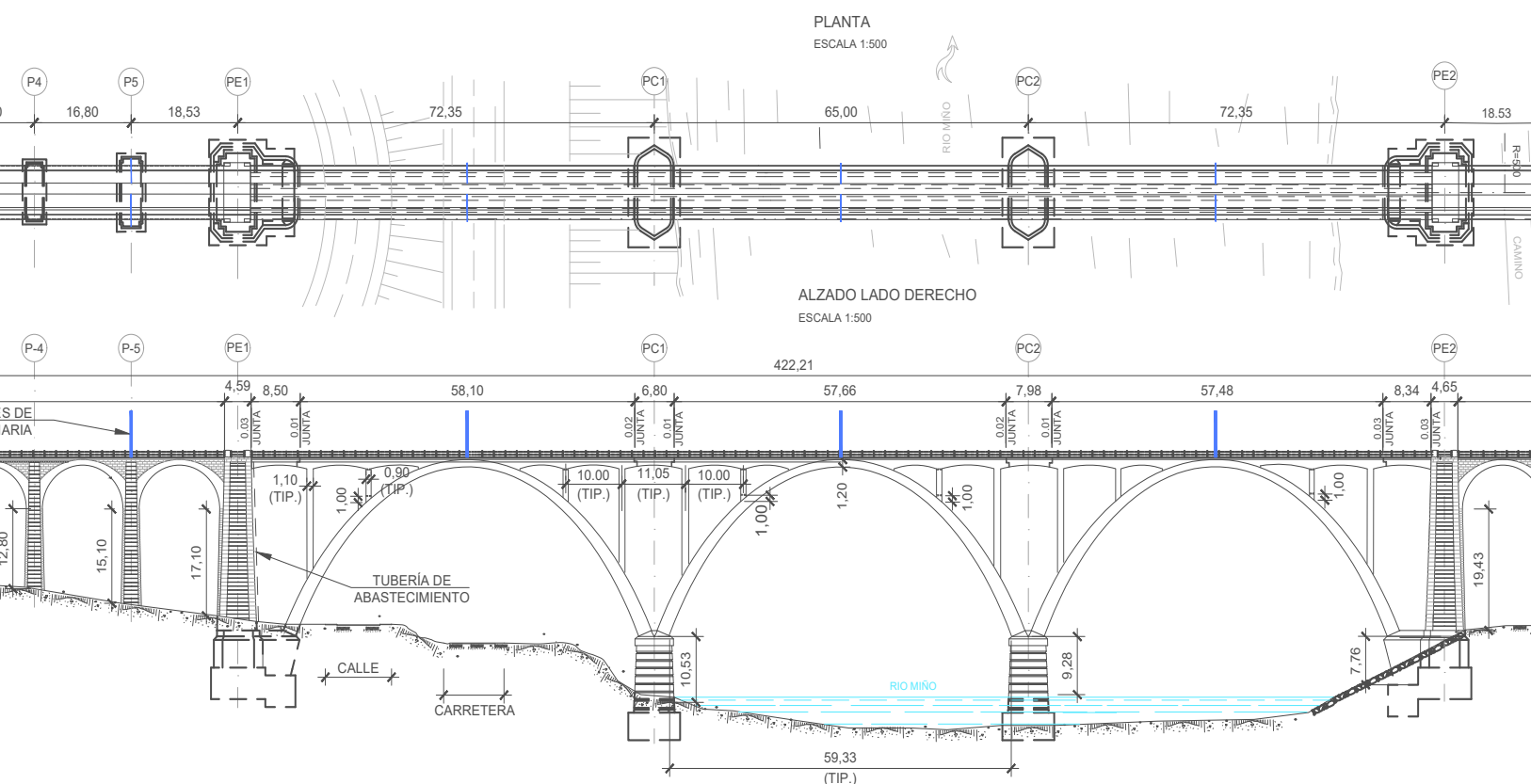
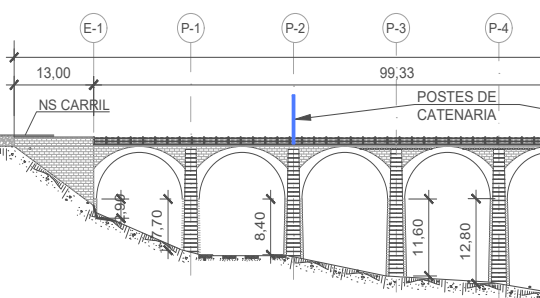


INGENIERÍA Y CONSULTORÍA DEL TRANSPORTE | revistaitransporte.es | ineco.com

ESTRUCTURAS

Inspección y evaluación

Equipo Ineco: Arquitectura con perspectiva de género





ENAIRe, líder europeo en seguridad operativa

Reconocida por la Comisión Europea en 2021, indicador de efectividad de la gestión de seguridad



EDITORIAL

Ineco, un equipo comprometido y de vanguardia



Si hay algo que define a Ineco, es su capacidad para adaptarse a los cambios y proponer soluciones que afronten los escenarios del futuro, un valor que nace de sus equipos. Más de 4.000 profesionales que aportan su sólida experiencia, su conocimiento especializado y su espíritu innovador para progresar hacia modelos acordes a los nuevos tiempos, donde la sostenibilidad y la digitalización se erigen como pilares donde descansa la estrategia de nuestra compañía.

En este marco, la digitalización y la aplicación de las nuevas tecnologías está permitiendo mejorar los procesos de inspección y monitorización de estructuras y puentes, avanzando en un modelo en el que Ineco tiene más de tres décadas de experiencia y que, al igual que el proyecto de innovación desarrollado por la compañía y probado con éxito para el sistema de calibración de radioayudas, se apoya en las múltiples oportunidades que aporta el uso de los drones.

La experiencia acumulada, así como el espíritu vanguardista y emprendedor de los profesionales de la compañía, está permitiendo a Ineco, junto a otras empresas de nuestro país, integrar el talento de la ingeniería española en proyectos que están revolucionando la movilidad a lo largo y ancho del mundo. En esta edición, destacamos nuestra participación en la ejecución del nuevo túnel bajo el río Támesis, en Londres, en la implementación del sistema ERTMS en la red ferroviaria danesa o en la gestión administrativa, ambiental y legal del programa de modernización de carreteras impulsado por Costa Rica. Actuaciones, todas ellas, que tienen como objetivo mejorar la sostenibilidad, la seguridad y la conectividad de la movilidad, un hecho que redundará en beneficios para la ciudadanía. Mejoras en la experiencia del usuario como la que aporta el Sistema Automático de Tratamiento de Equipajes (SATE), diseñado por Ineco en aeropuertos como el de Kasteli, en Grecia, y Schiphol, en Ámsterdam.

Diseños que apuestan por la inclusión, como nos presenta en este número el equipo de Arquitectura con perspectiva de género de la compañía, un proyecto pionero en el sector que persigue integrar este aspecto y garantizar una igualdad plena en el ámbito de las infraestructuras y el transporte. Un objetivo que forma parte de nuestro Plan Agenda 2030, espacio en el que también mostramos cómo poner la ingeniería al servicio de los más desfavorecidos; lo que a través de los proyectos desplegados en África, Asia y América, ha permitido dotar de servicios básicos y mejorar la calidad de vida a más de 44.000 personas. ■

“La experiencia acumulada, así como el espíritu vanguardista y emprendedor de los profesionales de la compañía, está permitiendo a Ineco, junto a otras empresas de nuestro país, integrar el talento de la ingeniería española en proyectos que están revolucionando la movilidad a lo largo y ancho del mundo”

SERGIO VÁZQUEZ
Presidente de Ineco



Programa de Infraestructura Vial de Costa Rica INTERNACIONAL 10

EDITA Ineco

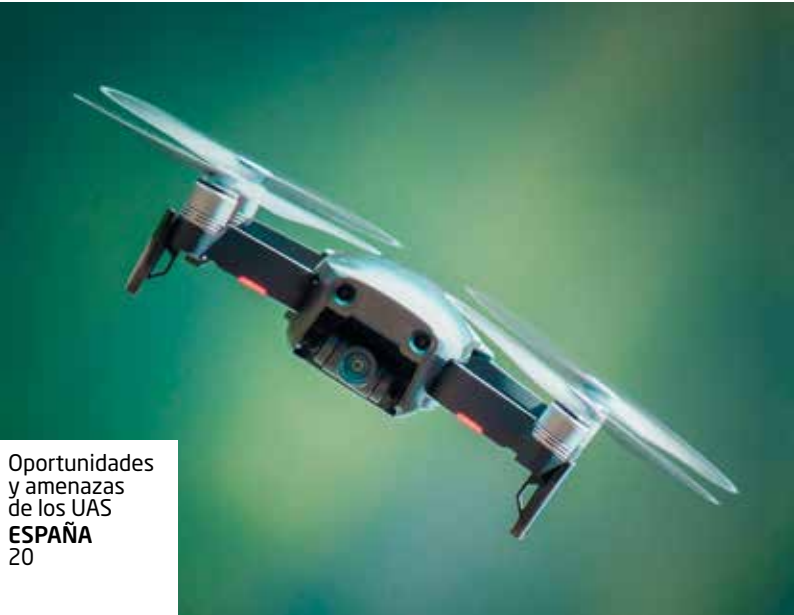
Paseo de La Habana, 138 - 28036 Madrid – Tel. 91 452 12 56 – www.revistaitransporte.es
Directora: BÁRBARA JIMÉNEZ-ALFARO – barbara.jimenez@ineco.com Redactora jefe: LIDIA AMIGO – lidia.amigo@ineco.com
Comité de redacción: LIDIA AMIGO, JOSÉ Mª BERDOY, JORGE DE SAN JOSÉ, NATALIA DÍAZ, JUAN RAMÓN HERNÁNDEZ, BÁRBARA JIMÉNEZ-ALFARO, DANIEL LATORRE, MÓNICA LAUDA, ADRIÁN LÓPEZ, TATIANA MANCEÑIDO, ALBERTO MILANÉS, ANA PELÁEZ, PATRICIA REY, CELESTINO RODRÍGUEZ, JARA VALBUENA
Diseño, maquetación, edición y web: ESTUDIO 2729 | JUANJO JIMÉNEZ, ALMUDENA VALDECANTOS, TERESA COMPAIRÉ, JAVIER RODRÍGUEZ
Imprime: Imedisa Artes Gráficas Depósito Legal: M-26791-2007
©Ineco. Todos los derechos reservados (2021-2022). 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 con el asunto BAJA.
Síguenos: [Facebook icon] [Instagram icon] [LinkedIn icon] [Twitter icon] [YouTube icon]



- 06 | NOTICIAS
Renovado el contrato para el Centro de Servicios Galileo
OACI y AESA certifican a Ineco en diseño de procedimientos de vuelo
Ineco se suma a la Alianza STEAM para fomentar las vocaciones femeninas en ciencia y tecnología
Estudios para el nuevo Terminal Sur de Schiphol
- 10 | PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA VIAL DE COSTA RICA
Esfuerzo inversor en las carreteras costarricenses
- 16 | NUEVO TÚNEL DE SILVERTOWN
Un túnel bajo el Támesis para descongestionar Londres
- 20 | OPORTUNIDADES Y AMENAZAS DE LOS UAS
Drones sí, drones no
- 26 | DESPLIEGUE DEL ERTMS EN DINAMARCA
Prueba superada
- 32 | SISTEMA AUTOMÁTICO DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES
Aeropuertos: ¿dónde está mi maleta?
- 38 | INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS
Cuidados para una larga vida
- 42 | ESPACIO AÉREO DE ENCAMINAMIENTO LIBRE
HISPAFRA: libertad en el aire
- 46 | AGENDA 2030 / RSC
Programa IngenioSOS: voluntad de servicio
- 48 | MARCA ESPAÑA
Recuperación de fauna amenazada: salvados del abismo
- 50 | EQUIPO INECO
Arquitectura con perspectiva de género



Nuevo túnel de Silvertown REINO UNIDO 16



Oportunidades y amenazas de los UAS ESPAÑA 20



Despliegue del ERTMS DINAMARCA 26



PORTADA Nº 74 INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS
Plano de refuerzo del viaducto sobre el río Miño (Ineco)



FOTOS: EUSPA



RENOVADO EL CONTRATO
PARA EL CENTRO
DE SERVICIOS GALILEO

SpaceOpal, el operador del sistema Galileo bajo contrato con la Agencia de la Unión Europea para el Programa Espacial (EUSPA), ha adjudicado a Ineco la ampliación de su actual contrato como responsable de la operación, mantenimiento del Centro Europeo de Servicios de Navegación por Satélite (GSC) del Programa Galileo durante los próximos cinco años. Desde su localización en Torrejón de Ardoz (Madrid), el GSC proporciona servicios de navegación por satélite a usuarios a nivel mundial.

Con esta ampliación, Ineco asegura la continuidad de sus actividades en el proyecto hasta 2027, periodo en el que a su vez el GSC incorporará nuevas funciones como la provisión del servicio de alta precisión, *Galileo High Accuracy Service* (HAS), uno de los mayores diferenciadores de Galileo con respecto a sus competidores.

En la imagen, el Centro Europeo de Servicios de Navegación por Satélite (GSC), donde Ineco presta servicios de operación, seguridad, ciberseguridad, logística integrada y de soporte al desarrollo de servicios y aplicaciones de usuario.



INECO SE SUMA A LA ALIANZA STEAM PARA FOMENTAR
LAS VOCACIONES FEMENINAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Las empresas del grupo MITMA, entre ellas Ineco, se han adherido a la Alianza STEAM por el talento femenino. El pasado 9 de febrero tuvo lugar el acto de firma del protocolo con las ministras de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y Educación y Formación Profesional, Raquel Sánchez y Pilar Alegría, respectivamente, y los presidentes de Adif, Renfe, ENAIRE, Aena, Puertos del Estado e Ineco, Sergio Vázquez (tercero por la izquierda).

Con el lema 'Niñas en pie de ciencia', el Ministerio de Educación y Formación Profesional impulsa esta iniciativa en los sectores

público y privado para “fomentar el interés de niñas y jóvenes en disciplinas vinculadas a las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas” (STEAM, por sus siglas en inglés).

El apoyo a las vocaciones STEAM de niñas y mujeres en el ámbito educativo es una cuestión prioritaria tanto para Naciones Unidas, que lo recoge en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, como para la Unión Europea y el Gobierno de España, que lo ha incluido en el Plan España Digital 2025. Por su parte, Ineco incorpora la igualdad como uno de los pilares de su plan estratégico empresarial.

URUGUAY
ASESORÍA EXPERTA
PARA EL NUEVO CTC



Estación Paso de los Toros.

La Dirección Nacional de Transporte Ferroviario del Ministerio de Obras Públicas de Uruguay ha contratado a Ineco como consultoría experta para la estructuración organizativa del nuevo Centro de Tráfico y Control Ferroviario (CTC). Ineco dará apoyo durante un año al CTC del Ferrocarril Central asesorando en reglamentación, capacitación para la operación ferroviaria, seguridad, planificación y transporte de mercancías. Es el quinto contrato de la compañía para este proyecto, el más importante de la red uruguaya de los últimos años.

AUSTRALIA
NUEVA AMPLIACIÓN
DE TRABAJOS PARA
NETWORK RAIL
CONSULTING Y
TRANSPORT FOR NEW
SOUTH WALES

Ineco ha ampliado los servicios que actualmente presta para Network Rail Consulting en Australia como integrador de sistemas. El contrato es parte del Programa de Sistemas Digitales (DSP), que tiene como objetivo actualizar la señalización al Nivel 2 de los Sistemas Europeos de Control de Trenes (ETCS, que forma parte del sistema europeo ERTMS), para el operador y administrador ferroviario Sydney Trains.

El nuevo alcance se centra en la definición de los casos de prueba de integración de ETCS en vía y embarcado y del sistema de gestión del tráfico (TMS). Las principales actividades a realizar por Ineco son la definición de la lista de *test cases* (casos de prueba) genéricos, y el desarrollo detallado de



Tren de cercanías de Sídney.

FOTO: SYDNEY TRAINS

cada uno de ellos, incluyendo la trazabilidad a los Requisitos del DSP. Además, Ineco, que lleva tres años presente en el país, continúa trabajando como integrador de sistemas dando soporte al Programa en supervisión de diseño (ETCS en tierra y embarcado, sistema de gestión de tráfico (TMS), ciberseguridad y comunicaciones fijas y móviles); definición de los Principios de Señalización y servicios de consultoría técnica.

