

# ITRANSPORTE

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



# 67

DIC19 | MAR20

## AERONÁUTICA Aena desembarca en Brasil

### + REPORTAJES

Construyendo el AVE a Galicia  
Espacio Renfe: Tecnología e innovación  
RONIN: Gestión de la seguridad vial  
CPTM: De China a São Paulo  
Seguridad para Panamá y el *Haramain*  
Marca España: Energía eólica

# 15

Ponte  
Boarding bridge

**Aena**

con los Objetivos de Desarrollo  
Sostenible de Naciones Unidas

**Rumbo al Desarrollo Sostenible**

Desarrollo

**Social**

Desarrollo

**Económico**

Sostenibilidad

**Medioambiental****EDITORIAL***Tendiendo puentes*

**C**on el contrato para la gestión de seis aeropuertos del nordeste de Brasil por 30 años, Aena Internacional afianza su liderazgo en el mundo y contribuye a tender nuevos puentes aéreos en un sector estratégico para el desarrollo del turismo y la economía del país, fortaleciendo a su vez las relaciones entre España y Brasil.

**Ineco, que ha prestado su apoyo técnico a Aena Internacional** durante todo el proceso de la concesión, continuará colaborando tanto en la transición operativa como en su fase posterior, robusteciendo así su ya larga trayectoria como consultora técnica en Brasil, país en el que se están llevando a cabo otros proyectos como la supervisión de los nuevos trenes para la red de Cercanías de São Paulo, del que publicamos un reportaje en este mismo número.

**Dentro también del ámbito internacional,** nuestra especialización ferroviaria nos ha llevado a distintos continentes, como contamos en el reportaje sobre la Evaluación Independiente de Seguridad (ISA) para la mejora del Metro de Ciudad de Panamá, así como los estudios de seguridad para la línea de alta velocidad entre la Meca y Medina, en Arabia Saudí.

**En el marco de nuestra actividad nacional,** las obras en la línea de alta velocidad a Galicia suponen también tender puentes, tanto en lo simbólico, por la importancia crucial de mejorar las conexiones con la comunidad autónoma gallega, como por la construcción real de grandes viaductos y otras obras singulares como las que se detallan en estas páginas en un tramo de gran complejidad técnica.

**También dedicamos espacio a la innovación** con la herramienta para la seguridad vial RONIN y con el desarrollo, por parte de Ineco, de un proyecto piloto usando la integración de tecnología BIM y GIS de forma pionera en el sector de las carreteras en España.

**Tender puentes entre la formación y el ejercicio de la profesión,** apostando por la puesta en valor y atracción del talento, nos ha llevado a impulsar, junto al Instituto de la Ingeniería de España, la primera edición del Concurso de Distinciones a la Excelencia en las Prácticas de Alumnado de Ingeniería. Se trata de un reconocimiento apoyado en un ciclo de enseñanzas teóricas y prácticas que va a permitir formar a los futuros ingenieros, contribuyendo a reforzar el prestigio de la ingeniería española.

**De igual manera, y dentro de nuestro inequívoco compromiso con la Agenda 2030,** tendemos puentes solidarios con los proyectos de voluntariado que desarrollamos en nuestra sección de RSC, en las que destacamos tres proyectos ya en marcha en India, Sudán del Sur y Haití. ■



“**Desde Ineco hemos desarrollado un proyecto piloto usando la integración de tecnología BIM y GIS de forma pionera en el sector de las carreteras en España**”

CARMEN LIBRERO  
Presidenta de Ineco

# SUMARIO

diciembre 2019 / marzo 2020



FOTO\_EUGENIO PÉREZ LUENGO / AENA

Aena Internacional gestionará seis aeropuertos **BRASIL** 12

## 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:** ISABEL ÁLVAREZ, LIDIA AMIGO, JOSÉ M<sup>a</sup> BERDOY, LUIS MIGUEL FERNÁNDEZ-FERRAGUT, RAFAEL HERRERA, BÁRBARA JIMÉNEZ-ALFARO, DANIEL LATORRE, ADRIÁN LÓPEZ, TATIANA MANCENIDO, RAFAEL MOLINA, ANA PELÁEZ, CELESTINO RODRÍGUEZ, JARA VALBUENA

**Diseño, maquetación, edición y web:** ESTUDIO 2729 | JUANJO JIMÉNEZ, ALMUDENA VALDECANTOS, TERESA COMPAIRÉ, JAVIER RODRÍGUEZ

**Imprime:** NILO GRÁFICA **Depósito Legal:** M-26791-2007

©Ineco. Todos los derechos reservados (2019-2020). Para la reproducción de artículos, por favor, contacten con la directora.

Para darse de baja de la suscripción impresa, enviar un correo a [itransporte@ineco.com](mailto:itransporte@ineco.com) con el asunto BAJA.

Síguenos:     



### 06 | NOTICIAS

Cityneco, en la Semana de la Ingeniería de Madrid y en SCEWC Barcelona

Ferrocarril entre Montevideo y Paso de los Toros

Ampliación de los trabajos en el aeropuerto de Newark

Plan director para el aeropuerto Ian Flemming

### 12 | GESTIÓN DE AEROPUERTOS

Aena desembarca en Brasil

### 18 | AVANCES EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD

Construyendo el AVE a Galicia

### 28 | NUEVA SALA EN LA ESTACIÓN DE GRANADA

Tecnología e innovación para el Espacio Renfe

### 30 | HERRAMIENTA PARA LA SEGURIDAD VIAL

Predecir para evitar accidentes

### 34 | SUPERVISIÓN DE MATERIAL RODANTE PARA CPTM

Desde China hasta São Paulo

### 38 | ESTUDIOS DE SEGURIDAD

Normas europeas para Panamá y el Haramain

### 42 | TRANSFORMACIÓN DIGITAL APLICADA EN PROYECTOS DE CARRETERAS

Integración BIM-GIS en la A-76

### 46 | PROGRAMA DE VOLUNTARIADO CORPORATIVO PROFESIONAL

Conocimientos técnicos al servicio de los más vulnerables

### 48 | MARCA ESPAÑA

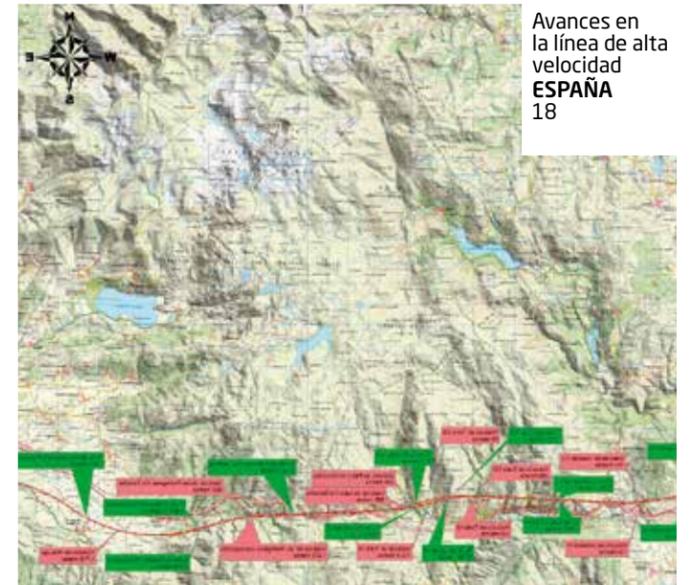
Energía eólica: No son gigantes... sino aerogeneradores

### 50 | LA ÚLTIMA

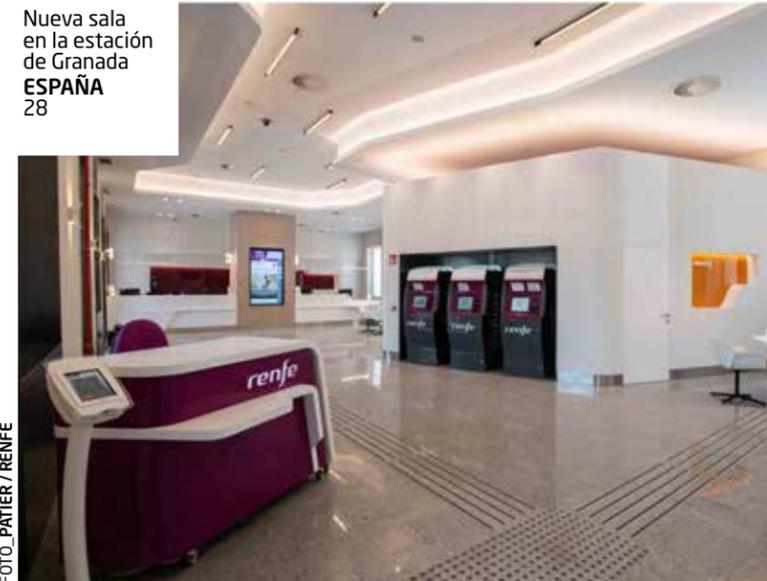
Jose María Llorente: Subdirector de Licitaciones



PORTADA N° 67  
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE RECIFE-GUARARAPES, OFICIALMENTE, AEROPUERTO INTERNACIONAL GILBERTO FREYRE DE RECIFE, PERNAMBUCO (BRASIL).  
FOTO\_AENA / MARSTOCKPHOTO (GETTY IMAGES).



Avances en la línea de alta velocidad **ESPAÑA** 18



FOTO\_PATIER / RENFE



FOTO\_JUANEDC / FLICKR

Herramienta para la seguridad vial **ESPAÑA** 30



FOTO: ELVIRA VILA

Lola Ortiz, decana del Colegio de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, y Carmen Librero, presidenta de Ineco, observan la maqueta de Cityneco.

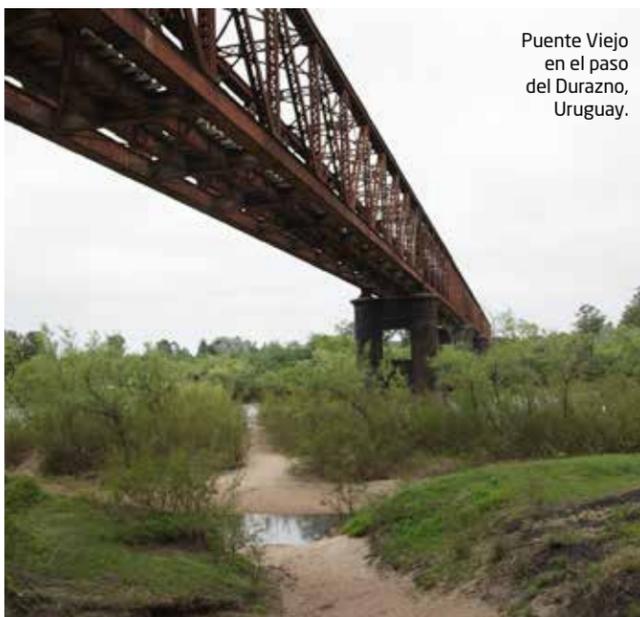
Por otro lado, la compañía ha participado también con la maqueta Cityneco en el Espacio España del *Smart City Expo World Congress* (SCEWC), el principal evento internacional sobre ciudades inteligentes que ha tenido lugar en la Fira de Barcelona. En cada edición, que recibe más de 20.000 visitantes, participan 700 ciudades de todo el mundo y más de 800 expositores. Este congreso, que se celebró del 19 al 21 de noviembre bajo el lema *Cities made of dreams* (Ciudades hechas de sueños), se ha convertido en un referente mundial en el ámbito de las ciudades inteligentes y reúne en un mismo lugar a representantes municipales, instituciones, líderes académicos y de pensamiento, centros de investigación, empresas y emprendedores con un importante poder de decisión.

SCEWC 2019 se ha centrado en cinco temas principales relacionados con los problemas más acuciantes a los que se enfrentan las ciudades: transformación digital, medio ambiente urbano, movilidad, gobernanza y finanzas, y ciudades inclusivas y compartidas.

## CITYNECO, EN LA SEMANA DE LA INGENIERÍA DE MADRID Y EN SCEWC BARCELONA

Carmen Librero, presidenta de Ineco, y Lola Ortiz, decana del Colegio de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, visitaron, el pasado mes de octubre, el Túnel de la Innovación de la Semana de la Ingeniería de Caminos de Madrid, en el que la compañía ha mostrado, del 1 al 6 de octubre, su maqueta Cityneco para dar a conocer cómo las ciudades inteligentes mejoran la movilidad urbana.

Bajo el lema *Innovamos para avanzar*, Madrid ha acogido esta cita referente en el sector y en la que han tenido lugar diferentes actividades con el objetivo de acercar la ingeniería a la sociedad. El túnel, situado en la céntrica Plaza de Callao, ha contado con la visita de más de 30.000 personas, interesadas en conocer de cerca los avances tecnológicos e innovadores en infraestructuras.



Puente Viejo en el paso del Durazno, Uruguay.

FOTO: JIMMY BAIKOVICIUS / FLICKR

## URUGUAY

### FERROCARRIL ENTRE MONTEVIDEO Y PASO DE LOS TOROS

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Uruguay ha encargado a Ineco los contratos de asesoría para la supervisión de la redacción del diseño y la dirección de la obra de la línea ferroviaria Paso de los Toros-Montevideo y los accesos al puerto. Los trabajos incluyen la supervisión del proyecto ejecutivo y de las obras, incluidos los sistemas de señalización y comunicaciones, así como la asistencia en las pruebas necesarias para la puesta en marcha de la infraestructura ferroviaria. El proyecto Ferrocarril Central consiste en el diseño, construcción y

mantenimiento de 273 kilómetros de vías férreas entre el puerto de Montevideo y la ciudad de Paso de los Toros, aplicando los más altos estándares europeos en materia de seguridad. Uruguay está impulsando un programa de infraestructura de transporte para potenciar su plataforma logística, complementando el ferrocarril con el camión y con el sistema portuario. Los encargos surgen en virtud del acuerdo firmado entre los ministerios de transportes de Uruguay y España para consolidar la cooperación en el ámbito de las infraestructuras y los transportes.

## EEUU

### AMPLIACIÓN DE LOS TRABAJOS EN EL AEROPUERTO DE NEWARK

Ineco continuará colaborando con la compañía Arcadis en la asesoría para la puesta en servicio y transición operativa (ORAT) de la nueva terminal del aeropuerto internacional Newark Liberty de Nueva Jersey para la Autoridad Portuaria de Nueva York y Nueva Jersey (PANYNJ). La terminal 1, que sustituirá al antiguo edificio de la terminal A construido en 1973, contará con 33 puertas de embarque, una nueva plataforma de estacionamiento de aeronaves, un parking público de 2.750 plazas y nuevos viales de acceso.



En el centro de la imagen, Carmen Librero, presidenta de Ineco y Carlos del Álamo, presidente del Instituto de Ingeniería de España, firmando el convenio el pasado mes de octubre.

FOTO: ELVIRA VILA

## CONCURSO DE DISTINCIONES A LA EXCELENCIA

Ineco y el Instituto de la Ingeniería de España han firmado un convenio para el desarrollo y patrocinio del *Concurso de Distinciones a la Excelencia en las Prácticas de Alumnado de Ingeniería* con el objetivo de premiar tres prácticas de Ingeniería reali-

zadas en empresas establecidas en todo el ámbito nacional.

El proyecto de colaboración Ineco-IIE apoyará las prácticas que hayan logrado mejoras significativas y constatables en innovación tecnológica con el fin de dar relieve a los profesiona-

les que hayan desarrollado estos trabajos.

Las prácticas galardonadas optarán a un primer premio, dotado con 4.000 euros, y dos accésits de 1.000 euros para el ganador y los dos finalistas, respectivamente.

## JAMAICA



## PLAN DIRECTOR PARA EL AEROPUERTO IAN FLEMING

La Autoridad Aeroportuaria de Jamaica (AAJ) ha encargado a Ineco la realización del Plan Director del aeropuerto internacional Ian Fleming, ubicado al norte de la isla. El aeropuerto, llamado así en 2011 como homenaje al escritor británico que escribió las novelas de James Bond cuando residía en la isla, opera vuelos comerciales y con jets privados con Estados Unidos y otras islas del Caribe.

Los trabajos contemplan los estudios de previsión de la demanda en los diferentes horizontes temporales, y la

definición del desarrollo del aeropuerto tanto en el área terminal como en el campo de vuelos e infraestructuras de acceso y auxiliares. La estrategia de la AAJ es desarrollar el aeropuerto como un mini hub regional y que puedan operar aviones de más calibre que los actuales.

Jamaica es uno de los principales destinos turísticos de EEUU y Canadá. Ineco lleva más de una década colaborando con AAJ con distintos proyectos, entre ellos el Plan Director del aeropuerto internacional de Sangster, en Montego Bay.

## ANÁLISIS DE LA VÍA ENTRE SAN PEDRO Y EL PUERTO DE VENTANAS



CHILE

La locomotora de Fepasa cruzando el puente sobre el humedal de Mantagua con destino al puerto de Ventanas.

FOTO: SEBASTIAN BETANCOUR/FULCR

La Empresa de los Ferrocarriles del Estado de Chile (EFE) ha encargado a Ineco un análisis del impacto que está teniendo el material rodante que circula por el tramo San Pedro-Ventanas en el sistema de vía. Se trata de un tramo de 45 kilómetros de longitud, en vía única no electrificada. El trazado se inicia en la ciudad de San Pedro para luego cruzar el río Aconcagua y discurrir paralelo a la margen derecha del río hasta llegar a la costa. El tramo continúa a lo largo de la costa durante 20 kilómetros más hasta terminar en el Puerto de Ventanas, que es el principal puerto granelero de la zona central del país.

El tramo San Pedro-Ventanas es un tramo dedicado en exclusiva al transporte de mercancías. La actividad principal que satisface es el transporte de cobre desde las minas situadas en el interior. En el recorrido de vuelta los trenes transportan ácidos utilizados en las minas para la obtención del cobre.

