

# ITRANSPORTE

INGENIERÍA Y CONSULTORÍA DEL TRANSPORTE | [revistaitransporte.es](http://revistaitransporte.es) | [ineco.com](http://ineco.com)

**ineco**

# 57

JUN | SEP 16



## PLANIFICACIÓN

### Omán sube al autobús

**ENTREVISTA**

Ahmed Al Bulushi  
Director gerente de Mwasalat

**+ REPORTAJES**

Seguridad del aeropuerto de Luanda  
Navegación aérea en Taiwán  
Tecnología de cambio de ancho ferroviario  
**Marca España: Vías Verdes**

Nos  
movemos  
contigo



Con la app Adif en tu móvil toda la información ferroviaria en tiempo real viaja contigo.

Descárgala y descubre todas las ventajas.

Disponible en Google play y App Store.



En Adif queremos movernos contigo, queremos facilitarte las cosas, mejorar y ofrecerte información útil, estés donde estés. Por eso hemos creado "Adif en tu móvil".

Con la nueva app de Adif será como llevar en tu bolsillo las estaciones de tren, con toda la información que te interesa: paneles de horarios en tiempo real, servicios de la estación, oferta comercial, etc. Además, podrás suscribirte a trayectos o trenes concretos, para recibir en tu móvil avisos sobre su salida o llegada. Y muchas cosas más. Estés donde estés, nos movemos contigo.



Para que puedas llegar

## EDITORIAL

### Estrechando lazos

**E**l Plan Estratégico de Transporte en Autobús para el sultanato de Omán dotará al país de un transporte público eficiente y moderno, sostenible y equipado con tecnologías inteligentes. El proyecto supone una reforma completa tanto de la oferta –que incluye nuevas rutas urbanas e interurbanas– como de la gestión de este modo de transporte en el sultanato, donde el uso del vehículo privado es intensivo.

En estas páginas tenemos el privilegio de contar con la visión de Ahmed Al Bulushi, quien pilota la transición hacia el futuro de la empresa Mwasalat, el operador nacional de autobuses de Omán. Abordamos también otros trabajos en el exterior como el realizado con Aena Internacional en el aeropuerto de la capital de Angola –Aeropuerto Internacional 4 de Fevereiro (Luanda)– el único de tráfico internacional del país, y para el que Ineco ha llevado a cabo el estudio de seguridad operacional. Por último, dedicamos un amplio reportaje al estudio aeronáutico realizado para la ampliación del puerto de Kaohsiung, en Taiwán, donde la instalación de grúas de gran altura podría interferir con las operaciones del aeropuerto internacional.

Sin duda, la internacionalización ha sido un hecho clave en los últimos años, un resultado de la experiencia y conocimiento adquirido en décadas desarrollando las infraestructuras españolas. En este sentido, me complace anunciar la firma del contrato con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica para la gestión del Programa de Infraestructuras de Transportes (PIT). Una nueva oportunidad de estrechar lazos con un país con el que Ineco lleva años colaborando y al que queremos seguir apoyando en su desarrollo.

Con el nuevo *showroom* de Ineco –descrito en páginas interiores– pretendemos reflejar el saber hacer de las ingenierías y constructoras españolas y su experiencia y proyección en el mundo. El nuevo Centro de Interpretación –que invito a conocer a nuestros clientes y amigos– ha sido inaugurado recientemente en nuestra sede central de Madrid. Una visita que estoy seguro les dará una visión acertada de la dimensión de nuestros trabajos.

Finalmente, completamos los contenidos con artículos de nuestros expertos sobre trabajos de alta especialización como los cambiadores de ancho –una tecnología en la que España es pionera– los estudios hidrológicos para proteger las líneas de alta velocidad o *Big Data* y el transporte. Con la publicación de estos estudios y trabajos esperamos contribuir a la divulgación de estas nuevas tecnologías e interesar a nuestros lectores. ■



“  
Tenemos el privilegio de contar con la visión de Ahmed Al Bulushi, quien pilota la transición hacia el futuro de la empresa Mwasalat”

JESÚS SILVA FERNÁNDEZ  
Presidente de Ineco

# SUMARIO

## jun/sep 2016

- 06 | **NOTICIAS**  
Ineco, en el Programa de Infraestructuras de Transportes de Costa Rica  
Avances en la implantación de BIM  
Project management de la ampliación del aeropuerto de Fujairah
- 10 | **TRANSPORTE URBANO E INTERURBANO**  
Omán sube al autobús
- | **ENTREVISTA**  
Ahmed Al Bulushi  
Director gerente de Mwasalat  
“La respuesta de los viajeros a los nuevos servicios está siendo muy positiva”
- 16 | **SEGURIDAD OPERACIONAL**  
Brindando confianza
- 20 | **LICITACIONES DE COMPRA PÚBLICA INNOVADORA**  
“Busco soluciones con nuevas tecnologías”
- 22 | **ESTUDIOS PARA LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE KAOHSIUNG**  
Medidas de altura
- 28 | **TECNOLOGÍA DE CAMBIO DE ANCHO**  
Del proyecto a la obra y viceversa
- | **COLUMNA DEL EXPERTO**  
Lucas Campillo  
Experto en superestructura y sistemas de cambio de ancho  
Un valioso intercambio de conocimiento
- 32 | **NUEVO ESPACIO EXPOSITIVO EN LA SEDE CORPORATIVA DE MADRID**  
Una ventana abierta a la ingeniería española
- 36 | **SIMULACIONES CON MODELOS BIDIMENSIONALES**  
A prueba de inundaciones
- 40 | **BIG DATA EN LA INGENIERÍA**  
Nuevas tecnologías en proyectos
- 44 | **ESTACIÓN DE CERCANÍAS JARDINES DE HÉRCULES**  
Una estación en altura con geometría peculiar
- 48 | **MARCA ESPAÑA**  
Vías Verdes

IMAGEN DE PORTADA  
TMSD (www.tmsd.com)



Seguridad operacional  
**ANGOLA**  
16

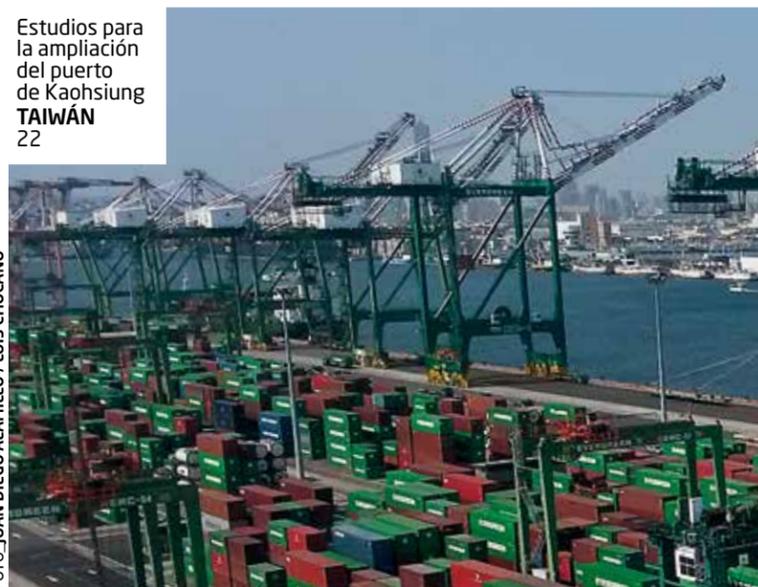


FOTO: JUAN DIEGO ALAMILLO / LUIS CHOCANO

Estudios para la ampliación del puerto de Kaohsiung  
**TAIWÁN**  
22



Tecnología de cambio de ancho  
**ESPAÑA**  
28

# REPORTAJES

## sobre el mapa

**ESPAÑA Consultoría**  
Ineco colabora con las administraciones en esta novedosa fórmula de licitación que fomenta la innovación.

**ESPAÑA Ferroviario**  
Ineco aporta más de dos décadas de experiencia integral en cambio de ancho.

**ESPAÑA Showroom**  
Una manera de representar el liderazgo y buen hacer de la ingeniería española.

**ESPAÑA Alta velocidad**  
Ineco ha realizado recientemente un estudio hidrológico de las líneas de alta velocidad en explotación.

**ESPAÑA Innovación**  
El concepto *Big Data* ha dejado de ser una promesa para convertirse en una realidad.

**ESPAÑA Ferroviario**  
La estación de Jardines de Hércules atiende a un vecindario que agrupa a cerca de 20.000 habitantes.

**ESPAÑA Aeronáutica**  
El aeropuerto de Luanda ha mejorado su seguridad operacional gracias a Aena Internacional e Ineco.

**OMÁN Planificación**  
Ineco está desarrollando la planificación estratégica del sistema de transporte público de Omán.

**TAIWÁN Navegación aérea**  
Ineco y MiTAC han realizado un estudio aeronáutico para evaluar el aumento del tamaño de las grúas del puerto de Kaohsiung.

# EDITA

## Ineco

Paseo de La Habana, 138 - 28036 Madrid - Tel. 91 452 12 56 - [www.revistaitransporte.es](http://www.revistaitransporte.es)

Directora: BÁRBARA JIMÉNEZ-ALFARO - [barbara.jimenez@ineco.com](mailto:barbara.jimenez@ineco.com)

Redactora jefe: LIDIA AMIGO - [lidia.amigo@ineco.com](mailto:lidia.amigo@ineco.com)

Comité de redacción: JOSÉ ANGUITA, MICHAEL ASHIABOR, NATALIA DÍAZ, JUAN R. HERNÁNDEZ, RAFAEL HERRERA, RAFAEL MOLINA, CRISTINA NEVADO, JAVIER SANCHO, JARA VALBUENA

Diseño, maquetación, edición y web: ESTUDIO 2729 | JUANJO JIMÉNEZ, ALMUDENA VALDECANTOS, YOLANDA MARTÍNEZ

Imprime: NILO GRÁFICA

Depósito Legal: M-26791-2007

©Ineco. Todos los derechos reservados (2016). Para la reproducción de artículos, por favor, contacten con la directora.

Síguenos: [in](#) [f](#) [t](#) [v](#)



ESPAÑA

MEJORAS EN LA LÍNEA 5 DE METRO DE MADRID

Ineco ha comenzado los estudios técnicos para la modificación del trazado y la infraestructura de vía de la línea 5 de Metro de Madrid. En concreto, los trabajos -que se licitaron dentro del Acuerdo Marco suscrito por ambas compañías- se refieren al tramo entre las estaciones de Eugenia de Montijo y Aluche. Los estudios tienen como objetivo el aumento de la velocidad en este tramo. La modificación requiere actuaciones en cimentaciones y estructuras, tratamientos del terreno, interacción suelo-estructura, estudio de filtraciones, trazado y superestructura de vía, cartografía, instalaciones e integración ambiental.



ESPAÑA

COLABORACIÓN CON LA FUNDACIÓN PRODIS

Ineco ha participado en las jornadas formativas organizadas por la Fundación Prodis destinadas a fomentar las habilidades y competencias profesionales de personas con discapacidad intelectual.

Estas acciones forman parte del Máster en Prestación de Servicios Empresariales que imparte la Fundación Prodis, con el fin de preparar para el empleo a sus participantes. Creada en el año 2000, la Fundación nace con la intención de mejorar la calidad de vida de los discapacitados, ayudándoles en su desarrollo personal y en su inclusión sociolaboral.

INECO, ASESOR EN EL PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTES

Carlos Villalta, ministro de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica, firmó, el pasado mes de marzo, con Jesús Silva, presidente de Ineco, y Luis Baz, director general de Acciona Ingeniería, el contrato para la gestión del Programa de Infraestructuras de Transportes (PIT) del país costarricense.

Con una inversión cercana a los 450 millones de euros, el PIT tiene como objetivo contribuir al desarrollo del transporte local, a través de la mejora de las infraestructuras viales y portuarias, de manera que se facilite el flujo del comercio y la integración económica regional de Costa Rica.

El PIT incluye actuaciones en siete proyectos



De izquierda a derecha, Jesús Silva, presidente de Ineco, Carlos Villalta, ministro de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica, y Luis Baz, director general de Acciona Ingeniería.

de carreteras y tres portuarios, con trabajos de rehabilitación, reconstrucción, pavimentación, ampliación de calzada, mejora en la seguridad vial, ampliación de puentes o la construcción y mejora de los puertos.

Ineco está presente en Costa Rica desde 2004, don-

de ha desarrollado trabajos como el Plan Nacional de Transportes (ver IT38), el Plan Integral para la Modernización de la Red de Aeropuertos o el estudio para la implantación de un sistema de transporte ferroviario en el área metropolitana de la capital, San José (IT50).

ESPAÑA

LAS AUTORIDADES PANAMEÑAS VISITAN LA SEDE DE INECO



Augusto Arosemena, ministro de Comercio e Industrias de Panamá, visitó el pasado mes de abril la sede corporativa de Ineco. El ministro acudió junto a una representación de empresarios panameños y miembros de su gobierno, que visitaban España con motivo del Panama Invest Madrid 2016. Augusto Arosemena recorrió el nuevo showroom corporativo acompañado por Jesús Silva, presidente de Ineco, Ana Rojo, directora general de Ingeniería y Servicios, e Ignacio Fernández-Cuenca, director general Corporativo.

Actualmente, Ineco está desarrollando el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos de Panamá 2016-2026, que definirá las medidas necesarias para resolver los problemas de la gestión de residuos en el país centroamericano. Entre 2009 y 2010, la compañía se encargó de la definición del plan estratégico para el desarrollo aeroportuario del país.



FOTO\_ELVIRA VILA

AVANCES EN LA IMPLANTACIÓN DE BIM

La tercera reunión de la Comisión BIM (Building Information Modeling), que se celebró el pasado mes de febrero, fue presidida por Mario Garcés, subsecretario de Fomento, y contó con la participación de Jesús Silva, presidente de Ineco, quien presentó el programa para 2016. Ineco apoya al Ministerio de Fomento en esta Comisión, que busca impulsar la implantación de la metodología BIM en España

en la que participan representantes del sector público y privado. Esta iniciativa quiere fomentar su uso en todo el ciclo de vida de las infraestructuras, sensibilizar a las administraciones públicas en el establecimiento de requisitos BIM en las licitaciones de infraestructuras, establecer un calendario de la normativa, desarrollar estándares nacionales y potenciar la formación en España. En la sesión,

también se analizó el comienzo de las actividades del EU BIM Task Group en Bruselas. Este grupo, co-financiado por la Comisión Europea, cuenta con representantes de las administraciones públicas de 14 Estados miembro.

En la foto, de izquierda a derecha, Jorge Torrico, subdirector de Proyectos de Ineco, Jesús Silva, presidente de Ineco, y Mario Garcés, subsecretario de Fomento.

EVALUACIÓN DE SEGURIDAD PARA METRO DE PANAMÁ

Ineco está llevando a cabo la Evaluación Independiente de Seguridad o ISA (Independent Safety Assessment) de las líneas L1 y L2 de Metro de Panamá para la compañía Alstom. En concreto, la ingeniería pública española está realizando la ISA para la revisión y adaptación de la L1, en servicio comercial desde abril de 2014, de manera que se aumente su capacidad. Los nuevos trenes de esta última línea pasarán a contar con cinco coches en vez de tres, y la flota será de 26 trenes en vez de 20, lo que implica modificaciones en las vías e instalaciones, nuevos suministros y otros trabajos complementarios. En relación con la L2, la ISA incluye todos los subsistemas, entre otros, material rodante, sistema de señalización, suministro de energía, supervisión y control de trenes, comunicaciones y SCADA (sistema de control de supervisión y adquisición de datos).

Las ISA solo pueden ser realizadas por un evaluador acreditado y son imprescindibles para garantizar que



una nueva línea es fiable y segura, y puede entrar o continuar en servicio. Ineco posee el reconocimiento de ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) como entidad de inspección para la Evaluación Independiente de Seguridad de Aplicaciones Ferroviarias a nivel internacional. La compañía lleva más de una década realizando evaluaciones independientes de seguridad en la red ferroviaria española, (ver IT56).

INTERNACIONAL

PASSENGER TERMINAL Y WORLD ATM CONGRESS 2016

La compañía ha participado, un año más, en la feria Passenger Terminal Expo 2016, que se celebró en Colonia del 15 al 17 de marzo. José Manuel Anguita, director Comercial; José Ángel Higuera, director de Negocio Nacional Aeronáutico y Negocio AMEA; y Esther Barahona, gerente técnico del Área de Planificación y Explotación de Infraestructuras, representaron a Ineco en este encuentro internacional, en el que la compañía contó con un stand corporativo. Este año se han dado cita cerca de 3.500 profesionales y más de 220 empresas del sector aeroportuario de 85 países.



Por otra parte, World ATM Congress celebró su cuarta edición en Madrid, del 8 al 10 de marzo. Ana Pastor, ministra de Fomento, acompañada por Jeff Poole, director general de CANSO, inauguró la feria. La ministra visitó, junto a Julio Gómez-Pomar, secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, y Carmen Librero, secretaria general de Transportes, el stand conjunto del Grupo Fomento (Ineco, ENAIRE y SENASA).



De izquierda a derecha, Rodrigo López, Laura Serrano, Farah Baroudi, Blanca López y Álvaro Morillo, de Ineco, en World ATM Congress.



### IMPLEMENTACIÓN DEL ERTMS EN ESLOVAQUIA, ESLOVENIA Y REPÚBLICA CHECA

Los trabajos de coordinación y supervisión técnica en el despliegue del Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario (ERTMS) que la Comisión Europea ha encargado a Ineco (ver *IT53*), han incluido en los últimos meses tres talleres informativos en Eslovaquia, Eslovenia y la República Checa.

Silvia Domínguez, Beatriz Sierra, Virginia Álvarez y Diego Sanz, de Ineco, han sido los responsables de este trabajo que pretende aportar el conocimiento de expertos ERTMS a los países de cohesión, pa-

ra facilitar su implantación de una manera coherente, interoperable y conseguir proyectos exitosos.