ESPAÑA

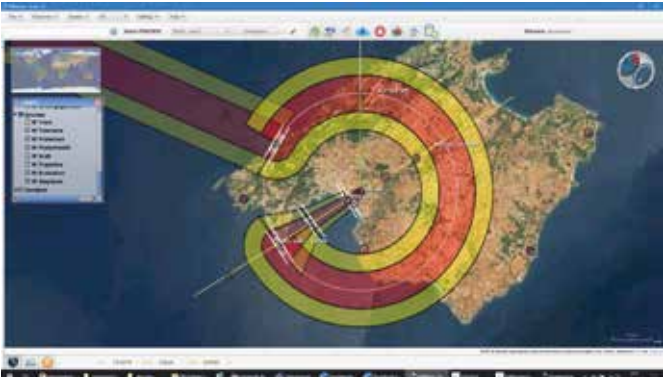
OACI Y AESA CERTIFICAN A INECO EN DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS DE VUELO

La compañía ha obtenido el reconocimiento de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), en materia de diseño de procedimientos de vuelo instrumental, que establecen la trayectoria de las aeronaves para evitar colisiones.

Ineco se convierte así en la primera empresa española en obtener el certificado de OACI, con el que solo cuentan otras 14 compañías a nivel mundial. La

acreditación es válida por tres años, tanto para navegación convencional como basada en prestaciones (PBN).

También la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), ha certificado a Ineco como proveedora de servicios de diseño de procedimientos de vuelo, lo que la convierte en la segunda organización en España, después de ENAIRE, con este reconocimiento, válido en toda la Unión Europea.



Procedimiento de vuelo diseñado por Ineco (aproximación convencional).

PAÍSES BAJOS
ESTUDIOS PARA EL
NUEVO TERMINAL
SUR DE SCHIPHOL

El consorcio hispano-holandés KL AIR, formado por los arquitectos Kaan y Lamela, y las ingenierías ABT e Ineco, están llevando a cabo el nuevo estudio de dimensionamiento y ubicación de espacios para el nuevo Terminal Sur del aeropuerto internacional de Ámsterdam-Schiphol. El estudio, tras el impacto de la COVID-19 en el tráfico del aeropuerto, se circunscribe en la misma parcela en la que estaba previsto el diseño anterior, y debe contemplar un desarrollo en fases del nuevo terminal, adecuando a sus necesidades futuras.

Los trabajos de consultoría de Ineco se centrarán en el dimensionamiento de las diferentes áreas del edificio, el establecimiento de un concepto de operaciones y el análisis de los requisitos que serán la base del futuro diseño.



FOTO: JAVIERTE REJAS (FLICKR)

ESPAÑA

MEJORAS EN ESTACIONES DE CATALUÑA

Ineco está colaborando con Renfe en el Plan de Estaciones de Cercanías 2019 a 2024, que incluye diversas actuaciones para aumentar la capacidad y las prestaciones de la red e incrementar el confort y la accesibilidad a trenes y estaciones. Entre otros trabajos, la compañía ha llevado a cabo los proyectos y direcciones de obra de las estaciones de Cerdanyola-Universidad y Santa Perpetua de Mogoda, en Barcelona. En la estación

de Cerdanyola-Universidad, que cuenta con cinco vías y tres andenes, se ha facilitado el acceso a personas con movilidad reducida gracias a la instalación de tres ascensores que dan servicio al paso inferior. En la nueva estación de Santa Perpetua de Mogoda, las principales actuaciones han consistido en la construcción de un edificio principal, un paso inferior para conectar los andenes, la instalación de ascensores, nuevas marquesinas y la urbanización de los accesos.

Por otro lado, Adif ha encargado a Ineco la redacción del proyecto de construcción de la nueva



Nuevos ascensores en la estación de Cerdanyola-Universidad.

estación ferroviaria de Parets del Vallès, que forma parte de la línea de ancho convencional que une Barcelona, Vic y Puigcerdà. El proyecto incluye un nuevo edificio de viajeros con ascensores, un aparcamiento y una pasarela de conexión peatonal urbana.

yecto incluye un nuevo edificio de viajeros con ascensores, un aparcamiento y una pasarela de conexión peatonal urbana.

CONSULTORÍA DE SUMINISTROS Y ESTUDIO DE SINERGIAS PARA RAIL BALTICA

La compañía ha sumado dos nuevos contratos –son ya ocho en total hasta la fecha– a los trabajos que desde 2019 está desarrollando junto a otras empresas españolas (Ardanuy e IDOM) para el corredor de altas prestaciones Rail Baltica, que unirá Estonia, Letonia y Lituania con Europa a lo largo de 870 kilómetros.

Por una parte, prestará servicios de consultoría

para el almacenamiento de suministros, que comprenden tanto la elaboración de la estrategia como de los requisitos técnicos y de diseño de las bases de acopio de materiales. Por otro lado, llevará a cabo un estudio de las posibles sinergias del corredor para mejorar el diseño de la infraestructura, analizar oportunidades de desarrollo y negocio futuro, y asesorar a los gobiernos nacionales so-

bre las políticas y estrategias de la Unión Europea.

Estos trabajos se añaden a los que ya se venían realizando, como el diseño de los accesos ferroviarios a Riga, el diseño y supervisión de un tramo de 94 kilómetros en Letonia Norte, la implementación de la estrategia de energía o el análisis y diseño de las instalaciones de mantenimiento en toda la línea.



INTERNACIONAL

ARISE+: EXPERTOS EN DRONES PARA EL SUDESTE ASIÁTICO

La Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) ha adjudicado al consorcio liderado por Bureau Veritas junto a Ineco, IATA y FRACS, un contrato dentro del proyecto de cooperación internacional ARISE Plus (2018 -2022), financiado por la Unión Europea. Ineco participará como experta líder en drones (ver reportaje en pág. 20-25) con la definición, implementación y seguimiento de planes de trabajo anuales, orientación estratégica, talleres formativos, seminarios, etc.

ARISE Plus (Apoyo de Integración Regional de la Unión Europea) es la segunda edición de un programa de apoyo técnico de la UE que tiene como objetivo fortalecer las relaciones comerciales con los países de la ASEAN, la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (Brunei, Camboya, Indonesia, Laos, Malasia, Myanmar, Filipinas, Singapur, Tailandia y Vietnam).



FOTO_INECO

LETONIA

NUEVA SEDE DEL MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES

Ineco se ha encargado de la dirección de las obras de rehabilitación de la nueva sede del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación. Situado en el centro de Madrid, se trata de un edificio eficiente energéticamente y cuenta con más de 50.000 m² de superficie construida, en la que trabajarán más de 1.200 empleados públicos. El edificio cuenta con una gran flexibilidad en el uso de espacios, y cumple con las directivas sobre eficiencia energética de la UE, con certificación de sostenibilidad BREEAM. Toda la información de la obra ha sido integrada en un modelo BIM (Building Information Modelling), lo que ha permitido la mejora de la calidad del proyecto y la optimización de los costes durante su construcción y mantenimiento.



ESPAÑA

COLOMBIA



FOTO_METRO DE MEDELLÍN

PREMIO A METRO DE MEDELLÍN

El proyecto de modernización de los trenes de Metro de Medellín, en el que participa Ineco, ha sido premiado por la Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos (SAI) como uno de los más relevantes de la ingeniería antioqueña en 2021. La compañía, que comenzó a cola-

borar con Metro de Medellín en 2011, está llevando a cabo la supervisión de la flota de los 42 trenes MAN. El proyecto busca alargar la vida útil de estos vehículos de primera generación, que comenzaron a prestar servicio en 1995 y que ya se estaban acercando al final de su vida útil. Ya

se encuentran en operación comercial las primeras ocho unidades modernizadas.

La SAI, fundada en 1913, concede estos reconocimientos a las obras de alto mérito científico o técnico que representen un avance significativo en el campo de la ingeniería.



EUROPA

NUEVO PROGRAMA EUROPEO DE INVESTIGACIÓN FERROVIARIA

Como parte del grupo de empresas del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Ineco participa en el nuevo programa de I+D+i ferroviario europeo que se acaba de lanzar, el mayor hasta la fecha: ERJU (Europe's Rail Joint Undertaking, o Empresa Común Ferroviaria), y que sustituye al anterior, denominado Shift2Rail.

Además del Grupo MITMA, ERJU cuenta con otros 25 socios fundadores, incluyendo fabricantes, operadores y administradores de infraestructura y otros. Su objetivo es impulsar proyectos de investigación e innovación vinculados a la creación de un 'espacio ferroviario único' en el continente, similar al 'cielo único' en el ámbito del transporte aéreo.



La rehabilitación de la ruta nacional 160 entre Playa Naranjo y Paquera ha supuesto la ejecución de 96 obras, incluyendo el asfaltado de 21,8 kilómetros y la construcción de tres nuevos puentes, canales, alcantarillas y cunetas a lo largo de todo el corredor.



El proyecto de modernización del tramo de 50 kilómetros entre Barranca y Limonal, en la ruta Interamericana Norte, se encuentra en plena fase de obras.



Tramo de la ruta 160 ya inaugurado.

Esfuerzo inversor en las carreteras costarricenses

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica (MOPT) ha adjudicado a Ineco la gestión administrativa, legal y ambiental del Programa de Infraestructura Vial y promoción de Asociaciones Público-Privadas (PIV-APP). El objetivo es continuar hasta 2025 con las mejoras emprendidas en las infraestructuras viarias de todo el país, unas obras fundamentales para mejorar las comunicaciones, facilitar el desarrollo económico y aumentar la calidad de vida de sus habitantes.

Alberto Váscones, ingeniero de caminos, y José Germán Juyar, ingeniero civil

Este plan comprende diversas actuaciones en carreteras por todo el país, a través de modelos de colaboración público-privada, y se suma al Programa de Infraestructuras de Transporte (PIT) que Ineco también gestiona desde 2016 y que recientemente se ha ampliado hasta 2023. Ambos programas se financian con préstamos del BID (Banco Interamericano de Desarrollo), con una inversión de 450 y 125 millones de dólares estadounidenses respectivamente, así como con

una aportación del MOPT de 53 millones de dólares estadounidenses. El objetivo común es incrementar la competitividad del país mejorando sus infraestructuras viales y portuarias, reducir los costos y tiempos de viaje de personas y bienes, e incrementar la seguridad vial. Costa Rica lleva más de 15 años acometiendo varios programas para mejorar sus vías de transporte, un notable esfuerzo inversor en infraestructuras con el que Ineco empezó a colaborar en 2004 partici-

pando en trabajos como el Plan Nacional de Transportes; la modernización de la red de aeropuertos –donde desde entonces también se han llevado a cabo diversas mejoras– o el estudio para la implantación de un sistema de transporte ferroviario en el área metropolitana de la capital, San José, que hoy es una realidad. La posición geográfica del país hace que la Carretera Interamericana, con una longitud de 660 kilómetros se haya convertido en la columna vertebral de su red

vial. La Ruta Interamericana, que es como se denomina en América Central a la Carretera Panamericana, es un enorme eje de 48.000 kilómetros que recorre todo el continente desde Alaska hasta Ushuaia, en Argentina. Esta vía, en su tramo costarricense, es de gran importancia para la movilidad interna de personas y mercancías. Entra en el país por la ciudad de Peñas Blancas, al norte, y atraviesa el centro pasando por San José, (un tramo conocido como Interamericana Norte) y desde aquí discurre hasta la ciudad fronteriza con Panamá de Paso Canoas (Interamericana Sur). La ampliación y mejoras en ambos tramos son, por tanto, de interés nacional.

LA RUTA SAN CARLOS, UNA CONEXIÓN CLAVE

Entre las actuaciones clave del PIV-APP figuran las relacionadas con la Ruta San Carlos: consisten en el estudio de factibilidad técnica, económica, financiera y ambiental, así como el prediseño de la Ruta Nacional n° 35, carretera a San Carlos, sección Bernardo Soto-Florencia.

La nueva carretera que une la Ruta Nacional n° 1 (carretera Bernardo Soto) con la ciudad de San Carlos (Ciudad Quesada y Florencia), está formada por cuatro secciones. La primera es la intersección con la Ruta Nacional n° 1, carretera Ber-



Ruta 1: Cañas-Limal



Ruta 2: Taras-La Lima



La reparación del rompeolas de puerto Caldera es una de las obras estratégicas incluidas en el PIT, ya que es clave para asegurar la competitividad de esta terminal portuaria y del comercio marítimo del país.



Rompeolas Puerto Caldera

EL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE COSTA RICA ESTÁ REALIZANDO UN IMPORTANTE ESFUERZO POR MEJORAR LA INFRAESTRUCTURA DEL PAÍS. UN PASO MÁS PARA LA MEJORA DE ESTA SITUACIÓN ES EL DESARROLLO DEL PIT Y DEL PIV-APP, QUE CUENTAN CON DIVERSOS PROYECTOS ESTRATÉGICOS DE CARRETERAS Y PUERTOS, INCLUYENDO PLANES MAESTROS, DISEÑOS Y CONSTRUCCIÓN



RUTA 17: LA ANGOSTURA. Las obras de ampliación de la carretera de la Angostura en Puntarenas es un proyecto integral que incluye la ampliación de dos a cuatro carriles de la vía, espaldones panorámicos, ciclovías, paseo turístico y aceras contiguas a la playa.

nardo Soto-Sifón (Punta Sur); la segunda, el tramo Sifón-Abundancia, (actualmente en construcción en cuatro carriles, tramo intermedio); la tercera, Abundancia-Ciudad Quesada; y la cuarta, Abundancia-Florencia. Estos dos últimos tramos se han ejecutado bajo el modelo denominado ‘D+C’ (diseño más construcción), y son obras financiadas a través del BID (PIV-I), que están ya finalizadas y en operación.

Esta carretera, en toda su longitud (considerando las 4 secciones), es un corredor definido como prioritario tanto por el Gobierno de la República como por otros sectores, como el denominado ‘grupo Consenso para el Rescate de la Red Vial Nacional’. Su importancia estratégica radica en que conecta la Meseta Central con una zona agrícola y productiva muy importante para el país, además de formar parte de la Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM).

EL PIT Y EL PIV-APP, EN LOS QUE COLABORA INECO, SE ENMARCAN EN EL PLAN NACIONAL DE TRANSPORTE 2011-2035 DE COSTA RICA E INCLUYEN PROYECTOS DE CONSERVACIÓN Y MEJORA PROGRESIVA DE LA RED VIAL ESTRATÉGICA PARA FACILITAR LAS CONDICIONES DE MOVILIDAD DE PERSONAS Y MERCANCÍAS, Y ASÍ FACILITAR LOS FLUJOS COMERCIALES E INTEGRACIÓN ECONÓMICA DEL PAÍS

Con la puesta en marcha del PIV-APP se busca también contribuir a la competitividad del país a través de la mejora y ampliación ambientalmente sostenible de la Red Vial de Alta Capacidad (RVAC) en la Gran Área Metropolitana (GAM) –que incluye las conurbaciones de San José, Alajuela, Cartago y Heredia–, y apoyar el desarrollo de proyectos de infraestructura vial a través de modelos de Asociación Público-Privada (APP). La elevada tasa de crecimiento poblacional y el déficit de desarrollo de las infraestructuras contribuyen al congestionamiento vial, que afecta especialmente a la denominada GAM, donde un 70% de la población utiliza el transporte público. El programa va dirigido a contrarrestar el impacto ambiental, mejorar la competitividad y aumentar la calidad de vida en este cinturón densamente poblado de la capital costarricense. ■



En la imagen, miembros del equipo de Ineco en las oficinas de San José, desde donde se está llevando a cabo la consultoría para la planificación, coordinación y gestión administrativa, técnica, legal y ambiental del Programa de Infraestructura de Transporte (PIT), puesto en marcha por el Gobierno costarricense.

TOMÁS FIGUEROA

“Se ha trabajado con altos estándares de calidad, se han superado retos importantes y todos los proyectos generan muchísimos beneficios para los habitantes del país”

¿A cuánto asciende el total de inversiones del MOPT en las carreteras y puertos del país y qué porcentaje corresponde al BID? La inversión en obras de infraestructura vial en la actualidad asciende a 1.550 millones USD, provenientes principalmente de China Exim Bank, el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). El importe de recurso de este último ronda el 46% de la inversión total. En la actualidad no se desarrollan inversiones significativas en puertos, si bien recientemente se puso en operación la Terminal de Contenedores de puerto Moín, en el Caribe.