Asimismo, Ineco está desarrollando para EFE, junto con la compañía Louis Berger, la elaboración de una nueva normativa técnica: un marco legal que regulará todos los aspectos de la actividad ferroviaria, desde la señalización hasta las estaciones, pasando por el material rodante, las vías o la seguridad.

### ABU DABI

#### CONGRESO MUNDIAL DE CARRETERAS

Ineco ha participado en el pabellón español de la XVI edición del Congreso Mundial de Carreteras que se ha celebrado en Abu Dabi del 6 al 10 de octubre. Con una participación de más de 1.200 expertos internacionales, en el pabellón español se han presentado

los proyectos de Ineco RO-NIN –herramienta para la gestión integral de la seguridad vial– y el proyecto de la autovía A-76, en el que Ineco ha desarrollado, de forma pionera en España, la integración de metodología BIM con sistema GIS sobre una infraestructura viaria.



En la imagen, de izquierda a derecha, Mirian Pinilla, gerente técnico de Proyectos de Carreteras y Casimiro Iglesias, director general de Negocio Nacional, ambos de Ineco, junto a Javier Herrero, director general de Carreteras y Jose Luis Ábalos, ministro de Fomento de España.



### LITUANIA

#### DISEÑO DE LOS ESPACIOS COMERCIALES PARA EL AEROPUERTO DE VILNA

El aeropuerto de Vilna, el de mayor capacidad de Lituania, se encuentra inmerso en un proceso de expansión que le permita afrontar el notable aumento de tráfico de los últimos años y mejorar la calidad del servicio a los pasajeros. Para ello, la empresa Aeropuertos de Lituania, que tiene previsto ampliar la terminal actual, ha encargado a Ineco el estudio de mejora de sus espacios comerciales, para los que se destinará, tras las reformas, la actual zona de salidas del aeropuerto.

El trabajo comprende la identificación de las necesidades comerciales de los pasajeros y la re-

orientación de los flujos de tráfico dentro del terminal. La ingeniería pública española, que cuenta con una larga experiencia en la planificación y diseño de espacios comerciales, llevará a cabo el desarrollo de un diseño de las áreas y locales comerciales con sus requisitos técnicos y económicos, además de proponer recomendaciones para la futura adjudicación de las explotaciones.

Ineco ha realizado trabajos similares en El Salvador y España, donde lleva más de 12 años colaborando con Aena en el rediseño comercial de aeropuertos en funcionamiento o en nuevas infraestructuras.

### ESPAÑA



FOTO: INECO

#### LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID-EXTREMADURA-FRONTERA PORTUGUESA

El pasado mes de julio, Carmen Librero, presidenta de Ineco, visitó las obras en la línea de alta velocidad entre Plasencia y Cáceres acompañada por Ana Rojo, directora de Ingeniería y Con-

sultoría, y Celestino Rodríguez, director del Gabinete de Presidencia. Ineco lleva la dirección y la asistencia técnica a las obras de montaje de vía de este tramo de 59 kilómetros de vía doble,

en ancho de vía estándar, de los cuales 3.700 se hacen en vía en placa y el resto sobre balasto, más 4 kilómetros de ramales de vía simple para conectar el tramo con la red convencional.

### PERÚ

#### REHABILITACIÓN DEL LADO AIRE EN EL AEROPUERTO DE TUMBES

Aeropuertos del Perú (AdP), ha adjudicado al consorcio formado por Ineco y la empresa local HOB Consultores el expediente técnico de la inversión de rehabilitación del lado aire e inversión de optimización del cerco perimétrico del Aeropuerto Capitán FAP Pedro Canga Rodríguez de Tumbes.

Los trabajos consisten en la redacción del proyecto constructivo de detalle asociado al programa de rehabilitación y mejoras de los pavimentos del lado aire (PRMLA),

con especial atención a la mejora del estado de los pavimentos, el cerco y vial perimetral y a los problemas existentes en el sistema de drenaje del aeropuerto.

AdP, empresa concesionaria del primer grupo de aeropuertos del país, gestiona los aeropuertos de Talara, Tumbes, Chachapoyas, Iquitos, Tarapoto, Pucallpa, Trujillo, Anta, Cajamarca, Piura, Chiclayo y Pisco, todos ellos ubicados en el norte y centro de la República de Perú a excepción de Pisco.



### DESPLIEGUE DE RED 5G EN GALICIA

#### INECO Y ADIF INSPECCIONAN LAS INFRAESTRUCTURAS CON DRONES

Galicia ha sido la comunidad autónoma seleccionada para poner en marcha un proyecto piloto 5G impulsado por Red.es, la entidad pública empresarial del Ministerio de Economía y Empresa que promueve el avance de la digitalización en España. El piloto de 5G incluye ocho casos de uso que se van a desarrollar en esta comunidad autónoma a cargo de la UTE compuesta por Telefónica, Ericsson, Nokia, Cinfo, Idronia, Telnet Redes Inteligentes y Centro Internacional de Oftalmología Avanzada Fernández-Vigo. Con una duración de 24 meses, cuenta con un presupuesto de más de 11 millones de euros, para el que se ha solicitado una ayuda de más de 4 millones que será cofinanciada por Red.es con cargo al FEDER.

Ineco, que participa como agente colaborador, pondrá en marcha junto con Adif uno de los casos que se implantarán en Galicia: la supervisión de la infraestructura ferroviaria en Orense utilizando drones con cámaras que recogen imágenes de las vías para facilitar su inspección y mantenimiento.

Para llevarlos a cabo se va a desplegar red 5G y a experimentar e innovar sobre las capacidades de esta tecnología, en concreto su gran ancho de banda y baja latencia; la arquitectura de red NSA (*non-standalone*) y SA (*standalone*); *network slicing* (segmentado de red); *edge computing* (computación en el borde de la red) y tecnología de antenas activas.

ARGENTINA

PASEO DEL BAJO, PREMIO MEJOR OBRA URBANA 2019

La nueva autopista urbana de Paseo del Bajo ha recibido el Premio a la Mejor Obra Urbana del Año, en la gala de la Asociación Argentina de Carreteras, que se organiza anualmente en celebración del Día del Camino. Este galardón busca destacar que, gracias a Paseo del Bajo, se ha descongestionado el tráfico de la urbe y se ha mejorado la conectividad norte-sur a través de cuatro nuevos carriles en semicubierta y la remodelación de otros ocho carriles en superficie con más de seis kilómetros de extensión.

Ineco, en colaboración con su socio local AC&A, ha realizado la inspección de la obra en el tramo B (Trinchera semicubierta Sur), una vía semi-soterrada de cuatro carriles destinada al tráfico de vehículos pesados en la zona centro de Buenos Aires. Con sus 7,1 kilómetros, se trata de una de las obras civiles más importantes que se ha llevado a cabo en Argentina y permite conectar las autopistas Buenos Aires-La Plata e Illia y crear nuevos espacios verdes en la zona del Bajo porteño.



EVALUACIONES DE SEGURIDAD EN LA RED DE ALTA VELOCIDAD

La acreditación como Evaluador Independiente de Seguridad ha permitido a Ineco participar en la valoración de los procesos de seguridad aplicados por Adif en numerosas puestas en servicio, siendo una de las más recientes y relevantes

de la línea de alta velocidad entre Antequera-Granada, que culminó el pasado junio y la del ERTMS N2 de la línea de alta velocidad entre Valladolid y León.

En la actualidad, se está trabajando en la evaluación independiente de seguridad

de la obra del túnel de Recoletos, y en los tramos de alta velocidad Olmedo-Zamora-Pedralba; Monforte del Cid-Murcia; y Chamartín-Torrejón de Velasco. Todas ellas, obras de máximo interés para Adif (ver reportaje en la página 38)



FOTO\_ELVIRA VILA

Vista del tramo de alta velocidad entre Chamartín y Torrejón de Velasco.

ARABIA SAUDÍ

EL G20 INVITA A INECO A PARTICIPAR EN SUS SEMINARIOS

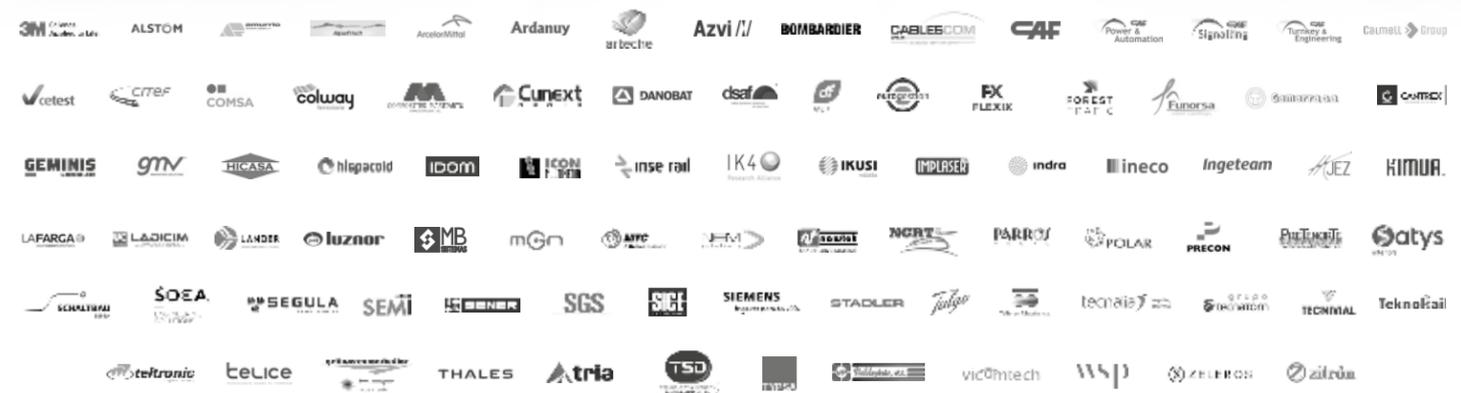
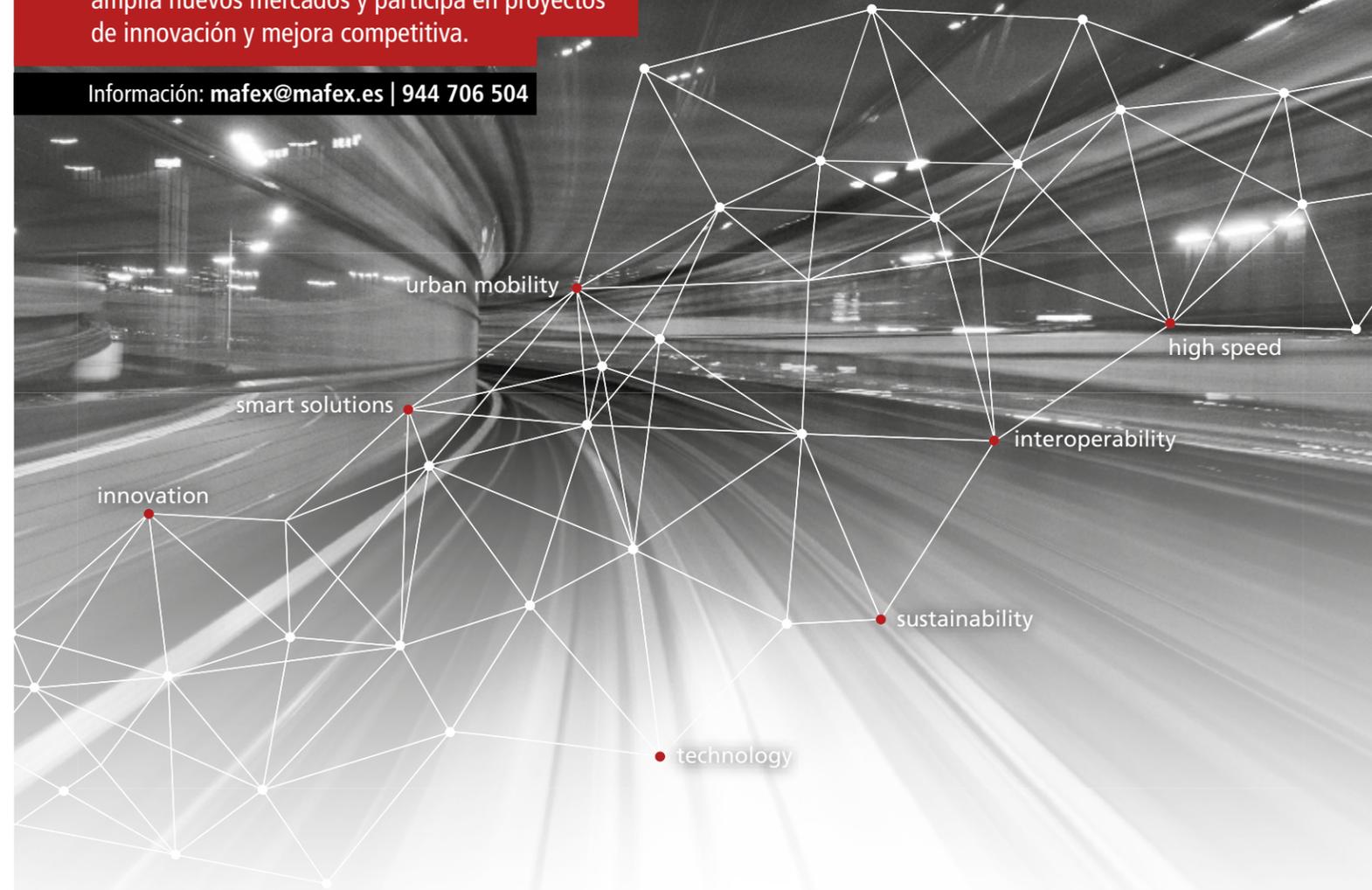
El Global Infrastructure Hub (GIH), organización dedicada al desarrollo de las infraestructuras dentro del grupo llamado G20, ha invitado a Ineco a participar en uno de los seminarios organizados en Riad (Arabia Saudí), país que ostentará la presidencia en 2020. El encuentro entra dentro de las actividades del grupo de trabajo de infraestructura (IWG, por sus siglas en inglés) del G20 entre cuyos objetivos destaca la potenciación de las relaciones público-privadas para llevar a cabo inversiones. El IWG analiza para el G20 diferentes enfoques, políticas y acciones conjuntas que aumenten la inversión en infraestructuras. Recientemente, el Global Infrastructure Hub visitó la sede de la compañía para interesarse por Cityneco y sus soluciones aplicadas a la movilidad, la recogida de datos de tráfico en tiempo real o la gestión de reservas de aparcamientos. Una solución integral, desarrollada por Ineco, basada en diferentes desarrollos verticales para cada una de las áreas de gestión de una ciudad u organismo.



Hazte socio de Mafex

Promueve tu negocio a través de la cooperación, amplía nuevos mercados y participa en proyectos de innovación y mejora competitiva.

Información: mafex@mafex.es | 944 706 504





**AEROPUERTO INTERNACIONAL GILBERTO FREYRE**

El aeropuerto de Recife-Guararapes es el octavo de Brasil por tráfico, cuenta con una pista de más de 3.000 metros de longitud y está situado a 11 kilómetros de Recife, capital del estado de Pernambuco.

# Aena desembarca en Brasil

Aena Internacional, el mayor operador aeroportuario del mundo por volumen de pasajeros, ha ganado la concesión por 30 años para gestionar el grupo de aeropuertos del Nordeste de Brasil, una región de gran actividad turística y económica entre los que destaca el de Recife. Ineco ha prestado apoyo durante todo el proceso de preparación y toma de control.

Redacción **ITRANSORTE**

**E**n 2010, el Gobierno brasileño adoptó el modelo de concesión mediante subasta pública internacional para gestionar sus aeropuertos, hasta ese momento a cargo de la sociedad pública Infraero. La entidad tenía a su cargo los 63 principales aeropuertos del país, que concentran el 97% de la actividad aérea nacional. En 2011, se adjudicó el primer lote y en marzo de 2019, el quinto y hasta ahora más reciente, formado por el grupo de seis aeropuertos de la región Nordeste, adjudicado a Aena Internacional por

un periodo de 30 años: Recife, Maceió, João Pessoa, Aracaju, Campina Grande y Juazeiro do Norte, que en 2018 sumaron 13,7 millones de pasajeros.

Ineco ha prestado apoyo técnico especializado a Aena Internacional durante todo el proceso previo a la oferta y el periodo de preparación para la toma de posesión que culmina a comienzos de 2020. De este modo, el operador español, el mayor del mundo por volumen de pasajeros –más de 280 millones en total–, pasa a gestionar en total 23 aeropuer-

tos de cinco países: 12 en México, uno en Reino Unido, dos en Colombia, otros tantos en Jamaica, y los seis de Brasil. Además, opera los 46 aeropuertos y dos helipuertos de la red española, por los que en 2018 pasaron más de 263 millones de pasajeros.

## **AEROPUERTOS, CLAVES PARA EL TURISMO**

La región Nordeste es una de las cinco en las que se divide geográficamente el país; la forman nueve de los 26 estados fede-



FOTO: WIKIPEDIA

El archipiélago de Fernando de Noronha es considerado un paraíso para los aficionados al buceo.

CON UNOS 50 MILLONES DE HABITANTES, LA NORDESTE ES LA SEGUNDA REGIÓN MÁS POBLADA Y TURÍSTICA DE BRASIL Y SUS ESTADOS DE BAHÍA Y PERNAMBUCO, LOS DOS MÁS VISITADOS



rales: Alagoas, Bahía, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Río Grande del Norte y Sergipe, todos con costa al Atlántico. Con unos 50 millones de habitantes, es la segunda región más poblada tras la Sudeste, con 77 millones, donde se encuentran las grandes aglomeraciones urbanas de Río de Janeiro y São Paulo.

