la flota de alta velocidad. En el segmento convencional, hay referencias en señalización (Siemens Rail, CAF Signalling), proyectos de superestructura (Sener, Getinsa) y asistencia técnica y señalización de la línea Irmak-Karabuk de 415 km (Typsa), este último el mayor de los proyectos financiados hoy con ayuda de la UE.

## // El proyecto Haramain de alta velocidad sitúa a España como país de referencia en este segmento ferroviario //

La presencia en Arabia Saudí es más reciente y de mayor magnitud. En este país, el consorcio Al Shoula, formado por 12 empresas españolas (Renfe, Adif, Ineco, Talgo, OHL, Copasa, Imathia, Cobra, Inabensa, Indra, Siemens Rail y Consultrans) y dos saudíes, ganó en 2011 el contrato para el diseño y la instalación de la superestructura, el suministro de trenes y la operación y mantenimiento de la línea de alta velocidad La Meca-Medina (450 km), que trasladará a millones de peregrinos entre las dos ciudades santas islámicas. El proyecto Haramain (12.000 M€), dividido en dos fases, es el mayor contrato de la industria española (6.736 M€ de la fase II) y, sobre todo, representa el gran exponente internacional de su capacidad para realizar proyectos de alta velocidad con tecnología "made in Spain". Este contrato sitúa a España como país de referencia en alta velocidad y promociona a sus empresas como líderes en varios subsectores.

♦ Tren Talgo 350 Haramain en la factoría de Rivabellosa (Asturias), poco antes de su envío a Arabia Saudí. Debajo, automotor diésel en el área 5 de la línea La Meca-Medina.

Desde abril de 2013, el consorcio Al Shoula desarrolla la fase II de superestructura sobre la plataforma ejecutada en la fase I, y en contrato aparte se levantan las cinco estaciones de la línea. Por parte española, junto al consorcio participan una veintena de empresas subcontratadas, que aportan desde carril y desvíos hasta cableado o componentes del tren. La labor se desarrolla en un entorno desértico que requiere medidas de protección en equipos y trenes para limitar el efecto de la arena y las altas temperaturas, proceso en el que la I+D de las empresas aporta soluciones. Los trabajos en los seis tramos del trazado progresan a buen ritmo, según constató la ministra de Fomento durante una visita a las obras en mayo, y en junio estaban previstas las primeras pruebas dinámicas en un tramo de 100 km con el primer tren Haramain entregado por Talgo. El plazo para la operatividad de la línea es diciembre de 2016.

La industria española participa en otros proyectos millonarios en el golfo Pérsico, entre los que destacan dos: el Ferrocarril del Consejo de Cooperación del Golfo (CCG), línea mixta de 2.177 km que unirá los seis países de la región, cada uno de los cuales construirá un tramo; y la expansión de la red de Arabia Saudí. En el primer proyecto (11.300 M€), con expectativas para constructoras, consultoras, fabricantes de trenes y



Ineco

## Material rodante

**CAF.** La empresa de Beasain es el cuarto fabricante mundial de trenes, con unidades circulando en 30 países. Fuera de España tiene fábricas en Francia, EE UU, Brasil y México. En alta velocidad, en marzo ganó el primer contrato para el tren Oaris (ocho unidades a Noruega por 120 M€), y una docena de sus HT6 5000 cubren desde 2008 la línea Ankara-Estambul. En el segmento convencional, últimamente ha exportado trenes diésel al Ulster (20 unidades), Argelia (17), Francia (16), Túnez (10) e Italia (5); unidades eléctricas a Italia (14) y Montenegro (3); trenes push-pull a Arabia Saudí (17); y fabrica coches de pasajeros para EE UU (130) y Escocia (76). El último gran contrato son las 30 unidades (340 M€) para el tren México-Toluca.



◆ Arriba, locomotora Euro4000, izquierda, trenes push-pull de la línea Dammam-Riad, debajo, tren Avril de muy alta velocidad en pruebas.

**Vossloh Rail Services.** La filial del gigante alemán ha logrado en esta década contratos para fabricar más de 150 locomotoras en seis países. Destacan los pedidos de Euro 3000 para Israel (38), Euro 4000 para Francia (24) y Eurolight para Reino Unido (25). En febrero entregó a Sudáfrica las primeras Afro 4000 como parte de un contrato de 70 locomotoras, el mayor en la historia de la empresa (250 M€), a completar en 2016.

**Talgo.** Su segundo proceso de internacionalización arrancó hace una década y hoy está presente en varios mercados con trenes (Francia, Suiza, Portugal, Italia, Kazajistán, Uzbekistán, Rusia y EE UU), servicios y material de mantenimiento (exportados a 32 países). Tiene una fábrica en Kazajistán y bases de mantenimiento en Alemania, Bosnia, Uzbekistán, Kazajistán y EE UU. El gran contrato actual en alta velocidad son los 35 Talgo 350 Haramain (con opción a 23 más), por 1.600 M€. En este segmento, en 2011 entregó dos Talgo 250 Afrosiyob a Uzbekistán, primeros trenes de alta velocidad en Asia Central. Su última apuesta es el Avril de muy alta velocidad, que promociona en mercados emergentes. Hoy desarrolla contratos para Kazajistán (mantenimiento y suministro de coches, 1.700 M€), Rusia (diseño de coches y suministro de trenes para recorridos internacionales, ya en servicio) y Arabia Saudí.



operadoras, el consorcio Técnicas Reunidas-Ineco ha ganado un contrato de *project management* (500 M€) para revisar el diseño, supervisar la construcción y puesta en servicio del primer tramo (207 km) de los nueve de la red de Omán. En este tramo, España aspira a los contratos de obra civil (FCC) y señalización (Alstom España). Talgo está interesado en el concurso de Omán y en el de Emiratos Árabes. Y en Arabia Saudí, los grandes proyectos llevan aroma español, como las líneas Norte-Sur (recorrida desde 2015 por trenes de CAF), Dammam-Riad (proyecto de duplicación de Consultrans, supervisión del ETCS por Getinsa, trenes de

CAF y otros), Jubail-Dammam (supervisión de obras de Tyspa) y la conexión con el Ferrocarril CCG (estudio de Intecsa-Inarsa). Además, Consultrans ultima el estudio de viabilidad de la línea de alta velocidad Dammam-Riad (480 km). En mantenimiento, las dos operadoras saudíes emplean la tecnología de gestión de rodadura para ruedas de Nem Solutions.

En el otro extremo de Asia florecen las expectativas. India es el mercado con mayor potencial. Su Gobierno realiza millonarias inversiones en dos grandes proyectos para modernizar el ferrocarril, configurado por líneas mixtas saturadas de escasa capacidad y baja



velocidad. El primero es la construcción de una red de seis corredores de alta velocidad (3.500 km) que unirá las grandes urbes. España colabora en el proyecto mediante asesoramiento (Adif y Renfe) y estudios (Ineco, Prointec y Ayesa analizan la viabilidad del tramo Haldia-Howrah, de 135 km). Es un primer paso de cara a los próximos concursos de los corredores Delhi-Mumbai, Mumbai-Chennai y Delhi-Kolkata, escenario para el que las consultoras españolas toman posiciones. El otro gran proyecto en curso es la construcción de seis corredores exclusivos de mercancías, destinados a ayudar al crecimiento del país. Los dos primeros, Este y Oeste (más de 3.300 km), están en sus primeras fases, y a su desarrollo han optado más de una docena de empresas españolas, ganando algunos contratos. Aldesa, en consorcio, construye desde 2013 un tramo de 343 km de vía doble del corredor Este (Delhi-Howrah), por 500 M€; y Tyspa y Ardanuy desarrollan el *project management* de superestructura de dos tramos más. Talgo está interesado en ambos proyectos, que suponen una oportunidad para el tren de muy alta velocidad Avril y para trenes que superan los 160 km/h.

En el Sudeste asiático, la Marca España sigue con interés el proyecto de alta velocidad Singapur-Kuala Lumpur, línea de 330 km que se licitará a final de año y que copa la atención del sector (Talgo presentará el Avril), además de los proyectos de Tailandia, Filipinas y Bangladesh. Y en China, país con la mayor red mundial de alta velocidad, la presencia española se circunscribe al Express Rail Link de Hong Kong, enlace rápido de 26 km con la red de alta velocidad china. En este proyecto, una filial de ACS construye la estación término West Kowloon y un tramo; y Obras Subterráneas, en consorcio, ha excavado un túnel de 2,6 km y tres cavernas. Además, Siemens fabricó en Cornellá 300 motores para trenes Velaro que circulan por la red de alta velocidad china.

◆ Tramo de la línea de mercancías Norte-Sur en el estado de Tocantins (Brasil), rehabilitado por una empresa española.

En Oceanía, las principales referencias son la renovación de líneas de mercancías en Australia por ACS y el contrato al que opta CAF para suministrar 65 Inter-city, que formarán la nueva generación de trenes de larga distancia de Nueva Gales del Sur.

## > AMÉRICA

Este continente es un mercado preferente del sector, muy activo en Latinoamérica y que ahora ha dado el salto al norte. En EE UU, la presencia española estaba centrada en el suministro de material rodante, primero con los trenes de la serie 8 de Talgo para un corredor de la costa oeste, y luego con coches de pasajeros de CAF. En el último lustro, esta presencia se ha ampliado a consultoras y constructoras, interesadas en la iniciativa para desarrollar 10 corredores de alta velocidad equiparables a las líneas europeas. España ha prestado asesoramiento a través de Adif, varias consultoras han realizado estudios y las constructoras armaron consorcios para algún proyecto. No obstante, la iniciativa avanza con lentitud y algunos corredores ya han sido desestimados.

Hasta ahora, el único corredor en marcha es el de California. La línea Sacramento-San Diego (1.200 km), que unirá las grandes urbes del Estado, es una de las mayores obras del mundo y su desarrollo, con inversión superior a 45.000 M€, se realizará por fases hasta 2029. Las constructoras españolas pugnan con la élite del sector en los concursos de obra civil del tramo San Francisco-Los Ángeles. No lo lograron en la licitación inicial (tramo Madera-Fresno, 46 km, con cuatro españolas finalistas), pero sí en la segunda. En diciembre de 2014, un consorcio liderado por ACS se hizo con el contrato para construir a partir de 2016 el segundo tramo (Fresno-Bakersfield, 105 km, 1.087 M€) a través del Valle



California High Speed Rail

Central. Se trata de la primera compañía extranjera que construye un tramo de alta velocidad en EE UU, un hito que abre las puertas a la Marca España en este mercado. Desde entonces, Sener ha obtenido el contrato de ingeniería preliminar del tramo Palmdale-Burbank (64 km), tres consorcios españoles han llegado a la final del próximo concurso de obra civil (Bakersfield-Tulare, 35 km) y varias empresas se preparan para la fase de superestructura. Además, Talgo está interesada en el suministro de trenes para la línea.

En Latinoamérica, la Marca España ha figurado en distintos proyectos de alta velocidad, todos fallidos. En Argentina, una constructora española integraba el consorcio adjudicatario del tren bala Buenos Aires-Córdoba, suspendido en 2008. En Brasil, la industria nacional se agrupó en un consorcio para optar a la licitación de la línea Río-Sao Paulo-Campinas, aplazada en 2013. Y en México, constructoras y fabricantes de trenes optaban al tren México-Querétaro, que se canceló en enero pasado.

◆ Infografía de la futura estación de Sacramento, en la línea de alta velocidad Sacramento-San Diego (Estados Unidos). Debajo, infografía de estación elevada del ferrocarril México-Toluca.

## // Empresas públicas y privadas españolas apoyan desde hace años los esfuerzos para relanzar el ferrocarril en Latinoamérica //

Más histórica es la contribución al ferrocarril convencional, mediante mejora de líneas, suministro de material y asesoramiento en varios países, que últimamente buscan relanzar este modo de transporte. La principal actuación hoy es el ferrocarril México-Toluca, primer tren de pasajeros que se construye en décadas en el país azteca. Esta línea de 57 km tiene color español: Sener elaboró el anteproyecto ejecutivo, OHL construye el mayor tramo (35 km, 575 M€) y el consorcio CAF-Isolux-Azvi-Thales España suministrará 30 trenes y la superestructura (690 M€). Otras referencias en líneas mixtas son la renovación de dos corredores en Colombia (875 km, consorcios con Rubau y ACS) y la mejora de las líneas Huancayo-Huancavelica (TRN y Geocontrol) y Tacna-Arica (Idom) en Perú, además del apoyo de Renfe a los trenes turísticos en Ecuador. En mercancías, un consorcio liderado por Consultrans ha elaborado el estudio estratégico del Corredor Bioceánico Central de Bolivia, línea de 3.700 km que unirá los puertos de Brasil y Chile, con tramos operativos y otros por construir. Como parte del corredor, Acciona Ingeniería supervisa las obras de la línea Montero-Bulo Bulo (150 km) y el Grupo Puentes construye las estructuras. En Brasil, Azvi ha renovado 600 km del gran eje de mercancías Norte-Sur y Sener estudia la viabilidad de otro corredor de 860 km en el sur; y en México, la constructora realizó la variante Matamoros-Brownsville, primer enlace ferroviario con EE UU en un siglo, básico para el comercio entre los dos países.



Sener



## Mirando al exterior

Las empresas del Grupo Fomento Adif, Renfe e Ineco son ejemplo de la internacionalización del sector con su presencia en proyectos como las líneas de alta velocidad de Arabia Saudí, Turquía y Gran Bretaña o el Ferrocarril del Golfo. Las dos primeras han promocionado el modelo del AVE a veinte países, están posicionados con acuerdos en los emergentes mercados de India y Rusia, y colaboran en I+D con un operador de alta velocidad de Japón. Ineco tiene presencia en el golfo Pérsico (Plan Ferroviario de Kuwait) e India, y estudia entrar en la modernización del ferrocarril de Costa Rica (realizó su Plan Nacional de Transportes). Estas empresas han participado en proyectos en Polonia, Marruecos, Argelia, México, Ecuador, Colombia y Venezuela.

La vocación internacional es mayor entre las 75 empresas más especializadas, agrupadas en Mafex: exportan a 90 países y tienen implantación exterior mediante 225 delegaciones, filiales y fábricas. Entre las más internacionales, además de los fabricantes de trenes (CAF ya factura más del 75% fuera de España), figuran las compañías de material fijo de vía: Jez, Amurrio, DF Rail o Hicasa venden fuera más del 40% de su producción de material de vía, y Arcelormittal exporta carril a los cinco continentes. En equipamiento y mantenimiento también hay vocación exterior: Albatros exporta la mayor parte de su equipamiento para vehículos; Manusa ha vendido sus puertas automáticas a 70 países; Metalocauchó, con plantas en China e India, vende componentes para suspensión en 50 países; Aries Ingeniería está presente con sus sistemas de ensayo en 22 países, y en otros 17 se utilizan las soluciones de mantenimiento inteligente de Nem. La Farga, además, abrió en 2010 una fábrica de componentes de cobre en China para la alta velocidad del país. En señalización, las transnacionales Bombardier, Alstom, Thales y Siemens Rail exportan buena parte de sus productos; la primera factura el 85% fuera.

◆ Locomotora Afro4001 para las líneas de pasajeros de Sudáfrica.

## > ÁFRICA

La presencia española se concentra en los países del norte, importadores de material de vía hispano. En alta velocidad, con varios proyectos en el horizonte, los Gobiernos analizan las ofertas chinas de nuevas líneas y evalúan el modelo AVE, por el que Túnez, Argelia, Nigeria y Sudáfrica se han interesado ante Adif. Además, Ineco realizará el estudio de viabilidad del corredor de alta velocidad El Cairo-Luxor (660 km), según un acuerdo alcanzado con Egipto en abril. En el único proyecto africano en marcha, el TGV Tánger-Casablanca marroquí (330 km, 2.500 M€), dominado por empresas galas, el sector español ha ganado algunos contratos: Assignia realizó la obra civil de dos tramos (63 km), el carril procede de la factoría gijonesa de ArcelorMittal y La Farga aporta el hilo de contacto. En la fase de explotación, los trenes serán gestionados desde la plataforma Da Vinci de Indra y Adif, que también controla la red convencional.

Más amplia es la participación en este segmento. En obra civil destaca la construcción de dos líneas en Argelia: Relizane-Tiaret-Tisselmit (185 km), de FCC, y Annaba-Ramdane (95 km), de OHL/Sener. Y en Mozambique, Sacyr ha rehabilitado 600 km del corredor de Nacala, la mayor línea de mercancías de África oriental. Las consultoras tienen referencias en Argelia (Getinsa, Sener, Eptisa y Euroestudios), Marruecos (Ayesa), Etiopía (Sener) Mozambique (Arduany), Níger (Typsa), Tanzania (Getinsa) y Costa de Marfil (Typsa). En señalización, Thales España renueva los equipos de la línea egipcia El Cairo-Alejandro (160 km) y provee una línea nigeriana (328 km) con el sistema de protección ETCS 2, que ya instaló en el *by pass* norte de Argelia; y Siemens Rail equipa el corredor de Nacala. Al sur, en Sudáfrica, Vossloh España ha entregado las primeras locomotoras Afro 4000, futuro núcleo de la flota de larga distancia del país. □

# oaris

Cutting-edge technology at 350 km/h



CAF is one of the international benchmarks in the design and implementation of comprehensive rail transit systems.



**CAF** | COMPREHENSIVE  
RAIL SOLUTIONS

ROLLING STOCK  
SIGNALLING  
SERVICES  
EQUIPMENT & COMPONENTS  
TRANSPORT SYSTEMS

[www.caf.net](http://www.caf.net)

• Túneles del proyecto  
East Side Access del  
tren metropolitano de  
Nueva York.

Empresas españolas en las redes ferroviarias  
urbanas y metropolitanas en el mundo

# De metro en metro



Javier R. Ventosa

**El desarrollo de redes ferroviarias urbanas y metropolitanas es una solución en auge a escala mundial, sobre todo en Asia y América, frente a los problemas de movilidad en ciudades de los cinco continentes. Las empresas españolas juegan hoy un papel relevante en la construcción y equipamiento de estas redes.**

**E**l mundo es cada vez más urbano: el 60% de su población vivirá en ciudades en 2025 (hoy es el 54%) y la cifra de megaurbes crece. Este proceso de urbanización plantea un reto para la movilidad urbana que afrontan las infraestructuras públicas de transporte masivo. Según la Unión Internacional del Transporte Público (UITP), en 2014 había en el mundo 148 ciudades con red de metro –45 nuevas desde 2000– y muchas lo construyen o amplían, a lo que se suma la gran expansión de redes de cercanías, metro ligero y tranvía. La construcción y equipamiento de estas redes urbanas y metropolitanas es un mercado en expansión en el que las empresas españolas, con el aval de los metros de Madrid y Barcelona, se han hecho un hueco exportando su *know how*, experiencia y productos. Hoy sus actuaciones aparecen en los metros de casi 60 ciudades y en las redes metropolitanas de casi 70, repartidas en los cinco continentes.



## > EUROPA

Las empresas españolas realizan actuaciones en un tercio de las 45 redes de metro en Europa y en otros sistemas ferroviarios metropolitanos.

Ferrovial y Dragados (ACS) participan en Londres en el proyecto Crossrail, la mayor obra ferroviaria de Europa, con presupuesto de 20.700 M€, que ampliará la capacidad de la red suburbana un 10%. Esta línea de cercanías, con funciones de metro, cruzará el área metropolitana de este a oeste con 118 km y en su parte central incluye un trazado subterráneo de 21 km y 10 estaciones, conectadas al metro y a la red Thameslink. Ambas empresas, en consorcios, han construido con tuneladoras cuatro de los cinco lotes de túneles y el quinto lo ejecutó una filial de ACS. Los 42 km de túne-

◆ Túnel finalizado del proyecto Crossrail, en Londres. Debajo, estación de Anthopouli de la línea 2 del metro de Atenas (Grecia), ampliada en 2013.

les se completaron a principios de junio. Ferrovial también realiza los accesos y las cavernas de las estaciones de Bond y Farringdon –una de las mayores de la red–, y FCC participó en un contrato similar en otras dos. El importe de estos contratos supera los 2.000 M€, que hubiera sido mayor de ganar CAF el suministro de trenes. La línea deberá estar operativa en 2018, y ya se ha anunciado un segundo Crossrail norte-sur. Estas mismas empresas han ampliado sus obras a la red del metro: Ferrovial, en consorcio, extiende la Northern Line con un túnel de 6 km y dos estaciones (630 M€), y Dragados amplía la estación de Bank (cuarto mayor intercambiador de la red). Indra, Thales España y Euroconsult son otras referencias en el *tube*. En el este de Londres, además, la filial de Ferrovial opera, y mantendrá por seis años, el tren ligero de Docklands (850 M€).

Otros metros europeos también hablan español. Entre ellos destacan dos ampliaciones en Escandinavia: la del metro de Copenhague, a cargo de ACS, que ejecuta dos túneles (1,8 y 1,6 km) por 150 M€; y una nueva línea del metro de Estocolmo, de 11 km, en parte bajo el mar, diseñada en consorcio por Tyspa (60 M€). En Bucarest, FCC construye un tramo (6,1 km y 9 estaciones) de la línea 5 del metro. Referencias recientes de obra civil y consultoría son las ampliaciones de los metros de Atenas (FCC), Praga (ACS), Varsovia (Acciona, Sener) y Moscú (Prointec, Bustren), así como los metros ligeros de Oporto (desarrollado por Sacyr, Comsa, Bombardier, Sener, Tyspa y Prointec) y Belgrado (Ineco, CAF). Además, Avanza explotará el metro de Lisboa. En material rodante, 130 unidades de CAF circulan en los metros de Roma, Bruselas, Bucarest y Helsinki, y una veintena de Alstom España por los de Londres y Varsovia. Y en arquitectura, el estudio Miralles-Tagliabue di-





Idom. Autores: The Visual Plan: Antonio Blanco y David Ronis

seña la estación de Clichy, del proyecto Grand Paris Express, y Óscar Tusquets firma la estación Toledo del metro de Nápoles.

En cercanías, uno de los hitos de los últimos años corresponde a CAF por su mayor contrato europeo (510 M€): el suministro de 120 trenes Civity al operador público holandés NS para su programa de alta frecuencia de trenes. Deberán circular en 2018. Otro fabricante, Vossloh España, tiene 40 trenes tram operativos en Karlsruhe, Chemnitz (Alemania) y Sheffield (Inglaterra), y fabrica 25 más para Alemania. En obra civil, la filial polaca de Ferrovial ha construido un tramo de 20 km del tren metropolitano de Gdansk.

En el capítulo tranviario, modo de transporte en auge, los fabricantes españoles son una referencia: CAF es uno de los mayores suministradores, con más de 150 tranvías exportados desde 2008 a 10 ciudades europeas y otro centenar contratado en 2015 para Utrecht, Budapest, St. Etienne y Luxemburgo; Vossloh España ha ex-

♦ Infografía de la estación Futur Parc Urbain del lote 2 (Ain Naadjja-Baraki) de la ampliación del metro de Argel. Debajo, tren tram Citylink en el centro urbano de Karlsruhe (Alemania).