¿Qué avances destacaría de todo lo previsto en el PIT? La puesta en operación del mejoramiento de la Ruta Nacional 160, entre Playa Naranjo y Paquera, en abril de 2021, ha significado un giro a la dinámica de movilidad de la zona peninsular del Pacífico Norte y un soporte importante a la actividad turística. Junto con la orden de inicio para las mejoras de la terminal del ferry de puerto Paquera, se refuerza la conectividad de varios cantones y distritos vía terrestre o marítima hacia el resto del país. Finalmente, la ejecución del proyecto Angostura complementa las mejoras de movi-



TOMÁS FIGUEROA es ingeniero civil, con 19 años de experiencia en el Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica. Cuenta con conocimientos en planificación estratégica, sistemas de gestión, programas, proyectos y estudios de preinversión de infraestructura y servicios de transporte. Desde 2016, es director del PIT y, anteriormente, ha ocupado el cargo de director de Planificación Sectorial (2013-2014) y asesor en gestión de infraestructura y servicios de transporte multimodal (2014-2016). Ha trabajado también como encargado de la Unidad de Gestión de Carreteras (2010-2013); coordinador del Estudio ‘Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035’ y en distintos proyectos de corredores y programas de mejora de las carreteras del país.

lidad hacia y desde la península. Por otra parte, pronto pondremos en operación la sección Limonal-Cañas, perteneciente a la Ruta Nacional 1, con la ampliación de dos a cuatro carriles de la Interamericana Norte. Esta actuación también conlleva un impacto muy positivo en la conectividad terrestre nacional e internacional.

¿Y entre los nuevos proyectos contemplados en el PIV-APP? El PIV-APP es un programa que lleva la asociación público-privada (APP) en su ADN desde distintos ámbitos. En primer lugar, la construcción de intercambios y mejoras de Taras- La Lima en la Ruta Nacional 2, que está situada en una de las zonas de mayor demanda de la Gran Área Metropolitana y en un gran polo de desarrollo de actividad industrial y tecnológica, que está atrayendo empresas nacionales e internacionales. Con esta actuación, que forma parte de un proyecto integral para mejorar la Ruta Nacional 2 desde San José

hasta Cartago, mejoraríamos los tres kilómetros del ingreso a la ciudad de Cartago. Este aporte del Gobierno a una potencial iniciativa privada para el mejoramiento de todo el corredor vial genera una mayor confianza y menores tarifas, lo que facilitaría que la iniciativa sea socialmente viable.

Por otra parte, está el paquete 4 de Obras Impostergables (OBIS) del Fideicomiso del corredor San José-San Ramón, que en su dinámica en beneficios, así como su estructuración, comparte muchas características con lo esbozado anteriormente en cuanto a Taras-La Lima. Consiste en la ejecución de cinco intercambios (San Ramón, Naranjo, Grecia, Río Segundo y Juan Pablo Segundo), que complementarán otros paquetes de OBIS que son un aporte del Gobierno al desarrollo integral del Fideicomiso y ayudarán con la viabilidad, la confianza y aceptación social del proyecto, entre otros aspectos.

Finalmente, este programa también incluye un componente de consultorías y estudios para apoyar y fortalecer institucionalmente en materia de APP.

Su país es un paso clave en la Ruta Panamericana. ¿Hay colaboración institucional para las infraestructuras que conectan con Panamá y Nicaragua? ¿En qué proyectos? Tanto en ámbito de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), como en el Proyecto Mesoamérica, se ha contemplado el desarrollo de dos corredores (Pacífico y Atlántico) y sus interconexiones, desde Puebla, en México, hasta Ciudad de Panamá.

La inversión que se está efectuando en el PIT aporta cerca de 270 millones USD en infraestructura, mejorando la Interamericana Norte desde Barranca hasta Cañas en la Ruta Nacional 1 –algo más de 70 kilómetros– duplicando la calzada de dos a cuatro carriles, incorporando toda la modernización y elementos de seguridad vial y respetando los más altos estándares de diseño. Esto mejorará los costos de operación vehicular y disminuirá sustancialmente el tiempo de viaje.

En estudios de logística desarrollados por el BID, tomando como base el Plan Nacional de Transporte de Costa Rica 2011-2035, se ha determinado que el principal corredor logístico terrestre de Costa Rica es el que discurre entre la Gran Área Metropolitana y la frontera de Peñas Blancas. Estos 70 kilómetros que se están mejorando en la Interamericana Norte son parte de dicho corredor.

Finalmente, en el ámbito de la SIECA y Proyecto Mesoamérica, existe un apoyo y coordinación entre los distintos países que los conforman. En el caso de SIECA, la región Centroamericana, y en el caso del Proyecto Mesoamérica, participan desde México hasta Colombia y República Dominicana.

En el Proyecto Mesoamérica, Costa Rica coordina la Comisión de Transporte y cuenta con el apoyo de agencias de cooperación multilaterales.

En un país con una riqueza faunística y biodiversidad tan grande, ¿cómo contemplan compaginar las obras y ampliaciones con la conservación de los distintos ecosistemas? Todos los programas que se están desarrollando e incluyen proyectos viales, han contemplado, desde la etapa de estudios y diseño, la identificación de corredores biológicos. Cuando hay una interacción con las vías que se están mejorando, se han identificado ‘puntos calientes’ en los que se han implementado pasos de fauna superiores o inferiores. También se toman las consideraciones necesarias para adaptar el diseño de los puentes, cuando así se requiere, y para proteger los cauces de los ríos.

La orografía y el elevado índice pluvial son factores condicionantes para el desarrollo de las carreteras. ¿Qué conclusiones han sacado de estos años de experiencia? ¿Cómo afecta a la construcción y su mantenimiento posterior? Efectivamente, nuestro país si bien no es muy amplio, destaca por la riqueza de su diversidad. Por ello, a la hora de llevar a cabo los proyectos, nos encontramos frecuentemente con imprevistos, entre ellos zonas geológicamente inestables que han generado problemas cuando se han alterado debido a la humedad, peso u otros factores.

El estudio de la Nueva Carretera a San Carlos es un ejemplo en el que se incluyen todas las variables necesarias para hacer un adecuado diseño y administración de riesgo; y se han incorporado especialistas de diversos campos para buscar la manera de mejorar las condiciones que se habían planteado originalmente para la vía y que causaron problemas.

En cuanto al manejo de las condiciones pluviales, se han adoptado estándares de diseño en las nuevas obras que permitan dimensionar los requerimientos de manera adecuada. No obstante, la operación y mantenimiento de la Red Vial Nacional supone todo un reto por la gran cantidad de vías que hay necesidad de adecuar.

¿Qué proyectos se prevé que estén finalizados en 2022? El mejoramiento de la RN1 entre Limonal y Cañas y el de la Angostura, en la RN17.

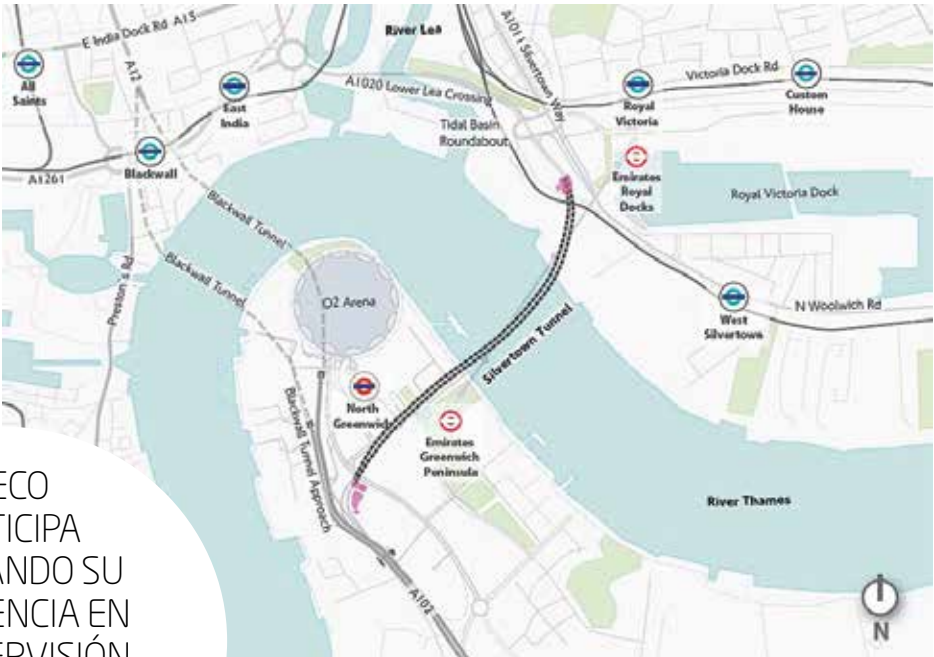
¿Y de cuál se siente más satisfecho? Es muy difícil seleccionar una de las obras. Se ha trabajado con altos estándares de calidad, se han superado retos

importantes y todos los proyectos nos acercan y generan muchísimos beneficios para los habitantes del país. Todos se han identificado desde hace una década en el Plan Nacional de Transportes y obedecen a una ruta que se ha de seguir para ser competitivos. ■

La llegada de la tuneladora a la capital londinense supone un paso crucial para la construcción de esta gran obra bajo el río Támesis: dos túneles de carretera gemelos de 1,4 kilómetros darán un importante respiro al congestionado transporte al este de la ciudad. Ineco participa en calidad de Certificador Independiente aportando su experiencia en la supervisión de túneles de especial complejidad.

Ernesto de Zárate y Pedro Feijoó,
ingenieros de caminos

Un túnel bajo el Támesis para descongestionar Londres



Esquema general del recorrido del túnel bajo el río Támesis.

INECO
PARTICIPA
APORTANDO SU
EXPERIENCIA EN
LA SUPERVISIÓN
DE TÚNELES
DE ESPECIAL
COMPLEJIDAD

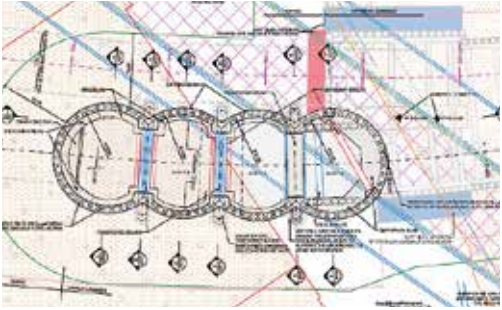
El nuevo túnel será la primera infraestructura que se construye para cruzar el Támesis desde 1991, multiplicando por seis la oferta de transporte público tras su puesta en servicio. El proyecto emprendido por la autoridad de transporte público londinense Transport for London (TfL) es la mayor inversión en carreteras en esta zona de la ciudad en los últimos 30 años. Incluye el diseño y construcción de dos túneles gemelos de 1,4 kilómetros bajo el río Támesis, que, junto a los falsos túneles (Cut&Cover) en ambos extremos, suman una longitud total de túnel de 2 kilómetros. Asimismo, el diseño incluye las actuaciones viarias y enlaces necesarios para el acceso al túnel.

Con un presupuesto de más de 1.000 millones de libras, la actuación está adjudicada al consorcio RiverLinX, que se encarga de su diseño, ejecución, financiación, explotación y mantenimiento. RiverLinX está formado por Aberdeen Standard Investments, BAM PPP, Cintra, Macquarie Capital y SK E&C. A su vez, RiverLinX ha contratado a la UTE Ineco/RPS como Certificador Independiente durante todo el proceso de diseño y construcción. Ineco participa, por tanto, en la ejecución de las obras del túnel aportando su experiencia en la supervisión de túneles de especial complejidad. El contrato se presta a

EL POZO DE ATAQUE

Está conformado por cuatro pozos contiguos con dos contrafuertes a cada lado, entre pozo y pozo, que le proporcionan una planta en forma de 'cacahuete' (peanut shape). Se ha optado por esta configuración estructural en detrimento de una geometría rectangular debido a los condicionantes del terreno, las necesidades de ocupación, la profundidad, y, principalmente, para evitar recurrir a largos anclajes laterales, que hubiesen supuesto una interferencia con la construcción del segundo tubo a su paso por el lado norte del pozo hasta llegar al pozo de extracción.

La sección del túnel, en cada tubo, tendrá un diámetro interior de 10,66 m, con un ancho de calzada de 7,30 m con 2 carriles de circulación, aceras elevadas a ambos lados de 1,20 m y un gálibo de circulación de 5,35 m.



La tuneladora ha sido fabricada en Alemania por la empresa Herrenknecht. Mide 82 metros de longitud y pesa unas 1.800 toneladas.



Las obras, además de los túneles, incluyen el diseño de los accesos y los viales de conexión con la red existente.

FOTO: RIVERLINX



Infografía de la entrada al túnel desde la península de Greenwich.



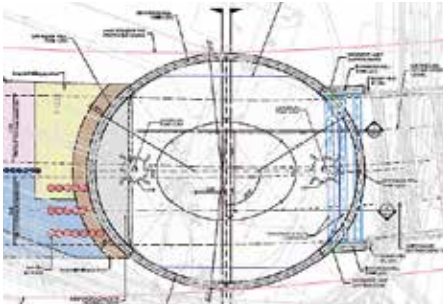
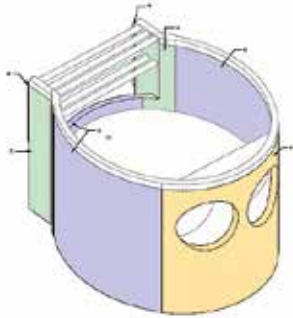
De izquierda a derecha, Justin Molloy (TfL), Pedro Feijóo (Ineco, IC), Stuart Lewis (TfL) y Manuel Garea (RiverLinx CJV), en el área de Greenwich.

través de una UTE con la empresa RPS, en la que Ineco tiene un 57 % de participación. Ambas empresas prestarán su apoyo como Certificador Independiente hasta que se ponga en servicio el nuevo túnel. La fase de diseño empezó en 2020, y está previsto que las obras finalicen en 2025.

MENOS ATASCOS, MEJORES CONEXIONES

Actualmente, el único medio para cruzar el Támesis en esta zona de la ciudad son los túneles de Blackwall, que llevan más de 120 años en servicio, con unos niveles de congestión muy elevados (más de 48.000 vehículos diarios por sentido), y que presentan, además, limitaciones de gálibo. Se estima que cada año se generan más de un millón de horas de atascos asociados a la limitación de capacidad de los túneles, con un impacto económico de 10 millones de libras al año.

El nuevo túnel será el primer cruce de carretera bajo el río Támesis que se ejecuta desde que hace más de 30 años se inauguró el puente Queen Elizabeth II, a las afueras de Londres. En la zona de influencia del túnel se estima un incremento de población de 650.000 per-



El pozo de rotación (*rotation chamber*), donde se dará la vuelta a la tuneladora, una vez ejecutado el tubo sentido sur, para la ejecución del segundo tubo sentido norte, está conformado por un pozo con forma ovalada ejecutado entre pantallas continuas.

GEOLOGÍA BAJO EL TÁMESIS

Geológicamente, Londres se encuentra asentada sobre una cuenca que se formó hace 65 millones de años, con un lecho rocoso de piedra caliza cubierto por capas de arcilla, arena y grava. La estratigrafía de la zona corresponde a las siguientes formaciones según la profundidad:

- **Rellenos antrópicos.** Con espesores de 2-4 m.
- **Aluvial.** Estrato de unos 4,5 m de potencia ubicado en los márgenes del río.
- **Depósito de terrazas cuaternarias.** Terrazas formadas por gravas arenosas de espesores de entre 5-8 m, en los márgenes del río, sobre la formación London Clay.
- **London Clay.** Arcillas consistentes a muy consistentes que forman el lecho del río con una potencia de 5 a 12 m.
- **Formación Harwich.** Entre el London Clay y el grupo Lambeth formado por arcillas limo-arenosas de entre 2-4m de espesor.
- **Lambeth Group.** Estrato inferior limo-arcilloso compacto a muy compacto.