La Nordeste es la región más turística del país: los estados de Bahía y Pernambuco son los dos más visitados, en particular en destinos de sol y playa. Se trata sobre todo de turismo interno, ya que el internacional ofrece todavía un amplio potencial de desarrollo: frente a 36,6 millones de turistas nacionales, en 2018, el país recibió 6,6 millones de visitantes extranjeros, que el Gobierno federal quiere duplicar para 2021.

Mejorar la infraestructura y la gestión aeroportuaria es una de las claves para lograr ese objetivo, teniendo en cuenta que Brasil es, además, el tercer mayor mercado aéreo doméstico del mundo, según la OACI, la Organización de Aviación Civil Internacional.

## LOS AEROPUERTOS, EN DETALLE

### 1. RECIFE

El aeropuerto internacional de Recife-Guararapes (oficialmente aeropuerto internacional Gilberto Freyre), es el octavo de Brasil por tráfico: en 2018, pasaron por él 8.422.566 pasajeros y 55.838 toneladas de carga. Está situado a 11 kilómetros al sur de la ciudad de Recife, capital del estado de Pernambuco. Cuenta con una pista de más de 3.000 metros de longitud y una terminal de pasajeros de 52.000 m<sup>2</sup>; además de un aparcamiento de más de 2.000 plazas.

La ciudad de Recife es la cuarta más grande de Brasil: suma 1,6 millones de habitantes, que se elevan a cuatro con las 13 poblaciones que forman su área metropolitana. Destaca por poseer el mayor parque tecnológico del país, denominado Porto Digital (Puerto Digital)

y el tercer complejo marítimo portuario, así como un importante astillero, el mayor del hemisferio sur.

El turismo es otro de los pilares de la economía de Recife. Fundada en el siglo XVI, es una de las ciudades más antiguas de Brasil y uno de los principales destinos tanto para el mercado interno como el internacional. En 2018, recibió 3,3 millones de visitantes, más de la mitad del total de turismo del estado. Las espectaculares playas de su litoral, que alberga los arrecifes de coral que le dan nombre, el archipiélago de Fernando de Noronha, considerado un paraíso para los aficionados al buceo, y celebraciones como el Carnaval o las fiestas de San Juan, en junio, son algunos de los principales atractivos turísticos.



FOTO: LEANDRO NEUMANN CIUFFO / FLICKR

Vista de Recife desde la playa de Boa Viagem.

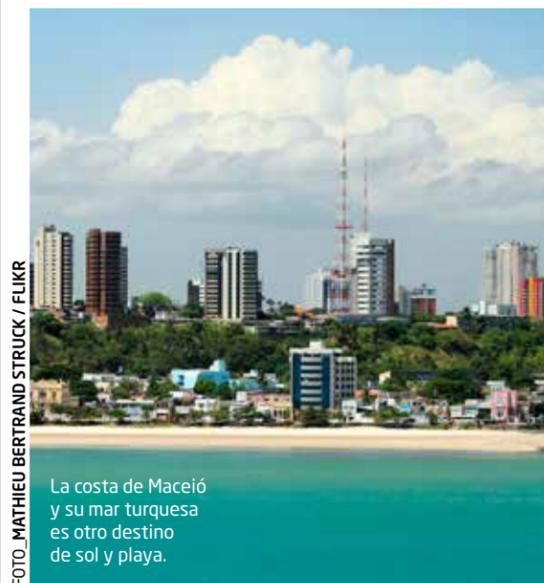


FOTO: MATHIEU BERTRAND STRUCK / FLIKR

La costa de Maceió y su mar turquesa es otro destino de sol y playa.

### 2. MACEÍO

El aeropuerto internacional de Zumbidos Palmares de Maceió inició sus operaciones en 1928, con capacidad para tan sólo seis aeronaves. En 2005 se inauguró una importante ampliación, que incluía la nueva terminal de pasajeros de 22.000 metros cuadrados y la prolongación de la pista, que actualmente mide 2.601 metros de longitud por 45 de anchura. Los principales destinos son Guarulhos, Galeão, Recife, Campinas y Brasilia, y en 2018, registró una cifra récord de 2.179.230 pasajeros, un 5,4% más que en 2017.

Maceió es la capital del estado de Alagoas y cuenta con 1,1 millones de habitantes. Su economía se basa en el comercio, la agricultura, sobre todo el cultivo de caña de azúcar, e industrias como la química y la alimentaria y la extracción de gas natural y petróleo, entre otras. Es también el tercer destino turístico nacional de sol y playa.

#### APOYO DE INECO

Aena Internacional encargó a Ineco la prestación de servicios de oficina de coordinación y apoyo para el proyecto de preparación y toma de control de la concesión de los seis aeropuertos brasileños a través de la sociedad creada a tal efecto, ANB (Aeropuertos del Noroeste de Brasil). Los trabajos se han dividido en tres fases:

- 1. Formalización del contrato:** El objetivo es cumplir con los requisitos necesarios para la firma del contrato e inicio de su validez. En esta etapa, también, se trabajan todas las actividades pre operativas y se desarrolla una primera versión de la planificación total del proyecto.
- 2. Transición operativa:** Esta segunda etapa debe asegurar tanto el cumplimiento de las obligaciones previas como la transferencia operativa, de forma que Aena pueda iniciar las operaciones de los aeropuertos en los plazos previstos. Para ello, se asegura la coordinación de todos los elementos implicados: sistemas, suministros y servicios, planta de personal, organización, etc.
- 3. Fase postransición:** Finalmente, la última etapa se inicia tras la asunción de las operaciones por ANB, hasta la finalización de los servicios.

AENA, QUE COTIZA EN LA BOLSA ESPAÑOLA DESDE 2015, CREA EN 1998 SU FILIAL AENA INTERNACIONAL PARA DESARROLLAR SU ACTIVIDAD EN EL EXTERIOR

### 3. JOÃO PESSOA

El aeropuerto internacional João Pessoa-Presidente Castro Pinto se encuentra a 12 kilómetros del centro urbano. En 2018, pasaron por él 1.414.896 pasajeros, según datos de Infraero. Dispone de una pista de 2.515 metros y una terminal de algo más de 9.000 m<sup>2</sup>, con aparcamiento para 600 vehículos.

João Pessoa es la capital y el principal centro financiero y económico del Estado de Paraíba. Cuenta con algo más de 800.000 habitantes; 1,2 millones con los 11 municipios del área metropolitana. El

comercio y, sobre todo, el turismo, principalmente de sol y playa, son los sectores económicos más importantes, aunque también cuenta con un destacado patrimonio de monumentos barrocos bien conservados, como el convento de San Francisco, del siglo XVI, hoy convertido en centro cultural. El centro histórico en su conjunto está declarado patrimonio nacional. Según datos del gobierno del estado de Paraíba, la ciudad, la más oriental del país, ocupa el puesto 10 entre las más visitadas de Brasil.



FOTO: WIKIPEDIA



FOTO: JAMINE MORAES / FLICKR

A la izquierda, el convento de San Francisco, en João Pessoa; a la derecha, las fiestas de San Juan, en Campina Grande, que se celebran en junio y congregan cada año alrededor de un millón de personas.

### 4. ARACAJU

Ubicado a 12 kilómetros del centro de la ciudad, el aeropuerto internacional de Aracaju-Santa María registró 1,1 millones de pasajeros en 2018. Además de los vuelos regulares, también opera vuelos de helicóptero que trasladan personal a las plataformas petrolíferas de la costa de Sergipe y Alagoas. La pista mide 2.200 metros de longitud y la terminal de pasajeros ocupa 9.321 m<sup>2</sup>, con 199 plazas de aparcamiento.

La ciudad de Aracaju, capital del estado de Sergipe, cuenta con una población de casi 649.000 personas. Su economía se basa en los servicios y la industria. En cuanto al turismo, la ciudad y su entorno ofrecen equipamientos hoteleros e infraestructuras de calidad, aunque la afluencia de visitantes es menor que en otras zonas. La ciudad cuenta con su popular Oceanário que recibe 120.000 visitantes al año.

### 5. JUAZEIRO DO NORTE

El aeropuerto Orlando Bezerra de Menezes está ubicado a 6 kilómetros de la ciudad de Juazeiro do Norte, en la región de Cariri, al sur del estado de Ceará. En 2018, registró 563.895 pasajeros, lo que representa un incremento del 3,96 % respecto al año anterior, y 1.567 toneladas de carga aérea. Cuenta con una pista de 1.940 metros y una terminal de pasajeros de unos 1.000 m<sup>2</sup> con aparcamiento para más de 230 vehículos.

La ciudad de Juazeiro do Norte, con una población de alrededor de 272.000 personas, es la segunda más importante del estado y uno de sus principales núcleos industriales y comerciales. Destaca especialmente por su industria de calzado, de gran peso en todo Brasil y especialmente en la región Nordeste, donde se fabrica el 48,8% de la producción, destinada en más de un 85% al mercado interno. En particular, Juazeiro forma parte un grupo de nueve municipios que reúnen cerca de 300 empresas del sector.

En lo que se refiere al turismo, y estrechamente vinculado a los orígenes de la ciudad –fundada por un sacerdote católico al que se atribuyó un milagro a finales del siglo XIX, el padre Cícero–, tiene gran relevancia el turismo religioso: cada año 2,5 millones de peregrinos visitan la ciudad para venerar a su fundador y patrón. El religioso es el segmento turístico que más crece en Brasil, según datos del Ministerio de Turismo, y genera cada año 8,1 millones de viajes dentro del país, mayoritariamente católicos, pero también evangélicos y de otras confesiones.

Otro sector importante en Juazeiro do Norte es el ecoturismo, relacionado con las áreas protegidas de la Meseta de Araripe –un bosque nacional, una reserva natural y un parque geológico– donde se ha hallado, entre otros restos cretácicos, la mayor concentración de fósiles de pterosaurios (dinosaurios voladores) del mundo.



FOTO: OTÁVIO NOGUEIRA / FLICKR

El turismo cultural-religioso tiene una gran importancia en Juazeiro do Norte, donde tienen lugar frecuentes romerías con el objetivo de dar a conocer y mantener vivo el folklore local.

### 6. CAMPINA GRANDE

El aeropuerto Campina Grande-Presidente João Suassuna, en el estado de Paraíba, contabilizó 168.278 pasajeros en 2018, un 11,98% más que en 2017, el cuarto mayor aumento porcentual de los 53 principales aeropuertos brasileños. Situado a 6 kilómetros del centro urbano, opera vuelos regionales y nacionales y de aviación general, así como algunos vuelos militares de entrenamiento. La pista mide 1.600 metros y la terminal de pasajeros cuenta con una superficie de 2.500 m<sup>2</sup> con aparcamiento para 203 vehículos.

La ciudad de Campina Grande tiene una población de 407.472 habitantes, según datos oficiales de 2018, que ascienden a más de 638.000 con los 19 municipios del área metropolitana. Sus principales actividades económicas son la extracción de minerales, el desarrollo de software, el comercio, la agricultura, la ganadería, las industrias procesadoras y los servicios. La ciudad alberga también uno de los festivales más multitudinarios de Brasil: las fiestas de San Juan (Gran São João do Mundo), que se celebra durante todo el mes de junio y que congrega cada año alrededor de un millón de personas. ■

## DOS DÉCADAS GESTIONANDO AEROPUERTOS



Aena, que cotiza en la Bolsa española desde 2015, crea en 1998 su filial Aena Internacional para desarrollar su actividad en el exterior. Actualmente, y además de Brasil, la actividad de Aena Internacional se extiende a otros cuatro países:

► **Reino Unido.** Aena posee desde 2013 el 51% del capital de la sociedad concesionaria del aeropuerto de Londres-Luton, quinto del país por número de pasajeros, con un total de 16,6 millones en 2018.

► **México.** Aena Internacional participa en el Grupo Aeroportuario del Pacífico, (GAP), que explota 12 aeropuertos: Aguascalientes, Bajío, Guadalajara, Hermosillo, La Paz, Los Mochis, Manzanillo, Mexicali, Morelia, Puerto Vallarta, San José del Cabo y Tijuana, que en 2018 sumaron 44,9 millones de pasajeros.

► **Jamaica.** GAP posee desde 2015 el 74,5% del accionariado de MBJ Airports Limited, operadora del aeropuerto Sangster Internacional de Montego Bay, que en 2018 contabilizó 4,5 millones de pasajeros. También en 2019, GAP ganó la concesión por 25 años del aeropuerto internacional Norman Manley de la capital, Kingston, con 1,6 millones de pasajeros en 2018.

► **Colombia.** Actualmente, Aena Internacional participa en las sociedades concesionarias de los aeropuertos de Cartagena de Indias (Sociedad Aeroportuaria de la Costa SA, SACS, con un 37,89), y de Cali (Aerocali, 50%), que en 2018 registraron 5,5 y 4,9 millones de pasajeros, respectivamente. Entre 1997 y 2012, también operó la concesión del aeropuerto Ernesto Cortissoz, de Barranquilla.

Desde su creación, Aena Internacional ha contado con los servicios especializados de consultoría e ingeniería de Ineco. La compañía

cuenta con experiencia propia en todos los países donde opera Aena, incluyendo Brasil, donde sus primeros trabajos se remontan a los años 70 y 80. Más recientemente, se realizaron estudios de viabilidad y anteproyectos de aeropuertos regionales para la Secretaría de Aviação Civil (2013) y para Aena, estudios previos para la cuarta ronda de concesiones de cuatro aeropuertos brasileños.

Con presencia en Colombia desde los años 80, sobre todo en el ámbito ferroviario, Ineco lleva realizando desde 2008, diferentes trabajos en los tres aeropuertos colombianos, tanto de planificación (actualización de planes directores) como de redacción de proyectos y supervisión de obras de ampliación. (Ver ITRANSPORTE 48, 56 y 63).

Desde 2011, la compañía ha estado también elaborando y actualizando los planes directores de los aeropuertos de GAP. El primer trabajo de Ineco en el Sangster se remonta a 2008, con la actualización del Plan Director, al que posteriormente siguieron otros como los proyectos de un nuevo edificio de bomberos, de rehabilitación de la pista, nueva actualización del Plan Director, rediseño del área de facturación, etc. (ver ITRANSPORTE 24 y 62).

En 2016, Ineco, junto con la británica Capita, (con la que también trabaja desde 2012 en la línea de alta velocidad HS2 entre Londres y Birmingham) elaboró un estudio de alternativas para un nuevo acceso ferroviario al aeropuerto, situado a 56 kilómetros de Londres.

# Construyendo el AVE a Galicia

Las obras de construcción del AVE entre Madrid y Galicia suponen sin duda uno de los mayores desafíos técnicos a los que se ha enfrentado Adif Alta Velocidad: el relieve tan accidentado de la región gallega está suponiendo un alarde de ingeniería y un reto de notable precisión. En este artículo distintos expertos de Ineco y Adif Alta Velocidad describen algunas de las principales obras en uno de los tramos más complejos.

Por los directores de obra de Ineco **Arturo Pastor, Iago Rodríguez-Lorasque y Noela Cobo**, el ingeniero técnico **Jesús Pena**, y los directores ambientales de obra **Iñaki G. Seoane, Enrique M. Agüera y Luis Álvarez-Pardiñas**, con la colaboración de **Raúl Correas**, subdirector de Construcción V de Adif Alta Velocidad  
Fotos: Adif

La llegada de la alta velocidad ferroviaria a esta región del noroeste de España tuvo su primer episodio histórico a finales de 2011, con la entrada en servicio del tramo de 150 kilómetros entre Ourense, Santiago y A Coruña. Tras la puesta en servicio de la línea entre Olmedo y Zamora en 2015, queda por cerrar la conexión ferroviaria de Galicia con el centro de la península ibérica con la finalización de tres tramos que suman cerca de 230 kilómetros: Zamora-Pedralba de la Pradería, Pedralba de la Pradería-Taboadela y Taboadela-Ourense.

**EL DIFÍCIL RECORRIDO ENTRE PEDRALBA Y OURENSE**  
Construido en su mayor parte con dos vías independientes, el tramo entre Pedralba y Ourense, de 101 kilómetros, atraviesa las montañas de las distintas sierras que forman el macizo central ourensano, un recorrido que el AVE podrá realizar gracias a la construcción de 32 viaductos y 31 túneles, muchos de ellos

bitubo, es decir, con un tubo para cada vía. Más del 60% de este recorrido, subterráneo o en viaducto, ha requerido de una obra singular: en total, el tramo suma casi 11 kilómetros de viaductos, de los que el más largo es el viaducto de Requejo (1,72 km), y 126 kilómetros de túneles, (62,45 km en la vía derecha más 55,87 km en la vía izquierda y 7,84 km de vía doble), siendo el más largo el túnel de O Corno (8,6 km).

Las obras que protagonizan este reportaje pertenecen a este complejo recorrido entre Pedralba y Ourense en el que Adif Alta Velocidad está llevando la construcción con los más altos niveles de tecnología ferroviaria, con doble vía en ancho estándar (1.435 mm) en todo su recorrido, y diseñado para velocidades máximas de hasta 350 km/h, con electrificación 2x25 kV 50 Hz en corriente alterna, sistemas de control de tráfico ERTMS N2 y Asfa, y sistema de comunicaciones móviles GSM-R.



**LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID-GALICIA.** La LAV Madrid-Galicia está cofinanciada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Fondo de Cohesión-FEDER 2007-2013 y del P.O. Plurirregional de España 2014-2020.