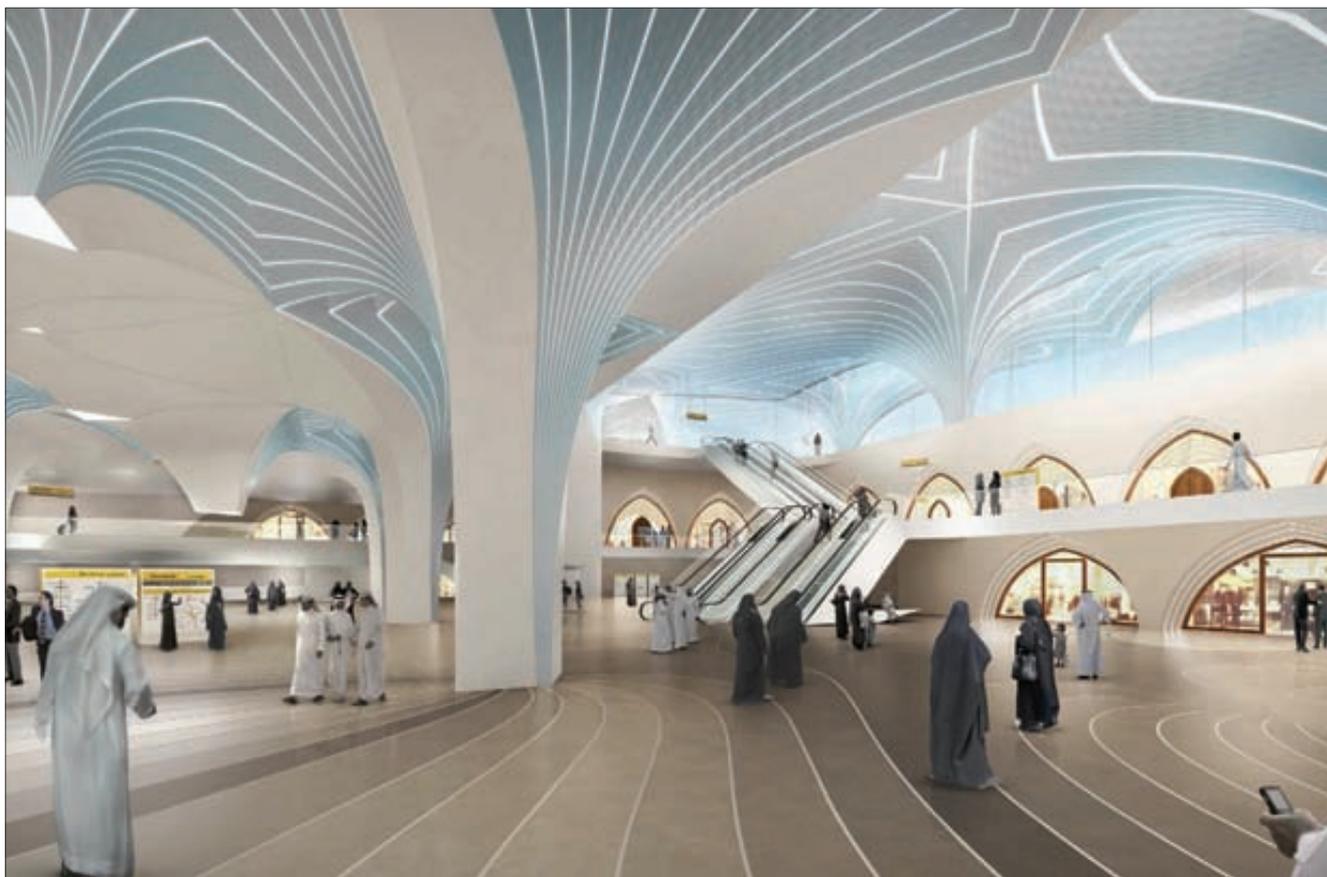
portado 24 unidades a Alemania y Austria, y Alstom España ha vendido 22 a Nottingham. En obra civil, la filial polaca de Ferrovial ha renovado las redes tranviarias de Cracovia y Gdansk; Sacyr ha ampliado el tranvía de Dublín y desarrolla el de Palermo. Hay otras referencias en los tranvías de Tallin, Lund, Arad y Skopje.

## > ÁFRICA

En un continente con un transporte urbano poco desarrollado, las referencias españolas se centran en los dos únicas redes de metro existentes, ambas en expansión. En Argel (Argelia), con una línea de 9 km que recorren trenes de CAF, destaca la aportación a la ampliación de la red de las ingenierías Sener (diseño de tres extensiones y dirección de obra de la primera) e Idom (proyecto de un tramo de 6,2 km), entre otras. Sener también realizó el proyecto constructivo del metro de Orán, de próxima licitación. En este país, además, constructoras e ingenierías desarrollan casi 60 km de líneas de tranvía en cuatro ciudades: Orán (Isolux, Ayesa, Sener y tranvías de Alstom España, abierta en 2013), Mostaganem (Isolux, Euroestudios), Ouargla (Rover Alcisa, Assignia, Elecnor y Sener) y Constantine (Isolux, Idom y tranvías de Alstom España). Estos contratos superan los 1.000 M€. En Marruecos, el trazado del primer tranvía de Casablanca es de Ayesa. Y en El Cairo (Egipto), metro que dispone de dos líneas en servicio y dos en desarrollo, las consultoras Sener y Gentina-Payma pujan por el *project management* y la asistencia técnica de la línea 3, fase III (18 km y 15 estaciones); antes, otro consorcio hispano (Ineco, FGC, FGV y TMB) desarrolló el sistema de gestión de seguridad de la red e Idom implementó un sistema de tarjetas inteligentes de acceso sin contacto.



Vossloh Rail Services



## > ORIENTE PRÓXIMO

En esta región, las empresas españolas llevan a cabo contratos de sistemas de transporte urbano en Turquía y han desembarcado últimamente en el golfo Pérsico.

En Turquía, dos empresas españolas desarrollan uno de los grandes contratos del proyecto Marmaray, enlace de cercanías entre las orillas asiática y europea de Estambul, incluido un túnel sumergido, que mejorará la movilidad urbana. Desde 2012, OHL y Siemens Rail modernizan un corredor de 77 km (sustitución de vías y reposición con tres nuevas vías a lo largo de 63 km, renovación electromecánica, edificación y/o renovación de 36 estaciones y señalización, además del equipamiento del túnel) a ambos lados del Bósforo con objeto de ampliar su capacidad a otros tráficos. La obra (1.042 M€) debe concluir este verano. Otras compañías participan en la ampliación del metro de Estambul, sobre todo CAF, con unidades en servicio en una línea en la parte asiática y que ahora fabrica 21 trenes sin conductor para una línea automática. En la capital, Ankara, Comsa ha ejecutado los túneles y la superestructura de dos líneas del metro, abiertas en 2014. Y en el capítulo tranviario, la empresa catalana ha desarrollado las líneas de Bursa y Gaziantep, y CAF aporta los tranvías y la señalización al de Antalya. La empresa vasca también ha suministrado 33 trenes de cercanías para Izmir. En Asia Central hay referencias en

♦ Infografía del vestíbulo de la estación de Musheireb del metro de Doha. Debajo, túnel bajo el Bósforo del proyecto Marmaray (Estambul), equipado por empresas españolas.

Georgia (ampliación de la línea 2 del metro de Tiflis, por Cobra y Assignia) y Kazajistán (proyecto del metro ligero de Astaná, de Tyspa, y estudio de viabilidad del tranvía de Pavlodar, de Ineco).

Los países del golfo Pérsico viven una fiebre por disponer de redes de transporte masivo para mejorar la movilidad urbana. Hoy solo Dubai tiene metro, otros dos están en obras (Riad, Doha) y hay cinco más en



## Exportación de material rodante

**CAF.** La empresa vasca es el mayor exportador español de trenes urbanos y metropolitanos. Sus referencias en este siglo abarcan cerca de 500 trenes contratados, y más de 2.500 coches, para 14 redes de metro en cuatro continentes: Roma (68 trenes), Bucarest (24), Bruselas (21), Helsinki (20), Washington (96), Santiago (69, de ellos 37 sin conductor), Sao Paulo (43), México (39), Medellín (12), Caracas (7), Estambul (51, 21 de ellos driverless), Argel (14) y Delhi (8). Ahora renueva 35 trenes para el metro de Lyon. En el segmento de metro ligero, tiene encargos para Monterrey (22) y Boston (24). En cercanías, ha exportado unidades a Auckland (57), Izmir (33) y Recife (15). Y en tranvías, en los últimos años ha exportado cerca de 400 unidades, la mayoría del modelo Urbos, a 21 ciudades (14 en Europa, cuatro en América y tres en Asia-Pacífico).

**Alstom España.** En esta década, la filial de la multinacional gala ha suministrado trenes Metrópolis a los metros de Santo Domingo (34), Panamá (19) y Lima (19), y 24 Xtropolis para el metro de Valparaíso y las cercanías del Rancagua Express, construidos en Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona), además de colaborar en la renovación de 106 trenes de la línea Northern de Londres. Ahora fabrica 18 Metrópolis para el metro ligero de Guadalajara y dirige la modernización de 35 trenes del metro de Santiago. Ha exportado tranvías Citadis a Rabat (44), Orán (15), Constantina (15) y Nottingham (22).

**Vossloh España.** Desde su factoría de Albuixech (Valencia), la filial del gigante alemán ha suministrado trenes tram Citylink a las ciudades de Karlsruhe (25, más un pedido adicional de otros 25 en 2015), Chemnitz (8) y Sheffield (7), así como tranvías Tralink para Rostock (13), Santos (22) y Gmunden (11).

**Bombardier Transportation España.** Ha desarrollado en Trápaga (Bizkaia) los sistemas de propulsión de 68 trenes del metro de Roma y del monorraíl de Sao Paulo.

**Operadores.** Metro de Madrid ha vendido al subte de Buenos Aires más de un centenar de unidades que rodaron por la red madrileña. En San José (Costa Rica), Renfe y Feve suministraron entre 2009 y 2011 una veintena de unidades para el servicio de cercanías.

proyecto (Yeda, Medina, La Meca, Abu Dabi y Kuwait). Son proyectos millonarios a los que optan los grandes del sector, entre ellos constructoras, consultoras, operadoras y fabricantes de trenes españoles. En planificación, Ineco realizó los planes directores del metro de Kuwait y de transporte público de Mascate (Omán), que prevé un metro ligero. En obra civil, constructoras y consultoras participan en los dos metros en construcción. En Riad (Arabia Saudí), que desarrolla una red de seis líneas automáticas (175 km) por 16.300 M€, un consorcio liderado por FCC ejecuta desde abril de 2014 el segundo mayor contrato de la historia nacional (6.030 M€): la obra civil de un tercio del proyecto (líneas 4, 5 y 6 con 64 km y 25 estaciones, proyecto de Typsa). Es una actuación compleja, con medio trazado elevado y parte soterrado, a concluir en 2018. Idom aporta el proyecto y diseño de la línea 3 (41 km) en otro consorcio, y Sener y Getinsa realizan labores de supervisión. Además, Indra implantará el ticketing en la red metropolitana, tras ganar el mayor contrato licitado en el mundo (266 M€). En Doha (Qatar), proyecto de 20.000 M€ que prevé cuatro líneas automáticas (211 km y 85 estaciones), dos españolas desarrollan sendos contratos. OHL, en consorcio, construye las estaciones intermodales más emblemáticas (Musheireb y Education City) por 1.100 M€; y FCC ejecuta en consorcio, y con diseño de Typsa-Sener, un tramo elevado de 7 km de la línea roja (506 M€). En los metros en proyecto, la Marca España toma posiciones. Y en el segmento de metros ligeros o tranvías, hay presencia española en Doha (ACS, Ecisa), Lusail (Sener), Abu Dabi (Sener-Typsa) y Dubai (Alstom España).



◆ Infografía de trenes sin conductor en una estación del metro de Riad (Arabia Saudí), uno de los mayores proyectos de construcción del mundo.



## > ASIA-PACÍFICO

La Marca España se ha expandido por esta región en respuesta a los planes de creación o ampliación de metros en India, Sudeste asiático y Oceanía.

India, con 14 redes de metro en servicio o construcción y otra decena más planificadas, es un mercado en expansión. Existen referencias de más de una veintena de compañías españolas en obra civil, trenes, señalización, electrificación, mantenimiento, ingeniería y equipamiento; algunas tienen delegaciones permanentes en el país. El proyecto más destacado es el metro express Delhi-aeropuerto (27 km), concesión a un consorcio local con presencia de CAF, operativo desde 2011, al que la compañía vasca ha aportado los trenes y el telemando de energía eléctrica. En la red de Delhi hay referencias de Isolux, Ineco, Ardanuy, Cobra, Metalocauchos y Ayesa (diseño de 26 estaciones de la línea 8 y de otras 21 de la línea Noida-Greater Noida). En las de Mumbai y Navi Mumbai han participado otra docena, entre ellas Grupo Sanjosé (ejecución de 16 estaciones). Siemens Rail aporta la tecnología al metro de Gurgaon; Talgo ha suministrado equipos de mantenimiento a los metros de Bangalore e Hyderabad; y el *ticketing* de los metros de Mumbai (metro y monorraíl) y Kolkata es de Indra. Hay otras referencias en los metros de Kochi, Chennai y Jaipur.

En el Sudeste asiático también se abre mercado. En Singapur, con dos líneas en obras, ACS ejecuta un

♦ Tranvía de Kaohsiung (Taiwán), primero de Asia sin catenaria. Debajo, izquierda, infografía del tren ligero de Sídney (Australia); derecha, imagen virtual de una de las 26 estaciones de la línea 8 del metro de Delhi (India).

tramo de la línea Thomson y Siemens Rail suministra el sistema de señalización CBTC para trenes de la línea automática Downtown (42 km), ya en marcha en su primer tramo. Malasia es terreno propicio para empresas de señalización como Indra (centro de control integrado del monorraíl de Kuala Lumpur y de dos líneas del metro ligero) y Thales España (CTC del monorraíl), y abre expectativas en obra civil para la red metropolitana de Klang Valley. En Vietnam, Idom y Sener han realizado estudios y proyectos para los metros de Hanoi y Ho Chi Minh City, este financiado por el Gobierno español. Y en China hay referencias en los metros de Pekín, Hangzhou, Shanghai, Xian, Hong Kong y Changsha. En Taiwán, CAF participa en el proyecto llave en mano del tranvía de Kaohsiung, primero de Asia sin catenaria, aportando en su primera fase (22 km) el material rodante, la señalización, la electrificación, el *ticketing* y la integración de todos los sistemas.

En Oceanía, constructoras españolas realizan dos relevantes actuaciones en Sídney (Australia), que deben estar operativas en 2019. ACS desarrolla dos de los tres contratos del North West Rail Link, la mayor obra pública de infraestructuras de Australia, que ejecuta desde 2013. Consiste en la ampliación en 23 km de la red suburbana, incluido un túnel de 15 km y ocho estaciones, destinada a los primeros trenes automáticos del país. ACS se ha adjudicado la operación y el mantenimiento durante 15 años, los túneles y el suministro de trenes, por más de 2.000 M€. En la misma ciudad, un consorcio integrado por Acciona realiza el diseño, construcción y futura explotación del tren ligero entre el distrito financiero y la zona sudeste (12 km), adjudicado en 2014 por 1.400 M€. Cuatro españolas optan a proyectos en Perth (cerca al aeropuerto, 1.400 M€, seleccionadas ACS, Acciona y Ferrovial) y Camberra (tren ligero de 12 km, 560 M€, ACS y CAF). Otras referencias en Australia son la ampliación de líneas de cercanías por ACS en Brisbane (Moreton Bay Rail Link) y Melbourne (Victoria Regional Rail Link), así como los 10 tranvías de CAF que circulan en Sídney. Y en Nueva Zelanda, la empresa vasca completará este año el pedido de 57 trenes de cercanías para Auckland (300 M€).





## > CANADÁ Y ESTADOS UNIDOS

Canadá está modernizando sus sistemas de transporte urbano en varias ciudades, sobre todo de metro ligero, proceso en el que participan varias constructoras españolas. En Toronto, un consorcio liderado por ACS se adjudicó en abril un contrato de concesión de 4.000 M€ para el diseño, financiación, construcción, explotación y mantenimiento durante 30 años de Eglinton Crosstown, línea de metro ligero (19 km y 25 estaciones) que cruzará la ciudad de este a oeste, con la mitad del trazado soterrado, conectando con las estaciones de metro, cercanías y autobuses. Las obras arrancarán en 2016 y deben concluir en 2020. Como parte del mismo proyecto, en un contrato aparte, ACS ejecuta un túnel de 3,2 km. En la misma ciudad, el consorcio OHL-FCC ultima un túnel doble de 3,6 km y construye la estación término de la ampliación (8,6 km) de la red de metro hasta York, que entrará en servicio en 2017. En Ottawa, ACS, en consorcio, construye desde 2013, y mantendrá durante 30 años, una línea de metro ligero de 12,5 km, 13 estaciones y 1.620 M€ de inversión. El proyecto debe estar operativo en 2018. ACS también figura entre los aspirantes para la ampliación del metro ligero de Edmonton (13 km).

En Estados Unidos, ACS y OHL participan en los tres grandes proyectos en marcha en Nueva York, la ampliación del tren urbano y la extensión de dos líneas de metro, con contratos que superan los 2.500 M€. ACS está presente desde 2006 en el proyecto East Side Access, la mayor obra de infraestructuras de transporte del país, cuyo presupuesto supera los 9.000 M€. Se trata de una nueva conexión subterránea del tren de cercanías de Long Island hasta la estación Grand

◆ Infografía de una estación del metro ligero de Ottawa (Canadá). Debajo, estación MIC del Metrorail (tren urbano elevado) de Miami, en Florida (Estados Unidos).

Central, al este de Manhattan, que ampliará la capacidad de la red cuando esté operativa en 2019. Dragados, en consorcio con una compañía luego adquirida por OHL, ha construido cuatro túneles (7.300 m) en dos niveles y la caverna de la nueva estación, situada bajo la actual, y ahora ejecuta los acabados. En paralelo, filiales de ambas compañías realizan, en consorcios, las ampliaciones de la línea bajo la Segunda Avenida (desarrollan los principales contratos, 3,4 km de túneles y ejecución y/o rehabilitación de tres de las cuatro estaciones de esta fase) y de la línea 7 (túneles de 2,4 km). Sin salir de Manhattan, en la Zona Cero se ultima el intercambiador diseñado por Santiago Calatrava (3.500 M€). En otros Estados, ACS participa en el consorcio que ampliará en 7,5 km el metro ligero de Boston, cuyos trenes serán de CAF, y OHL construyó en Miami un tramo y una estación de la Orange Line del Metrorail, conexión elevada hasta el aeropuerto, en servicio desde 2012.



## > MÉXICO, CARIBE Y CENTROAMÉRICA

En el país azteca, la presencia de empresas españolas en los sistemas de transporte urbano es sostenida y abarca varios ciclos del proyecto ferroviario. En la capital, con la red más extensa de Latinoamérica (226 km), CAF es un referente: suministra trenes al metro desde 1992 –más de 70 unidades– y explota en concesión el Sistema 1 del Ferrocarril Suburbano (Buenavista-Cuautitlán, 27 km), desarrollado por un consorcio español (OHL, Adif, Ineco, Alcatel, Indra, Elecnor, Thales España y trenes de CAF). Además, Ayesa realizó el proyecto de la línea 12, última ampliación del metro capitalino. Respecto al tranvía de México D.F, Etra ha implantado su sistema de ayuda a la explotación (SAE). En Guadalajara, la construcción de la línea 3 del metro ligero (21,5 km y 18 estaciones) tiene color español: Sener hizo y dirige el proyecto, consorcios liderados por Sacyr y OHL han iniciado la construcción de los tres tramos (dos sobre viaductos y otro en túnel), OHL montará la superestructura y Alstom España aportará 18 trenes y la señalización. En Monterrey, CAF ha iniciado la entrega de 26 trenes para la línea 3 del Metrorrey.

En el Caribe hay protagonismo español en los tres metros existentes. En Panamá, un consorcio hispano-brasileño liderado por FCC construyó la línea 1 de metro (13,7 km, 14 estaciones, 1.000 M€), operativa

◆ Tren del Sistema 1 (Buenavista-Cuautitlán) del Ferrocarril Suburbano de México DF, construido y explotado por un consorcio español.



CAF

◆ La línea 1 del metro de Panamá, inaugurada en 2014, discurre elevada sobre viaducto.



FCC

desde 2014, y se ha adjudicado en mayo la segunda línea (23 km, 16 estaciones, elevada, 1.650 M€). Varias consultoras (Sener, Ayesa, TMB) trabajan en estos proyectos. En Santo Domingo, Metro de Madrid ha apadrinado desde cero, mediante asesoramiento integral, dirección del proyecto y puesta en explotación, las dos primeras líneas de metro (44 km, 23 estaciones), operativas entre 2009 y 2013. Trenes de Alstom España circulan por ambas ciudades. Y en San Juan de Puerto Rico, el tren urbano es una obra parcial de Acciona. En el resto de la región no hay sistemas de metro, pero sí iniciativas de cercanías: en Costa Rica, unidades diésel de Feve (Renfe) cubren desde hace un lustro el servicio en la capital e Ineco ha elaborado el estudio de viabilidad de un tren tram eléctrico para el área metropolitana de San José; y en Guatemala, Idom ultima un estudio similar para el área del Gran Guatemala. En Puerto Rico, un consorcio español opta al tren urbano San José-Caguas.

## > SUDAMÉRICA

En el subcontinente existen 20 ciudades con sistemas de metro en operación y/o expansión, así como redes de cercanías, y en casi todos ellos está la Marca España, con especial relevancia en cuatro grandes proyectos: Lima, Santiago, Sao Paulo y Quito. En Venezuela, que tiene tres ciudades con metro, un consorcio (CAF, Siemens Rail, Assignia y Cobra), con apoyo de Ineco, ha renovado la línea 1 del metro de Caracas (1.500 M€) y amplía la línea 2 del de Valencia. En Ecua-



## Tranvías en América

Los tranvías desaparecieron de la América hispana en la segunda mitad del siglo XX, pero comienzan a regresar en este siglo. Hoy existen proyectos de tranvía clásico en marcha en varios países latinoamericanos con presencia de empresas españolas.

**Medellín (Colombia).** En ejecución. Proyecto de Idom y obra de OHL. Línea de 4,3 km que cruza la ciudad, con nueve paradas y conexión con el metro y dos sistemas de transporte aéreo por cable. 80.000 pasajeros diarios. Circulará a final de año.