Ineco también estuvo presente en la última conferencia internacional de ERTMS de la UIC, con un panel en el que se transmitía los objetivos y principales lecciones aprendidas durante el seguimiento funcional del sistema ERTMS. Los expertos de Ineco llevan, desde 2015 y hasta 2020, el control y seguimiento técnico del despliegue del ERTMS en los nueve corredores principales europeos.

### KAZAJISTÁN / AZERBAIYÁN ENCUENTROS COMERCIALES



Una delegación de Ineco viajó en abril a Kazajistán y Azerbaiyán para reunirse con representantes de sus Gobiernos y de las principales empresas del transporte. Asimismo, participaron en dos foros empresariales celebrados en Astaná y Bakú acompañando al ministro de Asuntos Exteriores, José Manuel García-Margallo junto con representantes de otras empresas españolas. En ambos encuentros se invitó a las firmas españolas a participar en el desarrollo de las infraestructuras de sus países. Ineco llevó a cabo en 2014 el estudio de viabilidad del tranvía de Pavlodar en Kazajistán.

En la foto, Sergio Navarro, delegado comercial de Europa y Jesús Silva, presidente de Ineco, junto a Ablaliyev Satzhan Aitenovich, vicepresidente del Comité de Carreteras; Potlov Dmitriy Vladimirovich, vicepresidente del Comité de Transportes; y Yerbol Aitbayev, vicepresidente de KAZDORNII.

### PROJECT MANAGEMENT DE LA AMPLIACIÓN DEL AEROPUERTO DE FUJAIRAH

La compañía está llevando a cabo el *project management* y la supervisión del diseño y construcción de las obras de ampliación del aeropuerto internacional de Fujairah, en Abu Dabi (EAU), que prevé triplicar sus operaciones de carga en la próxima década.

Abu Dhabi Airports Company (ADAC), promotora del proyecto, ha acometido las obras para adaptar la infraestructura al crecimiento previsto y su puesta en mar-

cha está prevista para finales del año 2018.

Los trabajos a realizar por Ineco junto a su socio PMDC (Project Management and Design Consultants) comprenden la gestión integral del proyecto y la supervisión de las obras, que incluyen la construcción de una nueva torre de control de tráfico aéreo, la ampliación de la pista, la construcción de una nueva para contingencias, así como nuevas calles de salida rápida

y de rodaje. Además, se renovará completamente el balizamiento y el sistema meteorológico, se construirán una nueva central y subestaciones eléctricas y se mejorarán los sistemas CNS existentes (ILS, DVOR). Las tareas de Ineco abarcan tanto el *project management* –control de plazos, costes y aspectos contractuales– como la supervisión de todo el proyecto, desde la fase de diseño hasta la construcción y puesta en marcha.



## Descárgate la app de Aena

Consulta tu vuelo en tiempo real y disfruta de tu estancia en el aeropuerto.

Además consigue un 10% de descuento realizando tu reserva de parking a través de nuestra app.



Nº1 del mundo en gestión de aeropuertos por número de pasajeros\*.



\*Fuente: elaboración de Aena a partir de ACI-Mundo.

# Omán sube al autobús

Ineco está desarrollando la planificación estratégica del sistema de transporte público para el sultanato de Omán, que ha estrenado una flota de autobuses dotada con la más moderna tecnología y nuevas rutas urbanas e interurbanas.

Por **ITRANSPORTE** y **Juan F. González**, ingeniero de caminos

Omán quiere disponer de un sistema de transporte urbano e interurbano moderno, eficiente y sostenible que abarque todos los modos de transporte y que impulse el desarrollo social, económico y turístico del país. Con estos objetivos, Ineco está desarrollando en el país una labor de amplio alcance de consultoría y asesoría para la adecuada planificación e implementación del sistema.

Por ello, ha elaborado un Plan Estratégico de Transporte en Autobús para Mwasalat, la operadora pública de transporte, anteriormente denominada ONTC (Oman National Transport Company). El Plan, elaborado junto con Grupo Ruiz, recoge un amplio programa de actuaciones como el despliegue, ya iniciado, de la red de transporte público de Mascate, la capital, la implementación de nuevos servicios de transporte urbano en otras ciudades como Salalah o Sohar, y la extensión de la actual red de transporte interurbano. Además, incluye un programa de inversión en infraestructuras (estaciones de autobús, talleres, zonas de aparcamiento, etc.), la implantación de las nuevas tecnologías de gestión y explotación, y la definición de planes financieros.



De izquierda a derecha: Faiz Al Haddabi, director de Proyecto y Mohammed Al Ghafri, director de Cadena de Suministro, de Mwasalat; y Juan F. González, de Ineco, subiendo a uno de los nuevos vehículos.

Ya en 2014, Ineco había llevado a cabo para el Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Omán un Plan Director de Transporte Público para Mascate (ver ITRANSPORTE 54), en el que se proponían, entre otras acciones, la constitución de una autoridad única de transporte público, la implantación progresiva de una red de nuevas rutas y la construcción de plataformas reservadas (carriles-bus). El Plan implicó, además, al Ministerio de Transportes y Comunicaciones y a otras entidades y organismos públicos, como la Policía Real de Omán, el Ministerio de Turismo y el Consejo Nacional de Planificación.

**UN TRANSPORTE PÚBLICO FIABLE Y MODERNO**

Estos proyectos han marcado un hito en la planificación estratégica del sistema de transporte público del país. Representan el punto de partida desde el que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de Mwasalat, ha iniciado la implementación de nuevas rutas y la renovación de la flota de autobuses.

La nueva etapa queda reflejada en una completa renovación de la imagen de marca de la empresa, que ha pasado a denominarse Mwasalat, “transporte” en árabe, y ha estrenado un nuevo logotipo, inspirado en las velas de los *dhow*, las embarcaciones tradicionales omaníes, en referencia a la futura red de transporte público.

Los primeros 40 autobuses urbanos de la nueva flota ya circulan desde el pasado mes de noviembre por las cinco nuevas rutas urbanas de la capital, con gran éxito entre los viajeros. Equipados con la tecnología más moderna, son de piso bajo y cuentan con climatización, rampas extensibles para sillas de ruedas y sistemas de información al pasajero. Además, otros 10 autobuses, diseñados para largo recorrido, también han empezado a prestar servicios interurbanos, concretamente a Dubai y Salalah, entre otros destinos.

El objetivo para los próximos años es consolidar un sistema de transporte público fiable y moderno, respetuoso con el medio ambiente y equipado con tecnologías inteligentes, que contribuya y refuerce el desarrollo socioeconómico de Omán.

**1** De izquierda a derecha: Juan F. González, de Ineco, Faiz Al Haddabi, supervisor de Planificación, Ahmed Al Azizi, director de Infraestructura y Steven Lucas, director de Planificación, en la estación de Ruwi, en Mascate.

**2** Eva Hitado, Emilio Miralles y Juan F. González, de Ineco, junto con representantes de diferentes organismos relacionados con el transporte público.



1



2



3

**3** Recreación de carril-bus en la Qaboos Sultan Road, una de las principales arterias de Mascate.

**4** Interior de los nuevos autobuses urbanos: fabricados por la firma VDL, son completamente accesibles gracias

al piso bajo, están climatizados y equipados con pantallas informativas para los pasajeros y cámaras exteriores e interiores.



4



5



6



FOTO: JIAN SEWELL (FLICKR)



8

**5** El fuerte de Bahla, al oeste de Mascate.

**6** Paseo marítimo de Mascate, junto a la bahía.

**7** Los *wadis*, más de 60 repartidos por todo el país, son espectaculares oasis con piscinas naturales aptas para el baño.

**8** Piscina junto al mar del Chedi Hotel, en Mascate.

### IMPULSO AL TURISMO

La población de Omán, 4.301.825 habitantes según datos de 2015, se concentra en los principales núcleos urbanos del país, Mascate, la capital, en la costa noreste, Sohar, al norte, y Salalah, en el sur. Todas son ciudades portuarias y las dos últimas son, además, los centros industriales. Otras ciudades importantes son Nizwa y Duqm. Sin embargo, la densidad de población es baja para su territorio, de más de 309.000 km<sup>2</sup>, similar al de Italia. Destaca el hecho de que el 44% de los residentes, casi todos en zonas urbanas, son trabajadores extranjeros, y, además, muy jóvenes: el 68% es menor de 30 años, según datos del Centro Nacional de Estadística. Esta población se ha instalado en el país atraída por el dinamismo de su economía, que ocupa el quinto puesto entre las del Golfo Árabe y el puesto 65 del mundo, de acuerdo al Fondo Monetario Internacional. Aunque es el quinto exportador de petróleo de la región, Omán está llevando a cabo diversas estrategias para diversificar su economía. Entre ellas, impulsar el turismo internacional, que ha crecido un 12% en los últimos 15 años, según datos de la Organización Mundial del Turismo. Para 2020, se espera que el sector represente un 3% de su PIB.

El desarrollo de un sistema de transporte público multimodal es fundamental para lograrlo, junto con la construcción y despliegue de infraestructuras hoteleras y de ocio por todo el país. En 2005, se constituyó una agencia gubernamental para este fin, que está promoviendo varios proyectos turísticos: centros de conferencias, de ocio, deportivos, campos de golf y hoteles. Cabe

destacar, por ejemplo, el Centro de Convenciones y Exhibiciones de Omán, el Alila Jebel Akhdar Resort o el W Hotel, así como la renovación de algunos de los principales hoteles internacionales, que son propiedad del Gobierno. Desde el punto de vista del visitante, Omán cuenta con numerosos atractivos aún poco conocidos a escala mundial, entre ellos una gran variedad de paisajes y climas, desde el desierto del interior y sus *wadis* o cañones, al tropical en el sur o el más templado de las llanuras costeras, con playas prácticamente vírgenes. Los operadores turísticos ofrecen paquetes que incluyen deportes y actividades de aventura, como submarinismo, espeleología o *trekking*, así como observación de fauna -aves, ballenas y delfines, tortugas, etc.-, ya que por su situación geográfica, Omán se encuentra en las rutas migratorias de múltiples especies.

A esto se suma la oferta comercial y cultural urbana de la capital, Mascate, que abarca música, cine y teatro, tiendas modernas de marcas internacionales y *souks* o bazares tradicionales. La milenaria historia del país se refleja en los bienes culturales y naturales declarados Patrimonio de la Humanidad por la Unesco, como los sitios arqueológicos de Bat, Al-Khutm y las tumbas de Al-Ayn, en el interior, que datan del 3.000 a. C.; los *falajs* o canalizaciones de agua de 2.000 años de antigüedad, la Tierra del Incienso en Dhofar, al sur; o el fuerte del oasis de Bahla, al oeste de Mascate, uno de los más espectaculares entre los muchos repartidos por todo el país.

AHMED AL BULUSHI

## “La respuesta de los viajeros a los nuevos servicios está siendo muy positiva”

Desde mayo de 2015 es director gerente de Mwasalat (anteriormente ONTC), la compañía nacional de transportes, fundada en 1972. Actualmente, se encuentra embarcada en un profundo proceso de transformación para convertirse en un operador de transporte público moderno y eficiente, apostando por la tecnología de última generación.



### UN GESTOR CON EXPERIENCIA

Ahmed Al Bulushi es máster en Gestión y Tecnologías de la Información por la Universidad de Bond, Australia, y titulado superior en Administración y Dirección de Empresas. A lo largo de sus más de 17 años de experiencia, ha desempeñado diferentes puestos, como el de director de Asuntos Financieros de la Corte Real. Es también miembro del consejo del Mercado de Valores de Mascate y de la Compañía Nacional de Ingeniería e Inversión de Omán.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) son un elemento clave para la modernización de la compañía. ¿Cuáles está previsto implementar?

La implementación generalizada de los Sistemas Inteligentes de Transporte también forma parte del proceso de mejora del funcionamiento y la calidad de servicio de la compañía. Tenemos previsto implantar sistemas de billeteo inteligente, de información al pasajero o de gestión automatizada de vehículos, entre otros. Los objetivos de Mwasalat son claros: mejorar la movilidad y reducir la congestión, impulsar la economía y, en definitiva, apoyar el desarrollo económico y social del sultanato.

El sector del transporte en Omán presenta ciertas peculiaridades por el destacado papel del sector privado: taxis, autobuses privados, etc. ¿Qué retos representa esto para la compañía?

Los principales tienen que ver con la regulación. Esta regulación es necesaria, en primer lugar, en el sector del taxi, para que

pueda profesionalizarse y convertirse en una actividad complementaria a los servicios de autobús. Y en segundo lugar, para asegurar una adecuada competencia en el mercado del transporte terrestre de pasajeros entre las compañías privadas de autobuses y Mwasalat. Afortunadamente, ya estamos avanzando con la reciente aprobación de la Ley de Transporte Terrestre que ha elaborado el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

¿Cómo valora el trabajo de Ineco y qué ha aportado a Mwasalat?

El Plan Director que ha desarrollado Ineco para el periodo 2016-2040 es la hoja de ruta estratégica que permitirá a la compañía seguir evolucionando hasta convertirse en un operador de autobús de primer orden a escala internacional. Valoramos especialmente la implicación, flexibilidad y conocimientos de los profesionales de equipo de Ineco, y cómo han sabido adaptarse a nuestro contexto y necesidades. Además, el estudio de Mascate desarrollado con anterioridad para el Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha supuesto una valiosa contribución al desarrollo de nuestro transporte público. ■

Los dos últimos años están siendo muy intensos para el desarrollo de Mwasalat. ¿Qué pasos se han dado hasta ahora?

En noviembre de 2015, coincidiendo con la celebración de los 45 años del Renacimiento de Omán, se produjo un hito clave para la compañía: la presentación pública de su nueva identidad corporativa. Al mismo tiempo, se puso en marcha la nueva ruta troncal del sistema de transporte público de Mascate; a la vez que la flota existente se renovaba con los nuevos autobuses con la nueva imagen corporativa. Este ha sido el primer paso de un largo proceso que continuará en los próximos años con la implantación de un gran número de nuevas rutas. Pero la modernización de la compañía no se ha limitado solo al transporte urbano en Mascate; la mejora de los servicios interurbanos e internacionales de Mwasalat, con los más altos niveles de calidad y seguridad, también forman parte de este proceso de renovación.

Los nuevos servicios han transformado el panorama del transporte público de la ciudad. ¿Cómo los están acogiendo los usuarios?

La respuesta está siendo muy positiva. Los pasajeros están muy satisfechos con las nuevas prestaciones de los autobuses, que disponen de piso bajo y climatización y están equipados con cámaras y pantallas informativas. Desde el punto de vista de la demanda, se puede considerar un gran éxito, ya que se ha incrementado sustancialmente: durante los primeros 70 días, se han contabilizado más de 600.000 usuarios, lo que supone una media de 9.000 al día. Estos datos contrastan con la media de 3.500 que se registraba antes de los nuevos servicios.

¿Y cuáles serán los siguientes pasos?

La compañía tiene varios planes ambiciosos, como la ampliación de la flota urbana e interurbana de autobuses para implementar nuevas rutas en Mascate y en otras ciudades estratégicas del sultanato, así como reforzar o prolongar las rutas interurbanas con nuevos servicios a otros destinos, e incrementar las frecuencias de las rutas existentes.



# Brindando confianza

El aeropuerto de Luanda, capital de Angola, ha contado de nuevo con la experiencia de Aena Internacional y de Ineco para mejorar su seguridad operacional. Los trabajos en curso completan y amplían los realizados en 2012.

Con la colaboración de **Roberto Calonge**, ingeniero industrial y **Ángel Villa** (Aena Internacional), ingeniero aeronáutico

## AEROPUERTO INTERNACIONAL 4 DE FEVEREIRO

Aspecto que presenta la terminal de salidas del Aeropuerto Internacional 4 de Fevereiro, construido en los años 60 del siglo pasado, reformado en 2009 y que en la actualidad tiene una capacidad para 3,6 millones de pasajeros anuales.

La seguridad, tanto física (*security*) como operacional (*safety*), es el pilar fundamental de toda la actividad aeronáutica y el eje de todos los procedimientos que afectan a la navegación aérea, a los pasajeros, al personal del aeropuerto y al propio recinto aeroportuario: la inspección de los equipajes y la carga o los controles de accesos, la señalización del campo de vuelos, el mantenimiento de los vehículos y las instalaciones, o los planes de actuación en caso de emergencia o catástrofe, entre otros.

Conseguir que todos estos elementos cumplan con los niveles de seguridad que establece la legislación aeronáutica

## AEROPUERTO INTERNACIONAL 4 DE FEVEREIRO (LUANDA)

El aeropuerto de Luanda es por ahora el único internacional del país. Construido en los años 60, fue ampliado y renovado en 2009, y cuenta con capacidad para 3,6 millones de pasajeros anuales, de los que algo más de la mitad son internacionales, el 65% procede de otros países de África y un 15%, de Europa. Tiene uso civil y militar y dispone de dos pistas 05/23 (3.715x45 m) y 07/25 (2.600x60 m). En cuanto a las aeronaves, destaca el Boeing B737-700, que emplean las principales compañías aéreas que operan en el aeropuerto.

–y controlarlos mediante indicadores de calidad– garantiza no solo un transporte aéreo fiable y eficiente, sino la obtención de reconocimiento internacional del aeropuerto, que puede atraer así a más compañías aéreas y, por tanto, impulsar su crecimiento. Por este motivo ENANA (Empresa Nacional de Exploração de Aeroportos e Navegação Aérea), el operador de los aeropuertos y de los servicios de navegación aérea de Angola, ha recurrido a la experiencia de Aena Internacional, que, a través de Ineco, ha realizado su segundo trabajo en el aeropuerto 4 de Fevereiro de la capital. En 2012, se realizaron los primeros estudios (ver IT48), a los que ahora se da continuidad.