LAS OBRAS QUE PROTAGONIZAN ESTE REPORTAJE PERTENECEN AL COMPLEJO RECORRIDO DE 101 KILÓMETROS ENTRE PEDRALBA DE LA PRADERÍA Y TABOADELA, QUE EL AVE PODRÁ REALIZAR GRACIAS A LA CONSTRUCCIÓN DE 32 VIADUCTOS Y 31 TÚNELES, ATRAVESANDO LAS MONTAÑAS DEL MACIZO CENTRAL OURENSANO

# 5 DE LAS OBRAS MÁS SINGULARES

Ya sea por el método constructivo, por sus dimensiones o por las características del entorno, el tramo concentra varias infraestructuras que destacan por su complejidad.

## 1. LOS CAJONES HINCADOS DE REQUEJO

**DOS CAJONES DE 80 Y 100 METROS, EMPUJADOS BAJO LAS VÍAS DEL FERROCARRIL CONVENCIONAL, COMPLETAN LOS TÚNELES DE REQUEJO**

A pocos kilómetros de Pedralba, las obras del AVE avanzan atravesando las montañas de la comarca de Sanabria con varias actuaciones notorias, entre ellas, la construcción de los cajones hincados del túnel de Requejo, unas estructuras construidas *in situ* en la boca oeste del lado Galicia y empujadas bajo las vías del ferrocarril sin interrumpir el servicio ferroviario, lo que ha permitido a Adif mantener la circulación en la línea convencional Zamora-A Coruña, que se cruza en este punto con la nueva línea de alta velocidad.

Este cruce de la línea de alta velocidad con la vía convencional se

ha resuelto mediante la ejecución de dos cajones hincados de hormigón armado de dimensiones interiores de 8,5 metros de alto y 8,5 metros de ancho, con unas longitudes de 79,5 metros para el cajón de vía derecha y de 100,5 metros para el cajón de vía izquierda.

Los cajones configuran, en su posición final, los falsos túneles de salida de los túneles de Requejo. El procedimiento de ejecución ha incluido el apeo de la vía convencional y la construcción de las obras de fábrica sobre una plataforma de deslizamiento en las proximidades a su emplazamiento definitivo, para

su posterior traslación mediante empuje oleodinámico en sentido transversal a la vía hasta su posición final.

El apeo consiste en una estructura metálica que permite el desplazamiento del cajón sin que se vea afectada la vía, garantizando su estabilidad. Este apeo obligó a que la circulación ferroviaria discurriera durante las obras con una limitación de velocidad de 30 km/h cuando la velocidad normal de trazado por esta zona supera los 100 km/h. La limitación es necesaria como medida de seguridad ya que la vía en esta situación sufre

movimientos en nivelación y alineación que no son compatibles con velocidades mayores. Dadas las longitudes de hinca, los cajones se dividieron longitudinalmente en dos tramos que se iban empujando de manera sucesiva, cada uno con la correspondiente batería de 15 cilindros hidráulicos con una fuerza de 300 toneladas por cilindro. A la vez que se realizaban los sucesivos empujes, de una longitud de 50 centímetros cada uno, se procedía al vaciado de tierras con medios mecánicos, de tal modo que no se pusiera en peligro la estabilidad de las vías, hasta conseguir la posición final de la estructura.



En primer plano, el apeo de la vía. Detrás, en posición transversal, uno de los dos cajones ya ejecutados. Al fondo, boca del túnel de Requejo.



## 2. LOS TÚNELES DE PADORNELO

**UN TÚNEL DE ALTA VELOCIDAD CONSTRUIDO A APENAS 20 METROS DEL TÚNEL MÁS LARGO DE TODA LA LÍNEA CONVENCIONAL ESPAÑOLA**

Ineco lleva a cabo para Adif Alta Velocidad la dirección de obra de este túnel de 6.406 metros y una sección libre de 52 metros cuadrados, que discurre en paralelo al túnel de la línea de ancho convencional Zamora-A Coruña, y está situado entre los términos municipales de Requejo y Lubián (Zamora), bajo el puerto de montaña de Padornelo.

El de Padornelo pertenece al tramo Padornelo-Lubián, consistente en una plataforma de vía única para vía derecha de ancho UIC, con una longitud total de 7,6 kilómetros. La vía izquierda de alta velocidad se ejecutará en una fase posterior en un nuevo proyecto que adaptará el histórico túnel de Padornelo en la línea Zamora-A Coruña, de 5,97 kilómetros de longitud, para el tráfico mixto de la vía izquierda de la línea de alta velocidad y de las mercancías de la línea convencional.

La construcción se ha llevado a cabo con excavación convencional, aplicando sostenimientos basados en hormigón proyectado, bulones y cerchas. La excavación se ha realizado mediante voladura en las zonas de terreno más resistente, y mediante medios mecánicos (retroexcavadoras, martillo demolidor hidráulico, etc.) en los terrenos más blandos y de peor calidad geotécnica.

La ejecución ha estado condicionada por la proximidad del túnel de la línea convencional Zamora-A Coruña. Durante las obras se ha mantenido el tráfico de esta, por lo que se han establecido unos protocolos de

control de las deformaciones en ambos túneles, y se ha hecho necesaria la ejecución de refuerzos en algunos tramos del antiguo con mallazo y hormigón proyectado. También se han construido 15 galerías de conexión entre túneles y un andén de evacuación a lo largo del túnel actual, que conforman la vía de evacuación necesaria para la puesta en servicio de la línea de alta velocidad. Para llevar a cabo estas obras se ha renovado toda la vía con carril UIC 60 E1, traviesas de hormigón PR-01 y balasto tipo 1.

Las obras han ido acompañadas de una serie de actuaciones medioambientales y de integración paisajística específicas debido a la proximidad de dos espacios protegidos como LIC (Lugar de Importancia Comunitaria): las riberas de los ríos Tera y Tuela y sus afluentes. En este sentido, se han acordado con la administración autonómica diferentes medidas para evitar afecciones a la flora y fauna protegidas. Un ejemplo ha consistido en el tratamiento de las aguas procedentes del túnel, que son sometidas a diferentes procesos antes de su vertido al cauce, con el fin de que los parámetros físico-químicos sean conformes a la legislación aplicable. Además, en los ríos pertenecientes a los LIC mencionados, se está llevando a cabo un seguimiento de las características físico-químicas de las aguas de los ríos, así como un seguimiento de evaluación de las poblaciones de desmán ibérico, (*galemys pyrenaicus*), trucha común (*salmo trutta*), náyade (*margaritifera margaritifera*) y macroinvertebrados acuáticos, desde el inicio de las obras.



Vista del emboquille Oeste. Los túneles se han diseñado para integrarlos lo mejor posible en las laderas.

### 3. LOS TÚNELES DEL ESPÍÑO

#### DOS GRANDES TÚNELES DE ALTA VELOCIDAD CONSTRUIDOS CON OCHO FRENTE DE EXCAVACIÓN SIMULTÁNEOS

La singularidad de los túneles del Espiño es que se ha excavado cada uno desde cuatro frentes de excavación de forma simultánea: además de los dos frentes extremos, se ejecutaron dos frentes de ataque intermedios. Para lograrlo, se construyó una galería de ataque intermedio que finalizaba en una caverna de grandes dimensiones, desde la que se habilitaban cuatro frentes adicionales para excavar en sentido Madrid y Ourense. La ampliación del número de frentes permitió reducir los plazos de excavación del túnel.

El túnel, de tipología bitubo, discurre por los términos municipales de A Gudiña y Vilariño de Conso, en la provincia de Ourense. Con cerca de 8 kilómetros en cada vía y conexiones entre túneles cada 400 metros (20 galerías de emergencia), representa uno de los grandes túneles del tramo.

Ambos túneles se excavaron mediante el denominado 'nuevo método austriaco', a sección partida desde el emboquille Este, desde el emboquille Oeste y desde las galerías de ataque intermedio hacia ambos emboquilles. En la vía derecha cuenta con una longitud exacta de 7.924 metros incluidos los túneles artificiales de 30 y 40 metros en cada una de las bocas, diseñados con el fin de mejorar la integración de la infraestructura en las laderas. El resto (7.854 m) se han excavado en mina, es decir, bajo terreno natural. En la vía izquierda tiene una longitud en mina de 7.838 m, excavados bajo terreno, a los que se han añadido 30 y 36 metros respectivamente en cada una de las bocas como túneles artificiales o falso túnel, con lo que el túnel del Espiño vía izquierda se extiende a lo largo de 7.904 m. Las estructuras en falso túnel también se han diseñado con el fin de mejorar su integración visual en las laderas.

La presencia de sulfuros metálicos y materia carbonosa en algunas rocas pizarrosas hizo necesario un tratamiento en los vertederos para una parte de los materiales excavados, mediante el uso de tecnosoles. Esta técnica permitió, por un lado, controlar la oxidación de esos sulfuros, que son susceptibles de generar aguas ácidas, creando un entorno reductor y además reduciendo la cinética de oxidación. Además, los tecnosoles actúan como tampón, adsorbiendo metales pesados que pudieran estar presentes en el agua de escorrentía en forma de lixiviados, y tienen carácter eutrofizante, lo que favorece la integración ambiental final.

PARTE DEL MATERIAL EXCAVADO SE TRATÓ CON TECNOSOLES, SUELOS ARTIFICIALES QUE SE EMPLEAN PARA COMBATIR LA CONTAMINACIÓN DEL TERRENO. EN ESTE CASO, PARA CONTROLAR LA OXIDACIÓN DE SULFUROS Y ABSORBER METALES PESADOS

### 4. LOS TÚNELES DE BOLAÑOS

#### SON LOS DOS ÚNICOS TÚNELES DE LA LÍNEA MADRID-GALICIA EJECUTADOS CON TUNELADORA

Los túneles de Bolaños son los únicos de toda la línea construidos mediante tuneladora. De tipología bitubo, pertenecen al tramo Vilariño-Campobeceros, tramo de 6,96 kilómetros para la vía derecha y de 7,91 kilómetros para la vía izquierda. El trazado discurre por los términos municipales de Vilariño de Conso, A Gudiña y Castrelo do Val, en la provincia de Ourense.

Los dos se ejecutaron con tuneladora a excepción de los primeros 55,91 metros de la boca Oeste y los primeros 15 metros de la boca Este en la vía derecha y los primeros 76,13 metros de la boca Oeste en vía izquierda, que se ejecutaron por métodos convencionales para salvar una falla.

El dimensionamiento de la sección de los túneles viene limitado por el cumplimiento de los criterios de

salud y confort establecidos por la UIC, que fijan unos límites que garantizan el transporte de viajeros de calidad en la alta velocidad. Siguiendo dichos criterios, la sección libre de los túneles ha resultado ser de 52 m<sup>2</sup>. La sección de excavación de la tuneladora tiene 9,80 metros de diámetro, con un revestimiento de dovelas prefabricadas de hormigón armado de 37 centímetros de espesor con un diámetro interior de 8,76 m. El hormigón de las dovelas contiene fibras de polipropileno como medida de protección contra el fuego. El hueco entre la excavación de la tuneladora y el revestimiento de dovelas se ha rellenado con mortero bicomponente, una mezcla de mortero convencional con bentonita hidratada y silicato.

La impermeabilización del revestimiento prefabricado se ha

logrado mediante la fabricación de las dovelas con un hormigón de baja permeabilidad; la colocación en las juntas de las dovelas de una doble junta de impermeabilización y la inyección del espacio que queda entre la superficie excavada y el anillo de dovelas construido mediante mortero bicomponente. La inyección del trasdós de las dovelas cumple la misión de ser la impermeabilización primaria, ya que, en la práctica, es la primera barrera que encuentra el agua freática en su recorrido hacia el interior del túnel, siendo la secundaria la que proporcionan las juntas.

Los dos tubos se encuentran conectados por 18 galerías, una de las cuales es específica de instalaciones. La sección de las galerías tiene una anchura libre de 4,70 m, y dispone de un

revestimiento de 25 centímetros de hormigón en masa, con adición de fibras de polipropileno como medida de protección contra el fuego.

Durante la excavación de los túneles se ha generado gran cantidad de aguas derivadas de los procesos constructivos y que ha sido necesario tratar en una planta depuradora de grandes dimensiones para cumplir con los parámetros exigidos por los organismos competentes. Mediante decantación se eliminan los sólidos en suspensión presentes las aguas, favorecida por el empleo de coagulantes y floculantes. Mediante el empleo de CO<sub>2</sub> (en caso de aguas de proceso básicas) o de sosa cáustica (en caso de aguas de proceso ácidas) se consigue regular el pH.



Montaje de la tuneladora de 230 metros de longitud y 2.900 toneladas, en mayo de 2015.

LOS TÚNELES MIDEN 6,9 KILÓMETROS (DCHA.) Y 7,9 KILÓMETROS (IZQDA.) PARA IMPERMEABILIZARLOS, SE HA USADO HORMIGÓN ESPECIAL, DOBLES JUNTAS ENTRE DOVELAS Y MORTERO BICOMPONENTE ENTRE LA SUPERFICIE EXCAVADA Y EL REVESTIMIENTO

## 5. EL VIADUCTO DE TEIXEIRAS

UN ARCO CENTRAL DE MÁS DE 100 METROS DE ALTURA SOBRE EL ARROYO TEIXEIRAS

El viaducto de Teixeiras, del que Ineco lleva la dirección de obra y la dirección ambiental, es, sin duda, la estructura más espectacular de toda la LAV Madrid-Galicia.

El tablero de los viaductos de Teixeiras se ha ejecutado mediante autocimbra, y tiene una longitud de 508 metros distribuidos en ocho vanos (56 m + 4x66 m+56 m). Su singularidad radica en el procedimiento constructivo elegido para lograr salvar el arroyo Teixeiras con el máximo respeto al entorno. Para ello, en las pilas centrales (que superan los 90 metros de altura) se erigieron dos semiarcos que comparten cimentación, que tras ser abatidos se unen materializando una dovela de cierre que es el punto fijo del tablero, y que permite generar una separación entre pilas de 132 metros, equivalente a dos vanos, lo que, además de minimizar la afección al entorno, dota a la

estructura de gran transparencia y belleza. El arroyo Teixeiras, afluente del río Támega, posee una vegetación de ribera con protección, y en las laderas del entorno se conserva un bosque compuesto por especies autóctonas, con ejemplares de castaños y robles de gran porte.

La construcción de una gran estructura, como es el caso del viaducto del Teixeiras, requiere de unas superficies auxiliares de grandes dimensiones para albergar las instalaciones que sirven de apoyo a la construcción: desde grandes grúas a casetas de obra; desde acopios a zonas de aparcamiento de vehículos. En esta obra se ha estudiado minuciosamente la forma de reducir al mínimo esa superficie de afección. Se ha analizado con detalle la apertura de caminos con pendientes exigentes para reducir su desarrollo, zonas

de instalaciones auxiliares en los recodos de curvas o entre cimentaciones, plataformas de trabajo adosadas a los trabajos con ocupaciones estrictas, etc. Todo ello se ha localizado en ambas laderas que, además de una elevadísima pendiente, presentan suelos compuestos de materiales altamente disgregables y por lo tanto, con alto potencial de generar arrastres de tierras que irían a parar al curso fluvial.

Con objeto de evitar o paliar los efectos que estos arrastres y escorrentías de tierras que las lluvias pudieran ocasionar sobre la calidad de las aguas del río Teixeiras, se ha ejecutado un ingenioso sistema antiarrastre que básicamente consiste en un entramado de canalizaciones (cunetas hormigonadas, tuberías, areneros, zonas de remanso para la decantación, balsas

intermedias...) desplegado a lo largo de los caminos de acceso a las cimentaciones, que confluyen en unas balsas de bombeo situadas muy cerca del curso fluvial. Para reducir los movimientos de tierras y facilitar la integración posterior, se han empleado contenedores metálicos como balsas de bombeo, lo hace muy fácil su retirada tras la finalización de las obras.

En caso de producirse fuertes lluvias, las escorrentías cargadas de sedimentos son reconducidas -elevándolas a través de unas potentes bombas- hacia un sistema de depuración localizado a la altura del estribo 2 de la estructura que amplifica la capacidad de respuesta en el caso de un aguacero. En ese sistema de depuración puede emplearse además coagulantes y floculantes para acelerar la decantación, en caso de ser necesaria.

LA PROTECCIÓN DEL ENTORNO  
HA DETERMINADO TANTO EL  
DISEÑO COMO EL PROCEDIMIENTO  
CONSTRUCTIVO, PARA REDUCIR  
AL MÍNIMO LAS AFECCIONES  
MEDIOAMBIENTALES



Las pilas centrales superan los 90 metros de altura, con dos semiarcos que permiten una separación entre ellas de 132 metros.

# Pruebas de carga: listos para la acción

Ineco ha llevado a cabo para Adif la prueba de carga de 25 estructuras y la inspección de 70 puentes del tramo Olmedo-Pedralba de la línea de alta velocidad Madrid-Galicia, previas a la puesta en explotación de la línea

Por Pablo Sánchez Gareta, ingeniero de caminos



Dispositivo láser.



Equipos de adquisición de datos.



Embalse de Ricobayo.

**D**urante los meses de marzo y abril de 2019, un equipo de siete especialistas de Ineco ha llevado a cabo para Adif Alta Velocidad una tarea fundamental previa a la puesta en explotación del nuevo tramo Olmedo-Pedralba de la Pradería: las pruebas de carga e inspecciones de las puentes y viaductos sobre las que discurre el complejo trazado de la LAV Madrid-Galicia; todas ellas con resultados satisfactorios.

En total, se han realizado pruebas de carga sobre 25 estructuras, además de las inspecciones principales de 70 puentes (14 viaductos, 2 pérgolas y 54 pasos inferiores). En este último caso, y dado que se trata de puentes de nueva construcción, los datos recogidos en las inspecciones sirven como situación de referencia (estado cero), para el posterior análisis y seguimiento de la evolución.