**Cuenca (Ecuador).** En ejecución. Obra civil y tecnología del consorcio Cuatro Ríos (Euskotren, Isolux-Corsán y Cycasa), estudios de ingeniería de Idom-ETS y consultoría de Ayesa-TMB. Línea de 21,4 km que unirá el norte y el sur de la ciudad a través del centro histórico. Inversión: 200 M€. 120.000 pasajeros al día. En servicio en 2016.

**Trujillo (Perú).** Iniciativa de un consorcio valenciano (Torrescámara, Vossloh España y FGV), admitida por el Gobierno, para implantar dos líneas de tranvía que unan el centro y la periferia (31 km y 45 paradas). 115.000 pasajeros al día. Inversión: 420 M€.

**Cuiabá y Santos (Brasil).** CAF ha aportado 40 unidades Urbos y la señalización al tranvía de Cuiabá (Mato Grosso), línea de 22 km que funcionará en 2016; y Vossloh España suministra 22 Tramlink y FGV su asesoramiento al de Santos (15 km).

**Rosario (Argentina).** Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV) colabora en la definición de la pre-factibilidad de la primera línea tranviaria de la ciudad.

Otros proyectos de transporte público con sello español son el monorraíl de Arequipa (estudios de Sener) y los metrocables de Quito (estudios de Ineco) y La Paz-El Alto (supervisión de diseño y obras de Ardanuy), la mayor red del mundo con 11 estaciones y 36 km de longitud.

dor, con la primera línea del metro de Quito en desarrollo (23 km, 16 estaciones, 1.700 M€), la Marca España ha protagonizado la fase I, ya acabada, tanto en proyectos (Metro Madrid, Tyspa, Ardanuy y Bustren) como en obras (dos estaciones multimodales, de Acciona), y se posiciona para la fase II de túneles (OHL, Acciona y Dragados) y proyectos (Tyspa y KV Consultores). En Colombia, el metro de Medellín, obra de un consorcio hispano-alemán, opera con trenes de CAF y el sistema Da Vinci de Indra. Y en la capital, Bogotá, las autoridades recaban financiación para construir la primera línea de metro (26 km), proyecto de 6.000 M€ con gran presencia de consultoras (diseño de Sener y TMB, ingeniería de Idom y Euroestudios y supervisión de Ayesa) y expectativas para las constructoras. En esta ciudad, además, el consorcio Torrescámara-Vossloh España-FGV promueve el proyecto RegioTram, iniciativa para construir y explotar dos líneas de cercanías a Facatativá y Soacha (62 km) que se licitará tras el verano.

Más al sur, en Perú, un consorcio hispano-italiano liderado por ACS y FCC, con la asesoría de Metro de Madrid, desarrolla una concesión de 3.900 M€, uno de los

♦ Imagen virtual del metro sin conductor de Santiago de Chile. Debajo, infografía del intercambiador de La Magdalena, estación del metro de Quito (Ecuador).

mayores contratos de la Marca España en el exterior, consistente en el diseño, construcción y mantenimiento de la nueva línea 2 del metro de Lima y un ramal de la línea 4 hasta el aeropuerto. Se trata de la mayor obra de infraestructuras de la capital, un trazado subterráneo de 35 km y 35 estaciones con el que se dotará a la ciudad de un eje este-oeste que transportará a 650.000 personas al día en trenes automáticos. La construcción, mediante tuneladoras, arrancó en enero y se prolongará durante cinco años, con el apoyo de ingenierías como Tyspa. En la línea 1, que discurre elevada, hay referencias en señalización (Bombardier España), material rodante (Alstom España) y *ticketing* (Idom e Indra). Antes de final de año se licitará la concesión de dos líneas más.

En Chile, más de una docena de empresas españolas trabajan en la ampliación del metro de Santiago, proyecto de casi 2.500 M€ que prevé la construcción de las nuevas líneas 3 y 6 (37 km y 28 estaciones), con las que la red crecerá un 36%. Seis constructoras (OHL, Acciona, Ferrovial, Corsán, Copasa y Obras Subterráneas) ejecutan la mayor parte de los túneles y los talleres;



varias consultoras (Typsa, Sener, Idom e Ineco) realizan proyectos de ingeniería o supervisión; el consorcio CAF/Thales suministrará los trenes y la señalización; e Inabensa el sistema eléctrico. Ambas líneas, automáticas, deben estar operativas en 2018. En el metro de Valparaíso hay referencias de OHL, Alstom España y CAF Signalling. Y en el segmento de cercanías, la Marca España participa en los tres grandes proyectos en curso: Rancagua Express (Bombardier España, Alstom España e Idom), Santiago-Melipilla (Idom) y tren suburbano de Concepción y extensión a Coronel (SICE, Ecisa, CAF Signalling).

También en Brasil, con redes de metro en 10 ciudades, hay actividad española, sobre todo en Sao Paulo. Actualmente se está ampliando la red de metro paulista (78 km), con tres líneas en obras, otra en proyecto y dos de monorraíl en ejecución. La Marca España

◆ Estación elevada de la línea 15 del monorraíl, integrado en el sistema de transporte metropolitano de Sao Paulo (Brasil).

actúa en varios campos: planificación (Ineco asiste desde 1997 al proceso de ampliación), obra civil (Sacyr construye un tramo de la línea 2 y tres lotes del monorraíl, Acciona dos tramos de la línea 4), proyectos de ingeniería (Sener, Idom, Typsa, GPO), señalización (Bombardier España y Siemens Rail, esta en cercanías), billeteaje (Indra), tecnología de gestión (Etra en toda la línea 17), mantenimiento (CAF se encarga de la línea 8 de cercanías) y material rodante (200 trenes de CAF en metro y cercanías). Existen otras referencias en Río de Janeiro, Salvador de Bahía, Recife, Belo Horizonte, Porto Alegre y Fortaleza, donde Acciona amplía la línea Este de Metrofor (12,4 km).

En Buenos Aires (Argentina), con el metro más antiguo de la región, una filial de ACS participa desde hace años en la ampliación del *subte* mediante la construcción de tramos de varias líneas, entre ellas la nueva línea H (12 km), obra suya en gran medida. Ahora ultima la obra de 2,5 km de túneles y dos estaciones de esta línea transversal. Varias consultoras españolas también han asesorado al operador bonaerense. Y en Asunción (Paraguay), una decena de compañías (constructoras, ingenierías y Renfe) han mostrado interés por la primera iniciativa de transporte metropolitano del país, el tren ligero Asunción-Ypacaraí, línea de 74 km cuya financiación se está cerrando. □

**// La Marca España juega un papel destacado en el desarrollo de los metros de Lima, Santiago de Chile, Sao Paulo y Quito //**

# CREATING BETTER WAYS TO MOVE THE WORLD



As the global leader in sustainable transport solutions, we are creating better ways to move the world. State-of-the-art interconnected mobility that gets you where you need to go. From innovative high speed trains to metros and trams keeping the urban flow going; and from smart train designs for more passenger comfort to energy and cost saving technologies for sustainable transport. We develop best-fit mobility rail solutions that overcome traffic congestion and restore freedom of movement.

[www.  
TheClimate  
IsRight  
ForTrains  
.com](http://www.TheClimateIsRightForTrains.com)

**BOMBARDIER**  
the evolution of mobility

Ampliación del canal de Panamá

# Ruta para el siglo XXI



María del Carmen Heredia Campos. Fotos: Sacyr

**El canal de Panamá, obra innovadora, gigantesca y espléndida de la ingeniería de principios del siglo XX, cumplió cien años en 2014 y está pronta a finalizar la ampliación y equipamiento que requiere la demanda para su uso por naves de un tonelaje muy superior al inicial a fin de atender el comercio entre continentes por la vía más rápida.**



◆ Vista de la entrada desde el lado del Pacífico en mayo pasado.

Cuenta España con el honor de ser uno de sus hombres, Vasco Núñez de Balboa en 1513, el primero que atravesó América Central desde Santa María la Antigua, en el Atlántico, hasta la bahía de San Miguel, en el Pacífico, a través del agreste Darien de norte a sur y descubriendo un ansiado camino al mar que él llamó “la Mar del Sur”, que evitaba los largos y peligrosos viajes por el estrecho de Magallanes, en la punta de América del Sur, y así establecer una ruta comercial entre ambos mares como parte de la ansiada “ruta de la Especiería”. Este hubiese sido el camino oficial si el gobernador Pedrarias no hubiese truncado su carrera y vida y trasladado la capital al oeste, donde fundaba en 1519 la actual Panamá, futuro eje de comunicaciones entre Atlántico y Pacífico por un camino largo, penoso y expuesto.

Durante el reinado de Carlos I se intensifica la búsqueda de un camino norte-sur corto, llano y sin peligro, empresa que no se logra al completo pero que sirve para abrir el Camino de Cruces, del que hay ya constancia en 1534, año de emisión de la real cédula para “hacer el camino por el río Chagre –nombre de un jefe indígena que derivó en Chagres– por donde se podía venir en barcas y bergantines hasta cinco o seis leguas de la ciudad de Panamá y el resto del camino hacerlo con carretas...”. Más tarde, bajo el reinado de Felipe II se descarta el proyecto caminero por el temor de que, por el distinto nivel entre los dos mares, se inundase el territorio. Luego, con Felipe III ya en el trono, el temor derivó en la posibilidad de que el enemigo utilizase el camino como vía militar rápida; y posteriormente, en el s. XVIII, los proyectos que hubo tampoco prosperaron, no lográndose un plan decidido hasta los primeros esbozos del modelo de canalización francés, inspirados en el de Suez, cuando Panamá ya era independiente de España desde 1821 y unida a Colombia por voluntad propia.

## // El primer proyecto, de Lesseps, el constructor del canal de Suez, fracasó tras 20 años de lucha y frustraciones //

Aquel primer proyecto de un canal a nivel del mar fue dirigido por el diplomático y empresario francés Fernando de Lesseps, constructor con éxito del canal de Suez en 1869, que inauguró las obras de excavación para el canal de Panamá el 1 de enero de 1880 en la desembocadura del río Grande, acceso al canal por el Pacífico. Ese proyecto resultó fallido tras 20 años de lucha, en parte por la gran diferencia geomorfológica entre el trazado egipcio de Suez y el panameño, también por los derrumbamientos en las excavaciones de tierras en la “trinchera de Culebra” (en la sierra de Culebra llamada así por sus numerosas curvas) y en “la



◆ Vapor Ancón, primer buque an atravesar el canal de Panamá en 1914.

Pita" (Cucaracha) y las crecidas del Chagres, y asimismo a causa de la gran mortandad entre los trabajadores de cualquier rango por las fiebres endémicas –amarilla y malaria– de las que aún se desconocía la causa.

Finalmente, Estados Unidos, que ya proyectaba un canal propio por Nicaragua (después de haber descartado la ruta por Panamá) celebra con Panamá la Convención del Canal Istmico, en 1903, y compra a la compañía francesa viviendas, hospitales, obra ejecutada, materiales, maquinaria y ferrocarril, y a Panamá los derechos para construir en apenas una década el canal, bajo dirección de ingenieros militares estadounidenses desde 1904, inaugurándolo oficialmente el 15 de agosto de 1914 con el recorrido del buque SS. Ancón, aunque en enero ya lo había atravesado la grúa Alexander la Valley sin ceremonias. Costó 375 millones de dólares, incluidos los 10 millones pagados a Panamá y los 40 millones a la compañía francesa. Trabajaron en el canal en esos casi diez años un total de 56.307 personas, la mayor parte de ellas de las Antillas, contabilizándose unos 5.000 fallecidos.

La administración y operación del canal construido y servicios anejos se llevó a cabo por Estados Unidos a través de la Compañía del Canal de Panamá, concesión que duró hasta 1977, año en que se celebró en Washington el denominado tratado

"Torrijos-Carter" entre la república de Panamá y los Estados Unidos. Luego se creó la Comisión del Canal de Panamá, en la que recayó el manejo, operación y mantenimiento del canal junto a la provisión de lo necesario para el tránsito fluido de naves por el mismo. En 1999, EE.UU. entregó administración, funcionamiento y mantenimiento del canal a Panamá, siendo la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), entidad gubernativa sucesora de la Comisión del Canal de Panamá, la que desde entonces asumió íntegramente su gestión. En 2004 se reforma la constitución con un artículo dedicado al canal que reza así: "El Canal de Panamá constituye un patrimonio inalienable de la Nación panameña; permanecerá abierto al tránsito pacífico e ininterrumpido de las naves de todas las naciones y su uso estará sujeto a los requisitos y condiciones que establezcan esta Constitución, la Ley y su Administración".

## > Obra complicada

Parte fundamental del proyecto era la obtención de agua para el canal y las esclusas, por lo que entre 1906 y 1913 se construyó el lago artificial de Gatún con agua dulce aportada por el río Chagres y embalsada



mediante la represa de Gatún, hermosa a la vez que útil obra de ingeniería levantada en la desembocadura del río en bahía Limón, en el mar Caribe. El lago Gatún se alza a 26,7 m sobre el nivel de ambos océanos, razón por la que se tuvieron que construir las esclusas, y no por la diferencia entre los dos océanos, que apenas alcanza unos 24 cm. de desnivel entre uno y otro. En el Gatún tributan los ríos que encauzan las lluvias de una gran selva de 130.000 hectáreas de extensión. Cubre un área de 423 km<sup>2</sup> (el mayor embalse español, el de La Serena, en Badajoz, tiene una superficie de 139 km<sup>2</sup>), y su construcción obligó a sepultar los antiguos poblados de Gatún y Matachín y restos de antiguas fortificaciones españolas, y a desviar parte de la línea del histórico ferrocarril que atraviesa el istmo de Panamá desde el Pacífico al Atlántico, quedando como testimonio de la existencia de todo ello las cimas de sus montañas, que al emerger se han convertido en islas, la más importante de las cuales es la isla de Barro Colorado.

El recorrido del canal del siglo XX es de casi 80 km (el canal de Suez, 164 km a nivel) desde el Atlántico al Pacífico con una profundidad media de 12,2 m y tres conjuntos de esclusas.

◆ Vista general de las primeras excavaciones en el lado del Atlántico.

Cada conjunto cuenta con dos líneas de tráfico gemelas que permiten el paso de dos naves en la misma dirección o en la contraria al estar separadas por un muro central; sus depósitos se llenan o vacían en 8 minutos con 750 millones de litros de agua dulce y están divididos por compuertas que cierran las cámaras. El primer grupo de esclusas, entre el Atlántico y el lago Gatún, lo forman las esclusas de Gatún; luego, a 51 km, se alza el de las esclusas de Pedro Miguel, entre lago Gatún y lago Miraflores, y finaliza con las esclusas de Miraflores, entre el lago Miraflores y el Pacífico. Los barcos hacen un trayecto que esquemáticamente se podría describir como cuesta arriba desde el mar de entrada hasta el lago Gatún y cuesta abajo desde este hasta el mar de salida. Cada esclusa tiene 33,5 m de ancho por 305 m de largo y los mayores barcos aceptados por ellas hasta hoy han sido los buques tipo "panamax" de 294 m de eslora, 32 m de manga y 12,4 m de calado. En el centro de las esclusas se yergue la torre de control.

Los barcos de todo tipo, incluso los veleros, ya que estos no suelen pasar solos sino abarloados (borda con borda) a otros veleros o al tiempo que pasa un mercante, pueden tar-

**// Cada conjunto de esclusas cuenta con dos líneas de tráfico que permiten el paso de dos naves en la misma dirección o en la contraria //**

dar de 8 a 10 horas en cruzar el canal, si bien los trámites obligatorios previos pueden dilatar este tiempo hasta las 24 horas. Son ayudados en su travesía por los remolcadores a la entrada del canal y por las locomotoras –llamadas “mulas”– en el paso de las esclusas, desplazándose sobre raíles en los muros divisorios de estas para evitar que los barcos golpeen contra las paredes laterales de la cámara, tirando de ellos con fuertes cables y enderezándolos. Las compuertas de las esclusas se abren o cierran en poco más de minuto y medio (1’ 48”).

## > La nueva ampliación

La construcción de buques mercantes de mucho mayor envergadura y tonelaje de contenedores desde finales de los años 90 –los “post-panamax”– y el aumento del tráfico comercial interoceánico de estos buques por otros lugares más adecuados a sus dimensiones, pusieron de manifiesto la obsolescencia del canal para atraer este tráfico. Se constató la pérdida económica que la caída de tráfico marítimo suponía para el país, retomándose una antigua idea de la ampliación del canal y sus esclusas (obra que comenzó Estados Unidos en 1939 y paralizó por su entrada en la II Guerra Mundial, en 1942). Así, en 2006, el gobierno de Panamá decidió, tras su aprobación en referéndum, la ampliación del canal y la construcción de un tercer juego de esclusas paralelo a los existentes en

Gatún (Atlántico), Pedro Miguel y Miraflores (Pacífico). El proyecto buscaba aprovechar las antiguas excavaciones americanas y ofrecer así un canal de tres carriles manteniendo sus tres niveles a cada lado del lago, añadiéndoles lateralmente tres depósitos o tinas por cada nivel para reutilizar el agua desplazada en las maniobras de llenado y vaciado. El proyecto contemplaba también el ensanche y profundización de los accesos de ambos océanos, del cauce de navegación y del emblemático Corte Culebra, con un presupuesto total de 5.250 millones de dólares.

Las obras para ampliar la capacidad del canal de Panamá comenzaron el 3 de septiembre de 2007, mediante la excavación del cauce de acceso al Pacífico y el dragado de cauces existentes y nuevos. En 2009 se convocó concurso de obras para el proyecto “Tercer juego de esclusas”, resultando adjudicatario el consorcio Grupo Unidos por el Canal de Panamá (GUPC) compuesto por la unión de las empresas Sacyr Vallermosto (España, 48%), Impregilo (Italia (48%), Jan de Nul n.v. (Bélgica, 3%) y Constructora Urbana S.A. (CUSA, Panamá, 1%), liderado por Sacyr, por un presupuesto de adjudicación de 3.118 millones de dólares (2.244 millones de euros).

Las nuevas esclusas están diseñadas cada una con 426,8 m de largo, 55 m de ancho y una profundidad de 18,3 m, y se han construido para acoger naves de 365,8 m de eslora por 48,8 m de manga y 15,2 m de calado, con un margen máximo de buques de 53 m de manga, si bien los buques americanos que transpor-

◆ Construcción de las nuevas esclusas de Gatún en el verano del 2012.





tan gas licuado exigirán sumo cuidado a su paso. Esta magna obra cuenta con 16 nuevas compuertas de un peso medio de 3,38 toneladas, fabricadas en su totalidad en Italia en acero estructural por la empresa Cimolai S.p.A., que se diferencian de las existentes al ser rodantes y alojarse en nichos abiertos transversalmente a los muros del canal para cerrar los depósitos en línea recta, mientras las de las esclusas panamax existentes son abisagradas o de ingletes a los muros y se cierran en uve. Según el complejo de esclusas donde se sitúan, su altura varía de 22,28 m a 33,04 m, siendo las más altas las de Miraflores para afrontar la variación extrema de las mareas del Pacífico, mientras que su anchura frontal es de 8 o 10 m, aunque todas tienen 57,60 m de largo. Tras su compleja inserción en las esclusas se conectan electro-mecánicamente con otros elementos para facilitar su apertura y cierre en un tiempo de entre 4 y 5 minutos. Las 18 tinas laterales al canal para reutilización del agua miden 70 m de ancho y se distribuyen a razón de 9 tinas por cada complejo de esclusas que se llenan o vacían por gravedad del agua de las esclusas o mediante tuberías sumergidas.

El final previsto de las obras era el 21 de octubre de 2014, pero en enero del mismo año se produjo una gran crisis entre la ACP y el consorcio GUPC, según este último a raíz de la deficiente información contenida en los pliegos, en especial la referida a las características y composiciones de los suelos en algunas zonas críticas, como en la de la ataguía, donde se levantó la presa provisional necesaria para los trabajos del nuevo grupo de esclusas en el lado Pacífico, o

◆ Trabajos de hormigonado en las cámaras del lado del Pacífico.

sobre la calidad de los basaltos para la obtención de áridos y la fabricación en planta de hormigón, así como la metodología para evaluar la durabilidad de este en las esclusas. Tras diversos tiras y aflojas, los trabajos se reanudaron el 20 de febrero pasado después de una interrupción de 15 días, tras alcanzar ambas partes un acuerdo que permite la refinanciación del proyecto mientras las reclamaciones pendientes por sobrecostos siguen el proceso de resolución previsto en el contrato, sujetas al arbitraje de la Junta de Resolución de Disputas.

## // La obra actual ha planteado retos tecnológicos sin precedente, desde soluciones sismorresistentes hasta elementos estructurales //

Las obras han continuado desde entonces a muy buen ritmo, de modo que en mayo último su situación era la siguiente: dragado y entrada al Atlántico, completado al 100%; dragado y entrada al Pacífico, completado al 100%; elevación del nivel máximo operativo del lago Gatún de 26,7 a 27,1 m, al 96% de ejecución; dragado del lago Gatún y del Corte Culebra, al 94%; y cauce de acceso al Pacífico, al 87'5%. Por otro lado, la colocación de las 16 compuertas de las esclusas se fi-



nalizaba el 28 de abril con la instalación de la octava compuerta del Pacífico. El siguiente paso es ya el de realizar las pruebas necesarias para comprobar que todo el entramado está bien ajustado y funciona correctamente la cámara de flotación, el sistema electromecánico y la apertura y cierre de compuertas para proceder acto seguido a la inundación de las esclusas del Atlántico y del Pacífico, proceso cuya duración se estima de 3 a 4 meses. Todo el conjunto de actuaciones, con las pruebas de operación y tránsito llevará en total de 6 a 7 meses, de modo que el canal esté ya operativo y a pleno rendimiento comercial a principios de 2016.

◆ En Miraflores las nuevas compuertas alcanzan hasta 33 m de altura y 10 m de grosor.

## > Aportaciones tecnológicas

Tecnológicamente, la obra ha planteado unos retos sin apenas precedentes, desde los estudios de sismo-resistencia por su proximidad a la falla del Pacífico, a la selección de los materiales y elementos estructurales más idóneos y adecuados al entorno, sin olvidar el despliegue de una sofisticada logística, como la requerida en el traslado de las 16 nuevas y colosales compuertas. De todo ello dan idea algunas de las magnitudes de

obra, como el movimiento de tierras –se excavaron más de 62 millones de metros cúbicos de tierras y dragaron otros 7,1 millones de metros cúbicos de lodos–, asimismo se utilizaron 4,5 millones de metros cúbicos de hormigón estructural, además de 1,6 millones de toneladas de cemento, 50.000 toneladas de acero en las 16 compuertas junto a otras casi 20.000 en las válvulas de entrada y salida del agua, según los datos del GUPC.