Esta primera aproximación se centró en el análisis y detección de riesgos potenciales y las necesidades en materia de

seguridad operacional, y en la elaboración de un total de 21 propuestas de acciones correctoras inmediatas. Estas medidas se agruparon en siete áreas: infraestructuras, equipos, servicios aeroportuarios, documentación, gestión en tiempo real, estrategia y mantenimiento. Además, Ineco y Aena Internacional desarrollaron los procedimientos de operación y seguridad y un Plan de Gestión de Operaciones (PGLOPS), centrado en la planificación y en el tiempo real. Para dar a conocer al personal del aeropuerto todas las actuaciones, se impartió un plan de formación que sumó 196 horas y contó con un total de 220 participantes. Además de las propuestas en materia de seguridad, se elaboró una de explotación comercial del aeropuerto. Con este nuevo trabajo se ha avanzado en el desarrollo de estas medidas, que se concretan en diferentes planes. Los trabajos se han distribuido en dos fases.

## AEROPUERTOS EN RECONSTRUCCIÓN

Tras el fin de un conflicto civil que duró 27 años (entre 1975 y 2002), Angola, que según el Banco Mundial cuenta actualmente con 24,2 millones de habitantes, emprendió su reconstrucción. Durante la primera década del siglo registró un vertiginoso crecimiento de su economía, con un crecimiento del PIB superior al 11% de media, basado principalmente en la extracción de petróleo –es el segundo productor de África tras Nigeria y el octavo exportador del mundo– y diamantes. La inversión en todo tipo de infraestructuras, incluyendo las de transporte, es tanto una necesidad práctica como una parte crucial de la estrategia de diversificación económica. En lo referente al transporte aéreo, además de construir un nuevo aeropuerto a 40 kilómetros de la capital, que ENANA prevé que empiece a operar a partir de 2017, desde 2008 se han renovado los aeropuertos regionales, repartidos por las 18 provincias en las que se divide su extenso territorio de 1,2 millones de km<sup>2</sup>. El aeropuerto 4 de Fevereiro, ubicado en la capital, Luanda, también se ha beneficiado de las actuaciones de rehabilitación y mejora, en las que se enmarcan los trabajos de consultoría de Ineco y Aena Internacional.



FOTO\_ DAVID STANLEY (FLICKR)

Sobre estas líneas y a la dcha., el parlamento y panorámica de Luanda. Abajo: equipo de Ineco y Aena Internacional, y miembros del personal de ENANA en el curso de

formación de formadores; por último, el plan de emergencia incluye la preparación y organización de un simulacro en el aeropuerto, así como la redacción de una guía para su realización.



**SEGURIDAD Y EMERGENCIAS**

El programa de seguridad del aeropuerto asigna las responsabilidades, competencia y obligaciones en materia de seguridad entre la dirección del aeropuerto y las áreas organizativas y prestadores de servicios implicados; define las áreas restringidas y las medidas de seguridad tanto en lado aire como tierra, así como las normas en materia de inspección de vehículos, control de armas, mercancías o sustancias peligrosas y transporte de pasajeros enfermos, detenidos, deportados, fallecidos, etc.

Los planes de contingencia y de emergencia se diseñan para abordar cualquier situación grave que afecte a la seguridad del aeropuerto, desde actos delictivos a accidentes de aeronaves dentro o fuera del recinto. En el caso del plan de contingencia del aeropuerto 4 de Fevereiro, su objetivo es determinar y coordinar

qué protocolos de actuación se seguirán en caso de secuestro o sabotaje en una aeronave y qué deberá hacer cada organismo según el nivel de la amenaza: el personal del aeropuerto, ENANA, fuerzas militares, policía, bomberos, hospitales y

**EL PROGRAMA DE SEGURIDAD DEL AEROPUERTO ASIGNA LAS RESPONSABILIDADES ENTRE LA DIRECCIÓN Y LAS ÁREAS ORGANIZATIVAS**

servicios médicos, etc. Paralelamente, el Anexo 14 de OACI exige que cada aeropuerto disponga de un plan específico para situaciones en las que están implicadas aeronaves o emergencias aeronáuticas, como accidentes dentro y fuera del aereo-

puerto, y otras situaciones como catástrofes naturales, accidentes con mercancías peligrosas o emergencias médicas. La finalidad del plan de emergencia es reducir al mínimo las repercusiones de estas situaciones, evitar la pérdida de vidas humanas y salvaguardar la integridad de las instalaciones, así como reanudar la actividad normal del aeropuerto lo antes posible. Para ello, el documento identifica los posibles riesgos y establece los procedimientos de mando y comunicación que deberán seguirse, evitando la improvisación y la falta de coordinación. El plan de emergencia incluye la preparación y organización de un supuesto de simulacro en el aeropuerto, así como la redacción de una guía para su realización.

El alcance del proyecto incluía también el Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (*Safety Management System* o

SMS), por lo que se realizó un análisis de la situación actual (*gap analysis*), se redactaron 10 procedimientos y se estableció el plan de implantación del Sistema. Otro elemento crucial para la seguridad y que ENANA considera estratégico es la formación de formadores, para lo que se prevé un curso de capacitación.

**ACTUACIONES EN RAMPA**

Un aspecto fundamental para la seguridad de las operaciones es que la plataforma de estacionamiento de aeronaves o rampa esté correctamente señalizada, así como las calles de rodaje, tal y como indican los manuales de OACI. En la del aeropuerto de Luanda se detectaron deficiencias en este sentido; especialmente en los puestos de estacionamiento. Además, la utilizan de forma compartida distintos tipos de aeronaves –aviones y helicópteros– lo que supone un peligro potencial, tanto para las propias aeronaves como las personas y los vehículos. En relación con esto, se recomiendan tres tipos de actuaciones.

En primer lugar, la realización de un levantamiento topográfico a escala que permita elaborar planos. En segundo lugar, la definición de los requisitos de diseño de la plataforma, para lo que se deben tener en cuenta múltiples factores: el volumen y las previsiones de tráfico aéreo, los tipos de aeronaves y sus tamaños y si son comerciales, militares o de aviación general; las escalas que van hacer (vuelos nacionales o

internacionales terminales, tránsito, etc.), márgenes de separación entre aeronaves, entre estas y los edificios y objetos, etc. Asimismo, es necesario analizar el tipo de acceso al estacionamiento (autónomo o asistido con algún vehículo que arrastre o empuje a la aeronave) y la distancia entre este y las demás instalaciones (terminal, hangares, etc.), los requerimientos de asistencia en tierra a las aeronaves (servicios de abastecimiento de combustible, manipulación de equipaje, etc.). Además, el diseño de plataforma debe tener en cuenta

**TAMBIÉN SE AVANZA EN EL DESARROLLO COMERCIAL DEL AEROPUERTO, UN CAMPO EN EL QUE AENA INTERNACIONAL APORTA UNA AMPLIA EXPERIENCIA**

el espacio disponible, el tipo de pavimento, el chorro de los aviones, el tiempo que cada aeronave ocupará un puesto y el que tarda en ocuparlo otra, etc.

Finalmente, teniendo en cuenta todos estos requisitos de diseño y de acuerdo a los criterios de OACI, se realizará la ordenación y el estudio de señalización, que engloba los puestos de estacionamiento, las calles de rodaje, las vías de servicio y los puestos de estacionamiento de helicópteros.

**PLAN COMERCIAL**

También se avanza en el desarrollo comercial del aeropuerto, un campo en el que Aena aporta una amplia experiencia (ver IT54). Para lograr un incremento de los ingresos no aeronáuticos similar al de otros aeropuertos internacionales –en los de Aena suponen un 26% de los ingresos totales– se analiza la demanda de los pasajeros, el tipo y variedad de oferta más conveniente –incluyendo restauración, *duty free*, salas VIP, aparcamientos, etc.– y el diseño –o *lay out*– de los espacios comerciales. También cómo se va a llevar a cabo la explotación y contratación de los diferentes espacios –explotación directa por parte del operador, concesión a terceros, etc.– y cómo se va a planificar y gestionar. Todo ello se recoge en un plan comercial, en el que ha participado Carlos Porrón, de Aena Internacional. ■

**EXPERIENCIA**

- ▶ Desarrollo y actualización de los procedimientos de operación para las dos nuevas pistas y la nueva terminal T4 del aeropuerto de Madrid-Barajas (2004-2006), y la T1 del aeropuerto de Barcelona-El Prat.
- ▶ Apoyo a la Dirección de operaciones, seguridad y servicios de los Servicios Centrales de Aena desde hace más de 10 años.
- ▶ Apoyo a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea española, AESA, para la autorización, inspección y certificación de aeropuertos de uso público de gestión privada y otras tareas (2009-2011).
- ▶ Revisión y actualización de los Planes de emergencia y Manuales de autoprotección de los 47 aeropuertos y dos helipuertos de la red de Aena.
- ▶ Mejoras de los procesos en el Centro de gestión de red H24 de Aena (ver IT42).
- ▶ Elaboración de estudios de obstáculos para varios aeropuertos de la red de Aena y para otros aeropuertos internacionales (Omán, Costa Rica...).
- ▶ Estudios de ordenación, diseño y señalización de plataforma para aeropuertos españoles (Madrid, Barcelona, Málaga, Alicante, Lanzarote...) y extranjeros: Nairobi (ver IT18) y Kuwait.
- ▶ Planificación y diseño de espacios comerciales para Aena durante más de 12 años.



# “Busco soluciones con nuevas tecnologías”

La nueva modalidad de Compra Pública Innovadora permite identificar y promover proyectos de I+D+i que ofrezcan soluciones cuando las actuales no dan el resultado requerido. Ineco colabora con las administraciones en esta novedosa fórmula de licitación que fomenta la innovación.

Por Gemma Caballero, ingeniera de caminos y Antonio Gómez, ingeniero de telecomunicaciones

Todo empezó con un problema puntual, en un tramo de autovía recientemente inaugurado, en una zona montañosa de Galicia. Los escasos 4 kilómetros de la autovía A-8 a su paso por el Alto de O Fiouco (Mondoñedo, Lugo), se han convertido en un auténtico quebradero de cabeza para los usuarios, técnicos y gestores: la pertinaz y densa niebla y, en ocasiones, el fuerte viento que afectan al paso más alto de la autovía (cota próxima a los 700 metros) ocasionan constantes cierres al tráfico, sin que las distintas medidas instaladas, efectivas para el resto de carreteras, permitieran resolver las consecuencias de tan conflictiva meteorología.

Finalmente, el Ministerio de Fomento, con el apoyo de Ineco, decidió iniciar en 2015 la búsqueda de soluciones alternativas a las existentes en el mercado, a través de un procedimiento novedoso de contratación, la Compra Pública Innovadora (CPI). El objetivo era desarrollar un sistema de protección contra la niebla que complementara las medidas ya instaladas, que prácticamente cubren el actual estado del arte en materia de gestión y explotación de carreteras (señalización de alta reflectancia, paneles de mensaje variable, visibilímetros, balizas de niebla encastradas, radar de tramo, etc.).

## LA NUEVA FILOSOFÍA ES: SI NO EXISTE EN EL MERCADO, FOMENTO QUE SE INVESTIGUE Y QUE ME OFREZCAN SOLUCIONES NOVEDOSAS

La principal novedad del procedimiento consiste en que las empresas participantes proponen y desarrollan nuevas soluciones tecnológicas, apoyadas por la Administración Pública, quien define el problema a resolver, establece los criterios de validación y especificaciones funcionales de las posibles soluciones y comparte con las empresas, en algunos casos más complejos, los riesgos y beneficios de la I+D.

Otros casos de búsqueda de soluciones innovadoras han surgido en el puerto de Málaga, el servicio gallego de salud (SER-



ILUSTRACIÓN: FREEPIK

## LA INNOVACIÓN CREA EMPLEO

El uso estratégico de la contratación pública para favorecer la innovación es, por tanto, una oportunidad. Una estrategia política que no solo mejora la prestación de los servicios públicos, sino que es un apoyo a la producción científica y a la mejora de la calidad empresarial. Un paso adelante que aumentaría significativamente la cuota de inversión en I+D+i, mejorando el índice de innovación en nuestro país. Se ha estimado que incrementando en Europa la inversión en I+D hasta el 3% del PIB en 2020, se podrían crear 3,7 millones de empleos e incrementar el PIB en 795.000 millones de euros al año hacia 2025.

GAS) o el hospital de Córdoba. Prácticamente todos los sectores de bienes y servicios necesitan reciclarse con las mejoras que aportan las nuevas tecnologías.

El método establecido para buscar soluciones a estas demandas no satisfechas revoluciona la actual cultura administrativa: los requisitos habituales (precio, riesgo mínimo) se sustituyen por una política de apoyo a la innovación privada mediante el encargo de desarrollar soluciones que no existen, potenciando la I+D. La nueva filosofía es: si no existe en el mercado, fomento que se investigue y que me ofrezcan soluciones novedosas.

La CPI es una actuación pública, respaldada por el Ministerio de Economía y Competitividad, por el cual las administraciones seleccionan propuestas de I+D+i presentadas por empresas privadas, en ocasiones financiadas a través del CDTI (Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial). El proyecto iniciado por el Ministerio de Fomento, consta de tres fases: Consulta Preliminar del Mercado, Compra Pública Pre-comercial (desarrollo y experimenta-

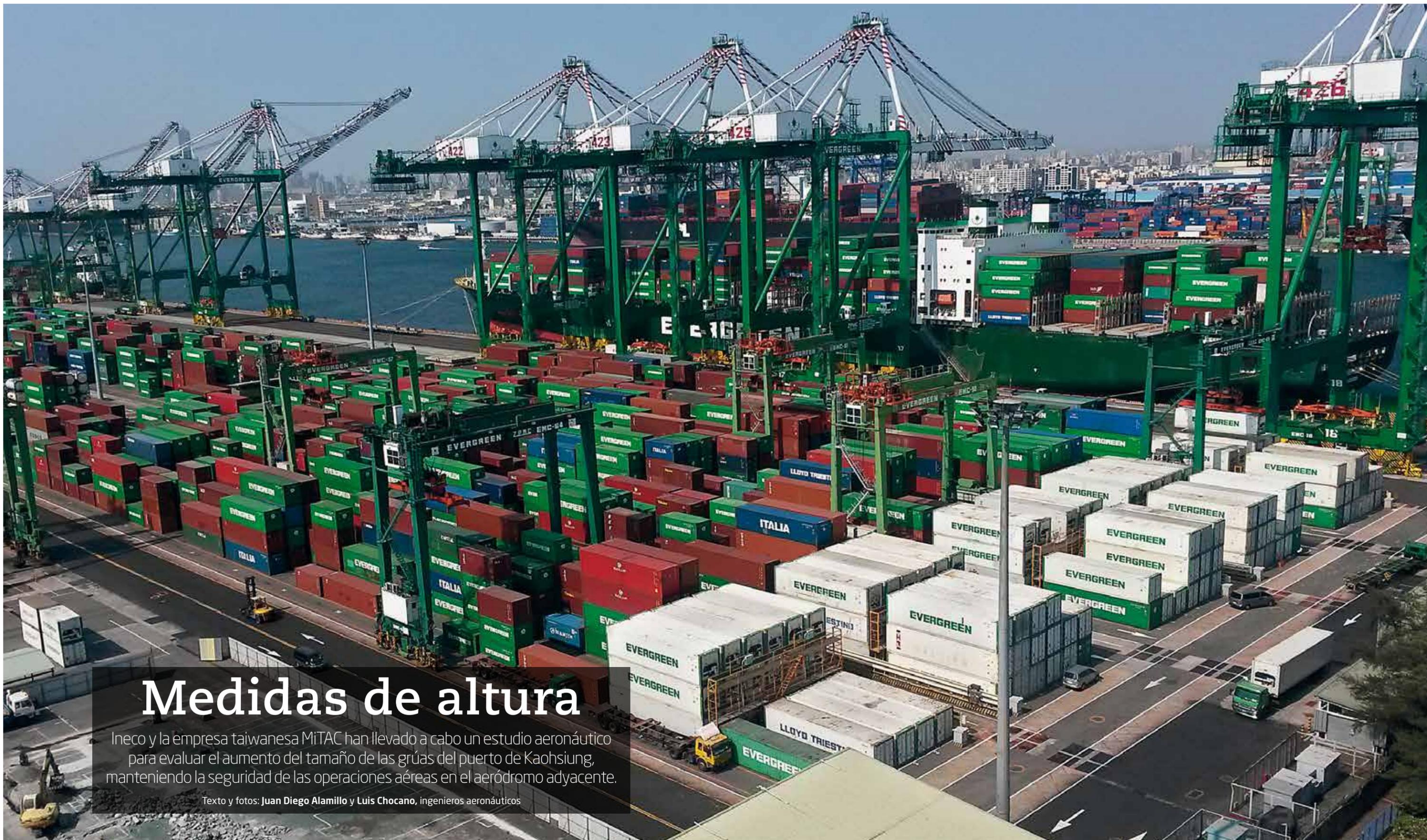
ción de prototipos) y Compra Comercial (implantación de la solución final en el tramo). La Plataforma de Contratación del Estado permite rastrear los contratos de CPI que se han realizado en la web del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas (<https://contrataciondelestado.es>).

La primera en apoyar este tipo de contrataciones es la propia Comisión Europea, que ha promovido unas “Guías para autoridades públicas sobre la Contratación Pública de Innovación” para asesorar sobre estos procedimientos. Su vicepresidente Antoni Tajani argumenta en el prólogo que “todas las autoridades públicas europeas tienen la responsabilidad de favorecer la innovación cuando producen y consumen bienes y servicios. La contratación pública de bienes y servicios sostenibles e innovadores es una de las herramientas esenciales para estimular nuevas soluciones tecnológicas o de servicio, al tiempo que ayuda a crear puestos de trabajo y a aumentar la competitividad de la industria y de las pymes europeas. También promueve servicios públicos más eficientes”. ■

# Medidas de altura

Ineco y la empresa taiwanesa MiTAC han llevado a cabo un estudio aeronáutico para evaluar el aumento del tamaño de las grúas del puerto de Kaohsiung, manteniendo la seguridad de las operaciones aéreas en el aeródromo adyacente.