Durante las pruebas, que son preceptivas para todos los puentes de nueva construcción en los que alguno de sus vanos tenga una luz igual o superior a



Equipo de Ineco, de izqda. a dcha.: Jorge Benito, Amadeo Cano, Pablo Martín-Romo, Javier Ortiz, Pablo S. Gareta y Carlos Sánchez.

10 metros, se reproducen en condiciones controladas las acciones propias de la utilización real de la obra.

En otras palabras, se comprueba que el puente es seguro, que está bien construido y que será capaz de soportar a lo largo del tiempo las cargas de los trenes que circularán sobre él. Para ello se realizan ensayos estáticos y dinámicos –a diferentes velocidades– con trenes cargados. Los datos recogidos por los sensores instalados en la estructura se analizan y se compara la respuesta real y la esperada. Los resultados se remiten a la Agencia de Seguridad Ferroviaria, responsable de autorizar la entrada en servicio del tramo.

EN TOTAL SE HAN REALIZADO PRUEBAS DE CARGA SOBRE 25 ESTRUCTURAS, ADEMÁS DE LAS INSPECCIONES PRINCIPALES DE 70 PUENTES (14 VIADUCTOS, 2 PÉRGOLAS Y 54 PASOS INFERIORES)

Entre las estructuras más representativas que se han probado destaca el viaducto de Ricobayo, que salva el embalse del mismo nombre, de 368 metros de longitud y cuatro vanos con luces de entre 50 y 155 metros. Para la prueba se utilizaron 2 locomotoras y 20 vagones tolva cargados de balasto, con un peso total de 1.863 toneladas. Sobre el espectacular viaducto sobre el río Tera, de 645 metros de longitud compuesto por nueve vanos con luces de entre 60 y 75 metros, circularon, a velocidades de entre 10 y 80 km/h, dos trenes con ocho vagones tolva cada uno, con un peso total de 1.536 toneladas. ■



De izquierda a derecha, las ingenieras Noelia Sánchez, jefa de unidad ACO y Marta González, directora de la obra del cambiador de anchos de Pedralba, en Zamora.

## EL ANCHO IMPORTA

MIENTRAS SE ULTIMA LA EJECUCIÓN DEL TRAMO DE ALTA VELOCIDAD ZAMORA-OURENSE, SE HA CONSTRUIDO UN CAMBIADOR DE ANCHO EN PEDRALBA DE LA PRADERÍA, PARA QUE LOS TRENES PUEDAN CIRCULAR SIN DETENERSE SOBRE VÍAS EN DOS ANCHOS DISTINTOS. INECO HA DIRIGIDO LAS OBRAS, AL IGUAL QUE ESTÁ HACIENDO EN EL CAMBIADOR DE TABOADELA, AL OTRO EXTREMO DEL TRAMO.

Por Marta González, ingeniera de caminos, y Noelia Sánchez, ingeniera civil

Ineco ha dirigido para Adif Alta Velocidad las obras del cambiador de ancho de Pedralba de la Pradería, en Zamora, una instalación ferroviaria que hace posible que los trenes entre Madrid y Galicia puedan circular sin interrupción, pasando de la vía de alta velocidad en ancho estándar (1.435 mm) a la vía convencional en ancho ibérico (1.668 mm), automáticamente. Además, en el extremo opuesto del tramo, se han iniciado las obras de otro cambiador en Taboada, Ourense, que también dirige Ineco.

Un cambiador de ancho es 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 circula a una velocidad constante (15 km/h, aproximadamente) y sin intervención humana. En España, donde la red de alta velocidad en ancho estándar convive con la convencional, en ancho 'ibérico', (ver IT57 e IT22) estas instalaciones son fundamentales para hacer posible el paso

de una a otra en los puntos donde ambas se encuentran. Ése es el caso del tramo Pedralba-Taboada-Ourense.

El cambiador de ancho de Pedralba es dual, tipo TCRS3, es decir, apto tanto para tecnología CAF como Talgo. Los trabajos han incluido el montaje de un desvío que conecta la línea convencional Zamora-A Coruña en el punto kilométrico 112/405 con el cambiador. Las instalaciones consisten en una nave de estructura metálica con un foso principal, donde se encuentra la plataforma de cambio de ancho propiamente dicha, equipada con un sistema de videograbación. A ambos lados se sitúan dos fosos de observación que permiten inspeccionar el sistema de rodadura, que además cuentan con un sistema automático de descongelación de los rodales para trenes Talgo. Se trata de una solución temporal hasta que se ponga en servicio el siguiente tramo de alta velocidad; tras lo que desmontará y se trasladará la plataforma y los equipos a otro cambiador.

### BREVE HISTORIA DE UNA TECNOLOGÍA PIONERA

- ▶ Los primeros cambiadores de ancho se instalaron en España en 1968 en Irún y Portbou, para permitir que los trenes Talgo pudieran circular hacia París y Zurich.
- ▶ Los cambiadores de ancho se extendieron al mismo tiempo que la red de alta velocidad; los de primera generación eran diferentes para cada una de las dos tecnologías de rodadura variable existentes en España (RD de Talgo y Brava de CAF). Posteriormente, se desarrolló un sistema apto para ambas, el dual. Adif instaló el primero de tercera generación (TCRS3) en 2009.
- ▶ Durante más de veinte años, Ineco ha participado en el diseño de la mayoría de las diferentes generaciones de cambiadores. En la actualidad se encarga también del mantenimiento y explotación de más de una veintena de cambiadores de ancho automático por toda España.

# Tecnología e innovación para el Espacio Renfe

Ineco ha llevado para Renfe el proyecto y la dirección de obra de un nuevo espacio en el que la combinación de herramientas digitales y tecnología adquieren protagonismo. Desde el gestor de turnos, al sistema de iluminación y megafonía, el nuevo Espacio Renfe permite coordinar y personalizar al máximo el servicio a los viajeros.

Por **Catalina Bezares**, ingeniera de caminos, y **Nike Picón**, arquitecta



FOTO\_PATIER / RENFE



SE HA PROYECTADO UN ESPACIO DIÁFANO, CON ZONAS DIFERENCIADAS, QUE CUENTAN CON PUESTOS DE ATENCIÓN PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA, CADA UNO CON UN BUCLE DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA PARA AQUELLAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA

La estación ferroviaria de Granada se localiza en el barrio de Los Pajaritos, dentro del cinturón que forma la Avenida de la Constitución, el Camino de Ronda y la Avenida de Fuente Nueva. Desde 2015, la estación ha estado sufriendo una profunda remodelación para acoger la llegada de la línea de alta velocidad Madrid-Córdoba-Granada. Así, se ha llevado a cabo la remodelación de la plaza de acceso y el entorno, la ampliación de la estación con un nuevo edificio, nuevos andenes, la ampliación del aparcamiento y la remodelación del edificio de viajeros existente, construido a principios del siglo XX. Uno de sus espacios laterales del ala este se ha rehabilitado para crear un innovador Espacio Renfe que albergue los usos de Canal de Venta, Centro de Servicios y Atendo.

La idea del proyecto es la concepción de la sala como un único espacio diáfano en el que el viajero pueda ser atendido en las diferentes zonas diferenciadas, pero dentro de un espacio común. El volumen interior que no llega hasta el techo articula los distintos usos del espacio, separando la zona de Atendo, situada junto al acceso y el Centro de Servicios, y dejando la zona del Canal de Venta al fondo articulada por una pantalla corporativa de Renfe.

## UN JUEGO DE LUCES

El falso techo crea una isla de mayor altura en el espacio único, un juego que

le confiere cierta fluidez, y en el que los distintos tipos de iluminación remarcan la zona común, las distintas zonas de atención, así como cada uno de los mostradores, encuadrados por los nichos corporativos imagen de Renfe.

El lateral que da a los andenes se plantea como una fachada interior en la que se encuentra la zona de espera, manteniendo los huecos existentes que enmarcan las vistas a los andenes, y con zonas de ladrillo visto del edificio.

En este Espacio Renfe se combina la tecnología y la innovación. Incluye un gestor de 'su turno' de los servicios disponibles con múltiples opciones a través del cual, el usuario puede adquirir el turno en venta de billetes o atención al cliente,

en función de sus necesidades. El sistema está ligado al sistema de gestión de imagen y publicidad de Renfe, así como a la megafonía e iluminación de los puestos de atención, lo que permite avisar a los usuarios que requieran atención.

Otro sistema incorporado es el regulador y controlador del alumbrado Dali (*Digital Addressable Lighting Interface*) que permite la adaptación de la iluminación en función del número de personas que se encuentren en el espacio y del momento del día, disponiendo de 3 escenas: día, noche y seminocche. Además, en cada una de las zonas figura un puesto de atención para personas con movilidad reducida, que incluye un bucle de inducción magnética para personas con discapacidad auditiva. Este último consiste en un sistema de comunicación para personas que utilizan audífonos. El bucle magnético reduce el ruido de fondo de manera significativa, mejorando así la inteligibilidad. El resultado es que el usuario recibe un sonido claro y con un volumen adecuado.

El Espacio Renfe de Granada es un lugar que unifica la esencia de la estación con la innovación, lo que permite la accesibilidad e integración de todos los usuarios de este servicio de la estación. Estará en funcionamiento todos los días desde las 06.15 horas hasta las 23.30 horas.

Este proyecto abre el camino a otras estaciones como el futuro Espacio Renfe de la estación de Vigo-Urzáiz. ■

# Predecir para evitar accidentes

La herramienta RONIN para la gestión integral de la seguridad vial, ayuda a reducir la siniestralidad y optimiza el mantenimiento predictivo de la red de carreteras. Desarrollada por Ineco, ha sido finalista en los Premios Ponle Freno 2019, tras alzarse en 2018 con un primer puesto en los premios ODS que concede la Fundación Rafael del Pino y la Red Española del Pacto Mundial.

Por Iván Hernández, ingeniero superior en Informática de Gestión

El proyecto de innovación RONIN, de Ineco, ha sido uno de los tres finalistas en los Premios Ponle Freno 2019, de entre las 105 propuestas presentadas en la categoría AXA Innovación y desarrollo en seguridad vial. Este apartado premia productos o diseños innovadores que supongan una novedad científico-tecnológica en la mejora de la seguridad vial y muestren un alto potencial de transferencia industrial, que permita su aplicación en beneficio de los usuarios de las carreteras y la sociedad en general. Los Premios Ponle Freno son una iniciativa de Atresmedia y AXA, y buscan reconocer a todas aquellas personas, instituciones e iniciativas que hayan contribuido a promover la seguridad vial, en consecuencia, a ayudar a disminuir el número de accidentes en las carreteras españolas.

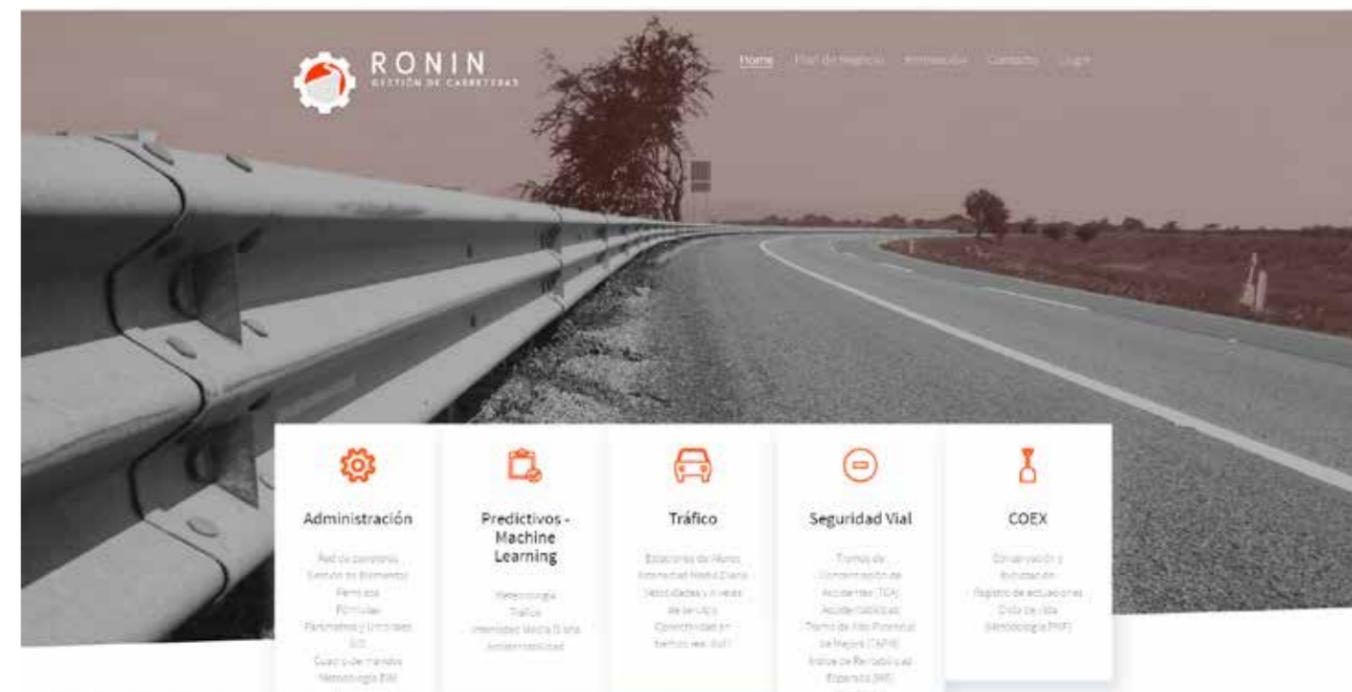
Con anterioridad a este premio, RONIN se alzó en octubre de 2018 con el primer puesto en el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 9 Industria, Innovación e Infraestructura, por ayudar a reducir la siniestralidad y optimizar el mantenimiento predictivo de la red de carreteras. El premio fue concedido por la Red Española del Pacto Mundial, la iniciativa más importante para la sostenibilidad del sector privado impulsada por las Naciones Unidas, y la Fundación Rafael del Pino. Este premio se enmarca dentro de los Reconocimientos go!ODS, con los que ponen en valor el papel de las entidades empresariales y sociales de

nuestro país a la hora de materializar de forma innovadora los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Se trata de unos premios que destacan iniciativas puestas ya en marcha y con resultados probados, con el objetivo de que sirvan de inspiración para el conjunto del sector privado español, fomentando la colaboración intersectorial y el diálogo.

Previamente en la fase de prototipo, la herramienta fue finalista de los III Premios a la Innovación en Infraestructuras Viarias de La Plataforma Tecnológica Española de la Carretera en Innovacarretera 2017, en la categoría de mejor proyecto I+D+i entre más de 50 candidaturas. Innovacarretera 2017 fue la IVª Edición de la feria bienal de Demostración Tecnológica del Sector de las Infraestructuras Viarias, para el encuentro de trabajo entre las Administraciones Públicas y empresas del mismo gremio, en un formato renovado de demostraciones en directo de los productos y servicios innovadores de aplicación a las infraestructuras de las carreteras.

## UNA POTENTE HERRAMIENTA PARA LA SEGURIDAD VIAL

RONIN, software innovador desarrollado por Ineco, facilita la toma de decisiones estratégicas en el ámbito de la seguridad en las infraestructuras, constituyendo una potente herramienta para administraciones y gestores de carreteras, con



### RONIN, CUADRO DE MANDO

Para el control y seguimiento de la red de carreteras, RONIN dispone de un sistema de análisis basados en cuadros de mando con indicadores de gestión (KPI) personalizados.



FOTO DE EQUIPO

En la imagen, Josué García, Damaso Iván Hernández, Rafael Ibáñez y Alejandro Rodríguez miembros del equipo de Ineco que ha desarrollado RONIN junto con M<sup>a</sup> Sonia Álvarez y Manuel Francisco, reflejados en la pantalla del fondo.

un notable impacto en los usuarios de uno de los principales medios de transporte. Este software innovador –diseñado para gestionar la red de carreteras– incluye modelos predictivos de accidentes en función de la meteorología, la fecha y la intensidad del tráfico.

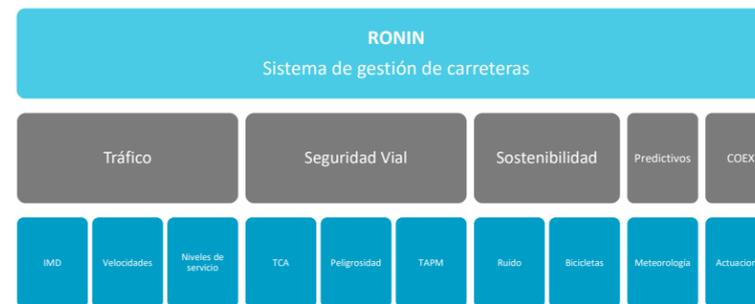
Una de las principales capacidades de la herramienta RONIN es el cálculo automático de los tramos de concentración de accidentes (TCA), para ello se ha desarrollado la funcionalidad de la gestión de fórmulas y la parametrización del cálculo de los TCA, basándose en las Directrices del procedimiento para la gestión de tramos de concentración de accidentes y la clasificación de la seguridad de la Red de Carreteras del Estado, que permite aplicar los diferentes métodos de cálculo existentes para el cumplimiento de la normativa RD345/2011 del 11 de marzo, aportando un gran valor a los conductores que pueden consultar de forma sencilla y en tiempo real la información crítica de los tramos de carretera con riesgo de accidentabilidad. El sistema incorpora

RONIN  
INCLUYE MODELOS  
PREDICTIVOS  
DE ACCIDENTES EN  
FUNCIÓN  
DE LA METEOROLOGÍA,  
LA FECHA Y LA  
INTENSIDAD  
DEL TRÁFICO

modelos predictivos de accidentes (*Random Forest*) en función de la meteorología (conexión con la API de AEMET), la fecha y la intensidad del tráfico o con cualquier variable que pueda ser consumida mediante servicios en línea, se utilizan para reducir

la accidentabilidad a la vez que se optimiza el mantenimiento de la red de carreteras considerando de gran interés el poder integrar en el futuro variables relativas al mantenimiento de la vía. Como resultado, obtenemos el grado de riesgo de accidentabilidad, jerarquizando la probabilidad de ocurrencia de un accidente en un tramo de vía en el corto plazo (1, 2 y 3 días).