Sin olvidar el aporte de maquinaria y tecnología punteras en esta magna obra, ya desde sus inicios franceses, hay que destacar también entre los beneficios colaterales la enorme aportación que significó para el estudio de las enfermedades endémicas panameñas. Fueron los americanos los que en su combate contra la malaria y la fiebre amarilla descubrieron los mosquitos que provocaban tan gran mortandad junto a los medios para combatirlos. Ellos dotaron a las instalaciones con agua potable corriente, adoquinaron calles, fumigaron las viviendas de las ciudades de Panamá y Colón y construyeron casas para los obreros en Culebra, en alto, para paliar las condiciones insalubres de la zona pantanosa del canal que atraía a los mosquitos. La malaria fue erradicada en 1905 de la zona del cauce.

Tampoco se puede olvidar la preservación del medio ambiente y la biodiversidad de su entorno forestal, acuático y animal que se ha ido manteniendo y ampliando con el paso de los años y, a pesar del traiego diario que supone el paso incesante de barcos por el canal y las continuas obras de dragado y mantenimiento, la vida natural en sus orillas se mantiene en condiciones muy similares a las primigenias. Componen su importante patrimonio ambiental la selva tropical que rodea el canal con su flora y fauna donde habitan los indios embera; el Parque Nacional de Chagres, que está protegido y alberga más de 600 especies de pájaros y 50 de mamíferos, entre los que destacan el mono araña, en peligro de extinción y del que se conservan unos 20 individuos en la isla de Barro Colorado, el perezoso de tres dedos o los tucanes. En las orillas del río Chagres se puede contemplar al cocodrilo y al caimán (sorprendentes reptiles para los españoles, que bautizaron el río como “río de los Lagartos”), a la nutria de río o al martín pescador. En la actual ampliación del canal se ha tenido en cuenta la reubicación de la fauna a medida que las obras avanzaban, así como la reforestación de las zonas dañadas, sin olvidar que el reciclaje de agua de las esclusas en las tinas proporcionará una economía hídrica importante al reutilizar el 60 por ciento de este líquido. Por otra parte, la Autoridad del Canal de Panamá suscribió un contrato para la investigación paleontológica con el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, que ha hallado 8.862 piezas paleontológicas entre rocas, sedimentos y fósiles. Como aportación al patrimonio cultural, también se han recuperado elementos arqueológicos altamente valiosos, como una daga española del siglo XVI, puntas de flechas precolumbinas y otros elementos de valor histórico que han sido restaurados.



## > Valor comercial

El canal actual atrae el 5% del comercio marítimo mundial (mientras Suez acapara el 8% y admite post-panamax), y por sus aguas navegan 14.000 buques al año –unos 40 tránsitos diarios– número que se elevará a 18.000 barcos al año –de 50 a 52 diarios– con las nuevas instalaciones, pues mientras hoy se pueden transportar 4.500 contenedores con los buques panamax, con las nuevas instalaciones se pasará a transportar 12.000 gracias al paso de post-panamax.

A la financiación de estas costosas obras han contribuido cinco grandes sociedades financieras internacionales que han aportado 2.300 millones de dólares, siendo el mayor partícipe el Banco Japonés para la Cooperación Internacional (800 M\$), mientras el funcionamiento y el mantenimiento del canal se vienen financiando con los peajes de sus usuarios de todo tipo y en su mayoría con el aporte de los cargueros de contenedores cuyos elevados costes de paso se calculan en función del desplazamiento del barco y de si lleva o no carga, siendo el peaje medio por mercante de unos 54.000 dólares. Como mera curiosidad, entre los peajes abonados a lo largo de su histo-

◆ Remolque de compuertas al paso de una de las esclusas e instalación de la última de ellas en su cámara.

ria destacan el más barato, pagado por Richard Halliburton, nadador que lo atravesó en 1928 en nueve días por 36 centavos de dólar, y el más elevado, el del carguero MSC Fabienne, que abonó la suma de 317.142 dólares en 2008, si bien el panamax Erikoussa en 2006 había pagado 220.300 dólares para obtener preferencia de paso por el sistema de subasta durante unas obras en Gatún que retrasaban el tránsito de naves. Para la circulación por el tercer juego de esclusas post-panamax ya se estudian las tarifas a aplicar, que serán diferentes de las panamax, y con su nuevo uso el gobierno panameño prevé un aporte total al Tesoro Nacional de cerca de 2 millones de dólares en 2016, ya que por sus nuevas esclusas, también llamadas neopanamax, podrán transitar buques de hasta 170.000 toneladas de peso muerto, así como los buques de gas natural licuado que ahora no pueden hacerlo por sus dimensiones.

Por el canal de Panamá circulan 144 rutas marítimas que se dirigen a 1.700 puertos de 160 países, y los principales clientes que transitan por sus aguas, en toneladas de 2013, son EE.UU. (137: este EU-noreste Asia), a gran distancia le sigue China (46) y tras ella Chile, Japón, Corea del Sur, Perú, México, Ecuador y Panamá (de 28 a 12 t); mientras los productos son granos, contenedores y petróleo y sus derivados. Los beneficios que aporta este paso no solo lo son para la economía y progreso panameños, sino que repercuten también en otros países, en especial los más cercanos, a los que se ahorra mucho tiempo en sus intercambios comerciales entre producción y consumo, constituyendo una vía de comunicaciones inapreciable sobre todo para productos perecederos.

## > Viaje por el canal de Panamá

Además de una vía de comunicación comercial de importancia tan considerable, el viaje por el canal de Panamá es un espectáculo inigualable para el excursionista, que en los cruceros turísticos se codea con buques de incabables altura y anchura que son capaces



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TERCER JUEGO DE ESCLUSAS



de pasar por las esclusas con menos de medio metro entre su costado y el muro. La travesía turística se puede realizar desde el Pacífico o desde el mar Caribe y, si es desde ese emblemático mar, cuyos primeros visitantes fueron los españoles, la travesía se inicia en el rompeolas de la bahía Limón, enfrente de Colón. Se pasa por el puerto de Cristóbal y se cruzan las tres cámaras de las esclusas de Gatún, de 306 m de longitud cada una, en sentido ascendente con las que la nave se eleva tres niveles (26,7 m equivalentes a un edificio de nueve plantas) y se adentra en el inmenso lago Gatún. Navega hacia el sur bordeando la isla de Barro Colorado declarada en 1923 “reserva biológica” y, desde 1979, “monumento natural” junto con las cinco penínsulas aledañas de Gigante, Peña Blanca, Bohío y

◆ En junio de este año dieron comienzo pruebas de llenado y vaciado de las nuevas esclusas.

Buena Vista, y va a incorporarse al curso del río Chagres. Cuando la línea del Chagres gira en ángulo recto hacia el este, donde está su nacimiento, el canal pasa en su margen izquierda por el Parque Nacional Soberanía, toma el valle del río Obispo en Gamboa hacia el puerto de Culebras y salva la cordillera mediante el angosto Corte Culebra de 13,7 km de largo y 150 m de ancho ensanchado en varias ocasiones y que tanto esfuerzo humano y económico requirió para su excavación. A partir de él empieza el descenso al valle del río Grande, navegando bajo el bello puente atirantado Centenario, del arquitecto Miguel Rosales, y antes de llegar al Pacífico la nave atraviesa las esclusas de Pedro Miguel, que bajan un nivel con respecto al lago Gatún (9 m), el lago Miraflores de agua dulce y las esclusas de Miraflores, que bajan dos niveles (18 m), donde se hallan un centro para el visitante y otro de observación de la ampliación, cruza bajo el puente de arco de Las Américas, construido por la compañía americana John F. Beasley en 1962, y finaliza en el Pacífico al oeste de la ciudad de Panamá, en punta Balboa, enfrente de las islas de Naos, Flamenco, Culebra y Perico. □



## Breve bibliografía

Barrera, Azael: *El Camino de Cruces. La primera ruta multimodal de las Américas*. Panamá, 2011.

Dumas, M.A.: *Apertura del Canal de Panamá y resultados de los primeros meses de explotación*. ROP, 1915.

Olavarría, M.R.: *El Canal de Panamá*. ICEX, 2008.

Ontiveros, C. y Poza, A.: *Del Atlántico al Pacífico. Revista del CINA Escuela de Vela*.

# Centro de publicaciones

Librería de publicaciones oficiales



[www.fomento.gob.es](http://www.fomento.gob.es)





Los progresos en la fabricación de grandes estructuras de hormigón permiten la entrega de diques y terminales a medida

# Muelles llave en mano



◆ Construcción del Cajón Adriatic en la bahía de Algeciras.

## > La Condamine

Fomento de Construcciones y Contratas (FCC) y Dragados son las empresas españolas que lideraron, junto con la francesa BEC, la construcción en España y la instalación en el Principado de Mónaco del mayor dique flotante del mundo, proyectado para dar atraque a cruceros de más de 200 metros de eslora. Aunque su verdadero nombre es Puerto de Hércules, popularmente se conoce con el del distrito en el que está ubicado, La Condamine.

La solución dada para ampliar este puerto, una obra realizada en 2002, presupuestada inicialmente en 2.224 M€, pero que debido a las complicaciones técnicas surgidas durante su construcción los costes ascendieron finalmente a un total de 6.560 millones de euros, fue totalmente innovadora debido a que las condiciones geográficas no hacían compatible resolver el proyecto con las técnicas tradicionales.

Se trataba de levantar una estructura de extraordinarias dimensiones, de 352 metros de largo, 24,50 de alto y 28 de ancho, de 165.000 toneladas de peso, de hormigón armado y pretensado, que es la que conforma el elemento principal del dique de abrigo y hace las funciones de puerto de atraque.

Así se consiguió prolongar hasta en seis hectáreas el puerto, todo un desafío para los ingenieros que por primera vez en la historia edificaron una mole de estas características capaz de mantener la estabilidad interior durante al menos, se calcula, que 100 años. Para ello se emplearon, además de 45.000 m<sup>3</sup> de hormigón, 12.500 toneladas de acero, materiales que tuvieron que pasar unos controles exhaustivos para demostrar su durabilidad.

Mónaco no contaba con las instalaciones portuarias adecuadas para la construcción de la estructura, por lo que tuvo que hacerse en el dique seco de Crinavis, en la bahía de Algeciras, y remolcarlo por mar hasta el pequeño Estado por cuatro embarcaciones de grandes dimensiones en un trayecto de 1.500 kilómetros –816 millas náuticas– que duró quince días.

Para construirlo se ejecutó y acondicionó un dique seco temporal de 380x75x20 metros, cuya pared frontal se excavó y dragó para permitir la salida del dique después del llenado del dique seco y de la flotación. Las fuertes exigencias –muros estancos, elevada cuantía de armadura, tolerancias mínimas, etc.– hicieron necesaria la planificación del encofrado a utilizar.

La operación más compleja de todo el proceso fue la unión del cajón a tierra, lo que se hizo por medio de una rótula metálica de 650 toneladas con esfera de 2,60 metros de diámetro, fabricada en las instalaciones de la empresa nacional francesa. Los trabajos duraron más de tres días y en ellos participaron una docena de ingenieros.

Para limitar los movimientos del dique por la acción del mar está unido por la popa al cajón de estribo mediante la citada rótula, y sujeto por la proa por ocho grandes cadenas tensadas de 1.000 toneladas en total ancladas a pilotes metálicos de acero hincados a profundidades entre 50 y 80 metros.

Pepa Martín Mora

**La presencia de nuestro país en el sector de la construcción de infraestructuras marítimas se centra sobre todo en Europa, América Latina y África, continentes que han sido el escenario de algunas de las obras de mayor envergadura a nivel mundial.**

**S**on muchas las empresas españolas de ingeniería civil que trabajan más allá de nuestras fronteras en el sector de la construcción de infraestructuras marítimas. Desde la participación en el que es el tercer puerto más grande del mundo, Açú, en Brasil, hasta en el mayor dique flotante para ampliar el puerto de La Condamine, en Mónaco, los proyectos con participación nacional en el exterior son muy numerosos.



Dragados

Las grandes dimensiones de este dique semiflotante permiten albergar en su interior un estacionamiento de cuatro plantas, todas ellas sumergidas bajo el nivel del mar, con capacidad para aproximadamente 400 automóviles y un almacén para 150 embarcaciones deportivas.

Su superficie está dotada con todos los complementos necesarios para facilitar el atraque de cruceros de más de 200 metros de eslora que anteriormente se veían obligados a atracar en Niza, el puerto más cercano al Principado.

También aloja las nuevas oficinas de la autoridad portuaria, zonas comerciales, paseos peatonales y calzadas para la circulación rodada, mientras que en el extremo norte se ha instalado un faro restaurante.

Además de marcar un hito en el ámbito de la ingeniería civil, este cajón ha transformado el panorama marítimo de este pequeño país, ya que resolvió el problema de la falta de espacio para grandes y medianas embarcaciones. La gran demanda de atraque que ha generado durante estos años ha abierto nuevas posibilidades de desarrollo turístico para el Principado.

◆ Montaje del dique flotante en el puerto de La Condamine (Mónaco). Debajo, instalación de unos de los cajones del puerto de Açú (Brasil).

## > Puerto de Açú

Acciona y FCC han coincidido de nuevo en la ampliación del puerto de Açú, en São João da Barra, en Brasil, uno de los proyectos de obra marítima de mayor envergadura mundial, teniendo en cuenta que ocupa el tercer puesto entre los más grandes, y el primero del continente americano.

El puerto, todavía en ejecución, tiene una capacidad de carga de 350 millones de toneladas anuales, y está ubicado en una zona en la que se produce el 85 por ciento del petróleo y del gas del país, como es la Cuenca de Campos, dentro del complejo industrial del superpuerto de Açú, un área de 90 kilómetros cuadrados que equivalen a 2,5 veces el tamaño de la isla de Manhattan.

Para ambas empresas, participar en una obra de esta magnitud ha supuesto, sin duda alguna, reforzar su experiencia en la construcción de infraestructuras portuarias. Por un lado, FCC ha estado presente en la construcción de la terminal TX1, y Acciona ha sido se-



FCC



leccionada por las empresas LLX-OSX, del grupo EBX, para llevar a cabo la ingeniería, diseño y construcción de los diques exteriores en la terminal TX2 y un astillero.

La terminal TX1 dispone de 17 kilómetros de muelles y 40 puestos de atraque que pueden recibir barcos de hasta 400.000 toneladas de carga, además de un puente de acceso de 3 km de extensión, embarcadero de remolcadores, embarcadero de mineral de hierro, canal de acceso y bacía de evolución, nueve cuñas y profundidad inicial de 21 metros, con expansión para otros 26, y capacidad para mover hasta 100 millones de toneladas de minerales de hierro por año.

Se ha construido para esta terminal un muelle de cajones de 2.483 metros lineales, ejecutados mediante la fabricación y fondeo de 49 cajones de hormigón armado –con eslora media de 45 metros, una manga de 24 metros y unos puntales de entre 18 y 29 metros, así como un peso de 10.000 toneladas– y un dique en talud de 600 metros.

El puerto brasileño carecía de las instalaciones necesarias para la ejecución de los cajones, por lo que los nueve primeros fueron construidos en Algeciras, en Cádiz, y trasladados a Açu en unas embarcaciones semi-sumergibles –el Black Marlin, de 217,5 metros de eslora y 42 de manga, que se sumergió 12 metros en su casco, y una vez colocados los cajones sobre la cubierta volvió a emerger– en una travesía de quince días de duración y 4.300 millas náuticas de recorrido, que equivalen a los 7.960 kilómetros de distancia que hay entre ambos puertos.

El proyecto ejecutado por FCC también ha incluido el dragado previo del lecho marino, hasta 4.100.000 m<sup>3</sup>

◆ Traslado de un cajón con destino al puerto de Açu.

que han permitido alcanzar una profundidad media de 31 metros, las obras de superestructura para completar los diques y la disposición de equipos náuticos y de balizamiento. El material para la construcción del puerto se ha extraído de la cantera de Itaoca, situada a 70 km de distancia.

En cuanto a la obra en la que participa Acciona, se ha dividido en tres partes o pacotes: Pacote B1: Cais Norte, Pacote B2: Dique Seco, y Pacote B3: Cais (muelle) Interior. Se trata de un puerto exterior de grandes dimensiones que protege la entrada del *estaleiro* de Açu, un gran astillero con un dique seco y 10 km de diques y explanadas para construir plataformas y buques tipo *supply*.

Las obras han consistido en construir el puerto auxiliar para poder acometer el resto del proyecto del puerto, que utiliza los cajones de alineación norte del futuro dique, y mediante la disposición de otros cajones crear un área protegida en forma de C que permita ejecutar el resto de la obra.

Estos primeros cajones se construyeron en el puerto do Forno en Arraial do Cabo, utilizando el cajonero Kugira, propiedad de Acciona, que fue trasladado a Brasil expresamente para su ejecución, y fueron remolcados una vez hechos vía marítima hasta el puerto de Açu.

Acciona también ha construido un dique en talud formado por tramos de escollera y tramos de bloques de hormigón de 15 toneladas, que suman un total de 1.016,53 metros, en dos alineaciones, entre las cuales se ha construido un cierre de hormigón sumergido. La parte del dique en talud norte tiene una longitud total de 433,80 metros, con 16 cajones, de los cuales 11 están ubicados en la primera alineación y 5 en la se-

**// La nueva terminal del puerto de Açu, con 17 km de muelles y 40 atraques, puede recibir barcos de hasta 400.000 toneladas //**



gunda, y el dique en talud sur, de 582,73 metros, con 26 cajones, de los cuales 11 pertenecen a la primera alineación y 15 a la segunda.

Se ha construido otro dique vertical formado por cajones de hormigón armado, con 66,85 metros de eslora, 24 metros de manga en fuste, 24,20 metros de manga en solera, 21 metros de puntal, calado de 18 metros en bajamar, un espesor de solera de 0,70 metros, y celdas con unas dimensiones de 4,40 x 4,40 metros.

A estos se añaden los diques de encauzamiento –de escollera, con longitudes de 122,94 metros– necesarios para realizar el entroque entre la parte en mar y la parte en tierra sin que se produzcan deslizamientos y aterramientos del canal de acceso.

En cuanto al astillero, la obra ha consistido en la construcción de un dique seco, dos muelles ejecutados con pantallas, pilote (36 km) y anclajes (29 km), y

una explanada portuaria (600.000 m<sup>2</sup>) con sus áreas de acopio, galerías de servicios, viga cantil y redes de instalaciones.

### > Cajón Adriatic

Remolcada por buques y tras una travesía por mar de 21 días, después de atravesar la franja norteafricana, rodear Palermo y la península italiana, la estructura de hormigón para el almacenamiento de gas licuado que Acciona terminó de construir en la bahía de Algeciras, en Cádiz, en el año 2008, quedó definitivamente instalada en su destino, en el mar Adriático, a 17 kilómetros de la costa de Venecia, en Porto Levante, Italia.



Acciona

◆ Instalaciones ya operativas de la terminal LNG sobre el Cajón Adriatic. Arriba, remolque de la terminal desde la bahía de Algeciras.

La empresa española Acciona participó en el proyecto LNG Terminal, el Cajón Adriatic, como subcontratista principal a cargo de las obras civiles de esta plataforma para la que es la primera terminal de gas *offshore* que se ha instalado en el mundo. Los trabajos, que comenzaron a mediados de 2005 en las instalaciones de Campamento, en San Roque, consistieron en la construcción de la plataforma, la instalación de los tanques de gas natural licuado, así como de la maquinaria y el equipamiento de la plataforma.

Acciona también se encargó de la obra industrial, del aislamiento, de las contenciones secundarias de los tanques de gas natural licuado y de la logística de todas las operaciones, además de haber construido todas las instalaciones anexas al campamento base, entre ellas 4.500 metros cuadrados de oficinas.

La estructura, que se asemeja a una isla artificial, está diseñada para resistir diferentes cargas ambientales, como viento, oleaje y sismos. Consiste en un cajón de hormigón pretensado (GBS) fuertemente reforzado por acero de armar, de 180 metros de longitud, 88 de ancho y 47 de altura, que alberga los dos tanques de almacenamiento de gas con 125.000 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno y la posibilidad de distribuir más de ocho millones de toneladas métricas anuales.

Para construir el cajón se ejecutó una losa base en la cual se deslizaron 12,5 metros de altura de paredes en celdas sobre una superficie de 15.840 m<sup>2</sup>. Encima de estas celdas se construyó la losa de apoyo del tanque para luego deslizar de nuevo las paredes de cierre superiores, de 33 metros de altura, y cerrar con la losa superior llamada *top side*, sobre la que se instaló la planta de procesamiento de gas, colocando los tanques en el interior del cajón.

## // El proyecto Cajón Adriatic ha sido premiado por las medidas de seguridad y prevención de riesgos laborales en su ejecución //

Para la obra civil fue necesario ejecutar más de 220.000 m<sup>2</sup> de paredes realizadas con encofrado deslizante, conjuntamente con la instalación de 56.000 metros de tubería (sistema de bombeo, sistemas de calefacción, etc.) y más de 8.500 unidades de embebidos metálicos en el hormigón para la fijación del liner de recubrimiento de las paredes.

Para el cierre de la losa superior se instalaron 40 vigas prefabricadas de 220 toneladas de peso y 35 metros de longitud, para finalmente cerrar entre ellas un entramado de vigas metálicas y losa *in situ* de hormigón.



En cuanto a la obra de infraestructura y servicio para Aker Kvaerner Contracting, contratista principal, consistió en provisionar 3.500 m<sup>2</sup> de oficinas, aparcamiento para 600 coches, cantina para 400 personas, instalación de cinco subestaciones eléctricas con capacidad de 6.300 kW, drenajes del dique seco y provisión de agua potable, así como todos los servicios que requieren los demás subcontratistas del cliente.

Por este proyecto, en el que trabajaron más de 800 personas, Acciona recibió el premio a la Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales de Aker Solutions. Es un reconocimiento al compromiso y al esfuerzo de la empresa española por incorporar la gestión preventiva en todas sus actuaciones y desarrollar prácticas en materia de seguridad y prevención de riesgos laborales.

Para ello, previamente sometió a los trabajadores a un programa de formación y a una campaña denominada "que nadie se haga daño", en la que se incluyeron distintos planes de emergencias y la instalación de un centro de salud a pie de obra.

◆ Nuevos muelles del puerto de Igoumenitsa (Grecia). Debajo, puerto de Coco Solo (Panamá)

## > Puerto de Igoumenitsa

Grecia es otro de los destinos de los proyectos de FCC, donde en 2003 finalizó las obras del nuevo puerto de Igoumenitsa, una infraestructura centrada en el tráfico de pasajeros a través de conexiones de *ferry* a destinos tanto nacionales como internacionales, y que es uno de los centros de transporte más importantes de la zona occidental del país.

Conocida en la antigüedad como Titán, Igoumenitsa está en la costa noroeste de Grecia. Se trata de una ciudad pequeña y pintoresca, capital de la región de Thesprotia, con mucha actividad turística gracias a sus playas de aguas cristalinas y su paisaje de montaña.

La estructura del muelle construido por FCC está formada por 26 cajones de hormigón armado fabricados en el dique flotante Mar del Teide, con cinco zonas y doce rampas con capacidad de amarre simultáneo.