Los túneles, salvo en los tramos de entrada y salida, discurrirán principalmente por las arcillas de las formaciones London Clay, Harwich y grupo Lambeth, característicos de la ciudad. La montera de los túneles, siendo variable, estará entre un mínimo de 5 m y un máximo de 23 m, con una montera media generalmente de algo más de un diámetro.

sonas, y la creación de 286.000 nuevos puestos de trabajo en el horizonte 2036. Una vez en marcha, permitirá sextuplicar la capacidad del transporte público en esta zona de Londres. Hoy día, dadas las limitaciones de los túneles, solo existe un servicio de autobuses que permite cruzar entre los dos barrios del este de la ciudad. El nuevo túnel tendrá un carril bus por sentido que permitirá aumentar a 37 servicios de autobús cada hora. Además, todos los servicios se operarán con vehículos de cero emisiones.

TfL estima que la mejora de la congestión en Blackwall y sus alrededores reducirá notablemente los tiempos de viaje. Los estudios realizados anticipan que, sin el túnel de Silvertown, tanto el tráfico como las emisiones por la congestión del tráfico en el túnel de Blackwall crecerán en los próximos años, de manera que los retrasos en hora punta por la mañana, en el este y el sudeste de Londres, podrían aumentar, de media, más del 20%. Así, la nueva infraestructura contribuirá a elevar la calidad del aire en esta zona de la ciudad, al disminuir los atascos e incrementar la fluidez del transporte público, y proporcionará mayor resiliencia a las conexiones al norte y al sur del río.

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras, además de los túneles, incluyen el diseño de los accesos y los viales de conexión con la red existente, que se desarrollan en gran parte con técnicas de trinchera (*Open Cut*) y falso túnel (*Cut&Cover*) mediante pantallas de pilo-

RETOS DEL ROL DE CERTIFICADOR INDEPENDIENTE



Pedro Feijóo,
ingeniero de caminos

Tanto TfL como el consorcio RiverLinx acordaron conjuntamente la selección de la JV Ineco-RPS como Certificador Independiente (adaptación del inglés *Independent Certifier*) durante el diseño, construcción e implementación de los equipamientos de seguridad de los túneles correspondientes al Silvertown Tunnel Project.

El objetivo principal de los servicios a realizar consiste en emitir al final de la ejecución de las obras, para su recepción, el *Permit to Use Certificate*, un documento que confirma que el proyecto se ha llevado a cabo según los requerimientos especificados en el acuerdo entre TfL y RiverLinx. Esto incluye las especificaciones técnicas y administrativas de todo el proceso de diseño y la construcción, certificando de manera independiente su consecución. Para ello, se realizan las inspecciones y auditorías necesarias, y se supervisan los procesos de calidad establecidos previamente, así como los equipamientos e instalaciones del túnel (iluminación, ventilación, equipos contraincendios, señalización, etc.).

La participación, por tanto, de un tercero certificando el trabajo implica ser reconocido como un asesor imparcial que, además de conocimientos especializados, cuenta con la experiencia necesaria en gestión, normativa y controles de calidad.

En su rol de Certificador Independiente en el túnel de Silvertown, Ineco aporta sus más de 20 años de experiencia en el diseño y ejecución de este tipo de infraestructuras. La compañía cuenta con una larga experiencia en proyectos singulares similares, en particular en el diseño, inspección y dirección de obras de túneles, como los realizados para la red de alta velocidad española AVE, en la que figuran los túneles de Pajares, Abdalajís, Guadarrama, Bolaños o el más reciente entre Atocha y Chamartín. También en el plan de adecuación a la normativa europea de 310 túneles en la Red de Carreteras del Estado, o en los proyectos internacionales como el Haramain, en Arabia Saudí, la red de alta velocidad británica HS2, la carretera Paseo del Bajo, en Buenos Aires, o el Rodoanel Mario Covas, en São Paulo.

El trabajo, en UTE con la empresa RPS, comenzó a primeros de 2020 y finalizará una vez terminados los servicios previstos para abril de 2025. Durante el transcurso de estas funciones, tanto Ineco como RPS contarán con sus equipos de expertos desde las oficinas de Dublín y Madrid, así como presencia continua en las obras objeto de este gran proyecto.

EL NUEVO TÚNEL SERÁ EL PRIMER CRUCE DE CARRETERA BAJO EL RÍO TÁMESIS QUE SE EJECUTA DESDE HACE MÁS DE 30 AÑOS

tes, tablestacado, micropilotes y muros *in situ*.

El túnel está formado por dos tubos ejecutados con tuneladora EPB TBM (*Tunnelling Boring Machine*) de 12 metros de diámetro para dar cabida a una sección con dos carriles unidireccionales de 3,50 metros en cada tubo, siendo uno de los carriles exclusivo para la circulación de autobuses (incluyendo los de dos pisos) y transportes de mercancías.

La tuneladora ha sido fabricada en Alemania por la empresa Herrenknecht. Mide aproximadamente 82 metros de longitud, pesa unas 1.800 toneladas y tendrá una superficie de corte de casi 12 metros.

De acuerdo con el programa de ejecución, la tuneladora comenzará a

perforar el primer tubo (sentido sur) desde Silvertown, donde se encuentra el pozo de ataque, se dará la vuelta en North Greenwich en el pozo de rotación (*rotation chamber*) para continuar perforando el segundo tubo de nuevo hasta Silvertown hasta el pozo de extracción. La infraestructura incluirá siete galerías transversales de conexión entre tubos distribuidas cada 150 metros.

En general, el equipo de construcción gestionará una excavación total de 600.000 m³ y el 100% del material extraído será transportado por río, minimizando el impacto del tráfico de las obras para las comunidades y rutas vecinas.

El proyecto también comprende edificios de mantenimiento y actuaciones viarias y enlaces en superficie, incluido un puente de carretera y una pasarela para peatones y ciclistas. Se espera que las obras se completen en el primer trimestre de 2025 y se ubicarán dentro de la zona de emisiones ultrabajas. ■



FOTO: JONATHAN LAMPEL FROM UNSPLASH

DRONES SÍ, DRONES NO

El enorme potencial e infinidad de aplicaciones de los vehículos voladores no tripulados (UAS) tienen como contrapartida su posible uso indebido o ilegal. Para limitar los riesgos de seguridad, tanto los gobiernos como los organismos internacionales trabajan intensamente en su regulación, así como en sistemas de control y detección. En estas páginas, expertos de Ineco, EUROCONTROL y el Ministerio del Interior profundizan sobre las oportunidades y amenazas de los drones.

Ineco lleva años utilizando drones y trabajando en el desarrollo de aplicaciones avanzadas, como la calibración de radioayudas o la inspección remota de líneas férreas y estructuras. Por otro lado, participa en proyectos de I+D+i europeos como TERRA (tecnologías en tierra), IMPETUS (servicios de información) o DOMUS (demostraciones de vuelo),



y, actualmente, en AMU-LED, que estudiará hasta 2023 el uso seguro de drones en entornos urbanos. Asimismo, la compañía forma parte del grupo de trabajo de EUROCAE WG-115, que, junto con su equivalente norteamericano RTCA SC-238, se centra en la definición de requisitos técnicos para sistemas de detección y neutralización de drones. ■

SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE RADIOAYUDAS CON DRONES

A la altura de las expectativas

Ineco, en un proyecto de innovación interno, ha desarrollado y probado con éxito un sistema de calibración de radioayudas con drones más barato, maniobrable y accesible que los sistemas actuales, sin perder precisión en los resultados. Tras tres campañas de pruebas y más de 60 horas de vuelos, el sistema ha demostrado estar a la altura de las expectativas.

Víctor M. Gordo, ingeniero aeronáutico
Iván Beneyto, ingeniero de telecomunicación

Las radioayudas (VOR, ILS, DME) son equipos de tierra que se comunican con las aeronaves en vuelo mediante señales de radio, haciendo posible que la navegación aérea sea segura, proporcionando las señales de posicionamiento y guiado necesarias para mantener a las aeronaves convenientemente separadas del terreno y obstáculos. Para garantizar que el funcionamiento de los equipos sea óptimo, deben calibrarse periódicamente parámetros relativos a la calidad de señal que emiten, como la potencia, modulaciones, retardos de respuesta, etc., para lo que, actualmente, se emplean aeronaves con pilotos y personal técnico especializado.

Existen varias limitaciones en la utilización de estos vuelos tripulados que no se presentan con el uso de drones, o RPAS (Remotely Piloted Aircraft System, Aeronaves Tripuladas por Control Remoto). Por un lado, sus costes son elevados y su disponibilidad escasa debido a que existen pocas aeronaves de este tipo. Esto ocasiona que tengan mucha carga de trabajo y que solo puedan verificar los equipos cada cierto tiempo, siendo lo habitual una calibración por año y radioayuda. Por otro lado, su maniobrabilidad en el aire es reducida y su



CAMPAÑAS DE PRUEBAS

Para comprobar la eficacia del sistema, se han llevado a cabo varias campañas de pruebas en los aeropuertos de Logroño-Agoncillo y de Vigo, así como en varias instalaciones de navegación aérea en el entorno de Madrid.

presencia impacta en el tráfico aéreo, lo que dificulta la realización de ciertas comprobaciones.

Aunque hoy en día no es posible sustituir por completo los vuelos tripulados, ya que la autonomía de los RPAS es limitada y no existe una integración con la aviación convencional, esta tecnología se encuentra preparada para entrar en funcionamiento como un servicio de apoyo al mantenimiento que permita comprobaciones puntuales y un mayor espaciado entre vuelos de calibración.

A lo largo de estos últimos años, Ineco ha creado un sistema propio de calibración de radioayudas con estos vehículos no tripulados. El sistema consta de varios equipos embarcados (para que el dron pueda analizar la señal de radio de la radioayuda y enviar los datos) y en tierra (estación receptora), además del software de análisis y representación desarrollado.

La plataforma utilizada es un octocóptero coaxial con sistema de autopiloto Pixhawk 2.1 Cube, 30 minutos de autonomía y capacidad para llevar una carga de pago de hasta 2 kg, equipado con sistema de Navegación GPS+Galileo+GLONASS y EGNOS, además de posicionamiento RTK (Real Time Kinematic). Los sistemas que lleva embarcados incluyen antenas, una SDR, o radio definida por software, y una micro-

computadora que analiza la señal RF digitalizada para calcular los parámetros relevantes de la radioayuda. El sistema en tierra está compuesto por dos elementos: una base RTK que corrige la posición del dron con un error de centímetros, y una estación de control que gestiona todos los componentes del sistema.

El envío de datos en tiempo real se realiza mediante un bróker MQTT (Message Queue Telemetry Transport) instalado en los servidores de Ineco. Este bróker difunde los mensajes entre los clientes mediante un mecanismo de publicador/ suscriptor con unas latencias inferiores a los dos segundos. La visualización de estos datos, así como su almacenamiento, corren a cargo de una consola de resultados desarrollada en NavTools, el paquete de herramientas de navegación



FOTO: INECO

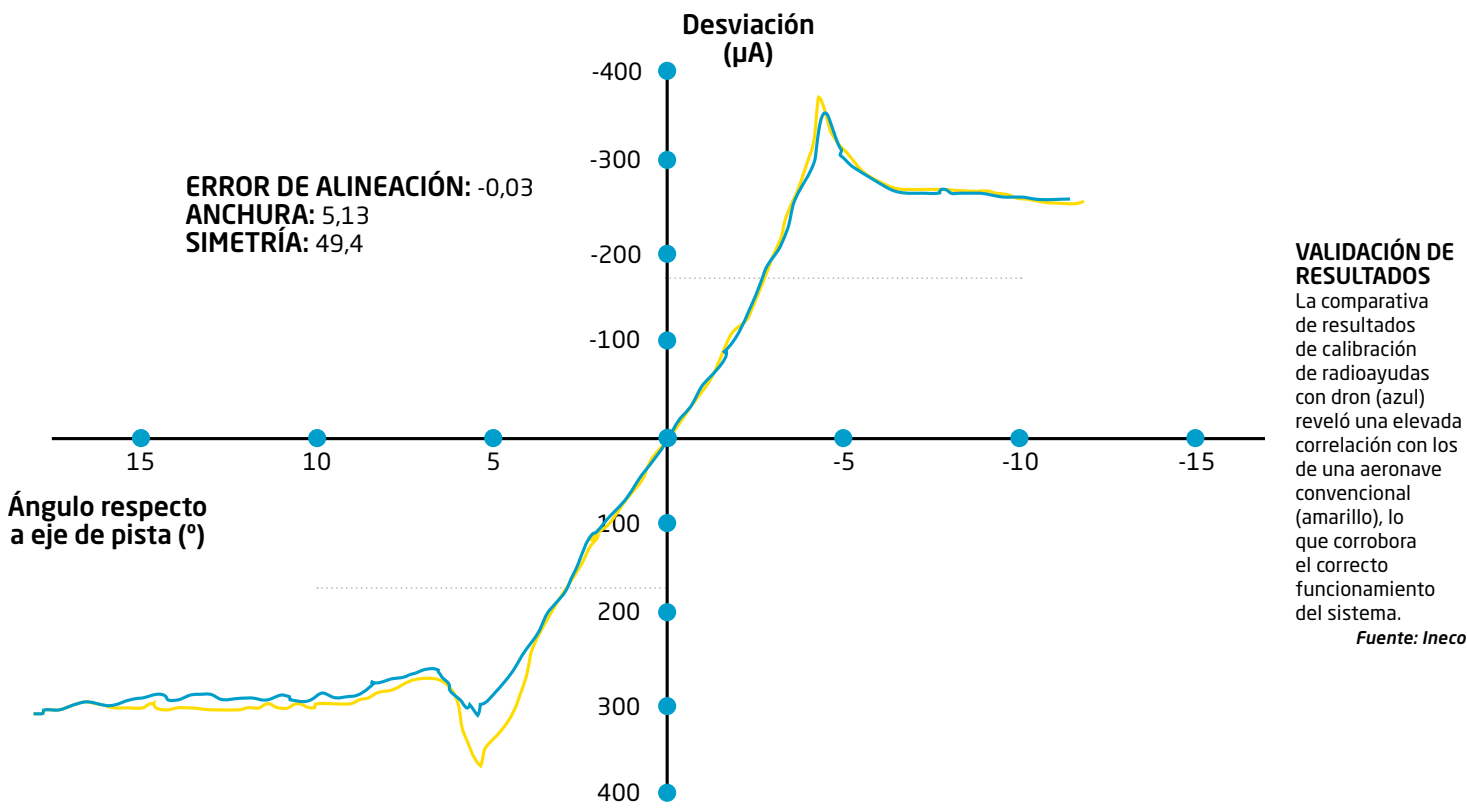
aérea de Ineco. Esta consola permite ver en tiempo real los registros obtenidos por el equipo a bordo del dron, y presentar cómo evolucionan a lo largo de la trayectoria volada los parámetros que definen el correcto funcionamiento de la radioayuda, como pueden ser la diferencia de profundidad de las modulaciones, la potencia, el error de alineación, la estructura de la señal, etc. Asimismo, la consola permite guardar los datos recibidos y presentar y analizar la trayectoria volada y los datos obtenidos.

Para comprobar la eficacia del sistema, se han llevado a cabo varias campañas de pruebas en los aeropuertos de Logroño-Agoncillo y de Vigo, así como en varias instalaciones de navegación en el entorno de Madrid (Perales de Tajuña, Navas del Rey, Castejón y Villatobas), donde se realizaron verificaciones de distintos tipos de ayudas, ILS (*Instrument Landing System*) y DVOR (*Doppler Very-High-Frequency Omnidirectional Range*) mediante vuelos radiales, verticales, horizontales, órbitas y aproximaciones en función del tipo de radioayuda.

El sistema ha permitido registrar los parámetros característicos de estas radioayudas, verificando que

En la imagen superior, Iván Beneyto, Ignacio Díaz de Liaño y Víctor Gordo. En la inferior, visualización de resultados junto a la posición del RPAS (en 3D) en tiempo real, en la herramienta desarrollada por Ineco.