Texto y fotos: Juan Diego Alamillo y Luis Chocano, ingenieros aeronáuticos



Las grúas del puerto se encuentran a apenas 2 kilómetros del aeropuerto internacional de Kaohsiung.



El puerto de Kaohsiung, el más grande de Taiwán y uno de los más importantes del mundo por tráfico de contenedores, se encuentra en plena expansión con la construcción de una nueva zona intercontinental de contenedores, un proyecto que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Taiwán y la Kaohsiung Port Branch (KPB), iniciaron en 2007. Para aumentar su capacidad de carga actual se hace necesario el aumento del tamaño de las grúas, hasta unos 150 metros de altura en diversos muelles del puerto, lo que equivale a un edificio de 33 pisos como la torre Agbar de Barcelona. Sin embargo, la instalación de grúas de tan gran tamaño interferiría con las actuales operaciones del aeropuerto internacional de Kaohsiung, situado a apenas dos kilómetros de distancia, y vulneraría las superficies de protección del aeropuerto. Con el objetivo de que la Autoridad de Aviación

Civil de Taiwán permita la instalación de las grúas, la autoridad portuaria de Kaohsiung ha encargado un estudio cuyo objetivo es evidenciar que las grúas no afectarán negativamente a la seguridad de las operaciones aéreas. Este proyecto está siendo ejecutado de forma conjunta por Ineco y la empresa local MiTAC.

En el contexto del proyecto, Ineco ha realizado ya una serie de actividades clave de cara a evaluar la viabilidad del incremento en la altura de las grúas. En primer lugar, los ingenieros de Ineco han

analizado tanto las altitudes máximas que podrían alcanzar las grúas en cada muelle del puerto sin interferir con los procedimientos de vuelo instrumental publicados (incluyendo maniobras de despegue, aproximación y aterrizaje, y vuelo en ruta), como las modificaciones que serían necesarias en los procedimientos de vuelo para que estos fueran compatibles con las altitudes de las grúas requeridas por la autoridad portuaria de Kaohsiung en cada uno de los muelles del puerto, asegurando así la seguridad de estas operaciones conforme a

PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE CARGA ACTUAL DEL PUERTO DE KAOHSIUNG SE HACE NECESARIO EL AUMENTO DEL TAMAÑO DE LAS GRÚAS, HASTA UNOS 150 METROS DE ALTURA EN DIVERSOS MUELLES DEL PUERTO, LO QUE HACE NECESARIA UNA MODIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS INSTRUMENTALES DEL VUELO DEL AEROPUERTO



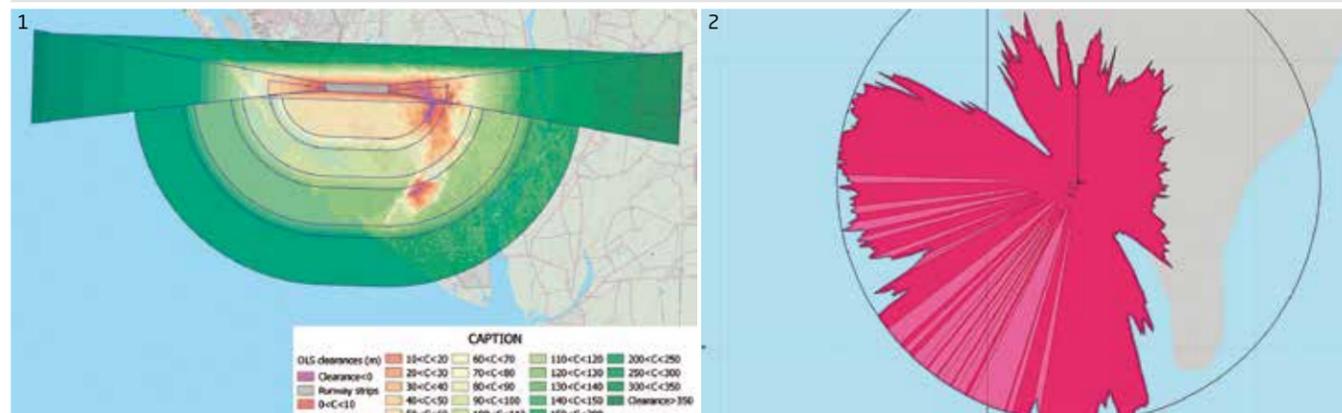
Áreas de protección de las maniobras ILS y LOC.



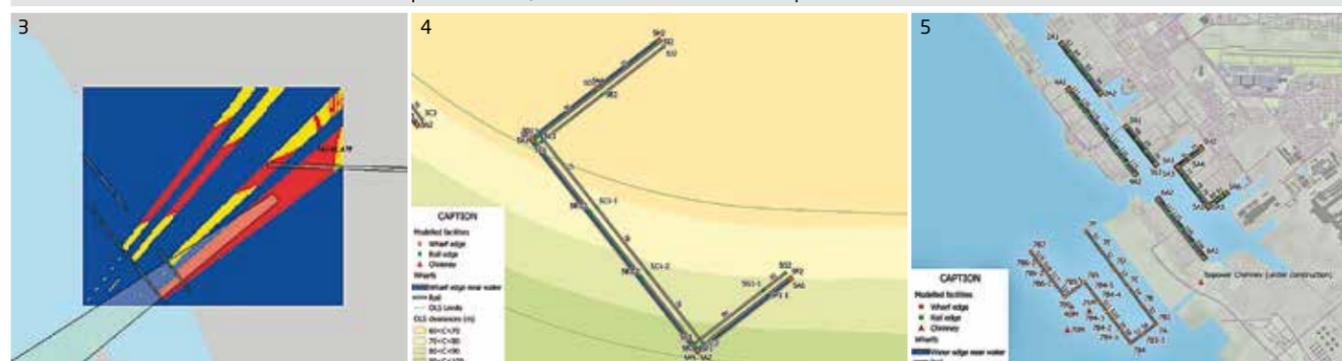
HERRAMIENTAS DE I+D DE INECO

En el desarrollo del proyecto se ha hecho uso de dos herramientas propias, desarrolladas mediante proyectos de I+D de Ineco: Impulse (en el caso de los estudios relativos a los sistemas de comunicación, navegación y vigilancia) y Helios OLS (en el caso del análisis de las superficies limitadoras de obstáculos). Impulse es una aplicación software que estudia el modo en que los obstáculos (en este caso las grúas) situados en el entorno de sistemas de navegación y vigilancia basados en señales pulsadas (como los sistemas de medición de distancia, los radares primarios y secundarios o los sistemas de multilateración), podrían afectar a la señal en el espacio de los equipos, detectando, además, posibles áreas o zonas de afección. Esta herramienta cubre una importante carencia de aplicaciones de este tipo en el mercado, y facilita a los expertos de Ineco la ejecución de estos estudios.

Por su parte, con la herramienta Helios OLS, basada en un sistema de información geográfica (GIS) y una extensa base de datos, se pueden definir las superficies limitadoras de obstáculos de los aeródromos (en este caso, conforme a la legislación taiwanesa) o las superficies de protección de las instalaciones radioeléctricas de navegación aérea, y calcular la compatibilidad de elementos puntuales como las grúas, con ellas.



1. Altura libre hasta las superficies OLS del aeropuerto de Kaohsiung, obtenida con Helios OLS. 2. Simulación de la cobertura del radar a 1.600 pies de altitud, obtenida con la herramienta Impulse.



3. Áreas potencialmente afectadas por reflexiones de la señal de la instalación radar en las grúas de los terminales 3 y 4, a 30 metros de altitud, obtenida con Impulse. 4. Altura libre hasta las superficies OLS del aeropuerto de Kaohsiung -detalle del Terminal 5-, obtenida con Helios OLS. 5. Modelado del puerto para los estudios con Helios OLS.



**EQUIPO DE TRABAJO EN TAIWÁN**

En la imagen, los ingenieros de Ineco Luis Chocano, a la izquierda, y Juan Diego Alamillo, en el centro, junto a personal de MITAC, del puerto y del aeropuerto en la pista del aeropuerto de Kaohsiung.

la normativa de diseño de procedimientos de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

En segundo lugar, dado que unas grúas de tan grandes dimensiones pueden suponer un obstáculo para la correcta propagación de las señales electromagnéticas de las instalaciones de navegación aérea situadas en sus inmediaciones, los expertos de Ineco han estudiado su compatibilidad con todos los sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia que soportan las operaciones en el aeropuerto de Kaohsiung y en el espacio aéreo a su alrededor, siendo analizadas 11 instalaciones en total, incluyendo los sistemas de aterrizaje por instrumentos, los radares de vigilancia primario y secundario, los equipos de medición de distancia y los centros de comunicaciones. El examen de los sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia (conocidos como sistemas CNS, por sus siglas en inglés) se ha llevado a cabo en términos de cobertura y de calidad de la señal en el espacio (mediante el estudio de los posibles fenómenos de multitrayecto), apoyándose para ello en herramientas de simulación radioeléctrica especializadas.

Por otro lado, teniendo en cuenta las nuevas dimensiones de las grúas, se han analizado de qué modo se vulnerarían las superficies limitadoras de obstáculos del aeropuerto de Kaohsiung, establecidas en la normativa taiwanesa, y se han propor-

cionado recomendaciones respecto a la necesidad de señalar e iluminar aquellas grúas que lo hagan, según la normativa de OACI. Por último, Ineco ha proporcionado las recomendaciones pertinentes relativas a las operaciones de los pilotos.

La metodología para la ejecución de los análisis anteriormente mencionados ha sido igualmente definida por Ineco, haciendo uso para ello de su amplia experiencia en estudios de estas tipologías tanto en España como en otros países, y adoptando las hipótesis necesarias en cada caso, al ser las grúas objetos móviles y no conocerse el modelo que se pretende instalar.

Como resultado, el informe muestra, por un lado, para los 44 muelles analizados la altitud máxima alcanzable compatible con los procedimientos instrumentales de vuelo actuales, y las modificaciones necesarias en esos procedimientos (incremento de la pendiente de ascenso en ciertas salidas, modificación de los mínimos de operación en diversas

aproximaciones, etc.) de cara a permitir la instalación de grúas con la altura requerida en cada uno de los muelles; por otro lado, con el objetivo de asegurar la compatibilidad con los sistemas CNS actuales y futuros, tanto las adaptaciones que deben llevarse a cabo en los sistemas, como las alturas máximas que pueden alcanzar las grúas para asegurar que no se producirán efectos adversos (cuando no existe un mecanismo de mitigación de dicho efecto mediante la adaptación de los sistemas); finalmente, se detallan las vulneraciones de las superficies de protección a lo largo de los 44 muelles y las recomendaciones de marcado e iluminación asociadas.

Ineco lleva años realizando trabajos relativos a superficies limitadoras de obstáculos, procedimientos de vuelo o sistemas CNS en los aeropuertos de España, Omán, EAU, Cabo Verde, Singapur o Kuwait, entre otros países. ■

LA METODOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN DE LOS ANÁLISIS HA SIDO DEFINIDA POR INECO, HACIENDO USO PARA ELLO DE SU AMPLIA EXPERIENCIA EN ESTUDIOS DE ESTAS TIPOLOGÍAS TANTO EN ESPAÑA COMO EN OTROS PAÍSES, Y ADOPTANDO LAS HIPÓTESIS NECESARIAS EN CADA CASO

# Cetren, especialista en el sector ferroviario

trabaja fomentando y certificando la calidad de este sector desde hace más de 35 años.

Nuestra experiencia y dedicación exclusiva al ferrocarril nos permite aportar soluciones integrales a la certificación.

Cetren es, además, el primer centro privado especializado en la formación del personal ferroviario, homologado por el Ministerio de Fomento desde el año 2007.



## CERTIFICACIÓN / INSPECCIÓN

 Cetren es un organismo de certificación e inspección por tercera parte, independiente, imparcial y técnicamente competente en todos los ámbitos del sector ferroviario. Certificamos, evaluamos, verificamos y validamos el ferrocarril.

**ORGANISMO NOTIFICADO Y DESIGNADO** por el Estado español para la certificación de la interoperabilidad de acuerdo con las directivas europeas.

**ORGANISMO DE CERTIFICACIÓN** para la validación del cumplimiento de las especificaciones técnicas de homologación (ETH).

**ENTIDAD DE CERTIFICACIÓN** de productos, procesos y servicios ferroviarios (EN 17065). Reconocida por el Ministerio de Fomento como certificador en el marco de las normas EN 15085: soldeo de vehículos y componentes ferroviarios.

**EVALUADOR INDEPENDIENTE DE SEGURIDAD (ISA) / INSPECCIÓN (EN 17020).**



## FORMACIÓN

 Contamos con un equipo docente de profesionales con una amplia experiencia en el sector ferroviario, apostando decididamente por la calidad y el rigor en la formación, así como en los servicios que ofrecemos:

### FORMACIÓN FERROVIARIA

- ★ Licencias y Certificados de Conducción.
- ★ Habilitaciones Ferroviarias (Circulación, Infraestructura, Operaciones del tren y Mantenimiento).
- ★ Formación on-line (Explotación y Seguridad, Infraestructura y Vía, Instalaciones y Material Rodante).

### OTRAS FORMACIONES

- ★ También impartimos diversos cursos de carácter general.



CERTIFICACIÓN / INSPECCIÓN: Tel: (+34)91 264 8330 • [cetren@cetren.es](mailto:cetren@cetren.es) ■ FORMACIÓN: Tel (+34)91 264 8335 • [formacion@cetren.es](mailto:formacion@cetren.es)

Paseo de la Castellana, 91. Planta 10 • 28046 MADRID • Fax: (+34) 91 264 83 29

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

# Cambiadores de ancho: del proyecto a la obra y viceversa

España es pionera y experta en la tecnología de cambio de ancho automático que hace posible que los trenes puedan circular por diferentes anchos de vía, una problemática que se da en muchas zonas del mundo. Ineco aporta a este liderazgo más de dos décadas de experiencia integral que abarca desde la fase de proyecto a las de obra y mantenimiento.

Por **Silvia Casado**, ingeniera de obras públicas,  
**Lucas Campillo**, ingeniero técnico industrial y **José Ignacio Sánchez**, ingeniero de caminos

La problemática de los diferentes anchos de vía no es solo española, sino de alcance global. Según la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC, del francés Union Internationale des Chemins de Fer), solamente el 60% de la red ferroviaria mundial opera en ancho de vía estándar (1.435 mm de separación entre carriles), y además no está distribuida por continentes de manera uniforme. Por diversas razones históricas y económicas, el hecho es que en el 40% restante conviven más de una veintena de medidas diferentes que oscilan entre los 260 mm de algunos ferrocarriles turísticos de distintos puntos del planeta y los más de 1.600 de la red española, argentina o india, entre otras. En Europa, conviven principalmente cuatro anchos de vía diferentes: 1.000 mm (estrecho), 1.435 mm (estándar europeo), 1.520 mm (ancho ruso) y 1.668 mm (ancho ibérico).

En España, la red ferroviaria mide 15.215 kilómetros, según datos de 2015 del Ministerio de Fomento. Está configurada en tres anchos de vía: los ma-

**SOLAMENTE EL 60%  
DE LA RED FERROVIARIA  
MUNDIAL OPERA EN ANCHO  
DE VÍA ESTÁNDAR  
(1.435 MM DE SEPARACIÓN  
ENTRE CARRILES)**

yoritarios son de 'ancho ibérico' (1.668 mm) y estándar (1.435 mm), en el que a partir de los años 90 se construyeron todas las líneas de alta velocidad que, actualmente, suman 2.875 kilómetros. Una parte -613 kilómetros en total- operan en ancho ibérico, aunque están equipadas con traviesas polivalentes pensadas para adaptarse fácilmente al ancho estándar.

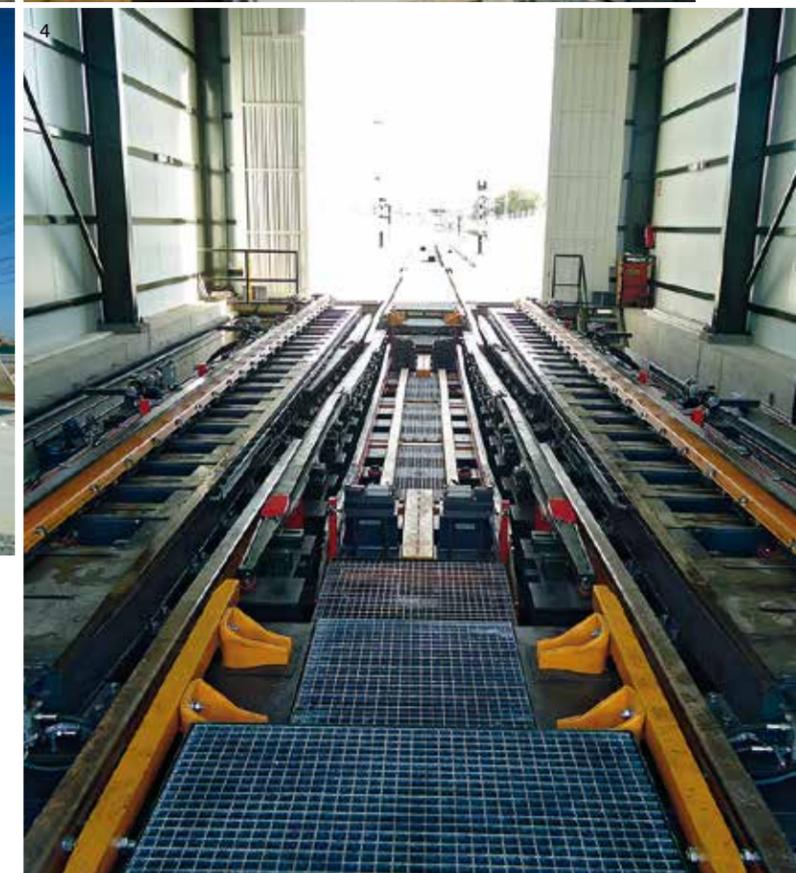
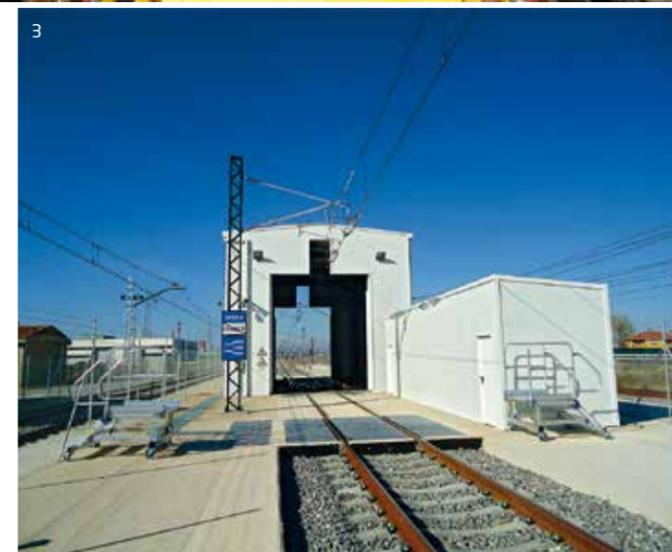
En la cornisa norte (Galicia, Asturias y Cantabria, principalmente), existe también la red de 'vía estrecha' construida en ancho métrico (1.000 mm), con un total de 1.269 kilómetros de longitud. Actualmente, se usa para cercanías y algunos servicios turísticos como el Trans-

cantábrico o el Ferrocarril de la Robla. En todos los puntos de encuentro de estas redes dentro del país y en las conexiones con Portugal y Francia hay instalaciones que permiten el cambio de ancho.