Las obras consistieron en ejecutar unos 780 metros lineales de muelle, toda una superestructura con su equipamiento –defensas de madera, pilotes, canales de suministros y drenaje de pluviales– para atender hasta a 12 barcos de pasajeros modernos.

Entre los principales trabajos realizados por FCC cabe destacar la colocación de tubos de plásticos verticales de drenaje –geosintéticos– para la aceleración del drenaje de agua para compactar los terrenos, y poder así construir los pilotes de grava en el mar de 750 y 950 milímetros de diámetro en cuadrícula de 2,50 x 2,50 metros y en parajes con parámetros de terrenos con especial dificultad en cuadrícula de 2,00 x 2,00 metros.

Para ello se utilizaron grandes vibradores y agua a presión (*vibraflotation*) y un sistema pionero que permitió encontrar la localización adecuada de cada pilote de grava. Fue necesario excavar de un metro a dos metros de lodo para el saneamiento del fondo del mar, y construir un muro de muelle por medio de 26 cajones alveolares de dimensiones de 9 metros de largo, 30 metros de ancho y 11 metros de alto. Una vez construidos los pilotes de grava se reconstruyeron los diques submarinos.

## > Puerto de Coco Solo

Otro de los proyectos de Fomento de Construcciones y Contratas (FCC) en Latinoamérica se encuentra en Panamá, donde actualmente participa en la construcción del muelle de la Terminal de Contenedores del puerto de Coco Solo, en Colón.

Como curiosidad, en el desarrollo de la obra participan decenas de ingenieros y especialistas en cimentaciones procedentes de seis países diferentes de tres continentes distintos, con las importantes diferencias culturales, tecnológicas e idiomáticas que ello conlleva, un hecho que ha implicado un esfuerzo adicional para superar las dificultades en la comunicación.





Sacyr

La terminal consiste en un muelle de pilotes hincados con tableros de hormigón armado de 616 metros de longitud, con un patio de almacenamiento de contenedores y 9 edificios.

Está construida en los terrenos de la antigua base de submarinos de Coco Solo, ubicada en la entrada del océano Atlántico del canal de Panamá. Contaba con cuatro muelles, se demolieron los muelles 2 y 3 y se construyó una estructura nueva sobre el antiguo muelle 1, al igual que los casi 100 edificios que se alzaban en la zona, que fueron demolidos también para ganar espacio en el que construir las nuevas instalaciones.

En su mayor parte está compuesto de piezas prefabricadas, un 60 por ciento, que se manufacturaron en una planta alemana al muelle. Todas ellas se curaron a vapor, y se condujeron a una zona de acopio alemana a la planta de prefabricados, de donde se trasladaron al muelle en el momento de ser montados.

La ampliación del muelle 1 consta de 612 metros de longitud, está dividido en 17 unidades de 36 metros cada una con 28 metros de ancho

Es un punto ideal para transbordo y carga entrando y saliendo hacia y desde la zona libre de Colón, y desde la entrada atlántica del canal de Panamá da servicio a los mercados regionales del Caribe, América del Norte, Central y Sur con embarques originados principalmente en el Lejano Oriente.

## > Puerto de Praia

Cabo Verde es uno de los nuevos mercados hacia los que Sacyr ha dirigido la internacionalización de su actividad constructora. La ampliación y modernización del puerto de Praia ha supuesto para la empresa española de construcción, servicios y energía reforzar su presencia en el continente africano, donde ya contaba con una importante cartera de obras.

◆ Ampliación del puerto de Praia (Cabo Verde). Debajo, nuevo espigón del puerto de Sines (Portugal).

El contrato ha incluido la segunda fase de expansión y modernización del puerto, incluyendo la prolongación del muelle número uno, la construcción del parque de contenedores y de un rompeolas, y el dragado de la cuenca.

El proyecto de este puerto ubicado en la isla de Santiago, el mayor contrato para esta infraestructura marítima promovido hasta el momento, se ha ejecutado en dos fases, una primera con un presupuesto de 64 M€, entre los años 2008 y 2010, y una segunda con 72 millones, realizada entre los años 2010 y 2013.

La primera fase ha consistido en la recuperación del complejo Muelle 2. Para ello se ha ejecutado un rompeolas con prisma con roca, se han rellenado de cavidades en los bloques del muelle, el tratamiento y demolición de la viga superior existente, el retiro del equipo del muelle, el refuerzo de los elementos de hormigón armado, la ejecución de conductos técnicos y la instalación de los equipos del muelle.

La empresa española también se ha encargado de la construcción de un área denominada Cargo Village, que incluye espacio para almacenamiento de contenedores, carga y oficinas administrativas, así como de la construcción de la vía de acceso, que es la carretera que une el puerto, el área Cargo Village y la carretera de circunvalación de Praia.

En la segunda fase se ha acometido la rehabilitación y ampliación del muelle 1, de 233 metros. Las obras han consistido en la pavimentación del patio para contenedores, construcción de una escollera, dragado para fijación de los fondos a una cota de 12 con el fin de permitir el amarre de las embarcaciones, y el complejo del parque de contenedores que comprende la carretera de acceso, las infraestructuras y el edificio de control.

## > Puerto de Sines

Portugal es otro de los destinos de la internacionalización de Sacyr, que ha participado también en la ampliación y extensión de 1.100 metros del espigón este en dirección sur del puerto de Sines, una infraestructura que durante estas últimas cuatro décadas ha experimentado diferentes obras de modernización.



Sacyr

Ubicado a unos 180 kilómetros al sur de Lisboa, en el distrito de Setúbal, región del Alentejo, es el puerto más importante de la costa atlántica del país vecino. A su estratégica localización geográfica suma la profundidad de sus aguas, característica que permite a esta infraestructura recibir a los mayores navíos del mundo de transporte de contenedores.

Su construcción, que data de 1973, ha hecho posible que lo que era un pequeño pueblo de pescadores se haya convertido en un punto neurálgico en las comunicaciones por mar y en la principal puerta de entrada de abastecimiento energético de Portugal. Ahora, con la ampliación del canal de Panamá, las previsiones son que este puerto sea la principal puerta comercial de Europa.

Funciona todos los días del año durante las 24 horas, y entre los servicios que presta están el control del tráfico marítimo, practicaje, remolque y amarre, control de acceso y vigilancia, agua potable, prevención de accidentes y contaminación marina, y reparación de barcos tanto a bordo como en tierra.

Este muelle Este, en cuya ampliación ha participado Sacyr, dispone de 2.200 metros, posee profundidades naturales no sujetas a la sedimentación, por lo que está preparado para recibir navíos de gran tonelaje debido a la inexistencia de restricciones de fondo.

La obra ha exigido la ejecución de dragados y voladura de rocas, enroscamientos con bloques de 600 y 710 kN para los mantos de protección y hormigón en la superestructura. Para ello se han necesitado 41.000 m<sup>3</sup> de dragado, además de 37.000 m<sup>3</sup> de hormigón para la superestructura, se ha procedido a la voladura de más de 36.000 m<sup>3</sup> de roca, se han prefabricado y colocado hasta 17.900 unidades de bloques Antifer de 600 kN, así como otras 2.100 unidades de 710 kN.

La necesidad de esta ampliación se debe a que Sines ha experimentado un incremento espectacular en su tráfico de contenedores durante los últimos años, que ha alcanzado los 931.035 TEU en 2014 frente a los 553.063 del año anterior, casi el doble. Este crecimiento se ha producido tras el desvío de barcos con escalas previstas en otros puertos europeos y que han optado por los muelles lusos en busca de menores costes de escala.

## > Puerto de Funchal

En Portugal encontramos de nuevo otro de los proyectos internacionales de Sacyr, como es la construcción del muelle de cruceros del puerto de Funchal, en la isla de Madeira, en el archipiélago de las Azores. Actualmente es eminentemente turístico pero fue lugar de paso hasta la II Guerra Mundial de los grandes buques oceánicos debido a su posición en el centro del Atlántico, ya que era una importante escala de las rutas entre Europa, África y América.

Cuenta por ello con un tráfico muy importante de cruceros debido al atractivo turístico que ofrece el archipiélago portugués. Está integrado en los circuitos que se realizan entre Madeira, las islas Canarias y el



◆ Puerto de Funchal en la isla de Madeira (Portugal).

norte de África, aunque existen también algunas líneas de tráfico que operan desde el Mediterráneo occidental o desde la franja atlántica de Europa, principalmente desde Lisboa, además de constituir una escala importante de los viajes transoceánicos.

La nueva terminal construida por Sacyr, ubicada, por una lado, en una bahía rodeada por el mar, y por otra, entre montañas, a las afueras de la catedral de Sé, está a poco menos de 15 minutos andando del centro de la ciudad. El alto número de pasajeros que visita Madeira disfruta ahora de mejores condiciones y accesos de confort y seguridad, lo que permite más rapidez y eficacia en las operaciones de embarque y desembarque, hecho que redonda en el cumplimiento de las medidas de seguridad internacionales.

Con un presupuesto de casi 18 millones de euros, la empresa española ha construido esta nueva zona de amarre de 322,35 metros de longitud con una profundidad operativa de -8 metros (cero hidrográfico). Este frente se compone de una zona continua de aproximadamente 271,15 metros por 26,6 metros de ancho, complementada por dos duques de alba de atraque y amarre separados por 13,80 metros y 12,60 metros respectivamente.

La estructura está formada por un conjunto de 17 cajones de hormigón armado, de cuatro tipos diferentes. Las cantidades que se han utilizado para ello han sido 14.902,52 m<sup>3</sup> de hormigón, 1.881,9 toneladas de armaduras, 130.000 m<sup>3</sup> de dragado, 66.171 m<sup>3</sup> de enrocamiento, 50.784 m<sup>3</sup> de hormigón *in situ*, y 15.284,68 m<sup>3</sup> de hormigón en la superestructura.

**// La nueva terminal de Sines asegura una mayor rapidez en las operaciones de los cruceros //**

Aldesa



Aldesa



## > Malecón de Lima

Lima, en Perú, es el destino de la internacionalización de otra de las más importantes empresas de ingeniería civil españolas, Aldesa, que ha participado en numerosas obras marítimas en distintos países del mundo, en los que ha construido puertos, paseos, pavimentación de muelles y viales, rehabilitación del borde marítimo, consolidación de acantilados, recuperación de playas, ampliación de muelles y dársenas.

En la capital peruana ha realizado uno de los proyectos más importantes de los últimos años, como ha sido la mejora del malecón de Costa Verde para la Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima (EMAPE), dependiente de la Municipalidad Metropolitana de la ciudad.

La obra, que forma parte de otra de mayor envergadura como es el proyecto "Costa Verde para todos", ha servido para recuperar un espacio de 3,1 km de longitud que se ha convertido en una zona integradora de actividades y en un referente urbano para los habitantes de los distritos de San Miguel y Magdalena del Mar, en una zona de gran atractivo paisajístico y con acceso al mar.

Esta zona del litoral había sido sometida a un relleno con desmonte y basura sin regulación alguna durante

♦ Dos vistas de la recuperación del espacio Costa Verde en Lima (Perú).

años, por lo que su composición era poco homogénea y de baja calidad edificatoria desde el punto de vista de la resistencia de suelos. Estaba elevada unos 15 m sobre el nivel del mar, por lo que se tuvieron que realizar trabajos de refuerzo en la base del acantilado que consolidara y defendiera la plataforma ganada al mar, que estaba sometida de forma constante a la erosión del agua.

Hasta antes de la mejora, finalizada en 2013, el malecón era un espacio inseguro y descuidado. Ahora es un lugar de esparcimiento en el que se han construido paseos peatonales de borde, pista de trote, una ciclo vía longitudinal, plazas, servicios higiénicos, kioscos, módulos de atención y seguridad, mobiliario urbano, espacios preparados para realizar eventos, se ha añadido zona arbolada y vegetación, y se ha dotado de iluminación.

El malecón costero tiene un ancho de 6 metros, construido con cemento frotachado y bruñado, el paseo de trote, de piso de arcilla estabilizada, 1,80 metros de ancho, y la ciclo vía otros 3 metros de ancho, medidas que suman una sección continua de 10,80 metros. En toda la longitud de la infraestructura se ha dejado una distancia de seguridad mínima de 5 metros contra el borde del talud.

La ciclo vía, de doble sentido, no tiene una función integradora de transporte para poder ir de un punto a otro, es simplemente un elemento recreativo en el que no se alcanzan velocidades por encima de los 15 km por hora, y que va paralela al malecón integrándose cada cierto tramo en plazoletas y plazas intermedias.

**// La obra de Costa Verde, en Lima, ha recuperado una zona degradada, convirtiéndola en un referente urbano de gran atractivo //**

Estas plazoletas son de distintas características y dimensiones, unas triangulares, otras cuadradas, y en todas ellas se ha realizado un tratamiento paisajístico con plantas nativas, y se ha colocado mobiliario e infraestructura urbana complementaria como elementos integradores: quioscos, aparcamientos para bicicletas, bancos, pérgolas, papeleras, servicios higiénicos, con wc y duchas, etc., todos ellos fabricados y construidos en materiales y acabados resistentes a la humedad.

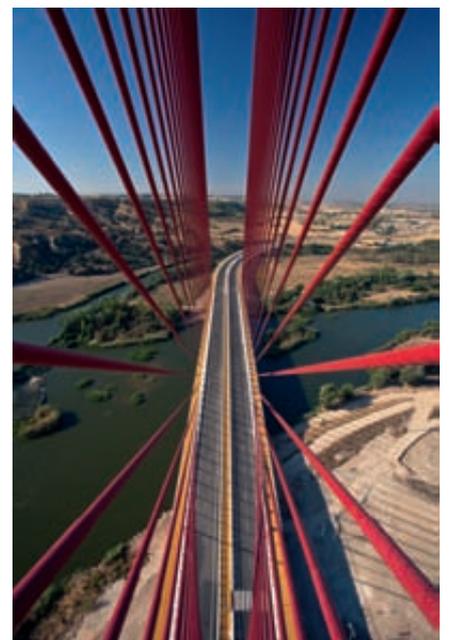
También ha sido necesario construir un puente peatonal, formado por vigas prefabricadas isostáticas, que cuenta con una sección de 4,20 m, compuesto de tres tramos, los dos del extremo con una pendiente del 8 por ciento y un gálibo en la parte más baja de 5,6 m. □

Revista del Ministerio de

# Fomento



## VIADUCTOS SINGULARES DEL SIGLO XXI (CARRETERAS)



**MONOGRÁFICO**  
Julio-Agosto 2013

**PVP: 3 €**



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](mailto:cpublic@fomento.es)

**LBJ Highway, Dallas, USA. Construction Project**



**Port of Açú, Brasil. Detailed engineering**



**PROES**

GRUPO  
**EUROCONSULT**

[www.proes.es](http://www.proes.es)



Viaductos internacionales emblemáticos con sello español

# Pasos de gigante

Julia Sola Landero

**Levantar puentes supone superar desafíos estructurales de considerable complejidad. Más aún cuando se trata de salvar una geología adversa o de enfrentarse a enclaves castigados por vientos, mareas o movimientos sísmicos. Para superar los mayores retos que presentan las geografías imposibles, la ingeniería civil española ha dado pasos de gigante en los últimos años, tanto en lo que se refiere a la mejora y tratamiento de materiales como a los procedimientos constructivos de los grandes viaductos.**



**E**n algo más de una década, las constructoras españolas han levantado fuera de España más de dos millones de metros cuadrados de puentes adaptados a todo tipo de situaciones y con todas las tipologías posibles: atirantados, en arco, ejecutados *in situ*, empujados, mediante voladizos sucesivos o utilizando las mayores grúas del mundo.

Acaparan récords y numerosos reconocimientos internacionales, y algunos de ellos son iconos del país donde se encuentran, quizá porque la mayoría de las veces su construcción ha exigido enfrentarse a situa-

◆ Viaducto de Basarab, Bucarest.

ciones de complicado abordaje y han requerido estructuras muchas veces espectaculares, que han servido para potenciar las conexiones del tráfico de carretera o ferroviario en enclaves estratégicos. Por eso, son abundantes los ejemplos de estructuras emblemáticas con firma española. Es el caso del puente Nueva Europa sobre el Danubio, el viaducto de Basarab en Bucarest, el puente sobre el río el río Corgo, en Portugal, o el puente sobre el río Vístula en la ciudad de Kwidzyn, en Polonia. O el impresionante Ting Kau, en China; el puente sobre el canal de Beauharnois, en Canadá; o los espectaculares viaductos sobre el río San Marcos, en México o el de Amolanas en Chile, entre otros muchos, repartidos, sobre todo, por el territorio de la Unión Europea, América y Asia.

## > Norte de Europa

En el norte del viejo continente, las compañías españolas han tenido que enfrentarse a enclaves de enorme complejidad. En el Firth of Forth, en Edimburgo (Escocia), el estuario donde las aguas del río Forth se confunden con el impetuoso mar del Norte, se pueden contemplar tres siglos de ingeniería civil en una sola estampa: el emblemático puente metálico ferroviario Forth Rail Bridge, prodigiosa infraestructura de 1890, declarada monumento nacional y candidata a convertirse en Patrimonio de la Humanidad; el Forth Road Bridge, abierto en 1964, que en su día ostentó el título de puente colgante más grande de Europa; y el que actualmente construye la empresa española ACS en colaboración con la alemana Hochtief, asociadas bajo el nombre de Forth Replacement Crossing, y que se abrirá en otoño de 2016.

Los tres viaductos llevan en sus estructuras la tecnología punta de su época. Y los tres conectan el noreste y el sureste de Escocia salvando las anchurosas aguas del estuario. El nuevo viaducto reforzará una conexión estratégica en la red vial del Reino Unido y aliviará la congestión de tráfico existente, en una zona donde conviven activamente numerosas poblaciones, complejos industriales y muelles comerciales.

El puente con firma española es la infraestructura de transportes más grande de Escocia y uno de los mayores proyectos de infraestructuras de Europa. Y, con sus 2,7 km de longitud, también puede presumir de ser el puente atirantado más largo de tres torres en el mundo.

Con un tablero de 40,6 m de anchura y tres carriles por sentido de tráfico, tiene un tramo principal atirantado de 2.100 m, y dos viaductos de aproximación que completan la longitud total. Está formado por tres torres de hormigón construidas con encofrados autotrepantes, de entre 200 y 210 m de altura y accesos para servicio y mantenimiento, que incluyen ascensores.



UTE Boca Oest

La superestructura consta de dos vanos de 650 m de longitud cada uno, a 60 m sobre el nivel del mar. El viaducto de aproximación del lado sur consta de 543 m longitud con vanos de 87 m. El del lado norte consta de 203 m de longitud y está formado por un vano de 104 m y otro de 99 m.

◆ Acceso a túnel en el puente de los dos Valiras, en Andorra.

También en Reino Unido se desarrolla otra obra con firma española. En octubre de 2014 comenzaron los trabajos para construir un puente atirantado, que salva el estuario del río Mersey entre las localidades de Run-corn y Widnes, en las cercanías de Liverpool. Tendrá 2.250 m de longitud, seis carriles, una altura de 125 metros, una luz máxima de 318 m y 43 de anchura variable de tablero. Cuando en el último semestre de 2017 se abra al tráfico, pasarán por él unos 80.000 vehículos cada día.

En junio de 2013 la española FCC resultó adjudicataria del contrato de proyecto, obra y mantenimiento a través de los dos consorcios en los que participaba junto a los socios Bilfinger y el gigante australiano de la construcción Macquarie. El proyecto incluye la construcción y mejora de 7 km de las carreteras adyacentes, la ejecución de 2,5 km nuevos de autopista, la mejora de otros 4,5 km, y la instalación de los puestos de peaje en los accesos del puente y la concesión durante 30 años.

El nuevo viaducto, cuyo diseño ha sido merecedor del Premio Infraestructura Europea de 2014, se construye al este del Silver Jubilee Bridge –inaugu-

rado en la década de los 60– y que en la actualidad presenta importantes problemas de tráfico. Las obras comenzaron con la llegada de tres embarcaciones al estuario del río Mersey, utilizadas a modo de plataformas para la construcción de los encepados para ejecutar los tres pilonos que forman la parte central atirantada, de 1.000 m, del puente.

En Irlanda, Ferrovial ha construido el Monastery Road Bridge, un puente urbano con arco de un solo vano construido en acero y hormigón, que salva la M-50, principal vía de circunvalación de Dublín. Dos arcos paralelos independientes. Su longitud, 62 m y su anchura, 20 m con dos carriles para vehículos, dos para bicicletas y dos para peatones en voladizo en los bordes del tablero.

También en Irlanda, la misma compañía española ha construido el primer puente extradorado del país, sobre el río Erne, y que forma parte del proyecto de mejora de la carretera N-3 a su paso por el condado de Cavan. Su estructura está formada por una losa aligerada de hormigón de 17.1 m de anchura con forma de vientre de pez, y dos parejas de pilonos, también de hormigón, de 16 m de altura, que fijan el paso elevado de los cuatro tirantes pasantes a diferentes alturas a través de sillas, elementos que se valen de la fricción para materializar un punto fijo en los tirantes y evitar así su deslizamiento. El puente fue premiado en 2014 por la Asociación Irlandesa del Cemento.

**// Viaductos como el de Liverpool o puentes como el del río Erne han merecido diversos reconocimientos internacionales //**



Dragados, en colaboración con Ascon Limited, construyó en 2009 el puente atirantado de Waterford, sobre el río Suir (Irlanda). El puente se inserta en uno de los tramos de autopistas de peaje, en el del “bypass” de la ciudad de Waterford, situada en el sureste del país, cerca de la costa y a mitad de camino entre Dublín y Cork. Se trata de un puente atirantado de más de 200 m de luz principal con una única torre en la margen derecha, de hormigón y más de 100 m de altura. Diseñado por el estudio Fernández Casado, se trata de un puente extraordinariamente esbelto y ligero: tiene tres vanos traseros de luces 42, 66,5 y 91,5 m y dos vanos delanteros: el principal de 230 m y un vano de aproximación de 35 m, todo ello con una longitud de 465 m.

♦ Arriba, puente Infante D. Enrique, Oporto. Debajo, puente Beauharnois, Canadá.



## > Europa del este

En países del este europeo como Rumanía, Bulgaria y, sobre todo, Polonia, al calor de su crecimiento económico, la ingeniería española ha ejecutado algunos de sus proyectos más emblemáticos. Es el caso del puente Nueva Europa sobre el Danubio, entre Bulgaria y Rumanía. Abierto en 2013, es una de las infraestructuras de transportes más estratégicas del sureste de Europa y una pieza clave que forma parte del corredor IV paneuropeo que mejora las conexiones entre el centro y el este del viejo continente.

El impresionante viaducto canaliza el tráfico de carretera y ferroviario a lo largo de sus 1,791 km de longitud, y salva el generoso cauce del río entre la ciudad búlgara de Vidin y la rumana de Calafat. Hasta su entrada en servicio, ambas ciudades solo estaban comunicadas a través de un ferry –que no partía hasta completar su pasaje–, dado que el único puente operativo, construido por la Unión Soviética en 1954 está a unos 300 kilómetros aguas abajo, en la localidad rumana de Rouse. A día de hoy, 100.000 vehículos cruzan anualmente el nuevo puente; un tráfico que se genera mayoritariamente entre Grecia, Macedonia o Turquía, y Alemania, Polonia, República Checa, Hungría o Eslovaquia.