En materia de conservación y explotación de carreteras, la herramienta RONIN permite optimizar las inversiones a realizar por parte de las administraciones, sustentándose en una mayor eficacia de los recursos limitados de los que disponen, invirtiéndolos allí donde se identifica una mayor accidentalidad. Además, el programa es escalable permitiendo incorporar otros módulos como puede ser la ayuda a



Módulos y funcionalidades de la herramienta RONIN.

### ¿EN QUÉ SE BASA RONIN?

RONIN, es una aplicación web para la gestión integral de carreteras que permite administrar de manera eficiente cualquier red vial en todo su ciclo de vida. Esta solución se basa en un inventario configurable y extensible donde se registran de forma autónoma todos los elementos de la carretera con sus correspondientes atributos, proporcionando una solución totalmente escalable. Dicha herramienta está enfocada fundamentalmente a la seguridad vial, y más concretamente a la reducción de la siniestralidad, ya que facilita la toma de decisiones temprana por medio de modelos predictivos para la mejora de la infraestructura, pudiéndose registrar, representar y analizar los distintos atributos que determinan la seguridad de la red. Sus principales características son:

- Gestor de carreteras
- Autoadministración
- Seguridad Vial - TCA
- Formulación parametrizada
- Predictivos de accidentabilidad
- Datos en tiempo real
- Cuadro de mandos
- Aplicativo web - GIS
- Trazabilidad en el tiempo
- Seguridad basada en roles
- Multidioma
- Consultas personalizables
- Informes predefinidos y de formato editable

### FUNCIONALIDADES

Entre las muchas funcionalidades de esta herramienta, figuran el seguimiento y explotación de los planes de aforo, control de velocidades y niveles de servicios anuales de tráfico. En el caso de los aforos, incluye una ficha por cada aforo y sus datos históricos, la conexión directa con estaciones de aforo; la explotación de los datos en un Sistema de Información Geográfico (GIS) y su exportación a sistemas de proyección ETRS89 y WGS84. Sus funcionalidades más destacadas son:

- 1. Tráfico**
  - Estaciones de aforos
  - Intensidad media diaria (IMD),
  - Velocidades y niveles de servicio
  - Conectividad en tiempo real (IoT)
- 2. Seguridad vial**
  - Tramos de concentración de accidentes (TCA)
  - Accidentabilidad
  - Tramo de alto potencial de mejora (TAPM)
  - Índice de rentabilidad esperada (IRE)
  - Históricos - Evolutivos - Comparativos
- 3. Sostenibilidad**
  - Aforo de bicicletas y análisis de ruidos
- 4. Predictivos - Machine Learning**
  - Meteorología, tráfico, IMD - históricos
  - Propuesta de actuaciones tipo
- 5. Conservación y explotación - COEX**
  - Registro de actuaciones (preventivo y correctivo)
  - Ciclo de vida (metodología PMP)
- 6. Administración**
  - Red de carreteras - Administración, Servicios provinciales, COEX
  - Elementos - Tipos - Atributos
  - Administración (usuario, red de carreteras, capas GIS, formulación, cálculos, umbrales)
  - Cuadro de mandos (personalizados por rol)
  - Exportación a Excel, Word, GIS

la gestión de los elementos susceptibles de mejora (ESM), la detección de los tramos de alto potencial de mejora (TAPM), que permiten planificar a más largo plazo programas de mejoras en las vías y del índice de rentabilidad esperada (IRE), adaptándolas a las nuevas normativas y, en definitiva, mejorando su seguridad.

Por último, es posible gestionar el inventario de carreteras y generar informes en formato editable. ■

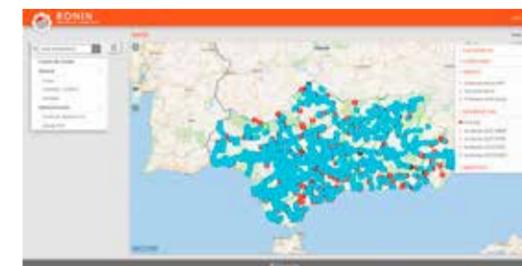
## EL TRÁFICO EN ESPAÑA Y LA SIMULACIÓN DE RONIN EN ANDALUCÍA

En España, con 80 millones de turistas cada año, la tasa de fallecidos es de 39 por millón de habitantes, la misma que Alemania, siendo 49 la tasa media de fallecidos en la UE por millón de habitantes. En 2018, según datos de la DGT, se produjeron 102.299 accidentes de tráfico con víctimas, en los que perdieron la vida 1.806 personas y otras 138.609 resultaron heridas, de las que 8.935 requirieron ingreso hospitalario.

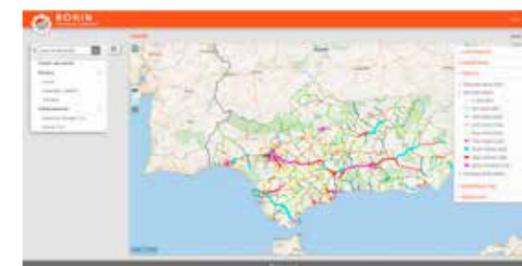
El equipo de Ineco que ha desarrollado RONIN ha utilizado en su presentación, datos simulados en las carreteras de Andalucía. A continuación, diferentes capturas de la herramienta:



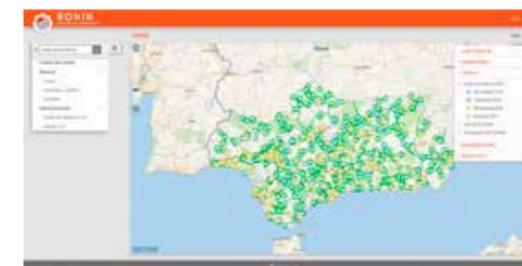
Número de accidentes por año.



Predicción de riesgo de la accidentabilidad.



Intensidad media diaria por categoría.



Estaciones de aforos clasificados por su tipología.



Arriba, presentación en Qingdao, China, del primer tren de la serie 2.500 fabricado en las instalaciones de CRRC Sifang, para la Compañía Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM). Con chaleco amarillo, los técnicos de Ineco Carlos Castaño y Raúl G. Palacio. Abajo, acceso al puerto de Qingdao, desde donde se envían los trenes recién salidos de la fábrica.

Arriba, descarga del primer tren de la serie 2.500 de Temoinsa-Sifang a su llegada al puerto de Santos, Brasil. Abajo, estación de Luz, en São Paulo. Los trenes de CPTM 'Expresso Aeroporto', realizan el recorrido entre dicha estación y el aeropuerto.

# Desde China hasta São Paulo

Ineco está realizando labores de asistencia técnica y supervisión de los ocho nuevos trenes de la serie 2.500 que la compañía CRRC Sifang está fabricando en Qingdao, China, para la Compañía Paulista de Trens metropolitanos (CPTM). El trabajo se lleva a cabo dentro del Consorcio Supervisor 8 Trens (CS8T) formado por Ineco, Ineco do Brasil, Ebei y MetroEng.

Por Enrique Monfort, ingeniero industrial y Raúl G. Palacio, ingeniero electrónico

La red ferroviaria de cercanías de São Paulo CPTM, empresa vinculada a la Secretaria de Transportes Metropolitanos del Estado de São Paulo (STM), continúa con su proyecto de ampliación de la línea 13 denominada Jade que con 12,2 kilómetros llegará desde el centro hasta el aeropuerto internacional de Guarulhos con un tráfico previsto de alrededor de 130.000 pasajeros por día laborable. El consorcio chino-brasileño Temoinsa-Sifang está fabricando ocho nuevos trenes para la operación comercial de este ramal, que incluyen espacio des-

tinado al transporte de las maletas de los futuros usuarios de la línea. La fabricación en China y la entrega y montaje de los trenes se realiza bajo la supervisión del consorcio hispano-brasileño CS8T formado por Ineco, Ineco do Brasil, Ebei y MetroEng. El material rodante que se están fabricando en las instalaciones de CRRC Sifang fue adquirido por el Gobierno de São Paulo en septiembre de 2017 por 316,7 millones de reales con una financiación del BEI de 85 millones de euros. Equipado con ocho coches cada tren, está previsto que esta flota realice

FOTO: GOBIERNO ESTADO SÃO PAULO - DIOGO MOREIRA / FLICKR



Trenes CPTM en la Estación de Luz.



Carmen Librero, presidenta de Ineco, en las instalaciones de CPTM en Presidente Altino, São Paulo, con Enrique Monfort, gerente del proyecto en Ineco do Brasil, Ignacio Fernández-Cuenca, director general de Negocio Internacional de Ineco, y Vladimir Mello Jr., ingeniero de Ineco do Brasil. A la derecha, Carlos Castaño y Raúl G. Palacio.



FOTOS: GOBIERNO ESTADO SÃO PAULO - DIOGO MOREIRA / FLICKR



En febrero de 2018, finalizaron las obras en los viaductos de la línea 13 en su acceso al aeropuerto internacional de Guarulhos.



La línea 13-Jade operada por CPTM, con 12,2 kilómetros de extensión, conecta la estación Engenheiro Goulart de São Paulo con el aeropuerto internacional de São Paulo-Guarulhos, en Guarulhos.

los servicios de enlace entre el aeropuerto internacional de São Paulo, el mayor de América Latina, con la ciudad de São Paulo.

El pasado mes de enero de 2019, un equipo de técnicos de Ineco se desplazó a las instalaciones de CRRC Sifang –empresa pública fabricante de material ferroviario, con sede en Qingdao, China– para supervisar la entrega del primer tren de la serie 2.500. Se trata de un material rodante en línea con las últimas adquisiciones de STM/CPTM, con tracción distribuida y cajas de acero, que complementa las recientes entregas de 30 trenes Hyundai y 35 de la empresa española CAF, ambas financiadas también por el Banco Europeo de Inversiones. De este modo, CPTM va a disponer de una flota más moderna y

versátil, que irá entrando en servicio a lo largo de los próximos dos años. Tras desembarcar en el puerto de Santos, el nuevo material rodante se traslada por carretera a las instalaciones de CPTM para la realización de las pruebas dinámicas en vía.

Está previsto que el montaje de los ocho trenes en la fábrica de CRRC Sifang finalice en los primeros meses de 2020, para, posteriormente, continuar con los trabajos destinados a la recepción de los vehículos y puesta en servicio por parte de CPTM, que debe concluir a principios del año 2022.

Los trabajos del Consorcio CS8T comprenden la revisión del diseño del vehículo, la supervisión de las diferentes pruebas –estáticas y dinámicas– que se van a ir realizando hasta la entrada en servicio,

tanto en fábrica como en vía. Para ello, técnicos de Ineco realizan actividades de inspección de fabricación en las instalaciones de CRRC Sifang, así como acompañamiento de pruebas estáticas y dinámicas tanto en la fábrica en Qingdao como en las instalaciones de CPTM en Presidente Altino, São Paulo. Asimismo, un equipo de técnicos de Ineco ha realizado la revisión de diseño desde las oficinas de España.

Los supervisores deberán asegurar desde el primer momento que el material rodante que se monte cumpla las especificaciones técnicas y se ajuste a las necesidades de CPTM. Además, deben conocer en detalle la normativa ferroviaria internacional y, en este caso, la de Brasil, así como la aplicable a

cada uno de los elementos principales y auxiliares, tanto de la estructura –cajas, ejes, ruedas, etc.– como de equipos y sistemas: de tracción, de frenado, de seguridad del tren, de información al viajero, de conducción, de emergencia, etc. El proceso de supervisión debe garantizar su fiabilidad, así como la compatibilidad técnica entre todos ellos.

Ineco cuenta con un amplio currículum en este campo y profesionales con conocimientos específicos en cada uno de los componentes que hacen posible que un tren funcione y sea seguro y confortable para los usuarios. Además, esta experiencia se extiende a todas las variedades de material rodante de todos los suministradores: Alstom, Bombardier, CAF, Siemens, etc. ■

# Normas europeas para Panamá y el Haramain

Ineco ha concluido la Evaluación Independiente de Seguridad (ISA) para la mejora de la línea 1 y la nueva línea 2 del Metro de Ciudad de Panamá, así como los estudios de seguridad para la línea de alta velocidad entre la Meca y Medina, en Arabia Saudí. La compañía cuenta con una amplia experiencia en España que ha exportado por primera vez al exterior.

Por **Laura L. Brunner**, licenciada en Ciencias Físicas, y **Jorge Merino**, ingeniero industrial

**CENTRO DE CONTROL (CRC) DE ATOCHA**  
Los CRC dirigen y coordinan las circulaciones en tiempo real de las líneas de alta velocidad en España. Desde ellos se regula la señalización, electrificación, sistemas de comunicaciones, información al viajero y energía, entre otros elementos. En la imagen, el CRC Central situado en la estación Puerta de Atocha, en Madrid.

Un sistema ferroviario está formado por diferentes subsistemas: muy a grandes rasgos, la vía con todo su equipamiento, la energía con la catenaria y las subestaciones, el material rodante, y todos los elementos de señalización, control, mando y comunicaciones que hacen posible la circulación. Cada uno de ellos debe funcionar con seguridad y para ello, ya desde la fase de diseño del proyecto y durante las etapas siguientes hasta la puesta en marcha y el posterior mantenimiento, deben hacerse distintos tipos de estudios y análisis de seguridad, desde las especificaciones de cada subsistema, pasando por la detección de posibles riesgos y la probabilidad de que ocurran, hasta las actuaciones a acometer para mitigarlos y la certificación completa de que todo el sistema es seguro y cumple la normativa.

Estas actividades de seguridad para la puesta en marcha de todo o parte de un sistema ferroviario (ya sea de nueva construcción o modificado, por ejemplo, por una modernización), se desarrollan siguiendo un esquema de 'ciclo de vida en V', llamado así porque discurre en fases paralelas, pero no necesariamente coincidentes, que arrancan en la etapa de diseño hasta converger en la puesta en marcha. Cada actividad está a cargo de distintos agentes (diseñador, verificador, validador). Los diferentes tipos de estudios de seguridad se estructuran en las siguientes fases: concepto y definición del sistema, análisis de riesgos, identificación de requisitos de seguridad y aplicación, y, por último, diseño e implementación.

Entre los principales tipos de informes figuran la Evaluación Independiente de Seguridad o ISA (*Independent Safety Assessment*, por sus siglas en inglés) que, a diferencia de otros trabajos, como los análisis de riesgos, solo pueden ser realizadas por un evaluador acreditado por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación), como Ineco. Este informe es imprescindible para garantizar a un tercero –el operador o la autoridad ferroviaria–

que una nueva línea o la modificación de una existente son seguras y pueden entrar o continuar en explotación.

Ineco, que cuenta con una amplia experiencia en España en materia de estudios de seguridad ferroviaria, especialmente en alta velocidad, pero también en otros campos ha exportado su conocimiento al exterior: para el Metro de Ciudad de Panamá, ha realizado la Evaluación Independiente de Seguridad de la nueva línea 2 y la ampliación de la línea 1, un trabajo que se ha prolongado durante dos años. Asimismo, ha elaborado estudios de seguridad para la primera línea de alta velocidad de Arabia Saudí entre la Meca y Medina (proyecto *Haramain High Speed Rail*), que empezó a operar en octubre de 2018.

Tanto en el caso del Haramain (que en árabe significa "dos ciudades santas") como en el Metro de Panamá, se ha tomado como estándar la misma normativa de seguridad que en las líneas ferroviarias españolas, la norma CENELEC EN 50126 (*Aplicaciones ferroviarias; especificación y demostración de la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad, RAMS*), que se aplica a todos los subsistemas que integran el sistema ferroviario: señalización y protección de tren, telecomunicaciones, Centro de Regulación y Control de Tráfico, suministro de energía, protección y seguridad, vía y material rodante.

## ISA DE METRO DE PANAMÁ

Más de 8 millones de usuarios al mes utilizan las dos líneas en servicio del Metro de Ciudad de Panamá. En 2014, la apertura la primera línea del suburbano de 15,8 kilómetros revolucionó el transporte público para los más de 880.000 habitantes de la ciudad. El crecimiento de la demanda ha hecho necesario ampliar su capacidad con nuevos trenes –que pasan de 20 a 26– y cinco coches en vez de tres, lo que a su vez ha supuesto modificar las vías e instalaciones, la adquisición de nuevos suministros y otros trabajos complementarios.