- ▶ 3 campañas de pruebas en entorno aeroportuario.
- ▶ 0 incidentes con ATC.
- ▶ Más de 10 verificaciones de DVOR.
- ▶ Más de 10 verificaciones de ILS (LLZ y GP).
- ▶ Más de 60 horas de vuelo acumuladas.
- ▶ >95% del tiempo dentro de límites OACI.
- ▶ Verificaciones de hasta 20 minutos.
- ▶ Aproximaciones de hasta 2 km de longitud.
- ▶ Vuelos de hasta 120 metros de altura.
- ▶ Error de posicionamiento <1 metro.
- ▶ Latencias en tiempo real <2 segundos. ■



Un repaso a la realidad de los drones hostiles

Julia Sánchez, especialista UAS, EUROCONTROL

Los sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS/drones) han generado un mercado que se encuentra en una rápida y significativa expansión. Lo que empezó como un negocio exclusivamente centrado en el ámbito militar, ha encontrado numerosas aplicaciones en el sector civil tanto público como privado, y genera empleos y beneficios económicos. Sin embargo, los drones también pueden ser peligrosos, y se han convertido en una herramienta atractiva para terroristas y delincuentes.

Un fenómeno creciente es el número de incidentes en el entorno de instalaciones aeroportuarias, que conllevan peligro de colisiones e interrupción de las operaciones (como los incidentes de Barajas, en febrero de 2020, o de Gatwick, en diciembre de 2018), ataques a infraestructuras críticas y sensibles (edificios gubernamentales, centrales nucleares, etc.), e incluso a personas en tierra.

Como consecuencia de esto, los drones se han convertido en herramientas de doble filo. La amenaza potencial que suponen para la seguridad, la protección y la privacidad ha llevado al desarrollo del Counter UAS (C-UAS), o sistemas antidrón para contrarrestar cualquier incursión en el espacio aéreo controlado y no controlado.

Por su parte, la Comisión Europea se ha comprometido a apoyar a los estados miembros en mitigar las amenazas que suponen los UAS no colaborativos. En consonancia con el Plan de Acción de la UE de apoyo a la protección de los espacios públicos, la unidad de lucha contra el terrorismo de la Comisión ha creado dos grupos de interés: Protección de los Espacios Públicos (PPS) y Sistemas Antidrón (C-UAS).

El plan de acción antidrón de EASA, la Agencia de Seguridad Aérea de la Unión Europea, fue incluido en el Plan Europeo de Seguridad Aérea (EPAS), en 2021. Su objetivo es formar y concienciar a los operadores y pilotos de drones para evitar el uso indebido en el entorno aeroportuario; preparar a los aeropuertos contra las incursiones y asesorarlos para que tomen las medidas necesarias para garantizar la seguridad (*safety* y *security*) tanto en aire como en tierra; fomentar la notificación adecuada de los incidentes y apoyar la evaluación del riesgo para las aeronaves tripuladas. Asimismo, EASA publicó en 2020 el manual *Gestión de incidentes de drones en aeródromos* para ayudar a los operadores y a las autoridades nacionales a gestionar incidentes con drones, si bien solo una de sus tres partes se ha hecho pública.

Paralelamente, se plantea la necesidad de elegir la tecnología antidrón más adecuada en función del escenario de la amenaza. EUROCAE, organismo europeo de estandarización para la aviación, ha creado el Grupo de Trabajo WG (Work Group) 115 para desarrollar



La Comisión Europea se ha comprometido a apoyar a los Estados miembros en mitigar las amenazas que suponen los UAS no colaborativos. EUROCAE ha creado el Grupo de Trabajo WG 115 para desarrollar normas de implementación de los sistemas antidrón en aeropuertos, en el que participa Ineco.



normas para la implementación segura y armonizada de los sistemas contra-UAS en los aeropuertos y ANSP. Las normas deben describir el rendimiento del sistema (por ejemplo, el nivel mínimo de detección requerido), la interoperabilidad y las interfaces con las partes interesadas. Junto con su equivalente norteamericano, el Grupo publicó en 2021 su primer documento, *Definición de servicios operativos y entorno antidrón en el espacio aéreo controlado* para establecer la capacidad general que debe tener un sistema antidrón, incluyendo la detección de UAS no autorizados. EUROCONTROL está muy involucrada en el Grupo de Trabajo, especialmente en los que se refiere a requisitos de seguridad, rendimiento e interoperabilidad, que se espera publicar a finales de 2022.

EUROCONTROL proporciona servicios clave y contribuye con expertos en proyectos de investigación de C-UAS en las Direcciones Generales de la Comisión Europea de Interior y de Transportes (DG Home y DG Move); la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA), la Organización Europea de Aviación Civil (EUROCAE), el Grupo de Trabajo 115, o las asociaciones internacionales de transporte aéreo (IATA) y de aeropuertos (ACI).

Además, hay que tener en cuenta que existen algunas limitaciones a las tecnologías antidrón en el contexto de la aviación, ya que pueden interferir con otros sistemas existentes. Por lo tanto, debe garantizarse su interoperabilidad con otros sistemas aeroportuarios, como las radioayudas y el control de tráfico aéreo, para permitir el intercambio de información necesario para garantizar la seguridad de las operaciones. Por último, cualquier solución técnica antidrón debe complementarse con medidas de procedimiento y protocolos claros que dependan del nivel de amenaza que presente el UAS delictivo. El sistema también debe ser capaz de distinguir entre drones autorizados y no autorizados. Continuamente, surgen diversas soluciones y tecnologías antidron, la selección de las más adecuadas dependerá de las características y particularidades del entorno. Las acciones en respuesta a un UAS ilegal, como las tecnologías de mitigación y neutralización, conllevan importantes riesgos, y su despliegue dependerá totalmente de la legislación nacional de cada país. A nivel internacional, el Tribunal de la Haya específica que estas contramedidas nunca deben implicar el uso de la fuerza.

Las iniciativas para mejorar la capacidad de respuesta antidrón incluyen el desarrollo de un registro o base de datos oficial que permita clasificar rápidamente un dron como amenaza, y la elaboración de un catálogo de buenas prácticas a la hora de emplear los C-UAS para saber qué tecnología sería más adecuada y cómo utilizarla, con una descripción clara de la cadena de mando que debe seguirse y el asesoramiento jurídico que podría ser necesario en función del tipo de amenaza. ■

Sistemas contradrón para proteger la seguridad ciudadana

Enrique Belda, subdirector general de Sistemas de Información y Comunicaciones para la Seguridad y director del CETSE
José Cebrián, inspector jefe del Área I+D+i y director de la Oficina SIRDEE; Manuel Izquierdo, director del Proyecto SIGLO-CD

El crecimiento tecnológico en materia de drones, la gran cantidad de modelos comerciales y sus múltiples aplicaciones, junto con la reducción de costes de compra y mantenimiento y la facilidad de pilotaje y el desarrollo legislativo, hacen que cada vez más organismos públicos y privados, particulares y empresas utilicen este tipo de aeronaves. Por este motivo, las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad (FFCCS) han de estar preparados en dos aspectos: como usuarios, incluyendo los servicios de emergencias, y como garantes de la seguridad, tanto evitando su uso imprudente o el incumplimiento de las normas de fabricación, venta y utilización (*safety*), como impidiendo su uso delictivo, en el caso más grave, por atentados terroristas (*security*).

Desde el Ministerio del Interior, y más concretamente desde la Secretaría de Estado de Seguridad, se viene trabajando desde dos perspectivas: la legal, incluyendo colaboraciones, protocolos de actuación y convenios con otros organismos, y la tecnológica, buscando y aplicando las mejores soluciones existentes tanto para el control de flotas como para evitar, y, en su caso, neutralizar, su uso malintencionado.

El Centro Tecnológico de Seguridad (CETSE) constituye la sede de la Subdirección General de Sistemas de Información y Comunicaciones para la Seguridad (SGSICS). El Área de I+D+i de la Subdirección está formada por dos departamentos: I+D+i, Proyectos Eu-



La Secretaría de Estado de Seguridad (SES) dispuso en 2019 el diseño y la implementación de una plataforma tecnológica de protección ante hechos presuntamente ilícitos, así como intrusiones en la privacidad personal, uso por crimen organizado y posibles acciones terroristas.



ropeos y CoU (Comunidad de Usuarios), y Drones y Contradrones, Dirección de SIGLO-CD (Sistema Global Contradrones).

En 2016, se creó un grupo de trabajo en la Secretaría de Estado de Seguridad centrado en la búsqueda de soluciones al uso malintencionado de este tipo de aeronaves. Tras analizar el mercado, se concluyó que no existen soluciones globales para dar respuesta a todas las situaciones –la mayoría aisladas–, que hay muchos escenarios con características muy diferentes, que hay falta de regulación legislativa en sistemas contradrones y que estos sistemas pueden causar posibles daños colaterales. Desde el inicio se definieron las siguientes fases para hacer frente a una posible amenaza:

- **Detección:** se detecta algo extraño, inicialmente no se puede saber si se trata de un dron, a dónde se dirige, las intenciones que tiene, etc.
- **Identificación:** discernir si realmente se trata de un dron y obtener el mayor número de datos posibles del mismo, incluyendo la posición del piloto.
- **Seguimiento:** dará indicios de a dónde se dirige y posibles intenciones.
- **Neutralización:** en caso necesario.
- **Inteligencia:** todas estas fases han de disponer de una cierta inteligencia que ayuden al operador a tomar decisiones en tiempo real.



FOTO_MINISTERIO DEL INTERIOR



ILUSTRACIÓN_DRON SILENT FLYER, CORTESÍA: HTTP://FLYGILDI.COM/

La Secretaría de Estado de Seguridad (SES) dispuso en 2019 el diseño y la implementación de una plataforma tecnológica de protección ante hechos presuntamente ilícitos (vuelos imprudentes o con intención ilegal), así como intrusiones en la privacidad personal, uso por crimen organizado y, en los casos más graves, posibles acciones terroristas. La Subdirección General de Sistemas de Información y Comunicaciones para la Seguridad (SGSICS), fue la encargada de poner en marcha el llamado Sistema Global Contradrones (SIGLO-CD).

El 11 de julio de 2019, la Secretaria de Estado de Seguridad firmó la resolución por la que se declaraba de emergencia la contratación del servicio de un sistema global. Así se inició la Fase 0, con el objetivo de detectar, identificar y seguir drones comerciales en el área metropolitana de Madrid y, en su caso, neutralizar posibles amenazas a instituciones del Estado situadas en la capital, como la Casa Real, la Presidencia del Gobierno, el Congreso y el Senado, entre otras. Desde su origen, el sistema está concebido de forma integral, y tiene que estar en permanente evolución para adaptarse a las constantes innovaciones tecnológicas, y lograr así mejorar la detección, identificación, seguimiento y neutralización de la mayoría de los drones con independencia de la tecnología que utilicen.

La arquitectura cliente-servidor se articula en torno a un servidor central (Sede Central), sobre el que transmiten información los diferentes detectores a través de una red privada virtual (VPN), a través de la cual podrán activarse, caso de ser necesario, los equipos de neutralización. SIGLO-CD cuenta, además, con diferentes sedes o centros de control desde donde son monitorizados los vuelos de drones presuntamente no autorizados, cada una de las cuales tiene asignado un administrador. En las salas de control, los usuarios



La actividad del sector no hace más que aumentar: en 2020, se detectaron más de 7.500 vuelos de drones sobre el casco urbano de Madrid, de los que casi el 95% eran de la marca DJI. En 2021, la cifra ha aumentado hasta superar los 12.000 vuelos.

(avanzados o finales) pueden gestionar la información obtenida por los sistemas de detección que dan cobertura a las zonas de vigilancia asignadas, en función de las competencias asociadas a sus respectivos perfiles.

Tanto los detectores como los neutralizadores son considerados como los periféricos del servidor central alojado en el Centro Tecnológico de Seguridad (CETSE), al objeto de facilitar a sus diferentes usuarios, datos de detección, identificación, seguimiento y neutralización de drones en tiempo real. Igualmente, se almacena la información y se administran las comunicaciones.

Los sistemas de detección seleccionados inicialmente son pasivos, ya que el entorno en que se desplegaron es urbano. Obtienen datos de marca, modelo, número de serie o seguimiento de los drones comerciales más extendidos del mercado. Su radio de cobertura es superior a 15 kilómetros por antena, con lo que con unos pocos sensores se pueden cubrir amplias zonas.

A lo largo de los próximos tres años (2022-2024), está programada la extensión del sistema global a la mayoría del territorio nacional, para gestionar de forma coordinada las diferentes alarmas. Igualmente, permitirá el cumplimiento de las normas respecto al U-Space. Asimismo, se está colaborando con otras instituciones, como, por ejemplo, la Liga Nacional de Fútbol Profesional, con la que se ha firmado un convenio para la instalación de sistemas de detección y neutralización de sistemas contradrón en estadios deportivos.

Y la actividad del sector no hace más que aumentar: en 2020, se detectaron más de 7.500 vuelos de drones sobre el casco urbano de Madrid, de los que casi el 95% eran de la marca DJI. En 2021, la cifra ha aumentado hasta superar los 12.000 vuelos. ■

Estación de Næstved.

FOTO: FLAUS_NOERGAARD (FLICKR)

Prueba superada

Tras cuatro años de pruebas y puesta en servicio, la red ferroviaria danesa ya cuenta con seis líneas operativas equipadas con el sistema europeo de señalización ferroviaria ERTMS Nivel 2. Jens Holst Møller, ingeniero jefe de Integración de Sistemas de Señalización en Banedanmark, el gestor de infraestructuras ferroviarias danesas, desvela en este reportaje los detalles del proceso, en el que colabora Ineco desde 2017.

Rebeca Fernández, ingeniera de telecomunicaciones,
Alfonso Martínez y Francisco Mayoral, ingenieros industriales

Dinamarca ha sido uno de los países pioneros en la renovación del sistema de señalización ERTMS Nivel 2. Seis líneas, que suman más de 350 kilómetros, cuentan ya con el sistema: las denominadas EDL (*Early Deployment Line*), líneas piloto en las que se inició el programa de renovación), concretamente, EDL East North, EDL East South y EDL West; y las denominadas RO (*Roll-out, despliegue*), RO7 East, RO8 West y RO5 West. Desde 2017, Ineco ha colaborado con el gestor de infraestructuras ferroviarias danesas Banedanmark

en el despliegue, que se prevé extender a la totalidad de la red hacia 2030.

El ERTMS (*European Rail Traffic Management System*) es el sistema de gestión de tráfico ferroviario que la Comisión Europea está impulsando en los nueve principales corredores del territorio de la Unión, donde operan más de 20 sistemas de señalización diferentes, que la Comisión denomina 'sistemas de clase B'. En la práctica, esto significa que cuando un tren cruza de un país a otro puede tener que cambiar de locomotora, de maquina o incluso la composición entera. La

solución es un sistema común, el ERTMS, que aporta grandes mejoras en la explotación ferroviaria, permitiendo la circulación interna y entre fronteras de todos los trenes con mayor capacidad, más seguridad y menores costes.

Dinamarca, con algo menos de 6 millones de habitantes en un territorio de cerca de 43.000 km², registra la octava renta per cápita más alta del mundo, y dispone de una red de transporte terrestre –urbana, viaria, marítima y ferroviaria– extensa y eficiente, si bien en pleno proceso de ampliación y renovación con un ambicioso

programa de inversiones. En lo que se refiere al ferrocarril, la explotación de la red, de más de 2.600 kilómetros en ancho estándar (1.435 mm), está liberalizada y cuenta con operadores tanto públicos como privados.

En cuanto a las infraestructuras, el organismo Banedanmark, dependiente del Ministerio de Transporte, se encarga de gestionar el mantenimiento, la construcción de nuevos tramos y la supervisión de los sistemas de seguridad. Los programas de mejora y modernización se centran sobre todo en la renovación integral de la electrificación y de la señalización. Según la propia Banedanmark, “los nuevos sistemas de señalización” –(CBTC, *Communication Based Train Control*, para el cercanías de Copenhague y ERTMS para la red nacional)– “causarán menos demoras, y permitirán aumentar la velocidad y el número de trenes”, con “una disminución del 80% de los retrasos relacionados con la señalización en las líneas principales y regionales, y del 50% en las líneas de cercanías de Copenhague”.

Jens Holst Møller, ingeniero jefe de Integración de Sistemas de Señalización de Banedanmark, explica que “tras la renovación de los sistemas de señalización, se han puesto en operación comercial con ERTMS Nivel 2 seis líneas con una longitud total de 353 kilómetros”. Además, –añade– “se ha construido una nueva línea de alta velocidad de 56 kilómetros con ERTMS Nivel 2, aunque se ha puesto en servicio temporalmente con un sistema de señalización de clase B



Estación central de Copenhague.