Proyectado por el estudio Fernández Casado y ejecutado por FCC, es un ejemplo de economía y funcionalidad, cuyo diseño ya ha cosechado varios premios internacionales. Es un puente atirantado con tres vanos principales y tres estructuras claramente diferenciadas: puente sobre el canal navegable, otro sobre el canal no navegable y el puente de acceso ferroviario. Su tablero se distribuye a ambos lados de una isla central y permite, en el lado rumano el paso de embarcaciones, mediante tres canales y una luz media de 180 m. La parte que cruza el ramal secundario del río tiene una luz de 80 m, y el puente de ferrocarril está formado por una estructura de 8,6 m de anchura.

Su estructura mixta consigue conjugar el tráfico por carretera y ferroviario con la mayor elegancia y sentido práctico, dado que los trenes circulan en el eje central del tablero entre las vías de la carretera –lo que evita desequilibrios transversales de carga– entre dos líneas de defensa flanqueadas por tirantes. Durante el cruce del brazo principal del río, la rasante del puente de carretera coincide con el de ferrocarril. A partir de la isla, la carretera desciende hacia el lado búlgaro y el ferrocarril asciende suavemente sobre la estructura soportada por dos pilares apoyados en el puente principal de carretera, y que se va despegando de esta y vuela sobre ella cuando los trazados se cruzan. Una vez pasado el cruce sobre la carretera, el puente ferroviario sigue y abandona el trazado de la carretera con total fluidez y facilidad.

También FCC ejecutó en 2011 uno de los proyectos de mayor envergadura realizados en los últimos 30 años en Rumanía: el viaducto de Basarab, en Bucarest, que salva vías de ferrocarril. Con una longitud de 1.750 m, la estructura salva las vías de ferrocarril de la estación de Bucarest, canaliza el tráfico de automóviles y tranvía, y cuenta con un intercambiador tren-tranvía.

La estructura del puente está formada por un tramo central por donde discurre el tranvía y dos carriles para automóviles situados a ambos lados. Es un puente atirantado desde una sola torre con una luz de 340 m. Del tramo principal que salva la playa de vías cuelgan las rampas de acceso. La anchura del puente es variable, de 37,88 m a 43,38 m, y el tablero, de 168 m de luz, se soporta por 15 parejas de tirantes.

Se trata de una estructura singular cuya mayor complejidad reside en que literalmente se encaja en el abigarrado escenario urbano, y en que tiene una planta irregular, con rampas de acceso que entran y salen del dintel por su parte inferior. Además, se encuentra en una zona sísmica y soporta dos tipos de carga: carretera y tranvía, además del intercambiador. Quizá por eso ya se la considera una obra de referencia en el país.

En Polonia, Ferrovial, a través de su filial polaca, Budimex, construyó en 2013 un viaducto sobre el río Vístula en la ciudad de Kwidzyn, al norte del país. Combina la estructura de un puente atirantado y uno de vigas pretensadas, tipología de la que solo existen ejemplos similares en Japón y Suiza, por lo que en Polonia su construcción ha sido una experiencia pionera. Es un viaducto extradadosado que alcanza una altura de 130 y 204 m, y una longitud de 808 m, y forma parte de los nuevos accesos a la carretera nacional 90. El proyecto fue galardonado en el concurso Maximilian Wolff Bridge Constest convocado por la publicación de ingeniería *Mosty*, que reconoce las mejores y más innovadoras soluciones de ingeniería llevadas a cabo en el país.

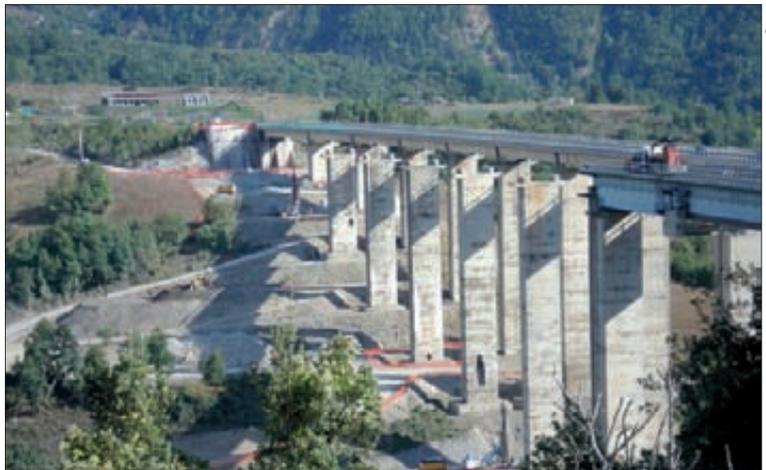
También en Polonia, Acciona, junto a su participada Mostostal Warszawa, ha construido uno de los diez mayores puentes atirantados de hormigón del mundo: el puente sobre el río Odra, que forma parte de la carretera de circunvalación de Wrocław, al oeste de Polonia, y que enlaza la autovía A-4, la autovía S-5 a Poznan y la carretera S-8 a Varsovia.

La estructura, levantada en 2010, consta, por un lado, del puente atirantado con una longitud de 612 m construido sobre el cauce principal del río, y, por otro, de dos pasos elevados de aproximación de 611 y 521 m de longitud respectivamente, lo que suma un total de 1,75 km. La pila central ostenta un récord: con 122 metros de altura es la más alta del país.

En Varsovia, Acciona también participó en la construcción del puente Siekierowski sobre el Vístula, inaugurado en 2002. Un puente atirantado, de 500 m de



Sacyr



Sacyr

♦ De arriba abajo, viaducto de Amolanas, Chile, y viaducto de Noce, Italia.

longitud y 22 m de anchura premiado por el Ministerio de Infraestructuras polaco en la categoría de Arquitectura y Construcción; y el puente de Wolin sobre el río Dziwna, terminado en 2005. Dotado de un arco metálico de 25 m de altura, está formado por un vano principal de 180 m de longitud y 12,8 m de anchura, suspendido sobre el río Dziwna mediante 104 tirantes. Es la mayor infraestructura de este tipo en Polonia.

## > Italia, Portugal y Andorra

En Italia, Sacyr participa en la ejecución de una de las obras más complejas del país. Un tramo de la autopista DG-48 Salerno-Reggio Calabria, una de las más importantes de Italia, que incluye la ejecución de varios viaductos. A 100 kilómetros de Salerno, se encuentra el tramo del "Macrolotto 2", uno de los más complejos de Italia, donde la firma española ha construido 31 km de nueva autovía. El tramo discurre entre el viaducto Calore y el enlace Lauria Norte, una zona de montaña cuya compleja orografía ha supuesto un auténtico desafío técnico, pues ha obligado a levantar nada menos que 38 nuevos viaductos con una longitud total de 12,2 km, 11 nuevos túneles

dobles y 8 dobles falsos túneles que suman más de 17 km de longitud. Entre los viaductos más singulares se encuentran el Albanese (222 m), Secco (324 m), Noce (498 m), San Francesco (502 m) y Serra (235 m), este último con 125 metros de altura máxima.

Al norte de Portugal, cruzando el valle del río Corgo, se encuentra el segundo viaducto más alto de Europa. La infraestructura fue ejecutada por la UTE formada por la compañía española FCC y las portuguesas Soares da Costa y RRC. UTE encargada también de la construcción de la autopista Transmontana entre Vila Real y Bragança, que forma parte de la red Transeuropea de Transportes y conecta la autovía A-4, con origen en Oporto, con la frontera española. El contrato, ejecutado entre 2008 y 2013, incluyó el diseño, construcción y mantenimiento durante 30 años de la nueva autovía que suma 194 km y comprende 32 km de nueva construcción, 106 de desdoblamiento y 56 km de acondicionamiento de la actual IP4.

La orografía abrupta y con pronunciadas pendientes del norte del país vecino, hizo que los enlaces de la autovía IP4 se tuvieran que ajustar para adecuarlos a la nueva autopista, mediante la construcción de 17 puentes, entre los que se encuentra el puente sobre el río Tinhela con 780 m de longitud y una altura de 220 m, y el viaducto del Corgo, cuyas aguas van a

## // En Portugal, algunos puentes levantados por firmas españolas baten récords, como el Infante Don Enrique, sobre el río Duero //

parar al Duero y que, en su encuentro con la autopista, discurre encajado en un profundo valle.

Con 2.790 m de longitud y una luz principal de 300 m, el viaducto salva tres carreteras y una línea férrea. Es un puente atirantado con pilares de 130 m de altura y dos mástiles que se elevan 63 m sobre el tablero que salva las aguas fluviales con una altura máxima de tablero sobre el río de 230 m, lo que lo convierte en el segundo viaducto más alto de Europa.

También en el país vecino Acciona construyó en 2002 sobre el río Duero el puente Infante Don Enrique. La estructura reemplazó la cubierta superior del puente de Luis I, reconvertido tras la construcción de una de las líneas del Metro de Oporto. El puente, con un solo arco, una longitud de 371 m y una anchura de 20 m, es récord mundial en su tipología por su relación arco-flecha de 11,2 m. Se levanta en el centro de la zona histórica conectando los barrios de Fontainhas de Oporto y Serra do Pilar de Vila Nova de Gaia.

Y algo más al norte, en Andorra, una de las obras públicas de mayor envergadura acometidas en el país pirenaico, son los puentes de acceso oeste al túnel que comunica el río Valira del Nord con el río Valira d'Orient. Los puentes se despliegan a la salida del túnel desdoblado, lo que hizo necesaria la construcción de dos estructuras. Proyectados por el estudio de Fernández

◆ Puente de Waterford, Irlanda.



Dragados

Casado, los puentes se han levantado mediante una estructura de hormigón pretensado dividida en seis tramos unidos entre sí a través de articulaciones a media madera.

Con un diseño notablemente singular, que se adapta con elegancia a una orografía sin concesiones, los puentes terminan en una rotonda de gran diámetro situada en su mayor parte a bastante altura sobre el suelo, en un terreno muy accidentado, lo que obligó a hacerla elevada en su mayor parte.

## > China

En China, el país de las infinitas posibilidades para la construcción de infraestructuras espectaculares, se alza el puente Ting Kau para dos carreteras, en Hong Kong. Es uno de los pocos puentes atirantados multivano que existen en el mundo, y sus 1.177 m de longitud hacen de él uno de los puentes en su tipología con mayor longitud. Su diseño también tiene otra singularidad: sus tres torres de una sola pierna, con alturas de 170, 194 y 158 m y diseñadas para resistir tifones, están estabilizadas por cables transversales como mástiles de un barco de vela, mediante cables de 465 m, los más largos utilizados en un puente.

Construido por la UTE Ting Kau Contractors Joint Venture de la que formó parte Acciona, el de Ting Kau es uno de los tres viaductos de gran luz que conectan el nuevo aeropuerto con la ciudad y el continente. Una impresionante estructura levantada en 1998 que forma parte de la Ruta 3, que conecta el noroeste de Nuevos Territorios con la Isla de Hong Kong. De todos los puentes situados en una zona con una enorme actividad, el de Ting Kau es el que soporta el tráfico más pesado: cientos de camiones de gran tonelaje pasan cada día por su estructura entre China continental y el puerto de Hong Kong.

Otro viaducto en el país oriental con firma española, es el de Lai Chi Kok (Hong-Kong), construido por Acciona en 2008. Forma parte de la Route 8, que une el aeropuerto internacional de Chep Lap Kok con Satín, una zona urbana e industrial con elevadísimos niveles de tráfico. Se trata de una estructura de 1,4 km de longitud, con cuatro ramales de acceso y salida, construida en su mayor parte por el sistema de voladizos sucesivos prefabricados de hormigón. El proyecto contó con un plus mediambiental, al utilizar hormigón reciclado para rellenar zanjas, terraplenes y muros de contención, lo que ha evitado depositar un gran número de residuos inertes en vertedero y el empleo de nuevos recursos naturales. El proceso de reciclaje se llevó a cabo mediante la utilización de una planta móvil ubicada en obra en donde se reciclaron unas 15.000 toneladas de hormigón.



## Récords con firma española

*El puente sobre el estuario del río Forth, en Edimburgo, es la infraestructura de transportes más grande de Escocia y uno de los mayores proyectos de infraestructuras de Europa. Con 2,7 km de longitud, es el puente atirantado más largo de tres torres en el mundo.*

*El puente atirantado sobre el río Corgo, en Portugal, cuenta con pilares de 130 metros de altura y una altura máxima de tablero sobre el río de 230 metros, lo que lo convierte en el segundo viaducto más alto de Europa.*

*El viaducto de San Marcos (México) con una pila principal 208 metros, es la de mayor altura de todo el continente americano, y solo superada en todo el mundo por las del viaducto de Millau (Francia), de 343 metros.*

*El puente del Infante Don Enrique, en Oporto (Portugal) con un solo arco, una longitud de 371 metros y una anchura de 20 metros, es récord mundial en su tipología por su relación arco-flecha de 11,2 metros.*

*El viaducto de Amolanas (Chile) destronó en el año 2000 al puente del Malleco, que con 85 metros de altura, presumía de ser el puente carretero más elevado del país. La estructura se alza 100,6 metros sobre la profunda quebrada del río.*

*El viaducto sobre el canal Beauharnois, es una de las primeras estructuras empujadas de Canadá, y el segundo puente empujado más largo del mundo.*

*El puente sobre el río Odra (Polonia) cuenta con una pila central que, con 122 metros de altura, es la más alta del país. Es uno de los diez mayores puentes atirantados de hormigón del mundo.*

*El puente Ting Kau para dos carreteras, en Hong Kong (China), es uno de los pocos puentes atirantados multivano que existen en el mundo, y sus 1.177 metros de longitud hacen de él uno de los puentes en su tipología con mayor longitud.*

*En Colombia, el recién adjudicado puente Pumarejo sobre el río Magdalena en la ciudad de Barranquilla, con 2,28 km, será el viaducto más largo y la mayor obra pública realizada en ese país.*



## > Canadá

En otro país de oportunidades, Canadá, también hay notables estructuras con sello español. Es el caso de la autopista A-30 que circunvala el área metropolitana de Montreal. Con 42 kilómetros de longitud y dos carriles por sentido, fue ejecutada para reducir el tráfico que atravesaba la isla donde se emplaza la segunda ciudad de Canadá. La autopista fue construida con la participación de las españolas Acciona, ACS y Dragados a través de la concesionaria Nouvelle Autoroute 30.

Inaugurada en diciembre de 2014, la obra incluyó la ejecución de dos puentes: uno de 1.860 m sobre el río St. Lawrence y otro de 2.550 m sobre el canal Beauharnois. Este último es una de las primeras estructuras empujadas de Canadá, y a día de hoy, el segundo puente empujado más largo del mundo.

El viaducto es una impresionante estructura, que ya ha cosechado varios premios internacionales, formada por dos tableros gemelos separados 3 m, y con 14,22 m de anchura cada uno. De su longitud total, los primeros 1.095 m están formados por un tablero de vigas prefabricadas de hormigón y los 1.457 m restantes, que corresponden al tramo empujado, están formados por un cajón metálico con una losa superior de hormigón y suma 18 vanos.

Acciona también está desarrollando o ha completado alguna de las infraestructuras más destacadas de Canadá en los últimos años. Así, en 2010 fue seleccio-

◆ Viaducto entre Vidin (Bulgaria) y Calafat (Rumanía).

nada por la provincia canadiense de Alberta, para diseñar, y construir, a través del consorcio Windsor Essex Mobility Group, participado por Acciona, ACS y Fluor, el proyecto Windsor Essex Parkway en Ontario, Canadá: una autopista de 11 kilómetros que enlaza la 401 (también en Ontario) con la Interestatal 75 (en Michigan, Estados Unidos), a través de un puente construido de manera independiente, y por la que transita alrededor del 40% del comercio de mercancías entre Estados Unidos y Canadá.

Los viaductos de Jemseg y St. John forman parte del tramo de la autopista Moncton-Fredericton, que discurre paralela a la Carretera Transcanadiense y comunica el país de este a oeste. El viaducto Jemseg cruza el río del mismo nombre para comunicar el Gran Lago con el río principal; una zona sometida a inundaciones anuales durante más de dos meses y que afectan a la mitad de las cimentaciones del viaducto. La otra mitad del puente cruza el propio río y pasa sobre la ladera que asciende hacia una meseta situada sobre la zona de inundaciones. Con 976 m de longitud, cuenta con dos calzadas separadas y sostenidas sobre pilas.

El viaducto de St. John, a 4,5 km del anterior y con la misma tipología, cruza el río del mismo nombre y discurre sobre el cauce fluvial y su zona inundable, por lo que toda su longitud –1.062 m–, se ve afectada por las aguas.

En 2013 Ferrovial comenzó la construcción de un puente sobre el río Nipigon que será el primer puente atirantado de la provincia de Ontario. Cruzará las au-



FCC

topistas 11 y 17, que forman parte de la Transcanadiense. El viaducto, que estará finalizado en 2017, tendrá una longitud de 252 metros y cuatro carriles de circulación. La solución técnica consiste en la construcción de un muelle central con tres torres, desde el que parten los cables que enlazan con los pilares laterales. De este modo, se elimina la necesidad de instalar estructuras dentro del río.

En 2013, Acciona, junto a su socio Pacer, comenzó la construcción del puente Waterdale en Edmonton, capital de la provincia de Alberta. Será un puente en arco, por el que se espera que pasen cada día 33.000 vehículos. Tendrá tres carriles para el tráfico rodado y una pasarela peatonal que correrá paralela e independiente al viaducto. Los trabajos terminarán a mediados de 2016.

## > México

En México se encuentra el segundo viaducto más alto del mundo y también lleva firma española. Es el viaducto Ingeniero Gilberto Borja Navarrete sobre el río San Marcos, un alarde de tecnología, situado en la carretera Nuevo Necaxa-Ávila Camacho y que forma parte del eje México-Tuxpan de 283 km que enlaza la capital federal con el golfo de México.

Construido entre 2009 y 2012 por la UTE formada por FCC y la mexicana ICA, el gran viaducto, se alza en

◆ Viaducto de San Marcos, México.

pleno corazón de la Sierra Madre Oriental, en una zona escarpada e inaccesible. Prueba de ello es que en los 36 km de autovía ejecutados, hubo que construir seis túneles que suman 8.100 m y 22 estructuras con un total de 2.300 m.

El viaducto salva el profundo barranco abierto por las aguas del San Marcos, mediante una esbelta estructura de hormigón armado sustentada por seis pilares. Dispone de cuatro carriles, de 18 m de anchura, y una longitud de 840 m dividida en siete vanos: tres principales con 180 m de luz cada uno, dos de 98 m y otros dos más de 57 m junto a los estribos. Destacan en su diseño las cuatro pilas principales, una de las cuales, de 208 m, es la de mayor altura de todo el continente americano, y solo es superada en todo el mundo por las del viaducto de Millau (Francia), de 343 m (viaducto que, por cierto, también contó con participación española, ya que la compañía Tycsa aportó el sistema telescópico de gatos hidráulicos y los cables de acero de los tirantes).

La escarpada orografía de la zona dictó las pautas técnicas del proyecto. Sobre la mesa había notables condicionantes: el río discurriendo en un profundo despeñadero; la mala accesibilidad del lugar; la influencia en la zona de las tormentas tropicales del golfo de México; y la curvatura del trazado que suponía descartar soluciones con arco o con tablero atirantado. La alternativa, pues, pasaba por diseñar un puente continuo tipo viga que se pudiera construir de

forma independiente del suelo. Se optó por un puente de hormigón postesado ejecutado por voladizos. Y dado que la autovía cruza el río por la zona más estrecha, el puente se adaptó a una curva con un radio de 1.150 m y con una pendiente del 5,8%. La construcción del tablero se llevó a cabo mediante la técnica de avance en voladizos compensados con dovelas postesadas fabricadas *in situ*, para el tramo central situado sobre las pilas 2 a 5, mientras que para los vanos de acceso se construyó sobre cimbra porticada.

## > Estados Unidos y Australia

También en Estados Unidos está la impronta de la ingeniería civil española. De la mano de FCC con la Italiana Impregilo y la local Shimmick, en 2013 comenzó la construcción del puente Gerald Desmond, para sustituir al antiguo viaducto, construido en 1968 sobre el Back Channel del Puerto de Long Beach de Los Ángeles, que conecta el corazón del complejo portuario de Terminal Island con el puerto de Long Beach, y es una zona de paso entre el centro de la ciudad y otras localidades californianas próximas. Su sustitución viene de la necesidad de atender la demanda de un tráfico que se prevé en constante crecimiento en los próximos años, y de la necesidad de mayores gálibos verticales para permitir la navegación de los grandes barcos portacontenedores actuales.

La estructura principal se resuelve mediante un puente atirantado con un vano principal de 305 m de

longitud y situado a 61 m sobre el Back Channel y dos vanos extremos de 152 m. El puente se ha concebido mediante dos torres de fuste único de 155 m de altura máxima. De cada mástil surgen dos planos de 10 cables desde la cabeza del mismo hasta borde de tablero. Cada torre estará cimentada sobre 12 pilotes de 2.4 m de diámetro unidos por un encepado de forma octogonal de canto variable de entre 3 y 4,90 m. El tablero tiene una anchura de 47 m y está formado por vigas metálicas longitudinales en los extremos y vigas metálicas transversales espaciadas 5 m.

El proyecto incluye las estructuras de aproximación sobre Ocean Boulevard, la reconfiguración y mejora de dos enlaces, la construcción de carril-bici a lo largo del trazado y el desvío de los servicios afectados.

Y en tierras de Australia, en diciembre de 2014 comenzaron las obras de la Autopista del Pacífico desde Warrel Creek hasta Nambucca Heads, en Nueva Gales del Sur, un proyecto de renovación de 20 km, para convertirla en una autopista de cuatro carriles, ejecutado por la UTE Acciona-Ferrovial. El proyecto incluye intersecciones y nuevos puentes a la altura de Warrell Creek, sobre el río Nambucca, que mejorarán la seguridad de la carretera.

## > Chile

El viaducto de Amolanas (Chile), construido por Sacyr, destronó en el año 2000 al puente del Malleco, que con 85 m de altura presumía de ser el puente ca-

♦ Viaducto Lai Chi Kok, Hong-Kong.



Acciona



retero más elevado del país. La estructura con sello español se alza 100,6 m sobre la profunda quebrada del río, en una zona con notable actividad sísmica. Se trata de un viaducto recto de sección continua de 268 m que reemplaza al viejo puente de hormigón construido sobre la misma difícil quebrada en la década de los 50.