Además, en enero de 2019 se abrió parcialmente la nueva línea 2, de 21 kilómetros en total, para atender a los peregrinos de todo el mundo que acudieron a la Jornada Mundial de la Juventud, presi-

INECO  
EXPORTA  
AL EXTERIOR  
SU AMPLIA  
EXPERIENCIA EN  
MATERIA DE ESTUDIOS  
DE SEGURIDAD  
FERROVIARIA

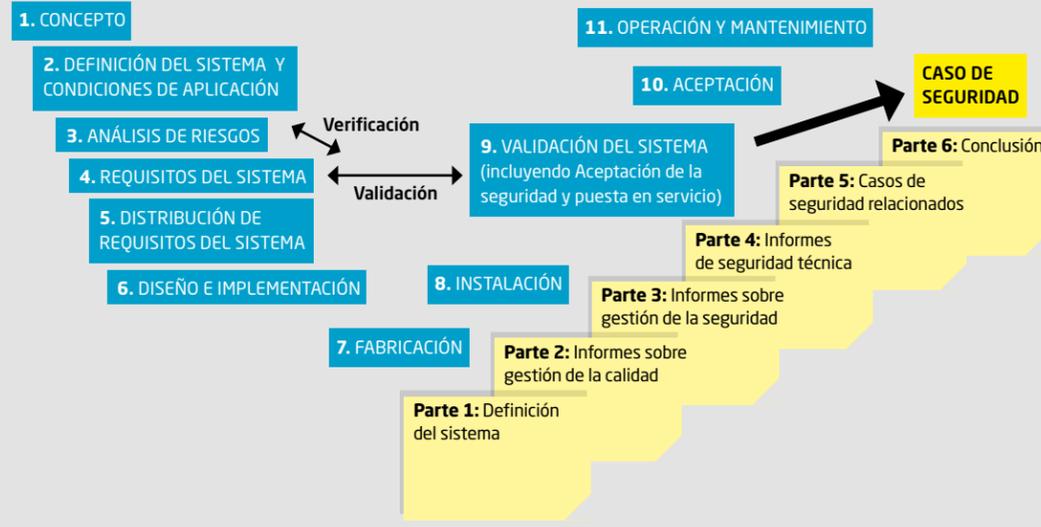
FOTO: PABLO NEUSTADT / INECO

QUÉ HACE Y CÓMO TRABAJA EL ISA: EL CICLO DE VIDA EN V

► El **verificador** comprueba que se dan las condiciones para moverse a la siguiente fase del ciclo en v.

► El **validador** comprueba que el sistema físico se comporta como se había supuesto en la fase del diseño.

► El **evaluador** comprueba que el proceso de Gestión de la Seguridad del Sistema se está realizando de acuerdo a la normativa y conforme a los planes inicialmente establecidos. Para ello, el evaluador sigue un proceso de análisis basado en **evidencias** cuyo fin es llegar a unas **conclusiones**.



INECO  
ESTÁ  
PRESENTE EN  
TODAS LAS FASES  
DEL CICLO DE VIDA  
DE SEGURIDAD, DESDE  
EL INICIO HASTA  
LA VALIDACIÓN

didada por el Papa Francisco. Durante nueve días, y sin ninguna incidencia reseñable, el tramo abierto –con cinco de las 16 estaciones– transportó a 2,6 millones de personas. El 28 de enero, una vez concluido el evento, la línea volvió a cerrarse para completar los trabajos y se inauguró al completo de manera oficial en abril.

Para hacer posible todo ello con plenas garantías de seguridad, desde 2015, Ineco ha llevado a cabo para la compañía Alstom la Evaluación Independiente de Seguridad o ISA de ambas líneas. Por una parte, de las actuaciones de adaptación al aumento de capacidad en la línea 1, y, por otra, en la línea 2, al ser de nueva construcción, de todos los subsistemas: vía, 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), entre otros.

**ESTUDIOS DE SEGURIDAD PARA LA LÍNEA MECA-MEDINA**

El llamado ‘AVE de los Peregrinos’ realizó su primer viaje oficial el 25 de septiembre de 2018 e inició su operación comercial en octubre. Ineco es una de las 12 empresas españolas y dos saudíes miembros del consorcio que en 2011 re-

sultó adjudicatario, junto con Renfe y Adif, del concurso internacional encargado de la segunda fase del proyecto, junto con Talgo, Consultrans, OHL, COPASA, Imathia, Dimetric, Indra, Cobra e Inabensa.

Tras la fase 1 (obra civil de construcción de la plataforma de vía y las estaciones), adjudicada a otro consorcio, la fase 2 incluye el montaje de vía y catenaria, electrificación, centros de control, suministro de 35 trenes, y operación y mantenimiento de la línea durante un periodo de 12 años.

La nueva línea, de 450 kilómetros es la primera de alta velocidad de Arabia Saudí y de toda la región. Está diseñada para velocidades de hasta 320 km/h y conecta las dos ciudades santas del Islam, La Meca y Medina, con cinco paradas en total. Cuenta con doble vía en ancho

estándar (1.435 mm), electrificación 25 kV, 60 Hz y está equipada con el sistema de señalización ERTMS nivel 2.

Entre las tareas desarrolladas por Ineco para el proyecto –supervisión de proyectos de montaje de vía, pruebas de circulación de trenes, etc.– se encuentran también los estudios de seguridad asociadas a las fases del ciclo de vida, siempre siguiendo como estándar la normativa CENELEC española.

En la fase de concepto y definición se elaboraron las especificaciones técnicas de los subsistemas de vía, catenaria, señalización, telecomunicaciones, bases de montaje y mantenimiento, enclavamientos, centros de control de circulación (OCCs) electrificación de alta y baja tensión y requerimientos RAMS. Como resultado, se elaboró un plan de seguridad del sistema.

En la fase de análisis de riesgos se elaboró un Registro de Amenazas (*Hazard Log*), documento clave para gestionar los riesgos, que incluye la descripción de cada riesgo, el estado (abierto, controlado, cancelado transferido o cerrado), la evaluación inicial y final, el responsable (actor), etc. La norma EN 50126 establece una lista detallada de todos los posibles riesgos, establece los niveles de probabilidad (de frecuente a increíble) y su gravedad (de insignificante a catastrófico), así como su clasificación (de aceptable a intolerable).

En las siguientes etapas de identificación de requisitos y trazabilidad, se continuó desarrollando el Registro de Amenazas, estableciendo los requisitos de seguridad de los subsistemas de señalización, vía, estaciones y energía. Tras el análisis, se establecen las correspondientes medidas de mitigación, que, tras ser aplicadas, deben reducir los riesgos detectados a niveles aceptables.

En la fase diseño e implementación, la norma establece que se desarrolle el “caso de seguridad” del diseño, un informe detallado que, una vez validado por un evaluador independiente de seguridad (en este caso la empresa italiana ITALCERTIFER), dará luz verde a la operación y mantenimiento de la infraestructura. En el proyecto *Haramain*, Ineco ha realizado, entre otros, el caso de seguridad de los enclavamientos y sistemas auxiliares de detección (detectores y concentradores), así como en la gestión de interfaces del material rodante con el resto de los subsistemas. ■

**EXPERTOS EN SEGURIDAD FERROVIARIA**

Ineco cuenta con una amplia experiencia en ingeniería, instalaciones y equipos de seguridad ferroviaria y en material rodante, y conocimiento de los procesos y procedimientos de seguridad de los principales suministradores ferroviarios. Está presente en todas las fases del ciclo de vida de seguridad, desde las etapas iniciales de concepto y definición del sistema, hasta la validación, que incluye la aceptación final en seguridad para la puesta en servicio, tanto para nuevas infraestructuras y equipos embarcados, como para modificaciones de los ya existentes.

En 2009, obtuvo su primera acreditación ENAC, la Entidad Nacional de Acreditación del Gobierno español, como evaluador independiente de seguridad tanto para infraestructura como material rodante, con el número 76/EI058, que ha renovado posteriormente. Esta acreditación es su vez válida en los 100 países con los que ENAC tiene convenios de reconocimiento mutuo. Ineco posee además el reconocimiento de ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) como entidad de inspección para la Evaluación Independiente de Seguridad de Aplicaciones Ferroviarias a nivel internacional.

Entre los principales trabajos realizados en España en subsistemas de vía (aplicaciones específicas), destacan las evaluaciones de los procesos de seguridad aplicados por Adif (el administrador español de infraestructuras ferroviarias), en las puestas en servicio de gran parte de las líneas de alta velocidad equipadas con ERTMS. Las más recientes son la línea Antequera-Granada, inaugurada en junio de 2019 (ver *IT66*), o la instalación del sistema de señalización ERTMS nivel 2 en la línea Valladolid-León. Además, se sigue trabajando en otras líneas que continúan en ejecución como los tramos Olmedo-Zamora-Pedralba (línea de alta velocidad a Galicia), Monforte del Cid-Murcia, o la conexión entre la estación de Chamartín y Torrejón de Velasco, en Madrid. Con anterioridad, la compañía trabajó en otras líneas de la red, como Madrid-Lleida-Barcelona (inaugurada entre 2003 y 2008), Figueras-Perpignan (2011); Córdoba-Málaga y Madrid-Valladolid (2006-2007) y Madrid-Valencia (2010).

Asimismo, Ineco ha realizado la evaluación de seguridad en las modificaciones de las líneas convencionales con ERTMS, como las de Cercanías de Madrid, o los ramales Castellbisbal-Mollet, y Castellbisbal-Cantunís, en Barcelona, donde en 2010 se instaló un ‘tercer hilo’ para permitir la circulación de trenes en dos anchos de vía. Entre los trabajos más recientes, figura la evaluación de seguridad de la modernización del túnel de Recoletos, en Madrid.

Y en cuanto a evaluaciones de equipos embarcados, cabe mencionar las realizadas para la instalación de equipos de ERTMS nivel 1 en los automotores de Cercanías Civia (I, II, III y IV) y en las series 446, 447 y 450. En material rodante de alta velocidad, se trabajó en los S-120 y S121 fabricados por CAF.

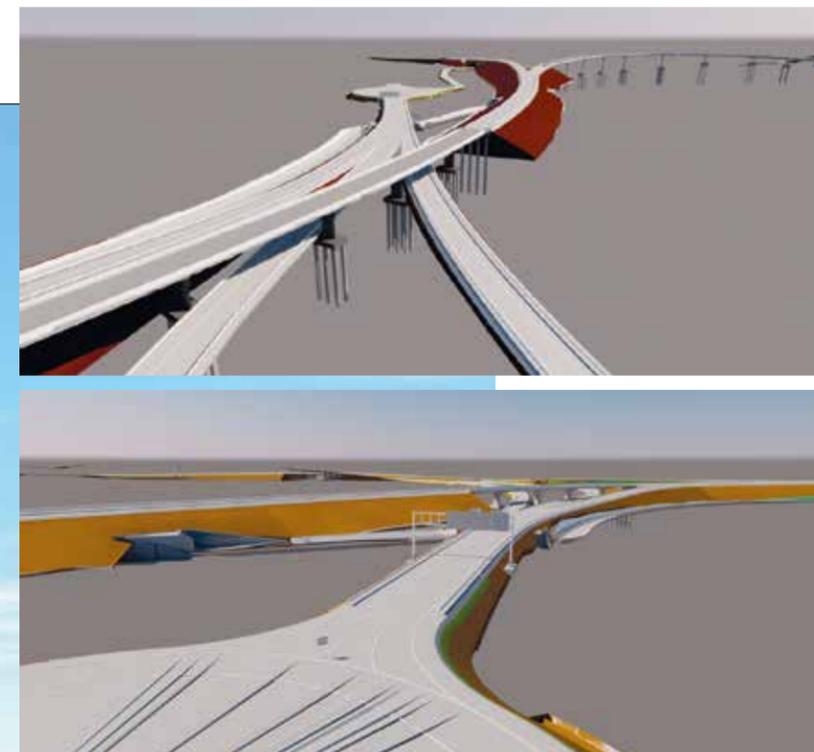
Además, se han llevado a cabo evaluaciones independientes de los casos de seguridad de productos genéricos, como RBC (Centro de Bloqueo por Radio), ASFA Digital embarcado, sistema de detección de caída de objetos a la vía y señalización lateral por foco LED.



# Integración BIM-GIS en la A-76

Ineco ha dado un paso más hacia la transformación digital en la redacción de proyectos, aplicando la metodología BIM y su integración en un entorno GIS (*Geographic Information System*, Sistema de Información Geográfica), en la gestión del proyecto de construcción de la autovía A-76, Ponferrada-Orense, tramo Villamartín de la Abadía-Requejo, que está redactando para la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Por **Miriam Pinilla** y **Agustín Roldán**, ingenieros de caminos, **Mirela Vladovic**, ingeniera de telecomunicaciones, **Laura Martín**, geógrafa, con la colaboración de **Raquel Veneros**, arquitecta técnica



## MODELOS COORDINADOS

Imagen de los modelos BIM del enlace de la A-76 con la A-6, obtenida de Navisworks. Se comprobó que todos los modelos BIM, en formato IFC, generados por las diferentes herramientas BIM estaban coordinados y no "colisionaban" entre sí.



**TODO EN UNO**  
Esta imagen tridimensional, obtenida de Infracore, muestra diferentes modelos BIM -viaductos, obras de drenaje transversal, trazado- coordinados entre sí gracias al uso de formatos interoperables, y que se pueden consultar fácilmente.

**E**l de la A-76 es de uno de los primeros proyectos de carreteras en los que se ha aplicado la metodología BIM (*Building Information Modelling*, Modelado de Información de Construcción), un ámbito en el que todavía no está muy desarrollada. Ello ha supuesto la evolución desde el plano hacia modelos tridimensionales con información asociada, y el trabajar en un entorno colaborativo y digital, que centraliza toda la información del proyecto y permite, además, superar las barreras existentes en cuanto al intercambio de información.

La preconstrucción virtual del primero de los enlaces del tramo Villamartín de la Abadía-Requejo, el enlace de conexión de la futura autovía A-76 con la autovía A-6, ha sido elegido por su representatividad. Se trata de un enlace complejo, en el que las calzadas de la A-76 se separan para conectar con la A-6, lo que permite de forma directa todos los movimientos posibles. Su diseño está condicionado por la orografía del terreno; las conexiones adicionales con las carreteras N-VI y LE-158/15, y la configuración de entradas y salidas con las que ya cuenta la autovía A-6. La longitud de ramales supera los 10 kilómetros, requiere la construcción de 11 estructuras, y el encauzamiento del arroyo de los Valtuilles como elementos más característicos.

Se ha construido un modelo 3D dotado con información geométrica y no geométrica, confeccionado como un puzzle en el que se van agregando los modelos facilitados por las disciplinas de trazado, firmes, tierras, drenaje, estructuras, servicios afectados y señalización, balizamiento y defensas, empleando formatos interoperables



que han permitido integrar la información digital de un amplio ecosistema de herramientas en el que trabajan las citadas disciplinas.

**UN PROYECTO PIONERO EN ESPAÑA**

En el proyecto de la A-76, de forma pionera en España y prácticamente en Europa, se ha conectado el mundo BIM con los sistemas de información geográfica. Ambos mundos tienen en común que combinan elementos geométricos con datos alfanuméricos asociados (atributos) y, por lo tanto, hablan un mismo lenguaje. BIM se centra en el modelo tridimensional de la infraestructura de forma intrínseca, y GIS, entre otros aspectos, se encarga de que todos los demás elementos se referencien correctamente a coordenadas reales. Pero lo más importante es que GIS permite que

Arriba, imagen del visor de integración BIM-GIS, que ofrece una perspectiva general del 'gemelo digital' del enlace de la futura autovía A-76 con la A-6, que ha permitido contextualizarlo en su ámbito territorial real. Abajo, vegetación LIDAR.

los elementos se relacionen entre sí y se puedan realizar multitud de análisis entre los datos, bien por relaciones espaciales, (topología espacial), y/o semánticas.

Esto otorga a BIM un sinfín de variables GIS (tanto 2D como 3D) con las que antes no contaba y que en todas las fases son imprescindibles. Asimismo, GIS ha contribuido a facilitar la comprensión del proyecto y su integración en el entorno, sin limitaciones de extensión y multiescala, en un mismo escenario tridimensional. Este ha sido el marco común donde todos los elementos fueron encajando: datos medioambientales, resultados del estudio hidráulico, de ruido, de fauna, expropiaciones, catastro, etc. Progresivamente, el escenario se fue enriqueciendo a medida que se integraban más datos, todos con referencia espacial



**LA INTEGRACIÓN BIM-GIS EN DEFINITIVA PERMITE:**

- **Potenciar el modelo BIM**, como para que el conjunto de datos y modelos 3D pudieran interactuar y relacionarse tanto geométrica como analíticamente, lo que comúnmente se denomina Análisis Topológico de Datos. De esta forma, los Modelos 3D (archivos IFC) conviven con cualquier otro modelo de datos sin importar su origen, siempre y cuando estén bien georreferenciados.
- **Integrar cualquier tipo de dato que pudiera tener referencia espacial y además de forma visual e intuitiva:** desde modelos de ingeniería procedentes de BIM, hasta nubes de puntos LIDAR, priorizando en la multitud de datos tridimensionales georreferenciados que son capaces de convivir en un mismo escenario, y a su vez, en distintos escenarios de forma simultánea.
- **Evolucionar el modelo desde la fase de planificación** o de alternativas con un LOD2 hasta fases posteriores de mayor detalle en el mismo entorno GIS.
- **Aplicar las herramientas GIS** de análisis geoespacial para alimentar al modelo BIM.
- **Crear un gemelo digital.**

Las herramientas GIS, adicionalmente, ofrecen la capacidad de análisis geoespacial para alimentar al modelo BIM con datos que, tradicionalmente, no se tenían en cuenta, como la radiación solar y el volumen de sombras generado por la infraestructura, que ahora sí pueden ser estudiados, como se muestra en la imagen superior izquierda, donde puede verse la sombra generada por la estructura E-6 para un día y hora determinado. A la derecha, la huella acústica.