## CUADRANDO EL CÍRCULO

Existen varios métodos para solucionar el problema del ancho de vía: en mercancías, cambiar la carga de un vagón a otro o sustituir los ejes; en viajeros, el trasbordo a otro tren; o bien la solución desarrollada en España: el cambiador de ancho automático. Se trata de una instalación ferroviaria que permite a un tren dotado con un sistema de ejes o semiejes de ancho variable modificar automáticamente el ancho de rodadura mientras pasa a una velocidad constante (15 km/h, aproximadamente) y sin intervención humana.

España es pionera en estos sistemas de cambio de ancho automático desde 1968, cuando el fabricante Talgo comenzó a explotar servicios comerciales entre Madrid y París (cambiador de



## 1. Soluciones multiplataforma

Pruebas con la BT en el prototipo TCRS3, que Adif puso en marcha en 2009. Con él se desarrolló por primera vez una plataforma única para las tecnologías de los fabricantes CAF y Talgo.

## 2/3. Cambiadores de ancho de León

Las instalaciones, situadas en el interior de una nave, constan de un foso de 16 metros de largo por 7,4 de ancho, sobre los que se han

colocado los cambiadores de ancho dual. Además, hay fosos de observación para controlar los ejes de los trenes (antes del cambio) en las vías de ancho ibérico (1.668 mm) y en las de 1.435 mm.

## 4. Tecnología exportable

La tecnología de los cambiadores de última generación no sólo es apta para los anchos de vía españoles, sino también para los sistemas alemán (Rafil) y polaco (SUW 2000), lo que la hace exportable.

Irún) y Madrid y Zurich (cambiador de Portbou). Posteriormente, otro fabricante de material rodante, CAF, desarrolló su propia tecnología, lo que requería instalaciones diferenciadas para cada una. Actualmente, la tecnología ha evolucionado hacia una plataforma de cambio de ancho única.

La siguiente aplicación del cambiador de ancho automático surgió a partir de los años 90 con la primera línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, construida en

ancho estándar, donde se instalaron tres cambiadores de ancho (en Atocha, Córdoba y Majarabique) para conectarla a la

**DURANTE MÁS DE  
VEINTE AÑOS, INECO HA  
PARTICIPADO EN EL DISEÑO  
DE LA MAYORÍA DE LAS  
DIFERENTES GENERACIONES  
DE CAMBIADORES**

red existente en ancho ibérico. A medida que se ampliaba la infraestructura de alta velocidad, se extendieron también los cambiadores de ancho automático, lo que ha permitido, además, alargar los itinerarios y reducir los tiempos de viaje en los trayectos de la red convencional, con una inversión relativamente baja.

Durante más de veinte años, Ineco ha participado en el diseño de la mayoría de las diferentes generaciones de cambiadores y ha prestado sus servicios

tanto a Adif, el administrador de infraestructuras ferroviarias español, como a los fabricantes, en distintos aspectos del desarrollo e implantación de estas tecnologías (ver IT22): redacción de proyectos, asistencias técnicas, direcciones de obra y mantenimiento y explotación de más de una veintena de cambiadores de ancho automático de toda España. Actualmente, se ocupa del mantenimiento de los cambiadores de Cerro Negro y Fuencarral (Renfe), Chamartín, Atocha, Majarabique, Alcolea del Pinar, Albacete, Valencia, Plasencia del Jalón, Zaragoza-Delicias, Huesca, Medina del Campo, Medina del Campo AVE, Zamora, Valdeastillas, Palencia y León.

A LA HORA DE PASAR A LA FASE DE EJECUCIÓN, ES VITAL LA COORDINACIÓN Y LA RETROALIMENTACIÓN ENTRE LOS EQUIPOS DE DISEÑO Y DE OBRA A LA HORA DE RESOLVER CON RAPIDEZ CUALQUIER DIFICULTAD

**UN CASO PRÁCTICO: LOS CAMBIADORES DE LEÓN**

Con la llegada de la línea de alta velocidad Norte a León, se planteó la necesidad de instalar cambiadores para que los trenes pudieran conectar a partir de aquí con Asturias y Galicia sobre un ancho de 1.668 mm lo que, además, reducía los tiempos de viaje entre la capital de España y Gijón, A Coruña y Ourense.

En ese caso, se optó por instalar dos cambiadores en lugar de uno solo, ya que así se facilitaba el paso de las relaciones directas entre Madrid y Gijón sin parada en León, mejorando la fiabilidad y la capacidad con vista a futuros aumentos del tráfico. Además, con la doble instalación el tiempo de viaje entre destinos se redujo a 31 minutos, mientras que con un solo cambiador hubiera aumentado en 20 minutos.

**DEL DISEÑO A LA OBRA**

Existen múltiples condicionantes a la hora de diseñar un cambiador de an-

**HACIA UNA TECNOLOGÍA UNIVERSAL**

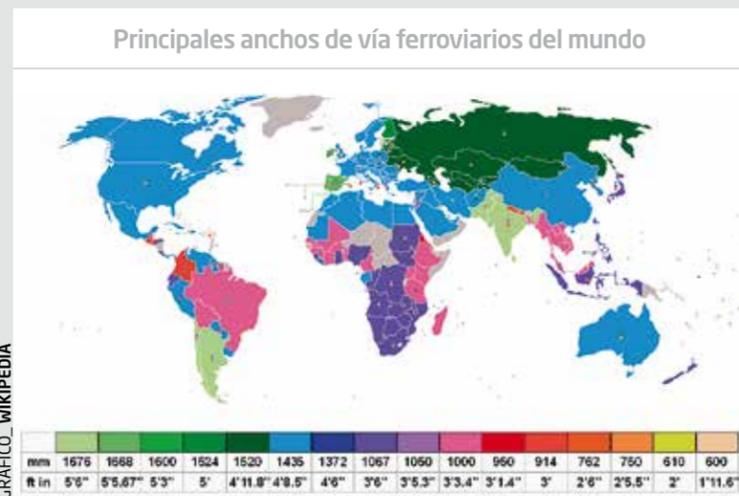


► La primera generación de cambiadores que se extendieron con el desarrollo de la alta velocidad solo podía diseñarse para una de las dos tecnologías de rodadura variable existentes en España: primero para la RD (Rodadura Desplazable) de Talgo, y a partir de 2000, la Brava (Bogie de Rodadura de Ancho Variable Autopropulsado) de CAF.

► Posteriormente, se desarrolló un cambiador apto para ambos sistemas, denominado dual, que requería menos espacio. El primero de este tipo, el TCRS2 vertical, se instaló en el tramo

de cambio de ancho y, en consecuencia, también su duración, que pasó de cinco a tan solo tres minutos. El primer prototipo se ensayó y validó en 2011 en el cambiador de ancho de Roda de Bará, Tarragona, mientras que las primeras unidades de serie se instalaron en León (línea de alta velocidad Madrid-Asturias) en 2015.

► A partir de 2009, con el respaldo del Ministerio de Ciencia e Innovación, se dio un paso más con el proyecto Unichanger de cambiador universal, denominado TCRS4, la cuarta generación. En 2011, Ineco



Olmedo-Medina del Campo. En 2007, el sistema se mejoró con el modelo TCRS2 horizontal, al simplificar la estructura y las cimentaciones; el tiempo de cambio de tecnología pasó de siete a cinco minutos. El primer prototipo se instaló y probó en Chamartín (Madrid).

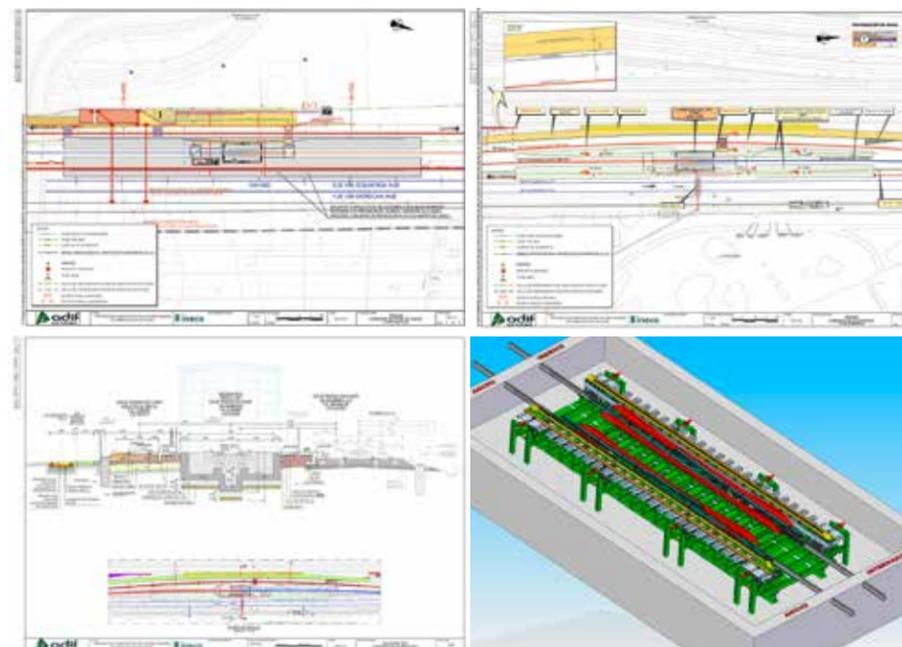
► En 2009, Adif puso en marcha el diseño y construcción del primer prototipo TCRS3 de plataforma única, donde se combinan las tecnologías de los fabricantes CAF y Talgo. Con ello se redujeron considerablemente las masas en movimiento durante el proceso

redactó el proyecto constructivo en las instalaciones de ensayo y experimentación asociadas al Centro de Tecnologías Ferroviarias de Adif, en Málaga. Esta nueva generación permite, además de los cambios entre los anchos de vía españoles, el cambio con los sistemas alemán (Rafil) y polaco (SUW 2000), lo que hace de ella una tecnología exportable a otros países.

► Actualmente, la compañía está redactando el proyecto del cambiador de ancho de Vitoria y participa en la construcción del de Burgos.

cho automático, como la tipología del cambiador basado en las diferentes tecnologías existentes (Talgo, CAF, dual o universal), la elección del emplazamiento, la titularidad de los terrenos donde se construirán las instalaciones, la afeción a diferentes servicios, la conexión entre líneas que no solo tienen anchos de vía distintos, sino también diferentes subsistemas de energía (3 kV, corriente continua y 25 kV, corriente alterna) y de mando y control

Así, por ejemplo, en el caso de León, el retraso en disponer de los terrenos necesarios para la construcción requirió un rediseño de las instalaciones. Otra muestra de la importancia de este trabajo conjunto es el que se refiere a los servicios afectados por las obras, tanto internos (canalizaciones de instalaciones y comunicaciones) como externos: gasoductos, red de saneamiento, distribución eléctrica, comunicaciones, etc. La recopilación de datos comienza en



En los planos del sistema doble de cambiadores de León se aprecia la complejidad de una instalación de este tipo, incrementada por su ubicación en un entorno urbano. En la esquina inferior, esquema de un cambiador dual: el tren accede por el extremo superior de las vías, 'ancho ibérico', y sale por el opuesto en ancho estándar.

(ASFA y ERTMS). Asimismo, hay que tener en cuenta la coincidencia con plagas de vías de diferentes titularidades administrativas, las longitudes mínimas de vía de acceso a los cambiadores y la ubicación de las acometidas de agua potable y electricidad. Si, además, como ocurre en León, se trata de un entorno urbano, la dificultad técnica se incrementa.

A la hora de pasar a la fase de ejecución, la experiencia ha demostrado que es vital la coordinación y la retroalimentación entre los equipos de diseño y de obra a la hora de resolver cualquier dificultad en el menor tiempo posible.

la fase de diseño y se completa durante la de ejecución. ■

UN CAMBIADOR DE ANCHO ES UNA INSTALACIÓN FERROVIARIA QUE PERMITE A UN TREN DOTADO DE EJES O SEMIEJES DE ANCHO VARIABLE MODIFICAR AUTOMÁTICAMENTE EL ANCHO DE RODADURA SIN INTERVENCIÓN HUMANA



**LUCAS CAMPILLO**  
Experto en superestructura y sistemas de cambio de ancho

**UN VALIOSO INTERCAMBIO DE CONOCIMIENTO**

El diseño, redacción de proyecto, construcción y puesta en marcha de una instalación ferroviaria de alta tecnología como un cambiador de ancho automático requieren un conocimiento multidisciplinar en todos los subsistemas ferroviarios e industriales. Ineco cuenta con ese conocimiento, acumulado durante más de dos décadas: al intervenir tanto en la fase de proyecto como de las de construcción y mantenimiento, se ha generado un proceso de lecciones aprendidas que nos ha hecho expertos en el cambio de ancho automático.

Desde el momento en que se adjudica el proyecto, el "saber hacer" adquirido tanto en la redacción de los proyectos como durante la etapa de construcción confluyen para hacer frente a los múltiples desafíos de ingeniería que plantea una instalación de esta complejidad técnica. Esta interacción es la clave para deshacer el nudo gordiano que en muchas ocasiones generan elementos como la ubicación de la futura instalación de cambio de ancho automático, los plazos de ejecución o la puesta en servicio. Pero este flujo de generación e intercambio de información no termina con la puesta en servicio. El trasvase de este valioso conocimiento entre los equipos de construcción y de proyecto es continuo, de manera que se logra una constante mejora que se refleja en cada nuevo proyecto, racionalizando y reduciendo el coste de las infraestructuras.

Muestra del grado de especialización y conocimiento alcanzados es el apoyo técnico que la compañía presta al Ministerio de Fomento de España en la redacción de la futura norma IFI (Instrucción para el Proyecto y Construcción del Subsistema de Infraestructura Ferroviaria), que se prevé sea aprobada este mismo año 2016.

Ineco participa activamente en el desarrollo, pruebas e implementación de las tecnologías de cambio de ancho automático, tanto las que ya están en explotación (TCRS2 y TCRS3) como en soluciones a escala europea: el proyecto Unichanger (TCRS4), aplicable a cualquier ámbito geográfico.

# Una ventana abierta a la ingeniería española

Concebido como centro de interpretación, el espacio abierto por Ineco en su sede central de Madrid ha sido diseñado para ofrecer un recorrido a través de las principales infraestructuras del mundo en las que han participado la compañía pública y otras ingenierías españolas. Una manera de representar el liderazgo y buen hacer de estas empresas y el conocimiento de sus profesionales.

Por **ITRANSPORTE**  
Fotos: **Elvira Vila**



**L**as multinacionales españolas ocupan puestos de liderazgo en sectores como la construcción y las infraestructuras en el transporte aéreo, aeroportuario y terrestre. Constructoras e ingenierías españolas participan en grandes proyectos de infraestructura y obra civil –como la construcción de la línea de alta velocidad entre La Meca y Medina–, gestionando casi el 40% de las infraestructuras del mundo. Para dar a conocer sus logros, Ineco ha abierto este espacio con un recorrido que permite al visitante conocer en un primer vistazo las fortalezas de la ingeniería española.

LA SALA CUENTA CON MESAS EXPOSITIVAS SOBRE LAS ÁREAS DE ACTIVIDAD Y LAS SOLUCIONES DE INECO, ADEMÁS DE UN MAPA INTERACTIVO CON LOS PRINCIPALES PROYECTOS

La sala cuenta con mesas expositivas sobre las áreas de actividad y las soluciones de Ineco, además de un mapa interactivo con los principales proyectos de la compañía en el mundo y varios ejemplos de sus trabajos de innovación más relevantes.

Un panel informativo da cabida a las principales infraestructuras del transpor-



## SMART CITY DE LEGO

Una representación de una ciudad del futuro hecha con Lego permite a los visitantes la visualización de las posibilidades de las *Smart Cities*, ciudades inteligentes que gestionan la información mediante el uso intensivo de las TICs para mejorar en eficiencia, sostenibilidad y proporcionar al ciudadano mayor calidad de vida. La colocación de sensores permite obtener multitud de datos, desde medir en una calle el paso de vehículos hasta determinar si un contenedor de basura está lleno y debe ser recogido. Las *Smart Cities* dispondrán de gran cantidad de sensores y gestores como CityIneco, una aplicación desarrollada por Ineco para regular y coordinar su gestión inteligente. En la exposición se exhibe también una simulación de realidad aumentada, es decir, se introducen elementos virtuales en un contexto real a través de la propia *tablet*, lo que proporciona información adicional y relevante a la imagen final que se está visualizando. En la imagen superior, la ministra Ana Pastor junto con Jesús Silva, presidente de Ineco.