La estructura se levanta en el kilómetro 309,5 de la Ruta 5 Norte y forma parte de la autopista de doble vía del Elqui –ruta panamericana–, en su tramo La Serena-Los Vilos, en la región de Coquimbo. El terreno allí es extraordinariamente abrupto y de difícil acceso, con laderas de roca con fortísimas pendientes de entre 30° y 40°, por lo que la tipología de su estructura mixta, de acero y hormigón armado, supone un hito de la ingeniería civil por la tecnología y el proceso constructivo utilizado: empuje de cajón completo.

Su característica singular, además de la gran altura de sus pilas, es el sistema de protección sísmica que incorpora. Los resultados obtenidos del cálculo para el sismo longitudinal daban como resultado esfuerzos muy grandes en la estructura, por lo que se decidió disipar la energía producida por el sismo por medio de amortiguadores colocados entre los estribos y el dintel, de forma que se limita la carga que se transmite al tablero introduciendo un desplazamiento

◆ Puente sobre el río Forth, Escocia.

## > Colombia

En Colombia, Sacyr comenzó en 2013 las obras de la carretera entre Málaga-Los Curos en el departamento de Santander, que incluye tres puentes: La Judía, Sitio Crítico e Hisgaura de 7 m, 140 m, y 640 m, respectivamente. Este último es un puente que salva la Quebrada Hisgaura y que es considerado ya como un icono entre las infraestructuras para tránsito rodado. El puente salva uno de los puntos críticos de la carretera Málaga-Los Curos, una de las vías más afectadas por el fenómeno de La Niña 2010-2011, cuyos daños dificultaron las conexiones entre las regiones de Boyaca y Santander. Su estructura, sumamente ligera, se reparte entre una luz principal de 330 m, dos de 125 m y otras dos de 36,50 m.

También en Colombia, la misma compañía, acaba de resultar adjudicataria para construir el puente Pumarejo sobre el río Magdalena en la ciudad de Barranquilla. Con 2,28 km, será el viaducto más largo del país y la mayor obra pública realizada en Colombia. Con un plazo de ejecución de 36 meses, será un puente atirantado, con una luz central de 380 m entre los pilones de 80 m de altura. La sección vehicular, con una anchura total de 38,1 m, dispondrá de tres carriles, zona peatonal y carril bici. El gálibo para el paso de los barcos será de 45 metros, lo que permitirá la navegación de embarcaciones de gran calado. □

# Viaducto de Almonte, récord mundial en puentes arco ferroviarios

En **FCC Construcción** trabajamos para facilitar el transporte diario de las personas. En nuestra larga historia, llevamos más de 100 años construyendo puentes de todas las tipologías y sistemas constructivos actuales con la más esmerada técnica. Entre sus estructuras singulares, destaca la construcción del segundo viaducto más alto del mundo, el viaducto Gilberto Borja Navarrete (México); el segundo viaducto más alto de Europa, el viaducto de El Corgo (Portugal) y el viaducto ferroviario récord mundial en su tipología, el Viaducto sobre el río Almonte (España). Situado en la conexión ferroviaria de Alta Velocidad Madrid-Extremadura, el viaducto de Almonte cruza el río Amonte en su desembocadura en el embalse de Alcántara (Cáceres) y tiene una longitud total de 996 metros. El tramo central tiene un arco de hormigón de sección octogonal variable en ancho y en canto de 384 metros de luz.

[www.fcc.es](http://www.fcc.es)  
[www.fccco.es](http://www.fccco.es)

**FCC**  
Construction



La construcción de la línea de alta velocidad de Extremadura está cofinanciada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y ayudas RTE-T

Una manera de hacer Europa



## SIEMPRE ENCONTRAMOS UN CAMINO.

Herrenknecht AG es líder de tecnología y de mercado en la excavación mecanizada de túneles.

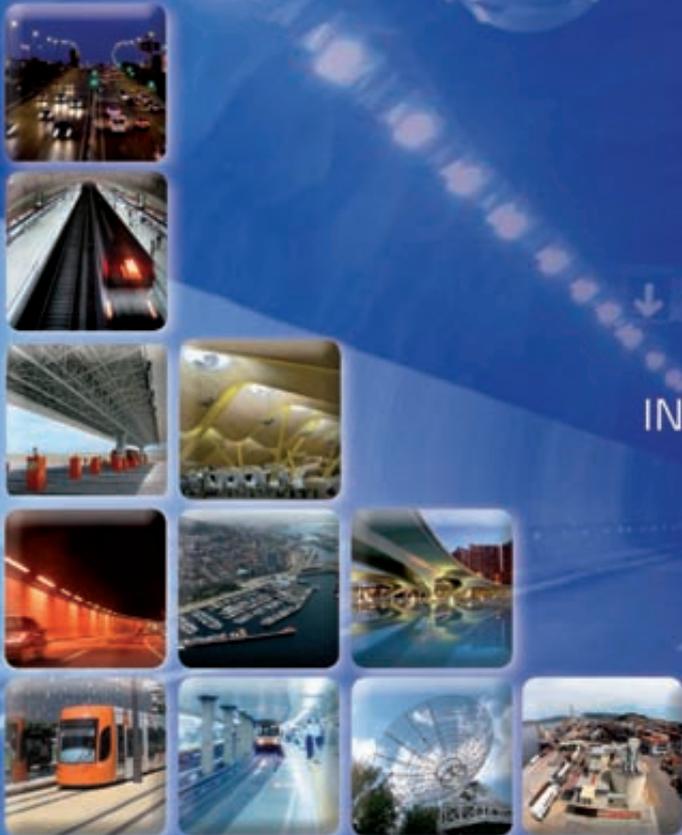
Es la única empresa que provee toda una gama de productos y servicios mundialmente, y que suministra máquinas de perforación de túneles de alta tecnología (High-tech) para todo tipo de terrenos y en todos los diámetros de 0.10 m hasta 19.0 m. Las máquinas Herrenknecht son fabricadas a medida para crear sistemas de abastecimiento y evacuación de aguas, gas y petróleo (rama del Utility Tunnelling), así como túneles de carretera, metro y de tráfico ferroviario (rama del Traffic Tunnelling) en todo el mundo.

El grupo Herrenknecht emplea a más de 4.800 personas y cuenta con 82 filiales y empresas asociadas que trabajan en campos relacionados, por ejemplo, en soluciones de logística o sistemas de perforación profunda. Siempre encontramos un camino. Junto con nuestros clientes.

Herrenknecht Ibérica, S.A.U.  
Paseo de la Castellana 192 - 13ª  
28046 Madrid  
Phone + 34 913 59 80 08  
Fax + 34 913 59 20 32  
herrenknechtiberica@herrenknecht.es

Herrenknecht AG  
D-77963 Schwanau  
Phone + 49 7824 302-0  
Fax + 49 7824 3403  
info@herrenknecht.com

www.herrenknecht.com



**etra**  
www.grupoetra.es

30 years delivering smart systems to manage mobility infrastructures

URBAN RAIL  
INTERURBAN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS  
TUNEL MANAGEMENT SYSTEMS  
PORTS  
AIRPORTS

◆ Trabajos en el sector de Erstfeld del túnel de San Gotardo.



Alp Transit

Empresas españolas participan en la construcción de algunos de los túneles más singulares y complejos del mundo

# A través de la oscuridad

Mariano Serrano Pascual

**El túnel más largo del mundo, la tuneladora de mayor diámetro, el récord en avance de perforación o el primer túnel sumergido de Latinoamérica son algunos retos que, en materia de construcción de túneles, llevan firma española. Varias empresas españolas han participado en los últimos años en la construcción de algunos de los túneles más singulares y complejos del mundo. De carretera, ferroviarios, hidráulicos o mineros, todos ellos han supuesto auténticos desafíos a la ingeniería actual.**

**S**etenta años después de que el ingeniero suizo Carl Eduard Gruner planteara la idea de excavar un túnel de baja altura que atravesara los Alpes suizos bajo el mítico paso de San Gotardo, el reto, uno de los mayores de la ingeniería actual, se ha hecho realidad. Para ello han sido necesarios 15 años de trabajo, la superación de unos condicionamientos naturales extremos y el desarrollo de nuevos materiales y métodos constructivos. En el mes de octubre de



2010, tras 11 años de trabajos, se terminaba la excavación de los 152 km de túneles y galerías auxiliares de esta colosal obra. El 31 de octubre del año pasado se celebró el tendido completo de la vía con la colocación de una simbólica “travesía de oro”, y durante los primeros meses de este año se han completado el resto de instalaciones y se han retirado todos los subsistemas provisionales. Este otoño comenzarán las pruebas del túnel y a mediados de 2016 los primeros trenes comerciales empezarán a atravesar el túnel más largo del mundo. Las obras, contratadas por la empresa Alp Transit –creada expresamente por el gobierno suizo para esta obra– y en las que la española FCC ha sido la responsable de la construcción de los túneles, instalaciones, infraestructura ferroviaria y línea en superficie hasta la conexión con la red ferroviaria ya existente, han tenido un coste de unos 8.300 M€, de los que 1.033 M€ corresponden a la adjudicación a FCC.

◆ Conexión exterior en la boca norte del túnel de San Gotardo.

## > Clave del transporte transalpino

La ruta de San Gotardo es una de las más importantes de las que atraviesan los Alpes de norte a sur. El paso de San Gotardo, a más de 2.000 metros sobre el nivel del mar, ha sido durante siglos fuente de innumerables leyendas. Sobrevivir a la travesía de los Alpes fue un desafío al que se enfrentaron ejércitos, mercaderes y viajeros desde tiempos inmemoriales. También fue un desafío que se abordó muy pronto el de mejorar en distintos puntos de esta extensa cadena montañosa las condiciones de su travesía. Pero no será hasta principios del siglo XVIII cuando al fin se consiguió horadar una mínima parte de sus entrañas con el pequeño túnel carretero de Urnerloch, de tan solo 64 metros. Habría aún que esperar casi dos siglos más para que un nuevo medio de transporte, el ferrocarril, consiguiera atravesar el macizo del Gotardo y evitar así el temible paso. El túnel, de 15 km de longitud –el

más largo del mundo entonces, aunque pronto superado por el también alpino del Simplon–, discurre entre Göschenen y Airolo a una altura de 1.100 metros sobre el nivel del mar. Se abrió al tráfico en 1882, tras una obra que duró más de 10 años y que se cobró la vida de casi 200 trabajadores. Aunque este túnel ferroviario supuso un enorme avance en el transporte en el eje transalpino norte-sur –y a pesar de que en 1980 se abriría también al tráfico otro túnel, este carretero, de 17 km por donde discurre actualmente la autopista suiza A2 (E-35) entre Basilea y Chiasso–, lo cierto es que el tráfico de transporte terrestre en este enclave vital de comunicaciones europeo se ha multiplicado por diez en las últimas décadas, llegando casi a niveles de saturación. A partir de los años 70 del pasado siglo, se empezaron a elaborar en Suiza los primeros proyectos concretos para dotar al corredor ferroviario transalpino de túneles que permitieran líneas más directas y que discurrieran a una altura menor que los existentes hasta el momento, con el fin de salvar pendientes menores y hacerlos más rápidos. La implantación de una red europea de alta velocidad requería, por otro lado, la integración del país helvético en dicha red. En 1990 el gobierno suizo aprobó la denominada Red Variante, que preveía la construcción de las Nuevas Transversales Ferroviarias Alpinas (NTFA), entre las que se encuentran los dos túneles ferroviarios de base proyectados años atrás, el de Lötschberg, al oeste del país (cantones de Berna y Valais), y el de San Gotardo, en la zona central, a los que luego se añadiría el del monte Ceneri, en la misma línea que el de San Gotardo y que se pondrá en servicio en 2019. Esta decisión del gobierno fue refrendada por el pueblo suizo en 1992 con una amplia mayoría. Las preocupaciones medioambientales tampoco han sido ajenas a la decisión de acometer esta obra, y en 1994 se aprueba también por referéndum la denominada Iniciativa de los Alpes, que suponía priorizar el transporte por ferrocarril frente al de carretera.

En este contexto, el túnel de base de San Gotardo se alza como la pieza clave de un nuevo sistema de transporte transalpino en Suiza. El actual túnel de 1882 pasa bajo el Gotardo a una altura de 1.150 metros sobre el nivel del mar, debiendo salvar una considerable pendiente antes de penetrar en la montaña; el nuevo, excavado a más de 2.000 metros por debajo de la cima más alta de San Gotardo, atravesará el macizo mucho más abajo, con una cota máxima de 550 metros. La boca sur del nuevo túnel, situada en Bodio (en el cantón de Tesino), se encuentra a 312 metros, y la norte, en Erstfeld (cantón de Uri), a 460 metros. Con ello se disminuye la pendiente, con un trayecto mucho más llano que el anterior y, por tanto, más rápido, además de 40 km más corto. Como los trenes podrán circular a alta velocidad –en los 57 km del nuevo túnel lo harán a 250 km/h frente a los 80 km/h del viejo– la duración de un trayecto como el de Zúrich-Milán se reducirá en un 30 por ciento (casi una hora menos, situándose en dos horas y media). En cuanto a los trenes de carga, que circularán a 160 km/h, podrán transportar hasta 4.000 toneladas, el doble de la actual



capacidad; y lo podrán hacer con una sola locomotora. Con ello, el volumen de mercancías transportadas por ferrocarril a través de los Alpes pasará de los 20 millones de toneladas actuales a 50. Entre trenes de pasajeros y de mercancías, se estima que por el nuevo túnel circularán entre 200 y 250 trenes diarios.

◆ Arriba, sector de Sedrun del túnel de San Gotardo. Debajo, túnel de Brno, República Checa.

## > Desafío a la técnica

Han sido necesarios 4 millones de horas de trabajo en 15 años y la superación de importantes dificultades técnicas y de seguridad. En la fase más intensa de la obra llegaron a trabajar cerca de 700 personas. El resultado de todo ello: esos 151,84 km de galerías, con dos tubos de 57,10 km (tubo este) y 57,02 (tubo oeste) y 9,2 metros de diámetro cada uno, a una distancia entre ejes de 40 m. Además, se han excavado

otros 37 km de galerías auxiliares y túneles de servicio y seguridad, que conectan ambos tubos principales.

La construcción del doble túnel ferroviario ha supuesto todo un desafío de la ingeniería, debiendo aplicarse nuevos sistemas constructivos y nuevas tecnologías, algunas desarrolladas expresamente para esta obra, relativas a diferentes aspectos como impermeabilización, sellado, refuerzo o protección contra el fuego, o desarrollo de nuevos aditivos y soluciones innovadoras en materia de hormigón proyectado, así como un adecuado manejo y reciclaje de materiales. Dada su complejidad y magnitud, la perforación, iniciada en 1999, se dividió en cuatro secciones, a las que luego se añadiría un quinto punto de excavación: Erstfeld y Amsteg al norte; Sedrun y Faido en el centro, y Bodio al sur. Esta última fue la sección de mayor longitud, con casi 17 km. Para asegurar la perfecta comunicación y ajuste de todos los túneles y galerías en los puntos de encuentro preestablecidos, se utilizaron sistemas de medición por satélite. En la excavación se han aplicado técnicas mineras y se ha hecho uso de explosivos y excavadoras convencionales allí donde el terreno lo permitía, pero la mayor parte del trabajo (granitos compactos y gneis) corrió a cargo de tuneladoras TBM Herrenknecht de fabricación alemana. Estas máquinas pueden avanzar en condiciones óptimas hasta 40 metros al día. El volumen de roca excavada, tanto por las tuneladoras como mediante voladuras, ha sido de 24 millones de toneladas –algo más de 13 millones de m<sup>3</sup>–, de las que una quinta parte ha vuelto a la obra en forma de concreto de alta calidad.

Una obra de tales dimensiones ha requerido de materiales, algunos expresamente investigados para esta obra, y métodos constructivos adaptados a estas condiciones especiales. El revestimiento y sellado han constituido un capítulo fundamental, no solo para la durabilidad de la obra, sino también para la seguridad durante su construcción. Uno de los principales desafíos fue el de conseguir un hormigón que se mantuviera en condiciones estables durante un largo tiempo –el ne-



cesario para su transporte a través de cintas hasta el interior del túnel, a una gran distancia y con elevadas temperaturas— pero que, una vez *in situ* fraguara en poco tiempo. Ello ha obligado a desarrollar nuevas combinaciones de aditivos, estabilizadores y plastificantes. Otro reto fue el aseguramiento de las galerías a medida que las máquinas se abrían paso y antes de la instalación de los soportes definitivos. Para ello hubo que ir afianzando la roca, casi paso a paso, por medio de distintos medios pasivos y activos capaces de soportar la enorme presión de la montaña.

Otras dificultades han provenido de circunstancias como la concentración de gases, los contaminantes y las altas temperaturas en el interior de los túneles, así como por la filtración de aguas de la montaña. En lo que se refiere al primer aspecto hubo que diseñar complejos sistemas de ventilación que diluyeran, por una parte, el polvo y las concentraciones de metano y, por otra, los contaminantes generados por las propias máquinas y los explosivos. Se aplicaron igualmente sistemas de enfriamiento, ya que al comienzo de la excavación se detectaron temperaturas de 45 °C. Con el fin de mantener una temperatura aceptable, se construyeron sistemas de refrigeración, con compartimentos refrigerados y plantas de ventilación. Por lo que se refiere al agua, ya desde el planeamiento del proyecto hubo que cuidar, lógicamente, que las zonas por encima de la excavación estuvieran completamente libres de presas hidráulicas o estancamientos. En cambio, era casi imposible prever la concentración de agua en la roca, sobre todo en zonas de dolomita, en las que suele presentarse roca saturada de agua, que además, en este caso, debía someterse a altas presiones. Para evitar la entrada directa de agua en el túnel se recurrió a la instalación de un “paraguas”: la parte superior de la bóveda se cubrió con una capa de hormigón y la inferior con un manto impermeable que permite drenar el agua y canalizarla hacia la superficie o a estratos inferiores.

◆ Túnel para la transferencia de equipajes en el aeropuerto de Heathrow.

Otras muchas dificultades se han tenido que afrontar ante esta colosal obra. Por ejemplo, el diseño de las puertas de seguridad que dan acceso a las galerías de conexión ha sido fruto de un largo proceso de investigación y desarrollo en el que se han llegado a desechar hasta cinco prototipos, pues debían conjugar un funcionamiento sencillo —incluso, llegado el caso, sin electricidad— con la capacidad de impedir la propagación del fuego y el humo, o soportar la ola de presión, equivalente a casi 10 toneladas, que provocarán los trenes a su paso. La propia duración de las obras, 11 años de construcción y otros 4 de infraestructuras e instalaciones ferroviarias, ha deparado no pocos inconvenientes, como la necesidad de sustituir algunos sistemas o elementos ya instalados por otros adaptados a nuevas normas técnicas de construcción o de seguridad aprobadas en estos años. En otro aspecto, la mera logística que supone organizar recursos materiales y humanos en un medio tan hostil, garantizando la seguridad de los trabajadores, ha supuesto todo un reto en sí mismo. Calor, alta humedad, ruido permanente e intenso tráfico de maquinaria pesada han sido los riesgos que, en unos índices muy superiores a los de obras más convencionales, han soportado los mineros.

## > Seguridad y medio ambiente

La seguridad ha sido otra de las grandes bazas del túnel de base. Trágicos accidentes como el del túnel carretero del mismo San Gotardo, en 2001, o el del también carretero del Mont Blanc dos años antes, provocaron una viva polémica en el país helvético sobre la seguridad en los túneles. Aspecto fundamental en este sentido es que el nuevo túnel tiene dos tubos independientes, a diferencia del de 1882 con un solo tubo y doble vía, con lo que se elimina la posibilidad de choque frontal. Además, los túneles de conexión permitirán a los trenes pasar de un tubo principal al



Ferrovial



otro. Todas las galerías de conexión –las hay cada 325 metros– disponen de pasos para cruzar las vías, sistema de ventilación y salida de emergencia para una rápida evacuación. Por otro lado, se han construido dos estaciones multifuncionales en las zonas intermedias de Faido y Sedrun con espacios para los pasajeros y lugares seguros donde puedan detenerse los trenes en caso de emergencia. Por último, existen diversos dispositivos, situados en varios puntos estratégicos del recorrido, cuya finalidad es, en caso de incendio, aspirar el humo y dar entrada a aire limpio en los lugares afectados por aquel, tanto en tubos principales como en el resto de galerías.

Por lo que se refiere a cuestiones medioambientales, ya hemos visto hasta qué punto han estado en la base de la gestación del mismo proyecto de las Nuevas Transversales Ferroviarias Alpinas (NTFA), de las que el túnel de base de San Gotardo es su pieza clave. Más de una década de debates parlamentarios, dos referendums y una reforma de la Constitución tuvieron por objeto, entre otros, el de proteger el medio ambiente alpino. Por tanto, la atención a estos condicionamientos no podía estar ausente, no solo de la finalidad del túnel –disminuir el transporte por carretera– sino tampoco del desarrollo de la obra. En este sentido, todas las plantas de fabricación de hormigón, los talleres o las cintas transportadoras fueron diseñadas y ubicadas de forma que se minimizaran sus efectos perjudiciales, como el ruido o la contaminación por polvo en suspensión. Para el transporte de materiales dentro del túnel se ha dado prioridad a cintas transportadoras o al propio ferrocarril. Por otra parte, se ha procedido a la reubicación de plantas y animales afectados por la obra, y una vez terminada esta se restaurarán sus hábitats al estado original.

El material extraído también se destina a su reutilización. Gran parte es empleado en la misma obra para

◆ Túneles de la central eléctrica de Venda Nova, en Portugal.

la fabricación de hormigón que se utiliza en la construcción de puentes, muros de contención o material de relleno. Otra parte del material se utiliza en otros proyectos, algunos ya en marcha, como la formación de islas y orillas en algunos lagos del norte de Suiza o la recuperación de entornos naturales, como en Buzza di Biasca. En cuanto al agua del interior de la montaña drenada y canalizada en las obras, en general se enfría y purifica antes de ser vertida a los cauces de la zona, y parte de ella será utilizada para algunos proyectos complementarios, como riego de zonas de cultivo regeneradas o centrales térmicas. Un destino más singular con contenido medioambiental para el material y el agua de la montaña será la construcción en las cercanías de Erstfeld, junto a la boca norte, de una piscifactoría para el cultivo de especies autóctonas, peces y crustáceos que a principios de la próxima década volverán a poblar los ríos y arroyos de los Alpes.

## > Otros túneles en el Viejo Continente

El de San Gotardo no es el único túnel realizado por las empresas españolas en Europa. Hay que hacer referencia también al túnel ferroviario que discurre a través del estrecho del Bósforo, en Turquía, primer túnel submarino que une dos continentes. El túnel forma parte del proyecto Marmaray, corredor ferroviario que une Asia y Europa a través de este túnel, y en el que OHL y Dimetronic lideran, con un 70%, la *joint venture* adjudicataria. De los 13,6 km del tramo, 1,4 km discurren bajo las aguas del canal de Mármara, a más de 50 m de profundidad, convirtiéndose en el segundo túnel submarino más profundo del mundo después del de Seikan, en Japón. OHL y Dimetronic han participado instalando los sistemas de señalización, seguridad, plataforma y vías.