**CON ESTA SOLUCIÓN NOVEDOSA E INNOVADORA SE CONSIGUE:**

- **Mejorar la calidad técnica** del proyecto y de la solución en su conjunto, al poder ver "lo que normalmente no se ve" gracias al gemelo digital, que contiene todas las disciplinas que incluyen elementos de construcción. Al ser uno de los primeros proyectos, si no el primero, que se ha diseñado con esta tecnología y a este nivel en España, se espera sea un proyecto que sienta las bases para el desarrollo de futuras metodologías y estándares que podrán ser compartidos e implantados en otros proyectos.
- **Mejor integración ambiental** del proyecto.
- **Explorar las potencialidades** de la consulta y visualización de los resultados mediante el Visor 3D GIS on-line para una mejor comprensión y consistencia del proyecto.
- **Optimizar la coordinación** entre las disciplinas que intervienen, al disponer de un entorno común de información en el que conviven todas ellas. Supone un avance en el empleo de herramientas de colaboración digital y busca superar las barreras existentes en cuanto al intercambio de información entre el software de cada disciplina gracias al empleo de formatos interoperables.



SE HA CONECTADO LA METODOLOGÍA BIM CON LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, CONVIRTIENDO LOS MODELOS 3D EN MODELOS VIVOS, LIGADOS A UN ENTORNO FÍSICO, LO QUE EMPIEZA A CONOCERSE COMO GEODISEÑO

(coordenadas), generando un modelo vivo y virtual que empieza a conocerse como 'gemelo digital'.

**ACCESIBLE GRACIAS A UN VISOR EN 3D GIS**

Toda la información es accesible a través del Visor 3D GIS on-line. Clientes, técnicos, colaboradores, contratistas o usuarios interesados pueden consultar de forma sumamente intuitiva toda la información del proyecto capturando el código BIDI creado a través de un teléfono móvil, o bien a través de la dirección URL y conexión a internet a través de móvil, tablet u ordenador. El visor proporciona accesibilidad universal de manera fácil e intuitiva, lo que lo convierte en una nueva herramienta en la toma de decisiones, y también en un instrumento de comunicación muy potente a lo largo de las distintas fases del proyecto.

BIM y GIS a través del visor se democratizan y acercan el proyecto de manera transparente y fácil, y sin la necesidad de formación ni conocimiento del software específico, lo que contribuirá, sin duda, a su implantación en otros proyectos. Esta accesibilidad redundará en ahorro económico y de tiempo en la transmisión de la información a los interesados en todas las fases del diseño, así como en la toma de decisiones.

Especialmente en aquellos proyectos de inversión pública que son de interés general para la ciudadanía, se hace ineludible el consenso social desde fases tempranas para agilizar los trámites administrativos futuros. Este nuevo paradigma de comportamiento se consolida gracias a los avances tecnológicos, generando así nuevos mecanismos de participación pública. ■



Carmen Librero, presidenta de Ineco, en el encuentro del pasado 12 de noviembre junto con los representantes de las tres ONG, la Fundación Lealtad y los primeros participantes en el programa de voluntariado profesional.

# Conocimientos técnicos al servicio de los más vulnerables

Ineco desarrolla desde hace años un programa de voluntariado corporativo profesional en colaboración con varias ONG de la Fundación Lealtad: los empleados ponen sus conocimientos técnicos a disposición de proyectos solidarios en países en desarrollo a favor de quienes más los necesitan.

Por **África Jiménez**, licenciada en Ciencias Económicas y Empresariales y **Beatriz Vázquez**, economista  
Fotos: **Elvira Vila**

La elevada cualificación de la plantilla de Ineco, que constituye el principal activo de la compañía, ha llevado a la empresa a priorizar, en sus iniciativas de acción social, aquellas actividades en las que puede colaborar aportando un mayor valor añadido y que, además, están alineadas con la estrategia de la organización, basada en la mejora continua de las capacidades de sus empleados. Así, desde hace años, Ineco desarrolla un programa de voluntariado corporativo profesional, en colaboración con distintas ONG pertenecientes a la Fundación Lealtad, en países en desarrollo, a través del que los empleados de Ineco ponen su formación y conocimientos técnicos a disposición de un proyecto solidario.

Los tres proyectos seleccionados en 2019 serán financiados al 100% por Ineco y con supervisión y dirección técnica de equipos técnicos de la compañía. Su culminación y puesta en servicio está prevista para el primer semestre de 2020 y mejorará las condiciones de vida de más de 22.000 personas.

**1 INDIA. Construcción de un centro comunitario en Rascola/Kudusuru.** El proyecto, liderado por Itwillbe, promueve la creación de un lugar seguro para

desarrollar el potencial de la comunidad donde realizar actividades educativas para niños y de formación para adultos. En sus 5 primeros años, el centro tendrá un impacto positivo en las vidas de más de 300 niños y adolescentes de varios pueblos colindantes, disminuyendo la división entre castas, apartando a la juventud de la delincuencia y ocupándola con actividades más beneficiosas. Los niveles de educación aumentarán, reduciéndose las tasas de analfabetismo y abriendo la puerta a la enseñanza secundaria. Será un espacio seguro de aprendizaje para que niños y niñas puedan desarrollar sus talentos y habilidades.

**2 SUDÁN DEL SUR. Rehabilitación de una sala de maternidad y pediatría en el Hospital de Bor.** Es un proyecto liderado por Médicos del Mundo, cuyo equipo en Bor ha identificado distintas necesidades en las salas de pacientes, maternidad y pediatría. Los objetivos son mejorar las condiciones de higiene en las instalaciones en Bor State Hospital; prevenir y controlar las infecciones; y proveer cuidados de salud de calidad a la población. Los trabajos se hacen en paralelo con la capacitación de trabajadores en el hospital para asegurar el mejor mantenimiento de equipos e instalaciones. Con la cola-

boración de Ineco, se rehabilitará la sala de maternidad y pediatría que permitirá mejorar las condiciones sanitarias de más de 15.000 personas.

**3 HAITÍ. Mejora del acceso al agua y al saneamiento en el centro de salud comunitario de Moulin, en Gros Morne (Alto Artibonite).** Liderado por Cesal, el fin es contribuir a la mejora del servicio de atención prestado rehabilitando el sistema de agua potable, las instalaciones y las letrinas. La necesidad ha sido identificada por la experiencia de Cesal en Haití, que en los últimos 11 años ha desarrollado varios proyectos relacionados con la sanidad y nutrición. Este centro de salud rural atiende a más de 6.000 personas de la zona.

La intervención se enmarca en un programa multisectorial más amplio financiado por la UE, que busca dar respuesta al problema de la seguridad alimentaria y nutricional a través del apoyo, equipamiento y rehabilitación de seis centros de salud como elementos clave en la mejora de la calidad de la prevención y tratamiento integral de la desnutrición materno infantil, con especial atención en el acompañamiento a mujeres embarazadas y lactantes. ■



En la primera edición del Ineco Day, en junio de 2019, se recaudaron fondos para los cuatro microproyectos solidarios que en conjunto beneficiarán a más de 900 personas. En la imagen, el mercadillo solidario.

## INECO DAY

Niños hospitalizados o con cardiopatías congénitas, refugiados y mayores son los colectivos sociales seleccionados por los empleados de Ineco, para los que recaudaron fondos durante un concierto y mercadillo solidarios celebrados en junio.

Acreditadas en el cumplimiento de 9 Principios de Transparencia y Buenas Prácticas por la Fundación Lealtad, con la que Ineco mantiene un convenio desde hace una década, cuatro organizaciones no lucrativas de ámbito nacional e internacional han recibido la cantidad de 3.000 euros cada una para hacer realidad otros tantos microproyectos. **Menudos Corazones, Pequeño Deseo, Entreculturas y Grandes Amigos** son los cuatro microproyectos seleccionados por votación entre los empleados de la empresa. Las cuatro propuestas tienen en común que van dirigidas a algunos de los colectivos más vulnerables de la sociedad: niños y adolescentes enfermos, personas mayores que viven en soledad sin haberlo deseado y refugiados.



FOTO\_LIDIA AMIGO / INECO

# No son gigantes... sino aerogeneradores

El sector eólico español, quinto por potencia eólica y cuarto exportador mundial de aerogeneradores, es uno de los más potentes y tecnológicamente avanzados del mundo.

Por ITRANSPORTE

Uno de los más célebres pasajes de la novela de Miguel de Cervantes es el capítulo VIII, que narra el encuentro de Don Quijote con los molinos de viento de las llanuras manchegas, contra los que arremete al confundirlos con gigantes, a pesar de las advertencias de Sancho Panza. El caballero, junto con su montura Rocinante, acaba mal parado al ser arrastrado por las aspas del molino.

Todo lo contrario de lo que le ha sucedido al sector eólico español, que figura entre los primeros del mundo. Hoy, los tradicionales molinos manchegos, convertidos en atracción turística, conviven con más de 20.000 ultramodernos aerogeneradores repartidos por más de 1.100 parques eólicos por todo el país, que ya producen el 19% de la electricidad que se

consume al año en España. Con 23.484 megavatios, es el quinto país del mundo y segundo en Europa en potencia eólica instalada, si bien no es Castilla-La Mancha, sino Castilla-León (seguida de Galicia) la comunidad autónoma con mayor potencia instalada. La eólica es ya la primera fuente de energía renovable en España, y la segunda del mix energético.

La energía eólica se produce cuando las corrientes de aire horizontales (las verticales no tienen la energía dinámica suficiente) mueven las palas de un aerogenerador. Esa energía cinética (originada por el movimiento) se transmite a una turbina, que la transforma en electricidad. Esta pasa a través de una línea eléctrica hasta una subestación de distribución de la red, desde donde llega

al usuario final. Para poder instalar un parque es necesario que la velocidad media del viento en la zona alcance como mínimo 21 km/h.

España ha sido pionera en el desarrollo de la energía eólica. Después de Grecia, fue el primer país europeo en instalar un parque eólico, en Garriguella (Girona), en abril de 1984. Este despegue industrial temprano, unido a las favorables condiciones geográficas y climáticas del territorio, han logrado que el sector eólico español se haya convertido en uno de los más potentes e innovadores del mundo. La inversión en I+D alcanza el 7,25%, muy superior a la media nacional, y España ocupa el sexto puesto mundial y tercero de Europa en solicitud de patentes eólicas.

Y la demanda global crece año tras año: la imperiosa necesidad de frenar el cambio climático, sustituyendo las fuentes de energía procedentes de combustibles fósiles por energías limpias y renovables, y la constante mejora de la tecnología de aerogeneración han impulsado un gran crecimiento mundial del sector. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) prevé que en 2021 el 28% de la demanda energética mundial se cubrirá con energías renovables.

Entre ellas, la obtenida del viento es la número uno y satisface ya el 5% de la demanda eléctrica mundial. Actualmen-

te, según el Consejo Mundial de Energía Eólica, la potencia global instalada supera el medio millón de megavatios; solo en 2017, se incrementó en 52.573 megavatios, el tercer mayor aumento desde el año récord de 2014. A nivel europeo, la eólica suministra ya el 12% de la electricidad del continente, y un tercio de ella se produjo en España.

## IMPACTO ECONÓMICO

De acuerdo a los datos de AEE, la principal asociación nacional del sector eólico, en 2018 este aportó 3.394,7 millones de euros al Producto Interior Bruto español,

un 0,31%, entre contribución directa e indirecta, y empleó a 22.578 personas. Compuesto por más de dos centenares de empresas, presentes en más de 35 países, el sector eólico español abarca todos los eslabones de la cadena de valor: desde la fabricación de equipos –hay 207 centros de fabricación en 16 de las 17 comunidades autónomas– hasta la instalación, la puesta en servicio y el mantenimiento. Destaca la intensa actividad exportadora, que en 2018 sumó 2.391 millones de euros: España es el cuarto exportador del mundo de aerogeneradores, solo superado por China, Dinamarca y Alemania.■

## LIMPIA... PERO NO INOCUA

A pesar de tratarse de una energía "limpia" su producción no está exenta de impactos ambientales. De hecho, para instalar un parque eólico se requiere una Declaración de Impacto Ambiental favorable por parte de la administración, que no siempre se obtiene.

Por una parte, el empleo de energía eólica permite reducir las emisiones contaminantes -25 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en 2018, según la Asociación Eólica Española, AEE- al tiempo que ahorrar el coste que supondría el adquirir combustibles fósiles (1.506 millones de euros, lo que hubieran costado los 9,2 millones de toneladas de petróleo equivalentes).

Por otro lado, los parques eólicos provocan diferentes tipos de afecciones al medio ambiente. Las más importantes son: el impacto paisajístico por las características de las instalaciones (maquinaria en altura, ubicaciones elevadas, gran número de equipos); el acústico (generación de ruido), la alteración de los suelos, y sobre todo, la mortandad de aves y murciélagos, que impactan contra las aspas de los aerogeneradores. Las organizaciones ecologistas denuncian estos impactos mientras que la industria propone aerogeneradores más potentes -con lo que se podría reducir su número- e incluso sin aspas, como el que está desarrollando una pequeña empresa española ubicada en Ávila.



FOTO\_ASOCIACIÓN EÓLICA ESPAÑOLA



FOTO\_LIDIA AMIGO / INECO



FOTO\_LIDIA AMIGO / INECO



FOTO\_ASOCIACIÓN EÓLICA ESPAÑOLA

## EL RETO DE LOS PARQUES MARINOS

Existen dos tipos de parques eólicos, según su ubicación: terrestres (*inshore*) y marinos (*offshore*). Estos últimos generan más energía (los vientos son más fuertes y constantes) pero su coste de instalación es entre un 30 y un 50% superior al de un parque terrestre. En España, por ahora, tan solo opera, en fase de prototipo, una instalación *offshore*: un aerogenerador llamado Elisa, con 5 megavatios de potencia, situado en Gran Canaria, que empezó a producir electricidad en abril de 2019. Hay un motivo de peso para este escaso desarrollo: el litoral español es demasiado abrupto y profundo; no hay plataforma continental como sí ocurre en las costas de otros países, como Reino Unido, Alemania, Dinamarca o Suecia. Sin embargo, las empresas españolas son líderes en tecnología de parques eólicos marinos.

## JOSE MARÍA LLORENTE

# “2019 ha sido un año récord en proyectos emblemáticos internacionales”

Ingeniero de caminos, dirige uno de los departamentos más dinámicos de la compañía: cerca de 35 profesionales de distintas disciplinas que afrontan más de 600 ofertas al año para conseguir proyectos en todo el mundo.



### LARGA TRAYECTORIA INTERNACIONAL

En Ineco desde 1999, Chema Llorente es ingeniero de caminos por la UPM, Máster en Gestión y Financiación de Infraestructuras y PDD por el IESE Business School. Ha desarrollado la mayor parte de su carrera profesional en las áreas de consultoría y desarrollo de negocio internacional, donde fue responsable de proyectos en Kuwait, Jordania y Brasil. Con anterioridad a su cargo actual, ha sido director de Negocio en Latinoamérica y director de Europa, MENA y MeDA.

La Subdirección de Licitaciones de Ineco afronta una gran variedad de oportunidades tanto en España como el extranjero en todas las áreas de conocimiento, trabajando con rigurosos plazos y una exigente coordinación con los departamentos de ingeniería, financiero, negocio, legal, compras y personal. Con un equipo orientado a resultados, el estrés de un trabajo que suena a montaña rusa se compensa con la celebración de cada éxito con solidaridad y compañerismo.

### 1 EL SOCIO SE CAE A UNA SEMANA DE PRESENTAR LA OFERTA, ¿HAY PÁNICO?

No mucho. Solemos liderar las ofertas, por lo que con nuestra capacidad y conocimiento comercial podemos buscar socios compatibles en plazos muy breves.

### 2 UNA RETIRADA A TIEMPO... ¿PUEDE SER UNA VICTORIA?

Si porque evita para Ineco males mayores como embarcarse en proyectos complicados desde el punto de vista financiero o de plazos de entrega. Con todo, es una decisión muy meditada y consensuada en la casa.

### 3 EL ÚLTIMO AÑO HA TENIDO GRAN ACTIVIDAD INTERNACIONAL,

#### ¿CON QUÉ RATIO?

El número de ofertas se ha mantenido en los últimos años, pero efectivamente, aparte del contrato del *Haramain* en 2011, hemos aumentado en proyectos emblemáticos en el exterior. En este sentido, ha sido un año récord.

### 4 AUSTRALIA, LETONIA, KUWAIT, ARABIA SAUDÍ, URUGUAY, ¿DE CUÁL DE TODAS ESTAS ÚLTIMAS LICITACIONES ESTÁ MÁS ORGULLOSO?

Lo que más nos enorgullece es la capacidad de llegar a distintos continentes en multitud de proyectos. El caso de Australia ha sido una especial satisfacción, por el hecho de entrar en un país nuevo con la implantación de una técnica muy avanzada como es el ERTMS.

### 5 ¿CUÁL LE HA QUITADO MÁS EL SUEÑO?

Entre todos los proyectos, recuerdo que me quitó el sueño una que ganamos, la del HS2, en el Reino Unido, y otra que perdimos, la del aeropuerto de Ho Chi Minh, en Vietnam. Pero, en general, suelo dormir tranquilo, sabiendo que el equipo ha hecho todo el esfuerzo posible –muchas veces hasta altas horas– en todas las oportunidades.

### 6 ¿QUÉ LE DIRÍA A UN JOVEN PROFESIONAL PARA QUE SE APUNTE A ESTE TRABAJO?

Que es un área muy interesante para adquirir conocimientos de forma transversal en distintas disciplinas y en un breve periodo de tiempo. ■



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

ENAIRe

Comprometidos con la movilidad aérea sostenible



# LA PUERTA A UNA EXPERIENCIA DE VIAJE ÚNICA



*Pásate a Preferente Ave*

*La clase Preferente de Renfe te ofrece prensa diaria, restauración en plaza, acceso a la Sala Club de las estaciones, asientos más amplios y toda la comodidad para que disfrutes de tu escapada incluso antes de llegar a tu destino.*

*Más información en [renfe.com](http://renfe.com)*