FOTO: MARTA CARNERO (FLICKR)

“EL RENDIMIENTO DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN BASADO EN EL ERTMS L2 ES MUY BUENO Y LOS USUARIOS FINALES ESTÁN MUY SATISFECHOS”



Jens Holst Møller, ingeniero jefe de Integración de Sistemas de Señalización de Banedanmark

superpuesto debido a que hay trenes que aún no lo tienen, si bien está previsto que el ERTMS entre en servicio en toda la línea a finales de 2022”.

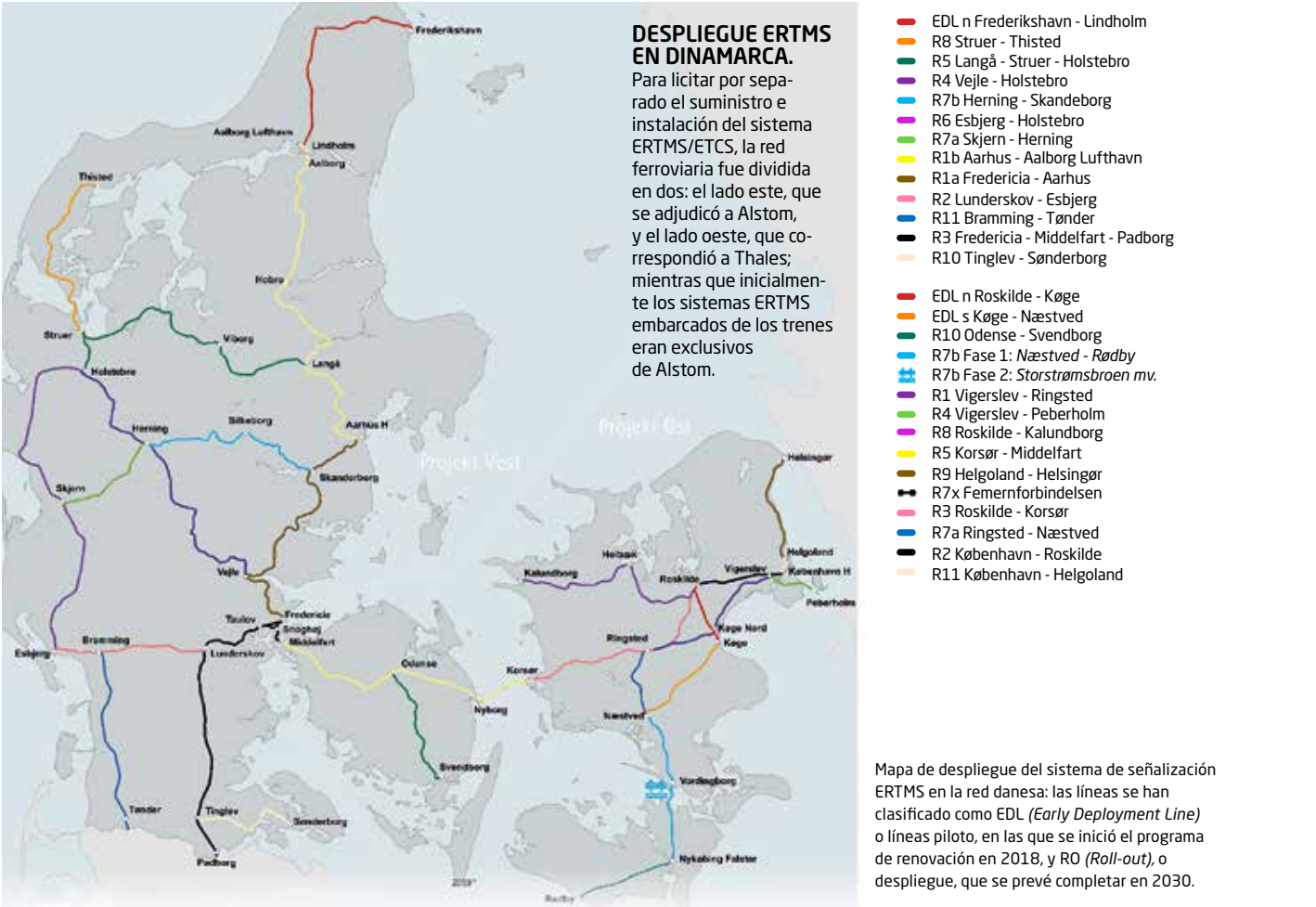
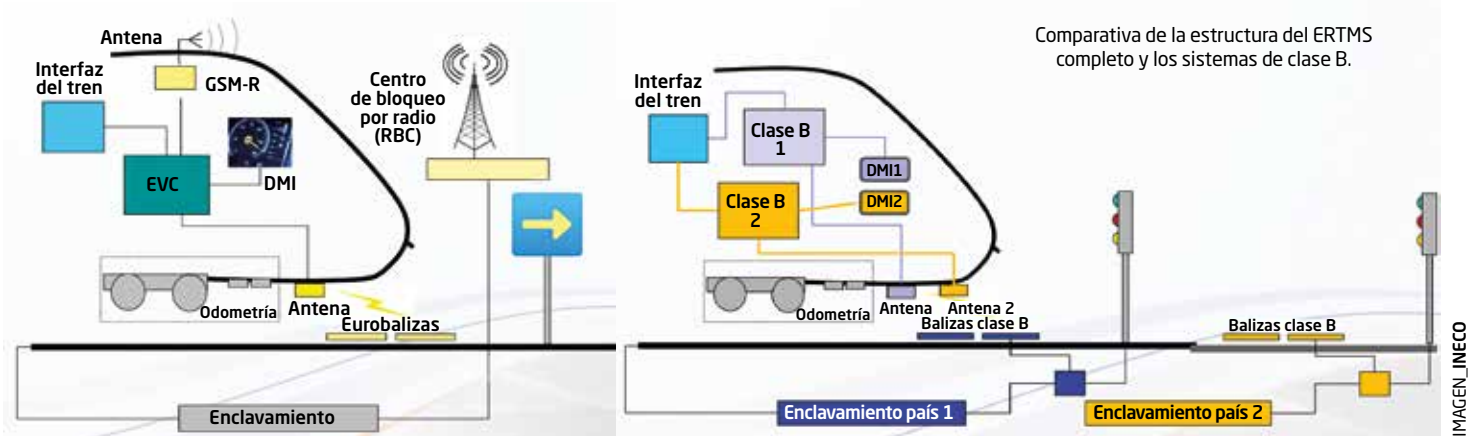
Holst Møller adelanta que “el resto de las líneas renovarán su señalización y pondrán en servicio con ERTMS Nivel 2 durante los próximos ocho años. Se espera que

la conversión de la red ferroviaria nacional a ERTMS Nivel 2 se complete en 2027 en el lado oeste de Dinamarca (Jylland) y en 2030, en el lado Este”.

Un cambio completo de sistema como este no está exento de complejidades; según el máximo responsable de ingeniería de Banedanmark, “los principales desafíos han sido el desarrollo de las aplicaciones genéricas de ERTMS, tanto para el sistema embarcado como en el de vía, y la industrialización del despliegue”.

En concreto, explica que “la instalación de los sistemas embarcados ha llevado mucho más tiempo del previsto” debido “al tiempo de desarrollo del sistema embarcado genérico y a desafíos clásicos como la modernización de material rodante más antiguo y la lenta industrialización de los procesos de instalación”, y, además, “se está llevando a cabo una importante renovación de la flota danesa; la instalación de ERTMS abarca todos los trenes de pasajeros existentes que no están pendientes de renovación. El total de trenes que quedan por adaptar es de unos 300, de los cuales más de la mitad ya han sido puestos en servicio con ERTMS Nivel 2. Todos los trenes existentes serán equipados por Alstom dentro del contrato de equipamiento embarcado, pero los nuevos están siendo suministrados con el sistema ERTMS que haya elegido el operador o el fabricante”.

Con todo, el balance final es positivo, concluye Holst Møller: “El rendimiento del sistema de señalización basado en el ERTMS Nivel 2 es muy bueno tras finalizar la estabilización inicial, y los usuarios finales están muy satisfechos”. ■



MAPA_BANEDANMARK

COLABORACIÓN ENTRE INECO Y BANEDANMARK

En España, Ineco lleva muchos años dando soporte a Adif y Renfe en las pruebas ERTMS de infraestructura y de integración tren-vía previas a la puesta en servicio de nuevas líneas y trenes. Además, desde 2015 la compañía está a cargo del control y seguimiento del plan de despliegue del ERTMS en los corredores europeos. Fue precisamente esta experiencia de la compañía la que hizo posible que el gestor de infraestructuras ferroviarias danesas Banedanmark le confiara la estrategia de pruebas para la

puesta en servicio del sistema en su red. El punto de partida fueron dos líneas piloto, denominadas EDL West y EDL East North. Así, desde principios de 2017, Ineco ha estado colaborando con Banedanmark en el proyecto de renovación de la señalización (*Signalling Programme*), que contemplaba la instalación del ERTMS.

Dentro del contrato inicial (en el que participó también el CEDEX, el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, dependiente del Ministerio de

Transportes español), se elaboró una especificación genérica de pruebas ERTMS Nivel 2 para las dos líneas piloto, basada en los requisitos funcionales y en las reglas y escenarios operacionales daneses. Asimismo, Ineco llevó a cabo las campañas de pruebas en laboratorio y el análisis de los resultados, y definió una estrategia de pruebas a realizar para la puesta en servicio de futuras líneas. En marzo de 2018, una vez concluido el primer contrato, Banedanmark e Ineco firmaron un acuerdo marco de colaboración

hasta enero de 2022, fecha en que se ha renovado de nuevo la colaboración hasta finales de 2025.

Durante estos cuatro años, la compañía ha participado en la definición, ejecución, análisis y elaboración de informes de campañas en líneas como: R01 East (NLCR, Copenhague - Ringsted), R04 West (Vejle/Skanderborg - Herning - Holstebro), R05 West (Langå - Struer - Holstebro), R07 East (Næstved - Rødby), R08 West (Struer - Thisted), pertenecientes tanto a la parte este (Alstom)

como a la parte oeste (Thales) así como en las campañas de pruebas con motivo de las nuevas versiones de datos y de genérico del RBC de las líneas piloto (incluyendo la parte sur de la EDL East, entre Køge y Næstved).

También se ha realizado el mantenimiento de las especificaciones genéricas de pruebas, adaptándolas a las nuevas funcionalidades implementadas en las líneas, y se ha dado soporte en su actualización a la nueva versión de las especificaciones europeas ETCS Baseline 3 Release 2 (SRS 3.6.0).



SILVIA DOMÍNGUEZ
ingeniera de telecomunicaciones

ERTMS EN INECO, EN BUSCA DE LA MEJORA CONTINUA A TRAVÉS DE LA DIGITALIZACIÓN

Los sistemas de control, mando y señalización se componen de todos aquellos equipos a bordo del tren y en la infraestructura necesarios para garantizar la operación segura de los vehículos que circulan por la red. Son, por tanto, la clave para el funcionamiento de un servicio ferroviario europeo seguro, eficiente, interoperable, robusto y fiable en Europa.

ERTMS es el estándar de señalización impulsado por la Comisión Europea. Este estándar define el sistema automático de protección de los trenes mediante el intercambio de información entre los sistemas ERTMS instalados en el material rodante y los instalados en la infraestructura.

La implantación del sistema ERTMS permite una serie de mejoras en la explotación ferroviaria, como son la interoperabilidad de circulación de diferentes tipos de tren en distintas infraestructuras, y el incremento de los niveles de seguridad y de la capacidad de circulación en las líneas.

Ineco ha estado siempre presente en los proyectos y grupos de trabajo europeos que definen el sistema ERTMS, trabajando en colaboración con la industria, los usuarios, los organismos legisladores y las agencias de seguridad. Actualmente, lideramos la gestión de la implementación del ERTMS en Europa, y estamos presentes en los grupos de trabajo encargados de definir el futuro del control, mando y señalización en Europa. Nuestra compañía basa la gestión de los distintos proyectos ERTMS en el profundo conocimiento técnico del sistema y en la amplia experiencia adquirida en grandes proyectos.

Las nuevas tecnologías están listas para su uso en el ferrocarril con un enorme potencial para mejorar los servicios de pasajeros y mercancías. La digitalización, junto con la automatización, es la forma más eficaz de aumentar el

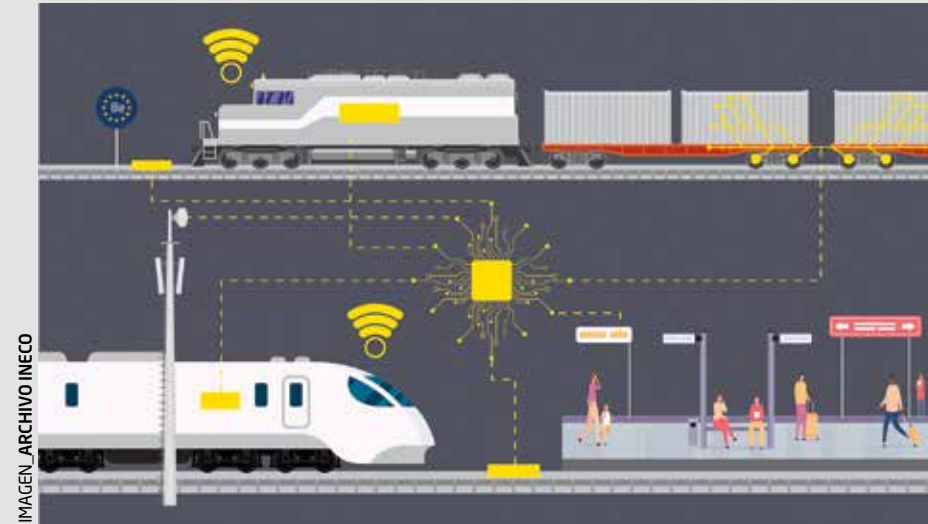
rendimiento y la capacidad con menos inversiones en nuevas infraestructuras. Gracias a la experiencia y proyectos en los que ha estado involucrada la compañía, podemos decir que somos capaces de sacar todas las ventajas de digitalización del sistema e incluso adelantarnos a las necesidades del sector.

Ejemplos claros relacionados con nuestros trabajos de pruebas del sistema ERTMS son la virtualización de campañas de pruebas ERTMS, su parametrización y automatización en el análisis de resultados. Estas optimizaciones forman parte de los procesos internos de innovación y mejora continua que aplicamos a los proyectos en los que ya estamos realizando pruebas ERTMS, tanto en España como en el exterior: Portugal, Israel, Australia o Dinamarca.

Ineco ha desarrollado las metodologías necesarias para la virtualización de



FOTO_ARCHIVO INECO



IMAGEN_ARCHIVO INECO

La implantación del sistema ERTMS permite una serie de mejoras en la explotación ferroviaria, como son la interoperabilidad de circulación de diferentes tipos de tren en distintas infraestructuras, y el incremento de los niveles de seguridad y de la capacidad de circulación en las líneas.

campañas de prueba ERTMS para adaptarse a las medidas de protección de la salud derivadas de la crisis de la COVID-19 que dificultan la presencialidad. Esta solución se ha logrado a través de la mejora de los escenarios de ejecución: la definición de casos de prueba con ubicaciones alternativas, análisis de registros remotos por parte de especialistas en ERTMS y mayor seguimiento virtual de las pruebas. Además, el producto de virtualización para una validación completa del sistema ERTMS permitirá minimizar la presencia física de recursos expertos, aumentando la eficiencia y reduciendo la concentración de personal en el tren.

Adicionalmente, nos planteamos mejoras no solo en la ejecución de pruebas, sino también en su diseño y análisis. En nuestro proyecto hemos realizado una búsqueda de parámetros y algoritmos que permitan mejorar el diseño y la planificación de las pruebas para que su ejecución sea mucho más eficiente. Asimismo, hemos conseguido desarrollos para automatizar el análisis de los resultados. El uso de herramientas de *machine learning* ha permitido estudiar una gran cantidad de pruebas acumuladas a lo largo de la dilatada experiencia internacional del equipo de ERTMS de Ineco, llegando a un resultado muy satisfactorio que ha permitido obtener correlaciones muy significativas.