En la proyección de un mapa del mundo se puede acceder a las zonas geográficas o a proyectos concretos simplemente activando cada punto como si tratara de una pantalla táctil.



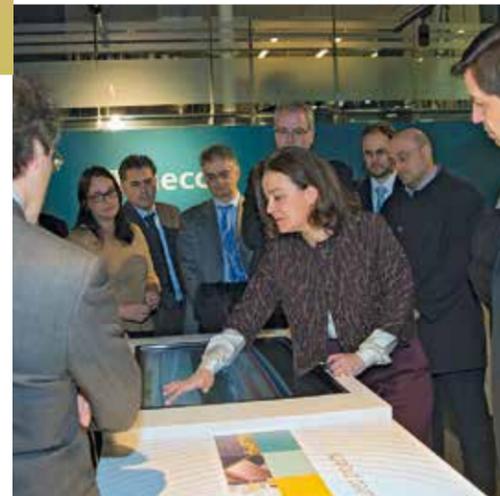
**GRANDES PROYECTOS EN EL MUNDO:**

- ▶ Alta velocidad Meca-Medina. Arabia Saudí - HARAMAIN
- ▶ Línea 2 de Metro de Lima. Perú - FCC y ACS
- ▶ Túnel bajo El Bósforo-alta velocidad Estambul-Ankara. Turquía - OHL
- ▶ Canal de Panamá - SACYR
- ▶ East West Link Melbourne - ACCIONA
- ▶ Alta velocidad California - ACS
- ▶ Línea 1 de Metro de Panamá - FCC
- ▶ Metro de Riad - FCC, TYPSA y SENER
- ▶ Parque Eólico East Anglia 1. Reino Unido - IBERDROLA
- ▶ Metro de Doha - OHL



En su reciente visita para firmar un acuerdo con Ineco, Carlos Villalta, ministro de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica, conversa con Jesús Silva, presidente de Ineco, mientras recorren la nueva sala de exposiciones de Ineco.

Además de destacar los principales proyectos de Ineco, en las mesas modulares se puede acceder a los proyectos de la compañía por mercados y modos de transporte. En la página izqda., Ignacio Fernández Cuenca, director general Corporativo y abajo, Ana Rojo, directora general de Ingeniería, ambos de Ineco.



EL OBJETIVO ES PONER EN VALOR LA CONSTRUCCIÓN EN ESPAÑA DE UNA DE LAS MAYORES Y MÁS MODERNAS REDES DE INFRAESTRUCTURAS DEL MUNDO

El objetivo es poner en valor la construcción en España de una de las mayores y más modernas redes de infraestructuras del mundo, tanto en carreteras, aeropuertos como en líneas ferroviarias, lo que ha supuesto la consolidación de una potente industria que hoy es líder en el mundo: junto a las empresas constructoras, las ingenierías españolas destacan en el mercado internacional por su alto grado de especialización, experiencia y capacidad tecnológica. Ineco lleva años abanderando proyectos de infraestructuras marca España en el exterior, lo que sitúa a la ingeniería pública en el puesto número 38 del ranking mundial ENR (*Engineering News-Record*) de ingenierías dentro del sector transporte. ■

**LA INGENIERÍA ESPAÑOLA EN CIFRAS:**

- ▶ 1ª red europea de autovías y autopistas (+ de 14.000 kilómetros).
- ▶ 5ª posición entre los países de la UE-15 por extensión ferroviaria (casi 14.000 kilómetros).
- ▶ Red de alta velocidad ferroviaria más extensa de Europa (3.000 kilómetros en servicio), y 2ª del mundo por detrás de China.
- ▶ 2º país de Europa y 4º del mundo con mayor tráfico de pasajeros en aeropuertos.
- ▶ 2ª potencia mundial en desalinización y tecnologías de tratamiento de agua.



# A prueba de inundaciones

Ineco ha realizado recientemente un estudio hidrológico de las líneas de alta velocidad en explotación utilizando modelos hidráulicos bidimensionales, con el objetivo de delimitar las zonas potencialmente inundables, detectar los puntos críticos de cada zona y analizar las posibles actuaciones de mejora.

Por **Leendert de Haan**, ingeniero de caminos y **Miguel Jerez**, ingeniero agrónomo

**E**n el transcurso de las campañas de inspección de infraestructura de las líneas de alta velocidad se han detectado deficiencias en los sistemas de drenaje de algunos tramos. Estas deficiencias se solucionan dentro de los niveles normales o intensos de lluvias mediante ampliaciones y mejoras de la red de drenaje, basadas en una dotación de recursos localizada.

No obstante, como se ha puesto de manifiesto en ocasiones, pueden darse niveles pluviométricos calificables de catastróficos que exceden toda previsión o programación normal. La magnitud de las lluvias, la escasa pendiente del terreno, la baja cota de las vías y la insuficiencia de los elementos de drenaje son factores que pueden dar lugar a incidencias en la plataforma ferroviaria.

Es el caso del incidente ocurrido el 2 de julio de 2014 en la línea de alta velocidad Madrid-Alicante, a la altura de la localidad de Alpera (Albacete). Las intensas lluvias caídas en la zona provocaron una gran acumulación de agua junto a la plataforma. El flujo arrastró el balasto, dejando desguarnecida la vía y causó su hundimiento. A raíz de este incidente se

inician los preparativos para encargar a Ineco el estudio para determinar las zonas potencialmente inundables en las líneas de alta velocidad en explotación.

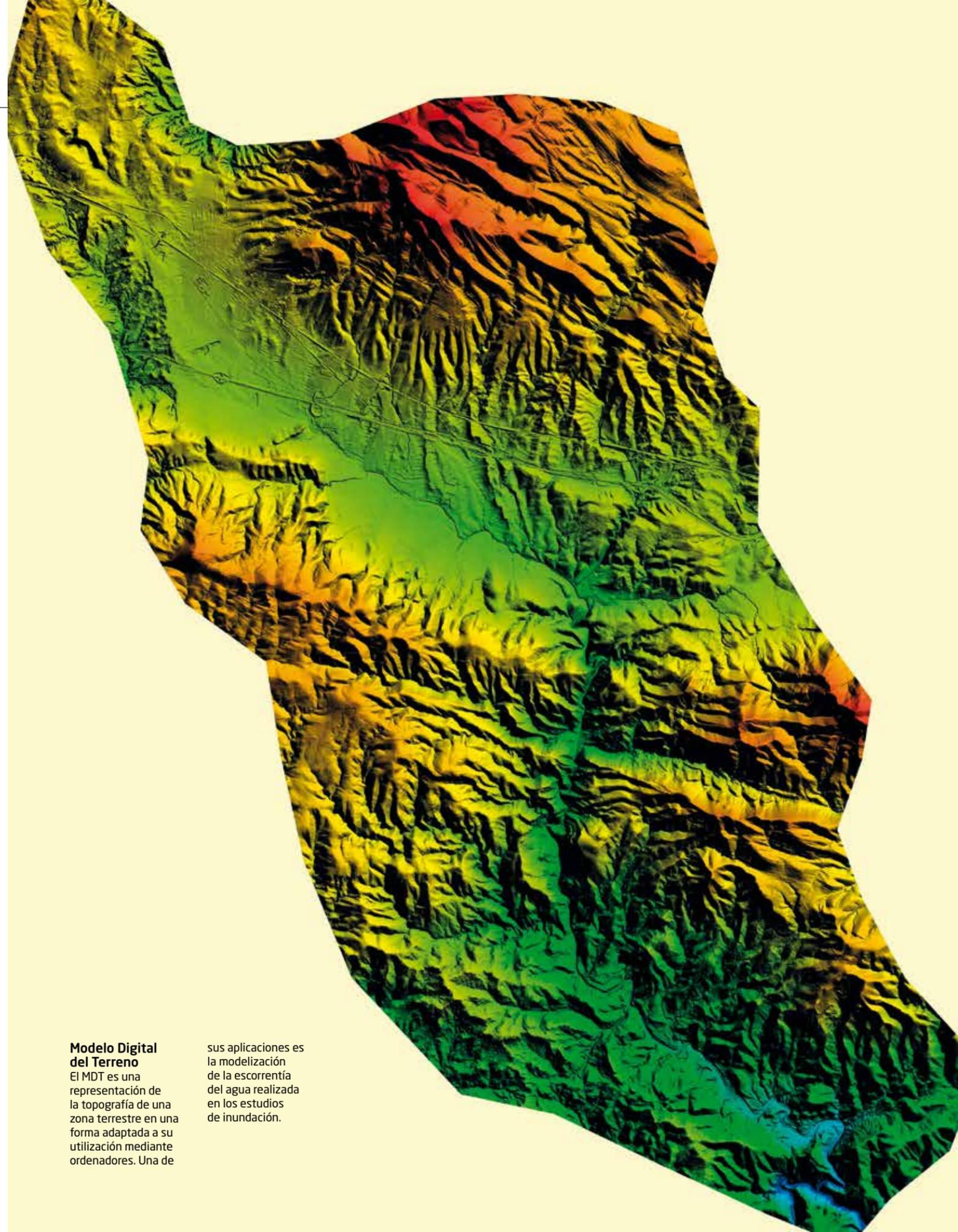
Para conseguir la mejora de la red de drenaje se requiere redactar un estudio hidrológico utilizando modelos hidráulicos bidimensionales, mediante la aplicación de lluvia neta (asociada a los periodos de retorno de 100 y 500 años) y el análisis conjunto del sistema de drenaje transversal y longitudinal.

Los modelos permiten estudiar el comportamiento del flujo en intercuenas y zonas de llanura, así como la altura de la lámina de agua en cualquier punto. Las simulaciones contemplan el efecto de la laminación de avenidas aguas arriba de las obras y el efecto presa de los obstáculos existentes aguas abajo. Además, se puede comprobar la velocidad del flujo y detectar zonas con riesgo de erosión.

## METODOLOGÍA

En primer lugar, se recopila información del trazado y del sistema de drenaje para realizar un inventario de las obras de paso. Se consultan las inspecciones existentes y las incidencias

LA MAGNITUD DE LAS LLUVIAS, LA ESCASA PENDIENTE DEL TERRENO, LA BAJA COTA DE LAS VÍAS Y LA INSUFICIENCIA DE LOS ELEMENTOS DE DRENAJE SON FACTORES QUE PUEDEN DAR LUGAR A INCIDENCIAS EN LA PLATAFORMA FERROVIARIA



## Modelo Digital del Terreno

El MDT es una representación de la topografía de una zona terrestre en una forma adaptada a su utilización mediante ordenadores. Una de

sus aplicaciones es la modelización de la escorrentía del agua realizada en los estudios de inundación.

SE CLASIFICAN LOS TRAMOS DE LA LÍNEA EN FUNCIÓN DEL RIESGO, DELIMITANDO LAS ZONAS POTENCIALMENTE INUNDABLES. ASÍ, SE OBTIENEN LOS PLANOS DE TRAMIFICACIÓN DEL RIESGO POTENCIAL DE INUNDACIÓN Y LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CADA EJE SE PLASMAN EN UN INFORME

registradas. Se realiza un análisis hidrogeomorfológico de la traza que permita una selección de los tramos a estudiar con los modelos bidimensionales, a la vez que se clasifican estos en función de su prioridad.

A continuación, se prepara el Modelo Digital del Terreno (MDT), para lo que se une el modelo con paso de malla de 5 m (datos del vuelo LIDAR del PNOA) con la topografía escala 1:1.000 de la traza de la línea. Así, se obtiene un MDT único con paso de malla de 2 m, que incorpora las aperturas del terreno propias de las grandes obras de paso del tramo de línea a estudiar y de otras infraestructuras próximas.

Paralelamente, las precipitaciones en cada uno de los tramos se obtienen de la publicación 'Máximas lluvias diarias en la España Peninsular' de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, del año 1999. La intensidad de la precipitación en función de la duración de esta se calcula mediante las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) de la Agencia Española de Meteorología, la AEMET. Para la obtención de la lluvia neta se considera, además de las precipitaciones, la retención del terreno con los datos de la capa SIG del Umbral de Escorrentía suministrada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente a través de su proyecto CAUMAX.

El siguiente paso es generar el modelo bidimensional con el programa Infoworks ICM. El modelo define el terreno mediante un mallado triangular a partir de los datos del MDT, utilizando líneas de rotura que marcan las principales trazas de los taludes de la plataforma, zonas con distinto tamaño de malla (más fino en torno a la plataforma) y polígonos con diferentes rugosidades del terreno. El modelo incluye además otros elementos, entre los que destacan las pequeñas obras de drenaje, que simulan el flujo de forma unidimensional. Una vez validado, pueden cargarse los datos de lluvia y realizar las simulaciones en ICM.

#### RESULTADOS DE LOS MODELOS BIDIMENSIONALES

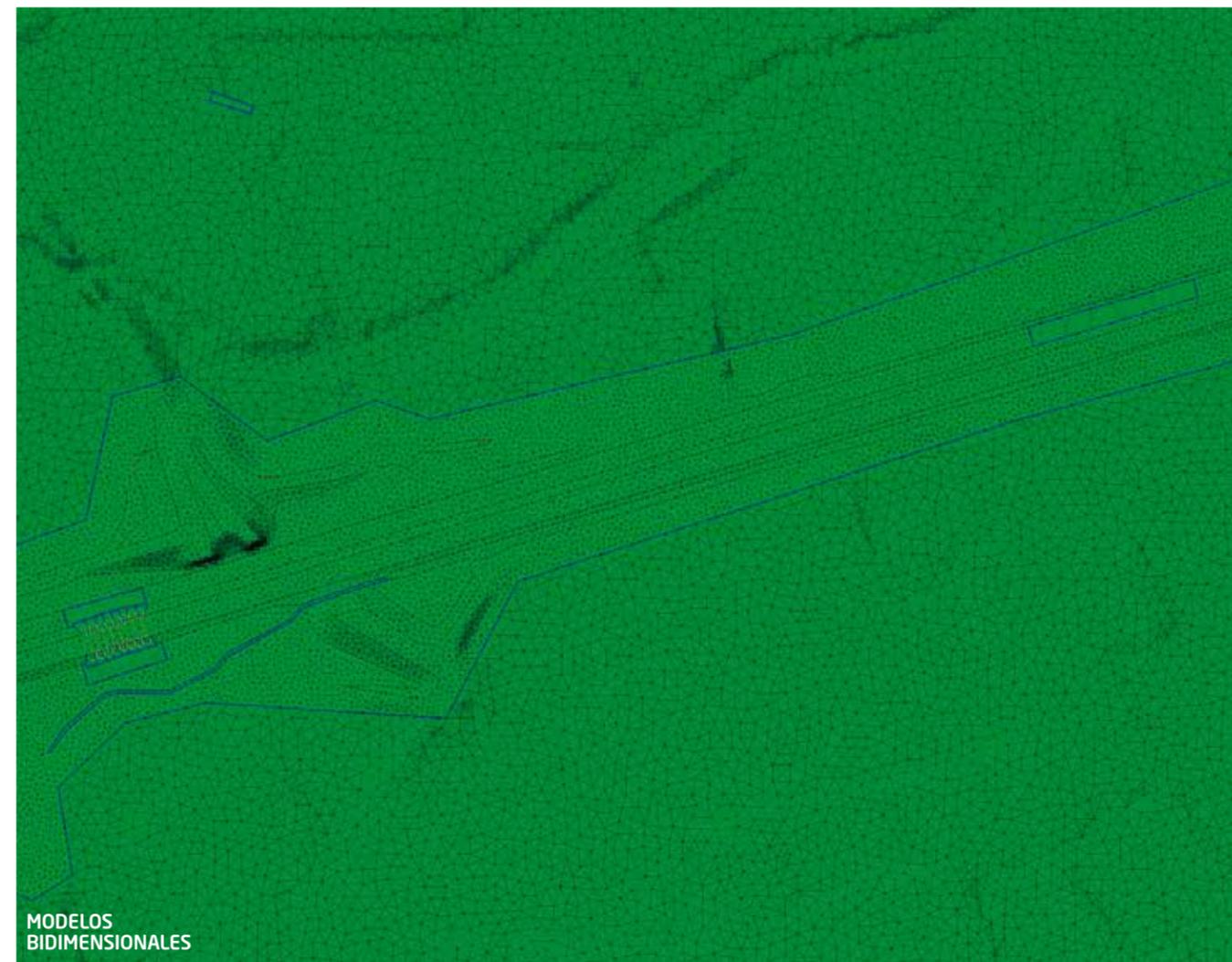
En primer lugar, se simulan seis episodios de lluvia correspondientes al periodo de retorno 500 años, cuya duración está relacionada con el tiempo de concentración de la cuenca más importante. Una vez realizadas las simulaciones, se comprueba si la plataforma resulta afectada.

Si no hay afección, el proceso termina y el tramo sería de riesgo bajo. En caso contrario, habría que simular los mismos episodios de lluvia con el periodo de retorno 100 años. Si se afecta solo para T500, se considera riesgo medio. Si también lo está para T100, el riesgo es alto.

Según el criterio anterior se clasifican los tramos de la línea en función del riesgo, delimitando las zonas potencialmente inundables. Así, se obtienen los planos de tramificación del riesgo potencial de inundación. Los resultados del estudio de cada eje se plasman en un informe tipo memoria. En el conjunto de los cuatro ejes se han estudiado 2.351 km de traza y se han realizado 89 modelos 2D, con una longitud total de 810 km.