◆ Túnel hidráulico de la central Renace, en Guatemala.

Cabe destacar, además, los túneles del Crossrail, la línea ferroviaria subterránea de 118 km que cruzará Londres de Oeste a Este, y en cuyas obras desempeña un papel fundamental Ferrovial Agromán a través del consorcio BFK. La empresa española concluyó en 2014 la excavación de los dos tubos de 6,5 km cada uno –denominados Western Running Tunnels– que discurren entre Royal Oak y Farringdon, bajo el centro de Londres. También dentro del mismo proyecto, el consorcio BFK se encarga de la construcción de accesos y cavernas a las estaciones de Tottenham Court Road, Bond Street y Fisher Street, obra que terminará este año, así como la excavación, estructura y acabados de la nueva estación de Farringdon, que concluirá en 2018. Es de señalar que otra empresa española, Geocisa, ha llevado a cabo y sigue ejecutando trabajos en estos proyectos del Crossrail, como el tratamiento de terrenos y la instrumentación y monitorización de estaciones, así como el software y gestión de datos de las TBM.

Para la excavación de los túneles entre Royal Oak y Farringdon se han empleado dos tuneladoras TBM Herrenknecht de 150 m y 1.000 t cada una, con una capacidad de avance de 40 m diarios, que han tenido que superar importantes dificultades técnicas. Se trataba de uno de los tramos más delicados del Crossrail, ya que pasa bajo algunas de las zonas más emblemáticas de la capital inglesa, entre subterráneos ya existentes, alcantarillado, los propios cimientos de los edificios o incluso restos arqueológicos. De ahí que haya sido necesario instalar un complejo sistema de control de asientos, con estaciones y puntos de monitorización que dibujaran no solo una imagen precisa del subsuelo londinense, sino también de los movimientos del terreno que se produjeran de forma natural. El conjunto de obras de Ferrovial para el Crossrail –con un coste de más de 700 millones de libras (unos 1.000 M€)– estarán

completamente terminadas en 2018. Cuando todo el proyecto del Crossrail esté finalizado, la línea recorrerá 118 kilómetros desde Maidenhead y Heathrow en el oeste hasta Shenfield y Abbey Wood en el este a través de 21 kilómetros de nuevos túneles gemelos bajo el centro de Londres. Se estima que en algunos trayectos se reducirá a la mitad el tiempo de los desplazamientos. El nuevo servicio será utilizado por unos 200 millones de pasajeros anualmente. Se calcula que la reducción del tráfico derivada del uso del Crossrail supondrá una disminución de las emisiones de carbono en unas 1.300 toneladas.

También en Inglaterra, e igualmente a cargo de Ferrovial Agromán, reviste una especial importancia el túnel de 2,1 km de longitud de conexión entre terminales del aeropuerto de Heathrow, el mayor del mundo. La infraestructura resulta crucial en la creación de un sistema integrado de transferencia de equipajes, y su realización no ha estado exenta de complejidad, ya que el aeropuerto continuó operativo durante las obras. Además, debido a los cambios de alineación del túnel se hizo necesaria la adopción de medidas no previstas y soluciones técnicas innovadoras. Aparte de las estrictas medidas de seguridad y el control de riesgos, son de destacar algunos aspectos medioambientales: todos los materiales retirados se han reciclado, la grava se ha destinado a relleno y la arcilla (300.000 m<sup>3</sup>) se ha utilizado como revestimiento en vertederos. Por otro lado, el sistema de transferencia de equipajes que permitirá esta infraestructura, reducirá el tráfico en superficie en la zona aeronáutica con la consiguiente disminución de desplazamientos de vehículos y sus emisiones. Y no dejamos aún Londres para reseñar que en 2014 la misma Ferrovial Agromán, junto con la británica Laing O'Rourke, se ha adjudicado el contrato para el diseño



y la construcción de la ampliación de la línea Northern Line del metro londinense. El proyecto, con un valor de 500 millones de libras, incluye la construcción de dos nuevas estaciones, con dos pozos de ventilación adicionales, y un túnel de 6 kilómetros con un diámetro interno de 5,1 metros. Está previsto que las obras finalicen en 2020.

Otras dos obras relevantes en Europa son los túneles para tráfico rodado de Královo Pole, en la ciudad checa de Brno, y los que discurren bajo el canal del río Vístula en Gdansk, Polonia, ambas obras firmadas por OHL. Los primeros se encuentran situados en la circunvalación de Brno, la segunda ciudad más poblada de la República Checa, y constituyen un elemento fundamental para la descongestión del tráfico en esa ciudad. Son dos túneles de 1.239 y 1.261 m cada uno, ambos de sentido único, con una sección de circulación de 8,50 m de ancho y aceras de emergencia de un ancho mínimo de 1,15 m situadas a cada lado de la calzada. Aceras y calzadas son de hormigón, con excepción de los tramos de salida y entrada, que son de aglomerado. Como método de excavación, se optó por la división horizontal y vertical, con una sección total de 130 m<sup>2</sup> excavados en 6 frentes parciales. Además de los túneles se han construido cuatro galerías de interconexión entre ambos tubos separadas de estos por tabiques con compuertas cortafuegos. Los túneles discurren bajo zonas de Brno densamente pobladas y junto a multitud de canalizaciones e infraestructuras de todo tipo, por lo que hubo que extremar las medidas de seguridad y aseguramiento, como la aplicación de inyecciones complementarias en edificios cercanos o la utilización de soportes expresamente diseñados y fabricados para esta obra. Sin dejar la República Checa, reseñar que el grupo ACS se adjudicó en 2014, por un valor de 102 M€, el proyecto de túneles en la autopista D-3.

En cuanto a los túneles de la ciudad polaca de Gdansk, se enmarcan en las obras de conexión entre el puerto y la terminal de contenedores mediante una autovía de circunvalación que evita el paso de mercancías pesadas por el centro de la ciudad. Los túneles, dos

♦ Arriba, túneles de aire de Chuquicamata, Chile. Debajo, tuneladora para las obras bajo el Vístula, en Gdansk (Polonia), que construye OHL y cuyo equipamiento y sistemas ITS ejecuta Etra.

tubos gemelos de 1.072 m cada uno y un diámetro de 11 m, discurren bajo la desembocadura del río Vístula en el mar Báltico. La obra presentaba dificultades técnicas elevadas, como el hecho de realizarse bajo un canal de navegación con un recubrimiento de solo 9 metros –que en el paso bajo los muelles del puerto, a ambos márgenes del río, se reducía a 1,5 m con respecto a la cota de cimentación de los muelles–, y la necesidad de abrir además de los túneles siete galerías de evacuación mediante la técnica de congelación del terreno. Para ello se ha utilizado por primera vez en una obra de estas características una tuneladora de tipo hidroescudo diseñada y fabricada expresamente para esta obra. El revestimiento de los túneles se hace mediante anillos de dovelas prefabricadas de hormigón armado, colocados bajo la protección del escudo de cola de la tuneladora. El anillo universal está formado por siete dovelas cuyo peso total es de 109 t. La contención del frente se realiza por medio de lodos bentoníticos, para cuyo tratamiento se instaló una planta separadora. La obra bajo el canal del Vístula ha recibido varios premios tanto en Polonia como en España.

## // El de Coatzacoalcos es el primer túnel sumergido de Latinoamérica; una obra en la que se han aplicado innovadoras técnicas constructivas //

Más cerca de nosotros, en Vieira do Minho (Portugal), la empresa Sacyr construye la central hidroeléctrica subterránea de Venda Nova. La obra está constituida por varios túneles, pozos, galerías y la caverna de la central. En total, se han excavado casi 9 km de túneles, que discurren a una profundidad de 400 m (4,9 km del circuito hidráulico y 3,9 km de acceso y ataque a los frentes de obra). Para acabar con nuestro recorrido por el subsuelo europeo, citar dos adjudicaciones recientes al consorcio Hochtief-ACS. Por un lado, las obras de ampliación de la red de metro de Copenhague (Dinamarca), donde el citado grupo se responsabilizará de la realización mediante tuneladora de más de 3,5 km



## Colosos bajo tierra

Túneles como los realizados modernamente serían imposibles sin el concurso de esos auténticos monstruos del subsuelo que son las tuneladoras TBM (siglas en inglés de tunnel boring machine).

En la excavación del túnel de base de San Gotardo se emplearon nada menos que cuatro de estas gigantescas máquinas, de fabricación alemana (Herrenknecht), con las siguientes características: Longitud (incluido back-up): 450 m; peso bruto: 2.700 t; diámetro de corte: 9 m; potencia: 3,5 MW/4.700 cv; empuje: 2.500 t; par motor: >6000 kNm; velocidad de rotación: 6 rpm; capacidad de avance: hasta 40 m/día; equipo humano: 17 personas; tiempo de trabajo: 2 x 9 horas más 6 horas de mantenimiento; explotación: 320 días al año. El precio de cada tuneladora es de unos 25 M€.

Por su parte, en las obras del túnel que atraviesa Seattle, se está empleando la tuneladora de presión de tierras con mayor diámetro existente hasta ahora. De nombre "Bertha" (en la foto) –en honor de Bertha Knight, la primera alcaldesa de Seattle, entre 1926 y 1928–, la tuneladora tiene un diámetro de 17,5 metros, lo que permite abrir de una vez secciones completas de un



Dep. Transportes. Estado de Washington

**FUNCIONAMIENTO DE UNA TUNELADORA COMO LA EMPLEADA EN EL CROSSRAIL**

- 1 El cabezal de corte rotativo mueve la tierra.
- 2 El transportador de rosca traslada la tierra del cabezal de corte.
- 3 El brazo giratorio coloca los segmentos con precisión para formar un anillo.
- 4 Cada anillo se compone de ocho segmentos y pesa 22 toneladas.
- 5 El sistema de cinta transportadora retira la tierra de la máquina.
- 6 Los segmentos de hormigón prefabricado se entregan al alimentador de segmentos.
- 7 Las cintas transportadoras mueven la tierra hasta el portal del túnel.

Longitud total: 140 m

Fuente: Ferroviál

doble túnel a dos alturas. Fabricada por la firma japonesa Hitachi Zosen, "Bertha" pesa 7.000 t, tiene una longitud de 112 m y ofrece un empuje máximo de 39.200 t.

En el túnel Legacy Way de Brisbane, se han empleado dos tuneladoras –de nombres "Annabelle" y "Joyce"– de la marca Herrenknecht, con 12 m de diámetro, 110 m de longitud y 2.800 t de peso. "Joyce" ha batido en la obra australiana todos los récords de avance: diario (48 m), semanal (239,9 m) y mensual (841,9 m).

Otro reto ha sido el de la tuneladora empleada en el túnel bajo el canal del Vístula, en Gdansk (Polonia), ya que, además de ser la mayor tuneladora empleada nunca en este país (12,6 m de diámetro), es la primera vez que una empresa española utiliza una de tipo hidroescudo en una obra de estas características.

En el caso del Crossrail, el primer desafío fue el montaje de las tuneladoras (de más de 7 m de altura y 140 m de longitud), que tuvieron que ser ensambladas a 400 m del lugar donde iba a comenzar la excavación. Para el traslado, en plena ciudad, hubo que levantar la pasarela peatonal de Hampden con gatos hidráulicos.



de túneles, entre tubos principales y galerías, y de la estación de metro de Nordhavnen, de 80 m de largo. Por otro lado, la construcción de una central hidroeléctrica sobre el río Inn, en el Tírol austriaco. Las obras tienen como uno de sus elementos más importantes la construcción de un túnel que canalizará el agua hasta la central eléctrica y que, con sus 22,6 km de longitud, será el más largo de Austria. El túnel será abierto con dos tuneladoras de tipo escudo.

♦ Túnel de Seattle (izqda.) y túnel de Coatzacoalcos (México).

ACS está realizando trabajos en los túneles de la autopista que atravesará esa ciudad de Este a Oeste. Las obras comprenden la instalación eléctrica, los sistemas de ventilación, control de tráfico y vigilancia del túnel, las obras de revestimiento y pavimentado, así como la construcción de un edificio administrativo. Con estas obras se mejorará y descongestionará el tráfico entre el distrito de Wanchai, considerado como el centro de negocios de Hong Kong, con los distritos más residenciales de la urbe china. No es el único túnel que realizará el grupo ACS en Hong-Kong, ya que Leighton lidera el consorcio que se ha adjudicado a principios de este año las obras para la construcción de una estación de metro y 300 m de túnel que unirán el distrito de Wanchai Norte con los Nuevos Territorios.

## > De Australia a América

Más allá de nuestro continente, también hay presencia española en algunos de los túneles más singulares o complejos realizados recientemente o aún en ejecución. Acciona es socio mayoritario del consorcio Transcity, que ha sido el encargado del diseño, excavación y construcción (además del mantenimiento durante 10 años) del túnel Legacy Way, un proyecto consistente en dos túneles gemelos de 4,3 km de longitud y 12,4 metros de diámetro, que discurren a una profundidad de hasta 40 m, y que conectan la Western Freeway en Toowong con el anillo metropolitano Inner City Bypass de la ciudad de Brisbane, la capital del estado australiano de Queensland. Para la excavación de los túneles se emplearon dos máquinas tuneladoras que han trabajado a razón de un avance medio de 48 m diarios y 842 m mensuales, un rendimiento que ha permitido terminar la excavación en un tiempo récord. El proyecto ha sido galardonado con varios premios, como el Tunnelling Project of the Year de 2013 y el Environmental Mitigation Award de 2014. Las obras, terminadas este mismo año, con un importe total cercano a los 1.100 M€, permiten reducir considerablemente los tiempos de transporte entre el Este y Oeste de Brisbane, así como mejorar las repercusiones medioambientales derivadas de la circulación por la ciudad. También en Australia, Leighton, filial de ACS, ha resultado adjudicataria del proyecto de construcción del tramo Noroeste del metro de Sydney, lo que supone 15 kilómetros de túneles dobles.

Ya en el continente asiático, en el distrito de Central Wanchai de la ciudad de Hong Kong, también el grupo

Otro proyecto singular y de alta complejidad es el que realiza en Seattle la misma empresa ACS Dragados, que lidera el consorcio Seattle Tunnel Partners. Se trata de un túnel urbano de 2,7 kilómetros que atravesará la ciudad de Seattle, en el estado de Washington, y que permitirá retirar el viaducto Alaskan Way, dañado por un terremoto en 2001. Para la excavación del túnel se está utilizando la tuneladora de presión de tierras con un mayor diámetro existente en la actualidad, 17,5 m. Dicha sección permitirá la construcción de dos calzadas de dos carriles cada una superpuestas a niveles distintos. El proyecto, con un presupuesto inicial de 1.350 millones de dólares, incluye además del túnel las obras de los dos accesos, norte y sur, así como edificios de control y mantenimiento y todos los sistemas de circulación, vigilancia, ventilación, alumbrado y protección contra incendios entre otros.

Además del túnel de Seattle, el grupo ACS realiza otros proyectos en América del Norte. Así, en Canadá, se ha adjudicado recientemente dos contratos que implican la realización de importantes obras en el subsuelo: el metro de Ottawa y la construcción del túnel ferroviario de Erlington en Toronto. Y en Nueva York este grupo viene realizando desde hace tiempo la ampliación del metro de Nueva York dentro del proyecto East Side Access (ESA). Las obras suponen la excavación, mediante dos tuneladoras de 6,7 m de diámetro, de cuatro túneles en dos niveles con una longitud total de 7,3 km, así como, en una segunda fase, la ex-

cavación y revestimiento de dos cavernas de 18 x 20 x 344 m bajo Grand Terminal Central, túneles parcialmente ejecutados con TBM, y galerías de acceso. Perteneciente al mismo megaproyecto es el contrato que, como continuación del anterior, se ha adjudicado recientemente al mismo grupo. Las obras en su conjunto conectarán las líneas de Long Island Road en Queens con una nueva terminal bajo la estación central de Manhattan, lo que incrementará la capacidad del metro y disminuirá el tiempo de viaje entre Long Island y Queens hasta el corazón de la isla de Manhattan. Y sin abandonar Nueva York, OHL, aparte de realizar también obras en la ampliación del metro, ha sido la responsable de la ejecución del proyecto Replacement of Water Siphon, consistente en un túnel hidráulico entre Staten Island y Brooklyn.

Más al sur del continente, en México, FCC ejecuta el primer túnel sumergido de Latinoamérica. Se trata del túnel bajo el río Coatzacoalcos, en el Estado de Veracruz, primera obra de estas características que se hace en este país y también la primera obra de América Latina realizada en hormigón armado mediante cajones de hormigón pretensado que posteriormente se fondean y conectan entre sí en el lecho del río. La obra consiste en la apertura y ejecución de una carretera de 2,3 km, de los cuales algo más de 1 km discurre por el túnel (696 m de túnel sumergido), con cuatro carriles de circulación que en el tramo de túnel tienen una anchura de 3,75 m más arcén. El túnel sumergido es de hormigón armado y longitudinalmente está también "pretensado", al objeto de resistir las cargas sísmicas. La sección transversal es de 25,1 x 9,2 m con dos espacios libres interiores de 5,5 x 9,5 m y una galería de servicios central de 1,4 x 6,46 m para alojar las instalaciones de explotación y control del túnel, así como servir de evacuación en caso de emergencia. El apoyo del túnel sumergido se encuentra a una cota máxima de 30 m por debajo del nivel medio del agua. El túnel de Coatzacoalcos, que une el núcleo urbano de esta ciudad (principal puerto industrial de México) con el barrio de Allende (con importantes plantas petroquímicas), representa una innovación tecnológica que aplica la técnica de *Immersed-tunnel method*, que permite prefabricar en un dique seco secciones de hormigón armado del túnel, prepararlas para su flotación, remolcarlas y colocarlas en el fondo del lecho fluvial sin que sea necesario utilizar maquinaria especial de perforación. En el desarrollo del proyecto se ha tenido en cuenta la necesidad de que la navegabilidad del río Coatzacoalcos no se viera afectada durante la ejecución de la obra. También en México y también a cargo de FCC, destaca el túnel de El Sinaolense, que forma parte de la autopista Mazatlán-Durango, una de las obras públicas más importantes del país en los últimos años. El túnel El Sinaolense es el más singular, complejo y largo de todos los túneles proyectados en esta vía. Con sus 2.794 m se



Dep. Transportes. Estado de Washington

◆ Trabajos en el túnel de Seattle y esquema de la sección del mismo túnel.

convertirá en el segundo más largo de México, contando con el más avanzado equipamiento en materia de alumbrado, comunicación, ventilación, contraincendios y señalización.

Aún en México, Aldesa ha realizado y sigue ejecutando varios túneles de carreteras, especialmente en la ya citada autopista Durango-Mazatlán, donde la empresa ha contratado en los últimos años más de 10 km de túneles. La misma empresa, también en el continente americano, lleva a cabo la ejecución de varios túneles hidráulicos. Cabría destacar, por su longitud, el túnel emisor Poniente II en Cuautitlán Izcalli (Estado de México), de 5,5 km de longitud y 7 m de diámetro, ejecutado con tuneladora. El túnel conectará el Interceptor Poniente, que drena las aguas de México, D.F., con el río San Javier, con el fin de mitigar las inundaciones que periódicamente se producen en el valle de México.

Por último, para completar este recorrido por los túneles españoles en el mundo, vamos al extremo sur del continente, a la región chilena de Antofagasta, donde Acciona y Ossa están construyendo túneles de inyección de aire en Chuquicamata, una de las minas de cobre a cielo abierto más grandes del mundo. Se

trata de la construcción de dos túneles paralelos excavados por perforación y voladura; tienen 4,3 km cada uno, una sección de 10,74 m de ancho y 8 m de alto, con pendientes superiores al 14%, y se conectan entre sí mediante tres galerías de 27 m cada una. En las labores de sostenimiento por shotcrete se emplean equipos de proyección de hormigón robotizados. El proyecto "Mina Chuquicamata Subterráneo" permitirá cambiar radicalmente la forma de explotación de este yacimiento, de donde se extrae mineral de cobre desde hace más de cien años, pasando de ser una mina a cielo abierto a una mina subterránea. □





© ALSTOM 2015

\*Diseñar Fluidéz

## ALSTOM ESPAÑA

### Compromiso industrial y tecnológico



Alstom España es uno de los principales actores del sector del transporte ferroviario en España. Con cerca de 2.000 trabajadores en 19 centros de trabajo, Alstom España cuenta con una fábrica de material rodante y diversos centros de innovación dedicados tanto al mercado nacional como a la exportación, en materia de seguridad ferroviaria, señalización, infraestructuras, mantenimiento y fabricación de trenes. Alstom España exporta más de la mitad de su facturación y participa, en consorcio con otras empresas españolas, en grandes contratos ferroviarios a nivel internacional.

Con Alstom diseñar fluidez se convierte en una realidad

[www.alstom.com](http://www.alstom.com)

**ALSTOM**  
*Designing fluidity\**



**ferrovial**  
agroman

## AT HEATHROW AIRPORT T2

### WE HAVE OUTDONE OURSELVES

+ 5.5 MILLION WORKING HOURS: NATIONAL RECORD FOR THE NUMBER OF WORKING HOURS WITH NO ACCIDENTS

+ TEAM FORMED BY MORE THAN 5,000 PEOPLE

+ 5 AWARDS AT THE HEATHROW SAFETY AWARDS 2012

+ 3 INTERNATIONAL AWARDS FOR HEALTH AND SAFETY AND SUSTAINABILITY 2013

CONSTRUCTING EXCELLENCE

ROSPA

CONSIDERATE CONSTRUCTORS

+ INTERNATIONAL "GREEN APPLE" 2013 AWARD FOR ITS OUTSTANDING RECORD IN ENVIRONMENTAL PRACTICES AND SUSTAINABILITY

+ 4.26/5 IS THE RESULT FROM THE ASQ SATISFACTION SURVEY COMPLETED BY PASSENGERS

+ CAPACITY OF 20 MILLION PASSENGERS PER YEAR

+ OPERATES MORE THAN 336 DAILY FLIGHTS TO 57 WORLDWIDE DESTINATIONS THROUGH 27 AIRLINES

+ 40% OF REDUCTION OF CO2 EMISSION

+ TOTAL INVESTMENT £2.5 BILLION

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento:  
[www.fomento.gob.es](http://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 652 EXTRA julio-agosto 2015**  
**INGENIERÍA ESPAÑOLA EN EL EXTERIOR**

Autor/Editor: Secretaría General Técnica; Centro de Publicaciones, Ministerio de Fomento

Año de edición: septiembre 2015

**Edición digital:**

1ª edición electrónica: septiembre 2015

Formato: Pdf

Tamaño: 14 MB

NIPO: 161-15-006-6

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

P.V.P. (IVA incluido): 3,00 €

**Edita:**

Centro de Publicaciones  
Secretaría General Técnica  
Ministerio de Fomento©

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