Otro aspecto crucial es la interoperabilidad, que se define como la capacidad de un sistema ferroviario para permitir

la circulación segura e ininterrumpida de trenes que cumplan las prestaciones requeridas. En Ineco participamos actualmente en distintos proyectos de diseño e integración del sistema ERTMS tanto en España, para nuevos despliegues, como en Israel o Australia.

Desde hace más de 20 años, estamos involucrados en la redacción de especificaciones de interoperabilidad del sistema ERTMS. No solo hemos participado en las primeras líneas del sistema desplegadas en España y en servicio desde 2006, sino que desde hace más de 10 años realizamos el seguimiento técnico de todos los proyectos ERTMS financiados por la Comisión Europea. Esto nos permite una visión única del sistema para su diseño e integración de forma interoperable y que incorpora la visión técnica con su concepto operacional. Además, partiendo de nuestra experiencia, desarrollamos

DESDE HACE
MÁS DE 10 AÑOS,
INECO REALIZA
EL SEGUIMIENTO
TÉCNICO DE TODOS
LOS PROYECTOS
ERTMS FINANCIADOS
POR LA COMISIÓN
EUROPEA

productos únicos: por ejemplo la metodología para evaluar el impacto del sistema ERTMS en la capacidad ferroviaria. A este respecto, se acepta de manera generalizada que los niveles de operación del ERTMS aumentan la capacidad; el Nivel 2 más que el Nivel 1 y este, a su vez, más que un sistema de señalización tradicional como ASFA (sistema nacional de clase B). Sin embargo, tras el análisis realizado en la red, dentro del plan de despliegue del ERTMS en España, se ha podido concluir que los resultados no son únicos y están relacionados con el tipo de línea.

Finalmente, cabe insistir en que el sistema ERTMS es la columna vertebral de la modernización del ferrocarril, y una de sus ventajas es la posibilidad de evolución e innovación con un impacto económico limitado al tratarse de un sistema digital. La oportunidad de esta evolución está en incorporar nuevas tecnologías y obtener una visión con un alcance técnico mayor al que tiene actualmente, en particular en la parte interoperable de los sistemas de control, mando y señalización.

Se trata, por tanto, de una oportunidad excelente para definir unos sistemas armonizados, con unas interfaces funcionales comunes y unos conceptos operativos que permitan construir el futuro espacio ferroviario único europeo y su exportación y conocimiento a nivel internacional.

Esta construcción del sistema ferroviario europeo moderno, armonizado, robusto, fiable e interoperable, es el principal objetivo en la iniciativa ERJU (*Europe's Rail Join Undertaking*, o Empresa Común Ferroviaria) sucesora de la anterior, Shift2Rail, en la que participa activamente Ineco y que va en consonancia con la Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente de la UE. De esta forma, se pretende también dar respuesta a las necesidades de los clientes, mantener la seguridad y la protección digital, mejorar la eficiencia y el rendimiento de las operaciones, reducir los costes, apoyar la competitividad de la industria ferroviaria europea y aumentar la velocidad de adopción de soluciones innovadoras. ■

Aeropuertos: ¿dónde está mi maleta?

Como pasajeros somos perfectamente conscientes de nuestro recorrido desde que entramos en el aeropuerto de partida hasta el de destino, pero, ¿sabemos cómo es el viaje que realiza nuestro equipaje facturado? Este artículo trata de acercar al lector al proceso de los equipajes facturados en los aeropuertos, descubriéndole el SATE (Sistema Automático de Tratamiento de Equipajes).

Joaquín Esteve, ingeniero industrial

FACTURANDO LA MALETA

Llegó el día. Tenemos que coger el avión. Dejamos todo en orden en casa, cogemos nuestro equipaje y nos ponemos camino al aeropuerto. Al llegar allí, nos dirigimos al punto de facturación en la terminal para facturar. En ese punto somos testigos del primer proceso por el que pasarán nuestras maletas en el aeropuerto: el etiquetado.

El etiquetado sirve para identificar la maleta en el SATE y consiste, habitualmente, en la colocación de una pegatina que lleva impresa una serie de datos y un código de barras y que suele adosarse en un asa de la maleta. El código de barras, cabe mencionar, es una referencia única, así que cada equipaje tiene una identificación exclusiva.

Además del etiquetado, en el mismo puesto de facturación, se comprueban las dimensiones y el peso del equipaje de forma automática. Una vez se ha etiquetado el equipaje, si las medidas del equipaje están dentro de las medidas permitidas, se introduce en el SATE.

El SATE, acrónimo de Sistema Automático de Tratamiento de Equipajes, es un conjunto de elementos que lleva nuestro equipaje automáticamente desde el punto de facturación hasta el punto de entrega a los agentes ‘handling’, quienes transportarán finalmente nuestra maleta al avión. (Ver Figura 1).

EL EQUIPAJE SE AVENTURA AL INTERIOR DEL SATE

La maleta se adentra en el sistema mediante cintas transportadoras de forma automática; abandona la zona de facturación del aeropuerto para ingresar en un espacio técnico, eminentemente industrial, dentro del mismo edificio. Nuestra maleta es una de las muchas que en ese momento se encuentran en el sistema y que son conducidas de manera ordenada a lo largo de la multitud de cintas transportadoras que hay en el recinto.

El SATE controla el tráfico de las maletas mediante PLCs (‘Programmable Logic Controller’). Estos equipos gobiernan los motores que mueven las cintas transportadoras así como otros tantos elementos del sistema, y toman las decisiones de marcha o paro de cada motor de los transportadores en función de las diferentes condiciones que se estén dando en el sistema a cada momento.

Sigue avanzando nuestra maleta a lo largo de la línea de transportadores y, pronto, atraviesa un pórtico donde se encuentran instalados varios lectores láser de códigos de barras estratégicamente distribuidos. Este pórtico se denomina arco de lectura.

Los arcos de lectura sirven para que el SATE identifique el equipaje a través de la lectura del código de barras de la pegatina que lleva adherida la maleta. Una vez identificada, el SATE le asigna un destino final dentro del sistema. Cabe reseñar, que el SATE discrimina las maletas según el vuelo que cojan y, de este modo, asegura la entrega de las maletas de un mismo vuelo en un mismo punto final (hipódromos de formación o muelles de carga).

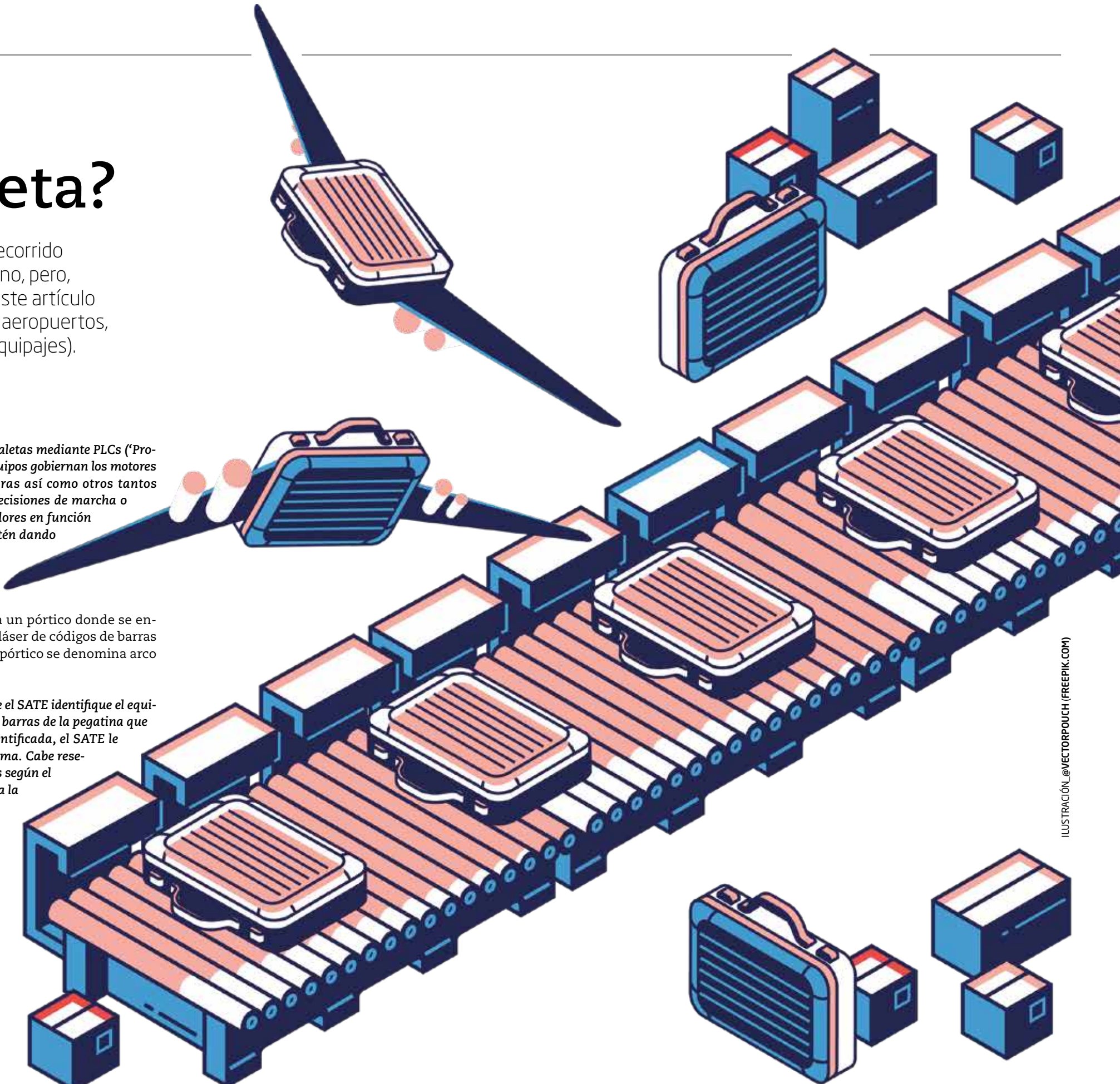


ILUSTRACIÓN @VECTORPOUCH (FREEPIK.COM)



Ineco está trabajando actualmente en el diseño del SATE de los aeropuertos internacionales de Schiphol (Ámsterdam), en la imagen, y Dammam (Arabia Saudí).

En ningún momento se ha detenido nuestra maleta para ser identificada al pasar por el arco de lectura. El tránsito por ahora está siendo continuo a excepción de un par de ocasiones, en donde la maleta se detuvo en la entrada de un cruce para que el sistema introdujera, delante de nuestro equipaje, otra maleta que venía de otra línea.

LA INSPECCIÓN DEL EQUIPAJE

Todos los bultos introducidos en el SATE se inspeccionan para contribuir a asegurar la integridad de las personas, instalaciones aeroportuarias y aeronaves. Nuestro equipaje continúa avanzando por la línea de transportadores cuando, a lo lejos, se encuentra una máquina de considerables dimensiones en donde se están introduciendo, irremediamente, todas las maletas que preceden a la nuestra. Se trata de una máquina de inspección de equipajes.

Las máquinas de inspección de equipajes inspeccionan el 100% de los equipajes que se introducen en el SATE. Disponen de una avanzada tecnología enfocada en la detección de elementos

que pondrían en peligro la seguridad de personas y activos, como armas y explosivos.

Una cortinilla delimita donde empieza el proceso de inspección. El equipaje no se detiene en el interior de la máquina para el proceso de inspección como tampoco se detuvo en el proceso de identificación y, en pocos segundos, sale de la máquina atravesando una segunda cortinilla para proseguir su recorrido por la instalación.

Al término del examen, la máquina le proporciona el resultado de la inspección al SATE y este incorpora este dato a la información que posee de la maleta en cuestión. Se trata de una información vital porque el SATE tiene que asegurar que únicamente lleguen a los aviones aquellas maletas que hayan sido ‘clarificadas’ (es decir, aquellas maletas cuyo resultado de su inspección haya sido positivo).

Así, con un estado de inspección asociado, nuestra maleta continúa su viaje hasta llegar al punto de decisión. Este punto del sistema consiste en un equipo electromecánico que separa los equipajes ‘claros’ de los demás, desviando los ‘claros’ por una línea y todos los demás por otra línea distinta del sistema.

El SATE verifica cuál es el estado de la inspección de cada equipaje a la entrada de este en el punto de decisión. Únicamente en el caso de que el estado del equipaje sea ‘claro’, el desviador habilitará el recorrido para que el equipaje prosiga su camino hacia su destino final. En cualquier otro caso, el desviador habilitará el recorrido que llevará al equipaje a un proceso de inspección adicional.

Nuestro equipaje, que no contiene ningún elemento peligroso, ha resultado ‘claro’ en el primer nivel de inspección y prosigue su curso, entonces, hacia su destino final. Se va



Línea de almacenes de equipajes tempranos, con operación mediante transelevadores, en el aeropuerto de Alicante.

distanciando del punto de decisión donde otros equipajes no tienen la misma suerte y se desvían a la línea que conducen a una nueva inspección.

CLASIFICACIÓN Y DESTINO FINAL DEL EQUIPAJE

El SATE contribuye a la eficiencia en las operaciones del aeropuerto al clasificar el equipaje por vuelos. Se va acercando el final del viaje de nuestra maleta. La línea por la que circula ahora tiene multitud de desvíos que llevan a diferentes lugares y ahora es posible llegar al almacén de equipajes tempranos, las estaciones de codificación manual, hipódromos de formación y muelles de problemáticos.

Los almacenes de equipajes tempranos son destinos temporales para las maletas introducidas en el sistema que no tienen disponible el hipódromo de formación o muelle de carga, asociado a su vuelo en ese momento. Es un subsistema de inestimable ayuda en aeropuertos con alta carga de equipajes de vuelos de conexión, donde puede haber muchas horas de diferencia entre el vuelo de llegada y el siguiente vuelo de salida.

En el recorrido se dejan atrás las entradas a las estaciones de codificación manual ya que el SATE no ha perdido el seguimiento de nuestra maleta. También se deja atrás la entrada al almacén de equipajes tempranos porque el hipódromo de formación de nuestro vuelo está ya disponible para que se dispongan allí las maletas; no hay entonces necesidad de almacenar la maleta temporalmente en el sistema. Cuando la maleta llega al desvío que lleva al hipódromo de formación asignado a su vuelo, el sistema la fuerza a tomar ese destino, gracias a la acción de un desviador. El equipaje, en un último paso, se descarga controladamente en el hipódromo de formación.