Por último, se propone un plan de actuaciones para todos los tramos con riesgo alto y para los tramos con riesgo medio asociados a estos. Se recomienda analizar los modelos 2D, identificar los datos complementarios necesarios (fotografías y topografía de detalle), inspeccionar la zona en campo, definir las soluciones apropiadas, realizar nuevas simulaciones y, en su caso, redactar los proyectos constructivos oportunos. Además, deben analizarse el resto de los tramos con riesgo medio para valorar la necesidad de llevar a cabo estas actuaciones en los mismos.

Por otro lado, conviene identificar otras líneas de alta velocidad que puedan entrar en explotación próximamente, evaluar la información disponible de incidencias, inventarios e inspecciones, la documentación de los proyectos as built y la disponibilidad de topografía (vuelos de la traza). ■



MODELOS BIDIMENSIONALES

► **Mallado 2D.** Los modelos bidimensionales utilizan un mallado obtenido a partir de los datos del MDT y que representa la topografía en forma

de prismas triangulares.

► **Inundación.** Los calados máximos registrados sobre el terreno en los episodios de lluvia estudiados pueden

visualizarse mediante *Shapes* que reflejan la inundación. ► **Riesgo.** Se clasifica la línea en tramos en función del riesgo potencial de inundación,

según las posibles afecciones a la plataforma en los periodos de retorno estudiados.





# Nuevas tecnologías en proyectos Big Data

*Big Data* es uno de los conceptos de moda en el panorama empresarial actual. Ha dejado de ser una promesa para convertirse en una realidad tanto a nivel tecnológico como económico. Solamente tenemos que observar la evolución en el crecimiento en la generación de la información a nivel mundial, donde en los últimos cinco años se ha generado el 90% de la información digital existente, para darnos cuenta de esta realidad.

Por **Jesús Vázquez**, ingeniero informático

CROSSING VALUES,  
SAMUEL BIANCHINI, 2008.  
1º Bienal de Arte Contemporáneo,  
Convento de los Jacobinos,  
Rennes (Francia),  
mayo-julio, 2008.

FOTO: SAMUEL BIANCHINI (ADAGP) HTTP://DISPOTHEQUE.ORG/ES/VALEURS-CROISEES

La previsión de crecimiento hasta el 2020 es de casi 40ZB (zettabyte, 10<sup>21</sup> bytes), la mayor parte generada por seres humanos, seguido por dispositivos físicos conectados a Internet. Otro indicador que nos permite constatar esta tendencia es que el mercado de la tecnología y analítica *Big Data* crece a razón del 20-30% anualmente, con un mercado mundial estimado en 50.000 millones de euros hasta 2018.

Pero no es solo el volumen de datos lo que hace característico al concepto *Big Data*. Tendemos a hacer la traducción y asociarlo al concepto de gran cantidad de información, pero como veremos más adelante, se deben dar más características para considerar un conjunto de datos como *Big Data*.

**DEFINICIÓN DE BIG DATA Y PROBLEMÁTICA ASOCIADA**

Podemos hablar de *Big Data* cuando se generan grandes cantidades de información (Volumen), de manera muy rápida (Velocidad), con tipos de datos heterogéneos (Variedad). A las clásicas tres características (las tres Vs), recientemente la industria ha empezado a añadir una cuarta, Veracidad. Dado que gran parte de la información se genera directamente por personas, es necesario dotar al origen de datos de la característica de veracidad. De nada nos sirve tener una fuente completa de datos que no es fiable.

En gran medida, el auge de las tecnologías *Big Data* ha venido de la mano de las redes sociales, en cuanto al volumen y variedad de datos, y del sector del marketing en cuanto a las posibilidades de poner en valor toda la información que se está generando. La banca es otro de los sectores clásicos de generación y explotación de *Big Data*. El estudio de la

información de usos y costumbres que se pueden obtener de la información bancaria permite desde diseñar productos adaptados al cliente, a predecir comportamientos, como impagos, en base a la correlación de la información disponible. También las ingenierías empiezan a identificar casos de uso donde la capacidad de análisis de *Big Data* supone una ventaja competitiva.

Por último, cabe destacar el ámbito de IoT (*Internet of Things*) y las *Smart Cities*. El concepto *Smart City* implica un uso intensivo de las tecnologías de la información para recoger y procesar la información que genera la ciudad basada en los sensores desplegados u otros orígenes de datos como pueden ser cámaras de tráfico o cualquier otra fuente de información no estructurada.

LAS CUATRO CARACTERÍSTICAS QUE DEBE CUMPLIR LA INFORMACIÓN PARA QUE SE IDENTIFIQUE CON EL CONCEPTO *BIG DATA* SON: VOLUMEN, VELOCIDAD, VARIEDAD Y VERACIDAD

**LA ORIENTACIÓN DE LA INDUSTRIA**

Los proyectos *Big Data* no pueden ser abordados de forma eficiente con las tecnologías tradicionales. Las necesidades de almacenamiento y explotación de tal cantidad de datos, con sus características de velocidad y heterogeneidad, ha obligado a la industria a diseñar nuevas tecnologías que permitan trabajar con información en tiempo real, y con las características de volumen y variedad de datos anteriormente mencionados.

Entre los diferentes paradigmas que presenta la industria para acometer proyectos *Big Data* podemos destacar las tecnologías *In-Memory* (IMDB) y los Sistemas Distribuidos. La tecnología *In-Memory* permite cargar toda la información con la que se necesita trabajar en memoria, donde el procesamiento es mucho más rápido. Por otro lado, las soluciones basadas en sistemas distri-

buidos se orientan al procesamiento paralelo, permitiendo descomponer y resolver un problema complejo usando diferentes máquinas que se encargan de resolver cada parte del problema original. Esta descomposición permite utilizar ordenadores económicos, pero que en conjunto componen una gran plataforma de procesamiento. A esta tendencia ha ayudado la aparición de soluciones *Open Source* como Hadoop o Storm.

Por otro lado, existe una tendencia de implementar las plataformas *Big Data* usando servicios en la nube (*cloud*). El problema que se plantea en los proyectos *Big Data* es el dimensionamiento y la escalabilidad (capacidad de crecimiento) de la infraestructura. Por este motivo, este tipo de proyectos necesitan disponer de una infraestructura que sea elástica, y que permita ampliar o disminuir los recursos disponibles basándose en los requerimientos que dispongamos en cada momento.

Las soluciones basadas en servicios en la nube se van a imponer a la contratación de la infraestructura privada (*on premise*), ya que permite a las empresas liberarse de las tareas de instalación y mantenimiento de la infraestructura, para centrarse en tareas que aporten valor al proyecto. Ya no hablamos de adquirir máquinas (virtuales o físicas) donde hemos instalado y configurado nuestra propia solución, sino de utilizar los servicios que necesitamos en cada momento, pagando solo por el tiempo de procesamiento y por el almacenamiento. Por ejemplo, si necesitamos un servicio de aprendizaje automático, donde poder definir un algoritmo de predicción que trabaje con nuestra propia información, basta con contratar el servicio en la nube y pagar solo por el tiempo de uso.

**LO QUE ESCONDE EL BIG DATA**

Una vez que tenemos esta ingente cantidad de datos, ¿cómo generamos valor a partir de nuestra información? Existe el error de pensar que los proyectos *Big Data* consisten en almacenar la información existente y aplicar tecnología más o menos compleja para analizar qué es lo que podemos obtener. Un proyecto *Big Data* debe comenzar antes de empezar a recopilar la información. Es necesario tener claro los objetivos que motivan el proyecto, qué tipo de información necesitamos y plantear todos los condicionantes implicados en la recolección y procesamiento de la misma.

A diferencia de la tecnología *Big Data*, los sistemas clásicos de inteligencia de negocio (*Business Intelligence*) se basan en la consolidación de la información que nos permita realizar operaciones con esos datos precalculados. El nuevo paradigma de *Big Data* nos obliga, por un lado, a tener la capacidad de analizar el flujo de información en tiempo real, y por otro, almacenar la información en bruto. Por ejemplo, en el caso de sensores de temperatura, necesitamos registrar todas las medidas que ha generado el sensor. No es suficiente con manejar la temperatura media por día, ya que al disponer de la información agregada no nos permite analizar el detalle para poder llegar a predecir el comportamiento de los parámetros o identificar patrones de comportamiento. Es decir, necesitamos poder almacenar y analizar la información en el estado original, o con nivel de granularidad mucho menor que en los sistemas analíticos tradicionales.

**BIG DATA EN LA INGENIERÍA**

Los campos de aplicación son muy amplios, desde las soluciones para *Smart Cities* hasta las técnicas de aprendizaje automático para actividades de mantenimiento predictivo. En Ineco somos conscientes de la importancia y posibilidades que tienen las tecnologías de *Big Data* en el campo de la ingeniería. Por ese motivo, la subdirección de Tecnologías de la Información estudia y explota las características de *Big Data* en diferentes ámbitos. En el caso de las *Smart Cities* trabajamos en diferentes campos, donde podemos destacar la plataforma *Smart CityNECO*, para la integración de la información de los diferentes servicios de la ciudad (movilidad, medio ambiente, etc.)

UN PROYECTO *BIG DATA* DEBE TENER CLARO LOS OBJETIVOS, QUÉ TIPO DE INFORMACIÓN NECESITAMOS Y PLANTEAR LOS CONDICIONANTES IMPLICADOS EN LA RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA MISMA

permitiendo la correcta gestión basada en los cuadros de mando de los diferentes servicios que proporciona la ciudad. Por otro lado, también dentro de ámbito de las *Smart Cities*, pero más concretamente en el vertical de movilidad (*Smart Mobility*), Ineco trabaja en el estudio y optimización de la movilidad en las ciudades, creando entornos de simulación y predicción en tiempo real que permitan determinar los parámetros óptimos de regulación de la movilidad en las diferentes áreas de la ciudad. Esta solución se basa en la integración de los modelos de simulación, así como en técnicas de aprendizaje automático, trabajando con la información en tiempo real del estado de la movilidad en la ciudad.

Dentro del ámbito de mantenimiento de infraestructuras, el mantenimiento predictivo se basa en prever el problema antes de que este se produzca o de que se pierdan las condiciones

óptimas en su estado. De esta forma, alargamos los tiempos entre actuaciones de mantenimiento, mejorando la disponibilidad a la vez que se ahorra en costes. En este campo, desarrollamos técnicas predictivas a partir de mediciones de diferentes parámetros gracias al establecimiento de sensores, que permitan establecer una relación con su ciclo de vida. La diferencia con las técnicas tradicionales radica en combinar toda la información del estado, sus características, la explotación, así como condiciones medioambientales de una forma automática.

Dentro de la actividad de foros y encuestas de movilidad, Ineco trabaja en una plataforma de encuestas con dispositivos móviles, que permite la recopilación de toda la información relevante para este tipo de estudios, entre las que se encuentran las respuestas que proporciona el usuario, la información de ubicación proporcionada por el GPS, etc. Además, sobre las contestaciones que se realizan en lenguaje natural, podemos realizar lo que se denomina 'Análisis de Sentimiento' (minería de opinión) lo cual nos permite identificar la actitud del interlocutor con respecto a un tema.

Por otro lado, no podemos olvidar que *Big Data* no solo contempla información alfanumérica. Por ese motivo, otro de los campos de investigación se centra en el tratamiento de imágenes. El objetivo es la localización de defectos u objetos de una forma automatizada.

En conclusión, estamos sufriendo una transformación digital, que unida a las capacidades de interconexión, está aumentando exponencialmente la cantidad de información generada. Nos encontramos en la 'Era del Dato' y las capacidades de análisis de esa información va a marcar la diferencia en todos los ámbitos empresariales. ■

# Una estación en altura con geometría peculiar

La estación Jardines de Hércules, situada al sur de Sevilla, en el distrito de Bellavista, entró en servicio hace pocos meses para atender a un vecindario que agrupa a cerca de 20.000 habitantes. Con un vestíbulo en alto y estructuras facetadas de metal, destaca por la originalidad de su diseño y la complejidad en la ejecución de la obra, ambos trabajos realizados por Ineco para Renfe.

Por **Marisa Guillamot** y **Cristina Palmero**, arquitectas y **Francisco R. Montón**, ingeniero de caminos y director de la obra

El apeadero debe su nombre a la nueva urbanización Los Jardines de Hércules, un conjunto de 2.000 viviendas de reciente construcción a 9 kilómetros al sur de Sevilla. Con la puesta en servicio de esta estación de la línea C1, ubicada en la línea ferroviaria Sevilla-Cádiz, los usuarios ya pueden llegar al centro de Sevilla en apenas 10 minutos.

Las nuevas instalaciones se sitúan al norte de la antigua estación de La Salud, y en ellas prestan servicio cada día 120 trenes de cercanías de las líneas C1 y C5, que favorecen una comunicación fluida y rápida con el centro de Sevilla, desde cuya estación -Sevilla-Santa Justa- los viajeros pueden enlazar con el resto de servicios de Renfe (líneas de cercanías, trenes de media distancia y AVE).

Ineco ha llevado a cabo la redacción del proyecto constructivo y el conjunto de los trabajos inherentes a la dirección de obra y coordinación de seguridad y salud, que incluyen los elementos de la estación elevada y su acceso, la zona de marquesinas y andenes y el edificio de servicios técnicos. Su peculiar diseño, que ubica los accesos y el vestíbulo de la estación sobre una pasarela con la forma de un tubo espacial irregular, ha requerido un complejo trabajo de ejecución

y dirección. Gracias a su geometría tan singular se consiguió no modificar el trazado ferroviario ni sus infraestructuras básicas lo que ha permitido mantener el servicio continuo de pasajeros y mercancías a lo largo de toda la ejecución del apeadero.

El acceso al vestíbulo se realiza a través de puertas automáticas con mecanismo de telecontrol y está provisto de climatización. El vestíbulo contiene las máquinas de autoventa, los tornos de control de acceso de ancho especial y el mobiliario y la señalética. El estado de partida para su diseño contempla unas condiciones del entorno muy limitadoras en relación a una estructura, forma, dimensiones y opacidades ya predeterminadas. A partir de esta estructura regular empieza el "juego" de dislocar sus nudos estructurales, tanto vertical como horizontalmente, hasta alcanzar un equilibrio de todo el conjunto, resultando un armazón estructural irregular y facetado en triángulos.

Esta peculiar geometría de la pasarela se desarrolla a lo largo de un eje transversal sobre las vías del tren. El espacio cuenta con un área cerrada y cubierta -donde se

## OBRAS COMPLEJAS SIN CORTES EN EL SERVICIO FERROVIARIO

Gracias a la geometría tan singular de la estación, se consiguió no modificar el trazado ferroviario ni sus infraestructuras básicas, lo que permitió mantener el servicio continuo de pasajeros y mercancías a lo largo de toda la ejecución del apeadero. El proceso fue el siguiente:

- ▶ Mecanización del modelo de pasarela para permitir el transporte del conjunto hasta la zona de obra en los segmentos de mayor dimensión.
- ▶ Montaje posterior de las dos secciones previstas, para ser izadas como unidades independientes.
- ▶ Izado del primer tramo, sobre vías generales, de 20 metros de longitud a una altura sobre vía de 7,50 metros, mediante dos grúas de gran tonelaje.
- ▶ Izado del segundo tramo sobre vía del puerto de 29 metros de longitud, a la misma cota de asiento, mediante dos grúas de gran tonelaje.
- ▶ Unión de ambos tramos, ejecución de refuerzos y ejecución de forjado de paso.

INECO HA LLEVADO A CABO LA REDACCIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO Y LOS TRABAJOS INHERENTES A LA DIRECCIÓN DE OBRA Y COORDINACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD

## CONSTRUCCIÓN

Ha sido especialmente complicado realizar las uniones de los perfiles que conforman las estructuras de la pasarela, castilletes y escaleras. Finalmente se han resuelto de forma mixta mediante uniones soldadas y uniones atornilladas, según el nudo y su dificultad de ejecución. En la imagen inferior, el izado y colocación del primero de los dos tramos que conforman la pasarela del apeadero.





La estación cuenta con dos andenes cubiertos por marquesinas a los que se accede a través de los ascensores y escaleras desde la planta superior. En la imagen inferior, una vista aérea de la estación donde se aprecia su volumen irregular y facetado triangularmente, con la zona más ancha (6,5 m) en el vestíbulo. La estación ha sido diseñada con un lado semicurvo y su lado sur cuenta con mayor protección de la luz solar.

## EL DISEÑO Y DEFINICIÓN DE UN VOLUMEN TAN COMPLEJO EN TAN BREVE ESPACIO DE TIEMPO FUE POSIBLE GRACIAS AL USO DE UNA HERRAMIENTA BIM

ubica el vestíbulo- y de otra zona abierta y cubierta, que se dirige a la zona del desembarco del acceso y de conexión con los dos andenes. Por ello, tiene una forma geométricamente

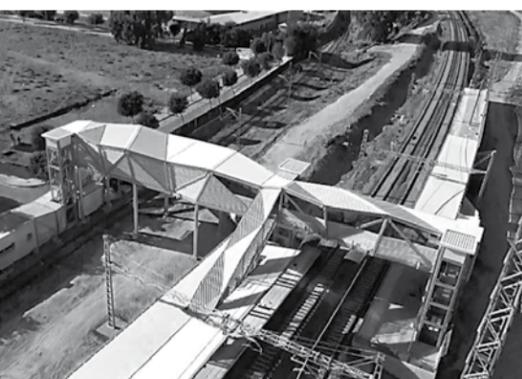
desigual, más ancha en la zona del vestíbulo. La pasarela se apoya verticalmente en los castilletes de los ascensores y en los pilares intermedios. Estos castilletes son, además, los apoyos horizontales de la estructura frente a las cargas de viento y sismo.

El flujo de trabajo se desarrolló en torno a un modelo BIM que, inicialmente, sirvió como herramienta proyectual con una gran rapidez en la ejecución de alternativas de diseño diferentes, posteriormente para ayudar a los consultores externos en el cálculo y dimensionado de la estructura, y finalmente para el desarrollo constructivo y su documentación. Este modelo BIM fue realizado con el programa Revit aprovechando la experiencia de la compañía en BIM hasta esa fecha (nuevo aeropuerto internacional de Odesa, estación de Elche, etc.), lo que facilitó la concepción del diseño y su desarrollo en un espacio de tiempo muy

breve, apenas dos meses. El diseño y definición de un volumen tan complejo en tan breve espacio de tiempo fue posible gracias al uso de una herramienta BIM.

Las caras laterales y el techo de la pasarela cuentan con diagonales, por lo que funcionan como celosías con elementos trabajando principalmente a tracción-compresión. La cara inferior, por tener que resolver a la vez la estructura del piso y el comportamiento global a flexión, se ha resuelto con elementos paralelos entre sí y cuasi perpendiculares a los cordones inferiores, formando una viga Vierendeel irregular. La estructura del forjado del piso de la pasarela se ha construido con un forjado de hormigón armado sobre una chapa grecada, que funciona como encofrado perdido. La estructura de los castilletes de los ascensores consiste en una celosía espacial formada por elementos tubulares de sección cuadrada. Resiste las cargas del propio ascensor, así como las que le transmite la pasarela.

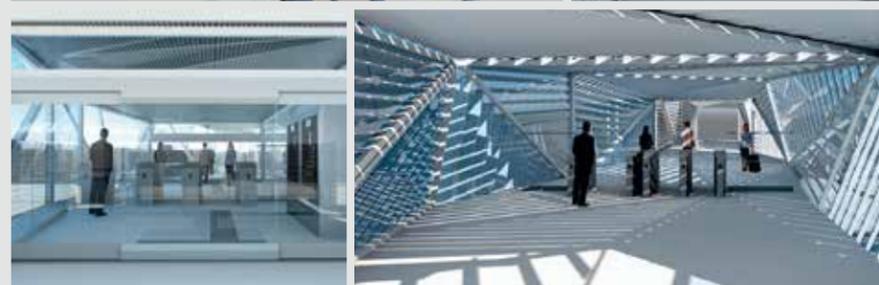
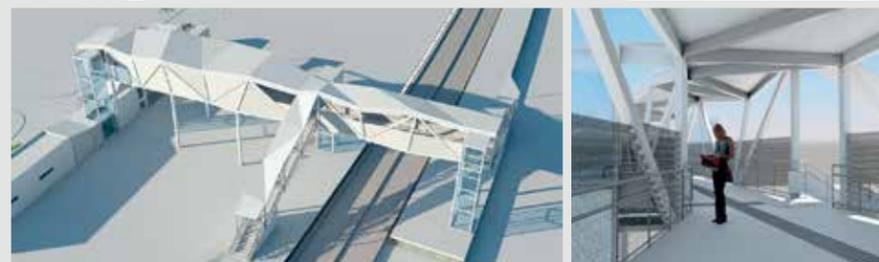
En accesos, pasarela y desembarcos, se han instalado soluciones accesibles a la movilidad en sus acabados con la inclusión de encaminamientos podotáctiles conforme a norma vigente y especificaciones técnicas de Renfe. ■



## EXPERIENCIA EN BIM

Por Cristina Palmero, arquitecta y coordinadora BIM

Ineco lleva años apostando por el desarrollo de proyectos en el entorno BIM (*Building Information Modeling*), desde la realización de trabajos sencillos como en el caso de esta estación, diseñada con la herramienta Revit, hasta grandes y complejos proyectos y obras de edificación aeroportuaria, proyectos lineales, ferroviarios y de edificación. Entre sus muchas ventajas, el trabajo con herramientas BIM permite en cada proyecto la integración total de la arquitectura, la estructura y las instalaciones; además de ofrecer distintas alternativas de materiales, diseños y acabados, calcular sus costes, hacer simulaciones de su construcción incluyendo la seguridad y salud, y optar por la mejor solución técnica y estética en un plazo de tiempo muy rápido y en un entorno colaborativo. Desde el inicio del proyecto hasta la ejecución de la obra y su posterior mantenimiento, el acceso de todos los profesionales implicados a la última versión y a su histórico facilita la coordinación de las disciplinas, la solución de conflictos y su correcta gestión presupuestaria.



### PASARELA DE LA ESTACIÓN JARDINES DE HÉRCULES DISEÑADA CON REVIT

La irregularidad volumétrica y estructural de la pasarela, así como sus diversas alternativas, fueron estudiadas gracias a su modelado en Revit, permitiendo a su vez, reaccionar muy rápidamente ante cambios e imprevistos del proyecto.

### PROYECTOS EN LOS QUE INECO HA TRABAJADO CON BIM:

1. Edificio terminal del aeropuerto de Odesa, Ucrania.
2. Puesta en marcha del nuevo edificio terminal del aeropuerto de Abu Dabi.
3. Ampliación de la zona de facturación del aeropuerto de Isla de Sal, Cabo Verde.
4. Ampliación del terminal del aeropuerto de Boavista, Cabo Verde.
5. Terminal y SEI del aeropuerto de San Nicolás, Cabo Verde.
6. Nudo ferroviario *Delta Junction*, línea de alta velocidad (HS2) entre Londres y Birmingham, Reino Unido.
7. Edificio terminal del aeropuerto internacional de Simferópol, Rusia.
8. Nuevo terminal internacional y reforma del existente en el aeropuerto Alfonso Bonilla, Colombia.
9. Terminal de carga de la Isla de Boavista, Cabo Verde.
10. Caseta de reguladores en el aeropuerto de Ibiza, España.
11. Nueva estación de alta velocidad de Elche, España.
12. Remodelación de la estación de San Bernardo, Sevilla, España.
13. Nuevo vestíbulo de la estación de Barakaldo, España.
14. Nuevo intercambiador de Urbinaga, Bilbao, España.
15. Nuevo edificio de viajeros de la estación de Torredembarra, España.
16. Estación de Torrelavega, España.
17. Aeropuerto de Cali, Colombia.
18. Edificio radar. Aeropuerto de Alicante, España.
19. Hangares. Aeropuerto de Córdoba, España.
20. Radar meteorológico. Tenerife, España.
21. Halconera del aeropuerto de A Coruña, España.
22. Propuesta de la nueva sede de ASA, Cabo Verde.
23. Nuevo edificio de bomberos en el aeropuerto de Ibiza, España.
24. Envoltorio de la estación de Sants, España.
25. Estación de San Andreu Comtal, Barcelona, España.
26. Estación de Antequera, España.
27. *Master Plan* del nuevo aeropuerto internacional de la región de Salah Aldeen, Irak.
28. Desarrollo de los aeropuertos regionales de Brasil.
29. Caseta de control del aeropuerto de León, España.
30. Acceso norte al edificio terminal del aeropuerto de Gibraltar, España.
31. Actuaciones en planta de Salidas del aeropuerto de Lanzarote, España.
32. Remodelación de las zonas comerciales de la estación de Chamartín, Madrid, España.

01

**INTERNET Y REDES SOCIALES.**  
 Todos los itinerarios se describen con detalle en la web [viasverdes.com](http://viasverdes.com). También se ofrecen mapas, guías de viaje y avisos de posibles incidencias; así como en redes sociales (Facebook, con más de 30.000 seguidores y Twitter, con más de 3.500), y en el canal YouTube 'Vive la vía'.

FOTO: CELES PELLEGRINI (FLICKR)

# Caminos para (no) perderse

Lo que en su día fueron líneas ferroviarias sin uso o a medio construir, hoy son 2.400 kilómetros de caminos rehabilitados para ocio activo, que ofrecen una forma diferente de conocer la diversidad del patrimonio natural, cultural e industrial español.

Redacción **ITRANSORTE**

A finales del siglo XIX, la construcción de un ferrocarril minero en Burgos pronto resultó un fracaso económico, pero durante las obras se descubrieron los que hoy figuran entre los yacimientos arqueológicos más importantes de Europa: los de la sierra de Atapuerca (03). Gran parte de la antigua trinchera ferroviaria es desde 2004 una vía verde: una ecosenida señalizada, equipada y cerrada al tráfico motorizado acondicionada para caminantes y ciclistas. Sus 54 kilómetros forman parte de un conjunto de caminos naturales que, bajo la marca registrada 'Vías Verdes', suma actualmente 117 itinerarios por toda España y más de 2.400 kilómetros, que a finales de 2016 serán unos 200 más. Todos y cada uno se han construido sobre antiguas vías ferroviarias en desuso, lo que en la práctica significa que por su trazado y altimetría son idóneas para todo tipo de usuarios, incluyendo niños, mayores y personas con movilidad reducida. Cuando arrancó el programa, hace ya 23 años, en España había 7.600 kilómetros de vías fuera de servicio, de las que un tercio ya se han recuperado para este nuevo uso.

Castellón y Valencia, una antigua ruta minera de 160 kilómetros; o la del Noroeste en Murcia (76 km). Incluso la isla de Mallorca dispone de una vía verde, la de Manacor-Artá (29 km), desde la que se puede llegar a la playa de Cala Millor por un carril-bici.

## PATRIMONIO CULTURAL Y NATURAL

Andalucía ofrece una de las vías verdes más largas de España, la del Aceite, que atraviesa Córdoba y Jaén por un paisaje de olivares a lo largo de 128 kilómetros. En el interior del país destacan por su longitud –en torno al medio centenar de kilómetros– las vías verdes de Alcaraz, en Albacete, de la Jara, en Toledo, del Tajuña, en Madrid, o del Eresma, en Segovia. Esta última ofrece también el atractivo añadido de la visita al conjunto monumental de la ciudad y su acueducto romano, patrimonio de la Humanidad. Pero no es la única vía verde próxima a ciudades de interés turístico: la de Itálica, de 2,75 kilómetros, permite visitar Sevilla; la del F. C. Santander-Mediterráneo (14 km) se acerca a Burgos y su catedral, jo-

06

FOTO: VÍAS VERDES

## TESOROS VIVOS

La fauna ibérica es otro tesoro natural que las vías verdes ponen al alcance de los usuarios. Así, por ejemplo, en la de Préjano, La Rioja, y en la de la Sierra, en Cádiz, se pueden observar buitres; en la de la Jara (06) se encuentra el centro de recuperación de aves rapaces más antiguo de España; y en Asturias, la Casa del Oso (05) (VV de la senda del Oso) ubicada en Proaza, dedicada a la conservación del oso pardo cantábrico.



02

FOTO: VÍAS VERDES



03



04



05

FOTO: WWW.OSODEASTURIAS.ES/FUNDACION-OSO

## DE NORTE A SUR

Recorrer las diferentes vías verdes permite disfrutar de la gran variedad de paisajes y entornos naturales del país, tanto de interior como de costa. Así, por ejemplo, las rutas del Pas, en Cantabria, o las vasco-navarras del Bidasoa, del Plazaola o del ferrocarril vasco-navarro (01) (86,2 km), atraviesan algunos de los paisajes más emblemáticos del norte de España, con frondosos bosques atlánticos de hayas y robles.

La vía verde del Piquillo y su continuación por el Paseo Itsasur, entre la localidad cántabra de Ontón y la vizcaína de Muskiz, es un recorrido único de algo más de 4 kilómetros en total bordeando acantilados –eso sí, adecuadamente vallados– que ofrecen panorámicas espectaculares de la costa. En la franja mediterránea se pueden encontrar itinerarios desde Cataluña (red de VV de Girona, 125 kilómetros en total) a Levante, como las vías de Ojos Negros (02), entre

ya del gótico español; la del Corredor Oliver-Valdefierro (2,6 km), a la ciudad de Zaragoza; y en Cataluña, la ruta del Carrilet termina en el casco antiguo de la ciudad de Girona.

Quienes prefieran sumergirse en la historia pueden visitar castillos medievales como el de Valencia de Don Juan, en León (VV del Esla, 11 km); el de Bélmez, en Córdoba (VV de la Maquinilla, 8 km); o el de Biar (04), en Alicante (VV del Xixarra). En la vía verde del Eo (12 km), entre Asturias y Galicia, se encuentran varios castros y dólmenes prehistóricos, y en la ruta de los Molinos de Agua, en Huelva (33,2 km), minas y restos de calzadas romanas y monumentos megalíticos como el Dolmen de Soto. En la vía verde del Pas, destacan las cuevas prehistóricas de Puente Viesgo y en Granada, en la localidad de Baza, en la vía verde del mismo nombre, su conjunto histórico monumental y su museo arqueológico con vestigios iberos. ■

## MÁS DE UN MILLÓN DE USUARIOS

El programa español de Vías Verdes, con más de un millón de usuarios al año, ha recibido multitud de premios, entre ellos, varias distinciones de la ONU y otra de la Organización Mundial del Turismo. El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente es el principal inversor y la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (FFE), se encarga de la coordinación y promoción, con el respaldo de Adif, el administrador de infraestructuras ferroviarias estatal. También colaboran municipios, gobiernos regionales y diversos colectivos ciudadanos. Para 2016, se prevé abrir nuevas rutas como las antiguas líneas de ferrocarril Santander-Mediterráneo, Baeza-Utiel, Vía de la Plata (F. C. Plasencia-Astorga) y F. C. Guadix-Almendricos.

# Experiencia, competitividad y tecnología al servicio de la sociedad

Ineco cuenta con una larga experiencia en ingeniería del transporte: más de 45 años trabajando en la planificación, diseño, gestión, operación y mantenimiento de aeropuertos, líneas ferroviarias, carreteras, puertos y transporte urbano en el mundo.

**I**neco es la ingeniería y consultoría global referente en infraestructuras. Presente en más de 50 países, cuenta con un equipo experto de 2.500 profesionales y contribuye, desde hace más de 45 años, al desarrollo de proyectos en todos los ámbitos del transporte: planificación, aeropuertos, navegación aérea, ferroviario, transporte urbano y puertos. Su actividad se extiende al sector del medio ambiente, y a la arquitectura y la edificación.

Ineco ofrece soluciones integrales en todas las fases de un proyecto, desde los estudios previos de viabilidad hasta la puesta en servicio, incluyendo la mejora de los procesos de gestión, operación y mantenimiento.

Su alta capacidad tecnológica le permite aportar los desarrollos más avanzados e innovadores, tanto para el sector público como para el privado, en cualquier parte del mundo. ■

## MODOS



## INECO EN EL MUNDO

### ÁFRICA

Angola  
Argelia  
Cabo Verde  
Egipto  
Etiopía  
Kenia  
Malí  
Marruecos

### AMÉRICA

Argentina  
Bolivia  
Brasil  
Chile  
Colombia  
Costa Rica  
Ecuador  
El Salvador

### ASIA

Jamaica  
México  
Nicaragua  
Panamá  
Perú  
Venezuela

### EUROPA

Arabia Saudí  
Catar  
China  
EAU  
Filipinas  
India  
Irak  
Jordania  
Kazajistán

### OCEANÍA

Nueva Zelanda  
Samoa

## MÁS DE 50 PAÍSES

### ESPAÑA (SEDE SOCIAL)

Paseo de La Habana, 138  
28036 Madrid  
Tel.: +34 91 452 12 00  
Fax: +34 91 452 13 00  
info@ineco.com  
www.ineco.com

### ARABIA SAUDÍ / Yeda +34 91 788 05 80

**BRASIL / São Paulo +55 11 3287 5195**

**EAU / Abu Dabi +971 2 495 70 00**

**ECUADOR / Quito +59 39 7942 1220**

**KUWAIT / Kuwait City +965 6699 2395**

**MÉXICO / Ciudad de México +52 55 5547 4110 / 1915 / 2084**

**PANAMÁ / Panamá +507 66848892**

**PERÚ / Lima +51(1) 7105227**

**REINO UNIDO / Londres +44 78 27 51 84 31**

**SINGAPUR +65 6808 6044**



## PROYECTOS

- ▶ ORAT del aeropuerto de **Abu Dabi**
- ▶ *Project Management* de la ampliación del aeropuerto internacional de **Kuwait**
- ▶ Modernización de la red aeroportuaria y reorganización del espacio aéreo español. **España**
- ▶ Red de alta velocidad española. **España**
- ▶ Alta velocidad HS2. **Reino Unido**
- ▶ Alta velocidad La Meca-Medina. **Arabia Saudí**
- ▶ Líneas CPTM São Paulo. **Brasil**
- ▶ Agente Administrador Supervisor de la autopista de Guadalajara-Colima. **México**
- ▶ Plan Nacional Estratégico de Movilidad y Transporte de **Ecuador**
- ▶ Ampliación del aeropuerto internacional de Lima. **Perú**
- ▶ Despliegue del ERTMS en **Europa**
- ▶ Plan Director de Transporte Público de Mascate. **Omán**
- ▶ Plan Nacional de Gestión de Residuos 2016-2026. **Panamá**
- ▶ Plan Nacional de Riego y Drenaje de **Ecuador**
- ▶ Modernización de la línea ferroviaria Samsun-Kalın. **Turquía**
- ▶ Ampliaciones y mejora de las estaciones ferroviarias españolas. **España**
- ▶ Gestión del Programa de Infraestructuras de Transportes (PIT) y Plan Nacional de Transportes de **Costa Rica**
- ▶ Supervisión técnica de los nuevos trenes de Metro de Medellín. **Colombia**
- ▶ Línea 4 del tranvía de Tallín. **Estonia**
- ▶ Coordinación del tramo final del Rodoanel Mário Covas-Trecho Norte en São Paulo. **Brasil**



30 años generando segundas oportunidades de integración sociolaboral a los más vulnerables.

[www.nortejuven.org](http://www.nortejuven.org)

Ineco colabora con Norte Joven a través del programa "Hacia el Empleo", orientado a mejorar la integración laboral de jóvenes en situación de dificultad social en España.



# Tecnología en el aire

## Gestionamos la navegación aérea en España

en centros y torres de control  
con seguridad, calidad y eficiencia.

Nuestro **personal altamente  
cualificado** opera y mantiene  
equipos de última generación.

**ENAI**RE 



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

*Para que puedas llegar*