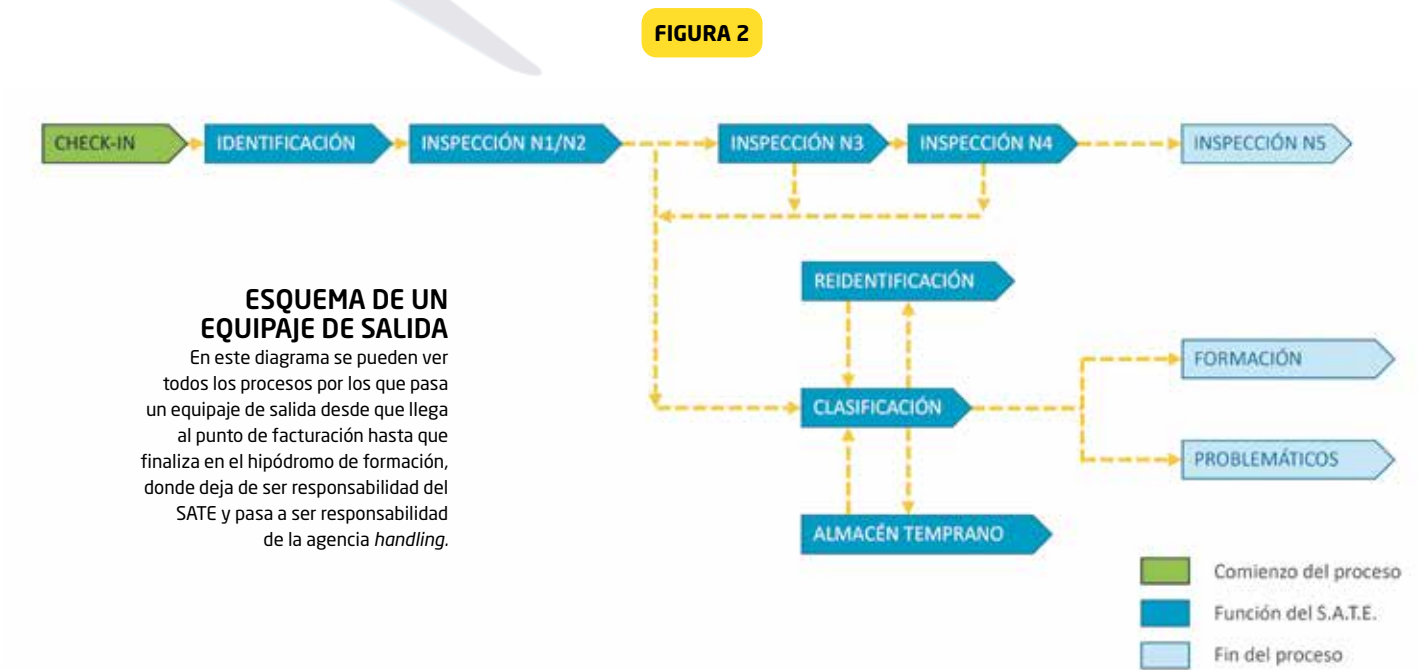
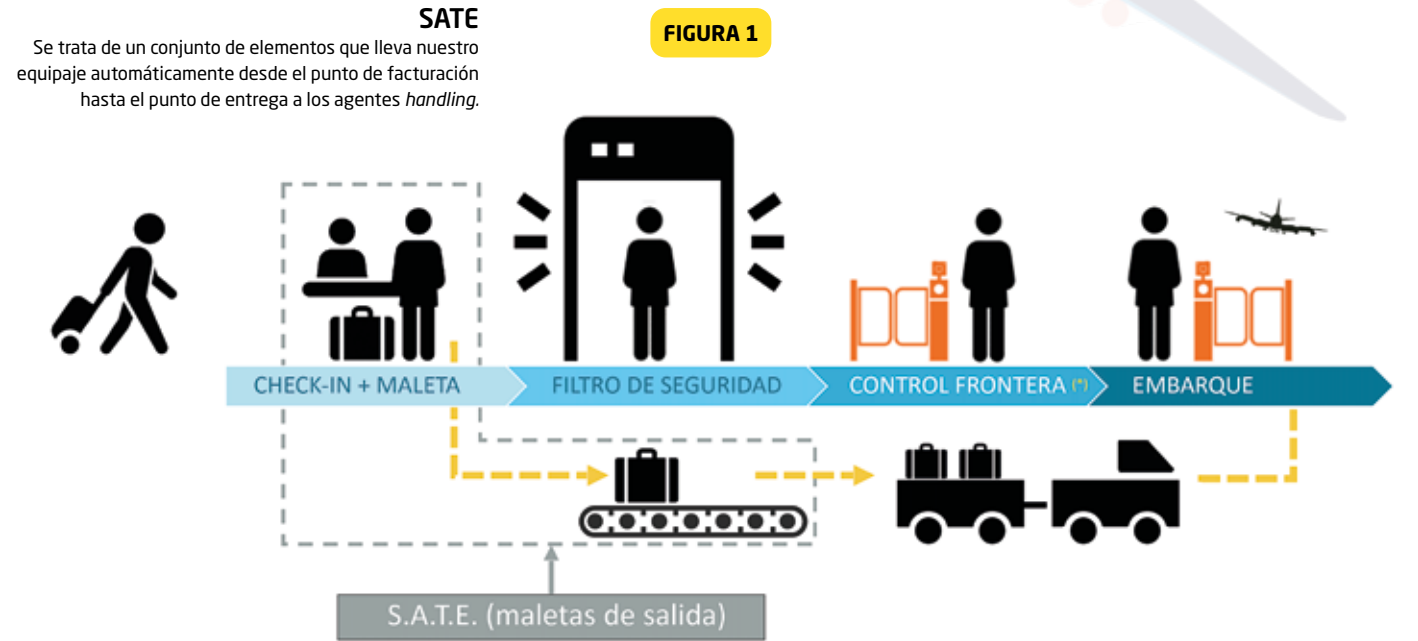
Los hipódromos de formación o carruseles de formación, son un elemento electromecánico que forma un circuito cerrado y sobre el que se depositan todas las maletas de un vuelo concreto. Pegadas a los hipódromos de formación se estacionan los trenes de carrillos, con el fin de hacer lo más eficiente posible el proceso de carga de las maletas en estos trenes.

La maleta, una vez ha llegado al hipódromo de formación, deja de ser responsabilidad del SATE para ser responsabilidad de la agencia handling. Sus agentes llevan la maleta en el tren de carrillos al avión y la cargan en su bodega, a veces siendo nosotros testigos de este proceso como pasajeros desde nuestro asiento de ventanilla de la aeronave.

RESUMEN Y CONSIDERACIÓN FINAL

Los procesos por los que pasa un equipaje de salida pueden observarse en la Figura 2.

El SATE tiene diferentes soluciones técnicas, contiene muchos más elementos y realiza más procesos que los reflejados en este artículo. En Ineco se conoce esta realidad compleja y se tiene en cuenta la especificidad de cada proyecto, lo que permite prestar servicios idóneamente en los mercados nacional e internacional. ■





ROBERTO
CALONGE

ingeniero industrial
de Ineco, experto en
SATE y ORAT

LOS SATE,
PIEZA CLAVE
EN EL TRATAMIENTO
DE EQUIPAJES

Los Sistemas Automatizados de Tratamiento de Equipajes (SATE) constituyen una de las instalaciones más extensas y de funcionamiento más complejo de los terminales aeroportuarios. No solo la longitud de las líneas de transporte de algunos SATE llega a ser tan formidable como los más de 80 kilómetros de la Terminal 4 del aeropuerto Adolfo Suárez-Madrid-Barajas o los más de 20 de la Terminal 1 del aeropuerto Josep Tarradellas-Barcelona-El Prat, sino que el número máximo de equipajes que algunos sistemas gestionan en una hora puede ser superior a 5.000. Además, las instalaciones se extienden en prácticamente todos los niveles y áreas del edificio terminal.

Tal es la dimensión de estas instalaciones que a los expertos en SATE les gusta definir un terminal aeroportuario como un SATE con un edificio encima. Dejando exageraciones (o no) a un lado, los SATE son la pieza clave en el tratamiento de los equipajes de bodega cuyo objetivo es conseguir que la maleta de cada pasajero se cargue en la aeronave correcta a tiempo y sea entregada al pasajero con la mayor celeridad posible en el aeropuerto de destino, siguiendo además todos los procedimientos de seguridad necesarios.

Ineco, a lo largo de todos los proyectos de diseño de terminales aeroportuarios en los que ha participado, se ha enfrentado a la necesidad de diseñar sistemas SATE (tanto en disposición de las líneas de transporte como en la tecnología misma del transporte) adaptados a las necesidades operativas específicas de cada aeropuerto: por ejemplo, el diseño de un SATE para un aeropuerto *hub* como el aeropuerto de Schiphol gira en torno a minimizar el tiempo de proceso de los equipajes en transferencia para asegurar que aquellos con tiempo corto entre vuelos (*hot transfer bags*) se gestionan de forma veloz y que aquellos con tiempo largo de conexión son almacenados temporalmente en un EBS (*Early Bag Storage*), hasta el comienzo de la formación del vuelo (carga en los carrillos o contenedores para su traslado desde el edificio terminal hasta la aeronave).

En el caso de Schiphol, la tecnología de transporte seleccionada fue mixta (cintas transportadoras para aquellos equipajes que no necesitaban transferencia entre terminales e ICS (*Independent Carrier System*), para aquellos que sí se transfieren entre terminales, dado que este sistema proporciona velocidades de transporte y precisión del seguimiento del equipaje superiores a las de la cinta transportadora. Por otro lado, para un aeropuerto como el de Kasteli en la isla de Creta (aeropuerto con un tráfico de origen/destino), el diseño se centra en minimizar el tiempo de transporte entre los mostradores de facturación y los hipódromos de formación de vuelos.

El diseño exitoso de un SATE y de todo el proceso de tratamiento de equipajes del que forma parte se orienta siempre hacia la comprensión de los intereses de los agentes involucrados. Por poner dos ejemplos interesantes, en el aeropuerto Rosalía de Castro-Santiago de Compostela, es preciso asegurar el transporte automatizado de bicicletas entre la facturación y el patio de carros, dado que es un medio de transporte utilizado por los peregrinos. A su vez, en el aeropuerto Costa del Sol-Málaga, es preciso asegurar el transporte de bolsas de palos de golf pues es una de las actividades que atrae visitantes a la zona.

En sus diseños de terminales aeroportuarios, Ineco, que cuenta con un equipo de expertos en SATE, considera toda la operación en su conjunto para asegurar que se cumplen las necesidades y expectativas de los actores implicados. La operación de tratamiento de equipajes en un aeropuerto es un ejemplo de cadena logística (*supply chain*), en el que distintas organizaciones son responsables de ciertas partes; un diseño eficiente de toda la cadena de transporte, y especialmente de los interfaces entre subsistemas, es necesario para asegurar que cada maleta será entregada a su propietario sin esperas innecesarias en destino.

Así, el diseño del SATE debe favorecer el transporte eficiente de los equipajes, minimizando los costes de capital y de explotación (operación y mantenimiento de la instalación). Además, debe asegurar que la instalación está disponible prácticamente el 100% del tiempo y que el equipaje es

transportado al hipódromo de formación correcto. Para que esto último sea posible, es necesaria una alta precisión en la identificación (mediante lectura de los datos de la etiqueta de cada maleta) y su seguimiento dentro de la instalación hasta su entrega final al hipódromo de formación.

Para las empresas de *handling* de rampa, encargadas de la carga de los equipajes en los carrillos y contenedores, su transporte hasta la aeronave y su carga en la bodega y viceversa, la lógica de funcionamiento del SATE debe acomodarse a los requisitos operativos de cada empresa concreta. Por ejemplo, una puede requerir que la formación de un vuelo empiece 120 minutos antes de la salida, mientras que para otra este tiempo puede ser de 150 minutos. Además, hay que asegurar un diseño ergonómico de las operaciones de carga y descarga de los equipajes.

Finalmente, el equipaje de bodega representa una parte relevante del negocio de las compañías aéreas debido al pago por maleta facturada (que llega a ser realmente importante en las aerolíneas que siguen un modelo *low-cost*). Un equipaje que no se entrega al pasajero en el aeropuerto de destino tiene un coste alto para la compañía aérea: por un lado, la operativa necesaria para la búsqueda y envío de las maletas al domicilio del viajero, que puede ser hasta 10 veces superior al de su transporte en condiciones normales y por otro, por la posible pérdida del pasajero como cliente para vuelos futuros.

La industria del tratamiento de equipajes es muy dinámica y en constante evolución para introducir nuevas tecnologías que ayuden a que sea entregado al pasajero en el aeropuerto de destino de la forma más eficiente en tiempo y coste y, además, con el menor impacto ambiental posible. Ineco ha sido y es testigo y partícipe de esta evolución mediante su trabajo en todas las fases de los proyectos SATE: planificación del proceso, diseño básico y de detalle de las instalaciones; desarrollo de pliegos de prescripciones técnicas y evaluación de ofertas; seguimiento y vigilancia de la construcción; puesta en marcha y transición operativa (ORAT, *Operational Readiness and Airport Transfer*), incluyendo el desarrollo de procedimientos operativos y de contingencia; y pruebas de explotación y seguimiento de la operación, mantenimiento y reingeniería de procesos.

En la actualidad, la industria sigue viviendo una revolución en cuanto a las tecnologías empleadas y los modelos de negocio, que la compañía introduce en sus diseños cuando es necesario, entre los que destacan:

► EL seguimiento obligatorio de los equipajes en al menos cuatro puntos

(*check-in*, carga en bodega de la aeronave, descarga en punto de transferencia y entrega a pasajero), de acuerdo con la resolución 753 de la IATA.

► La implantación paulatina de la identificación y seguimiento del equipaje mediante tecnología RFID (tal como ha indicado la IATA a sus miembros) y la identificación mediante OCR, ambas como apoyo a la identificación y seguimiento tradicional mediante lectura del código de barras de las etiquetas. Incluso hay empresas desarrollando modelos de identificación y seguimiento basados en visión computerizada e inteligencia artificial.

► La extensión del proceso de tratamiento de equipajes fuera del aeropuerto con la facturación y entrega final en el centro de las ciudades, de tal modo que el pasajero no necesita entregar ni recoger la maleta en el terminal.

► Introducción de modelos de autoservicio (*self-service*) tanto en la facturación de equipajes como en la entrega al pasajero en destino final.

► Uso de mensajes basados en XML entre el SATE y los sistemas DCS de las compañías aéreas, que aumentan la fiabilidad de las comunicaciones entre estos sistemas.

► Automatización de las labores de carga y descarga de equipajes, de tal modo que disminuya la posibilidad de lesión de los agentes de *handling* al realizar estas labores.

► Información en tiempo real a los pasajeros del estado de su equipaje mediante las aplicaciones de las compañías aéreas.

Entre las ideas incipientes que se están desarrollando en la industria y que Ineco está siguiendo para ser utilizadas en sus proyectos figuran el desacople entre el itinerario del pasajero y el del equipaje para un mejor uso del espacio en las bodegas de las aeronaves; la utilización de las redes de distribución de comercio electrónico en las ciudades para el transporte entre el domicilio del pasajero y el terminal aeroportuario y viceversa; y el posible proceso de equipajes de bodega en las terminales de carga aérea.

La compañía cuenta con un equipo de expertos en SATE y en el tratamiento de equipajes en aeropuertos con una amplia experiencia en proyectos de distintas escalas y requerimientos operacionales, en los que ha trabajado con diferentes tecnologías y modelos de negocio, que son capaces de diseñar el manejo más eficiente de los equipajes para cada aeropuerto, incluyendo el SATE.

Los nuevos sistemas de identificación y seguimiento de maletas, incluso con visión computerizada e inteligencia artificial, la automatización, y la extensión del proceso con la facturación y entrega en destino final, son ejemplos de la revolución que sigue viviendo la industria. ■

EL FUTURO DE LA
INDUSTRIA PASARÁ
POR NUEVOS
SISTEMAS DE
IDENTIFICACIÓN Y
SEGUIMIENTO DE
MALETAS, INCLUSO
CON VISIÓN
COMPUTERIZADA
E INTELIGENCIA
ARTIFICIAL

Cuidados para una larga vida

La longevidad de un puente, un viaducto o cualquier estructura depende de multitud de factores, como los materiales y técnicas constructivas, pero también, en gran medida, del mantenimiento. Ineco es una empresa pionera en España en inspección y monitorización de estructuras desde hace casi 30 años.

Leendert de Haan, ingeniero de caminos, experto en evaluación y patología estructural

Desde siempre, construir obra nueva ha resultado más llamativo que mantener y mejorar las estructuras existentes. Si bien los materiales de construcción actuales presentan una gran variedad y calidad, y son más sofisticados que los antiguos, curiosamente requieren más mantenimiento que, por ejemplo, las emblemáticas obras de piedra de los romanos.

Para poder definir un mantenimiento adecuado que alargue lo máximo posible la vida útil de una estructura, que empieza justo al terminar la obra, es necesario pasar por un proceso de estudio. En primer lugar, es primordial disponer de datos sobre el estado real de la estructura. Para tal fin, hace falta ir a campo, visitar la estructura objeto de estudio y realizar una inspección. En España hay guías e instrucciones que definen los diferentes tipos de inspecciones. Es el caso, por ejemplo, de la *Instrucción sobre las inspecciones técnicas en los puentes de ferrocarril*, la ITPF-05, que define tres tipos: la básica, la principal y la especial. Para otras clases de estructuras existen documentos similares.

VIADUCTO SOBRE EL RÍO MIÑO en el tramo Taboadela-Ourense de la LAV Madrid-Galicia, tomada con el dron de Ineco. La compañía cuenta desde 2016 con un dron propio y técnicos homologados por la AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea) para su manejo.



FOTOS: INFOGRAFIA 3D - PLANO, INECO

PROYECTOS DESTACADOS

Algunos de los proyectos más recientes son:

- **Tratamiento de elementos de la infraestructura (puentes, túneles y explanaciones) en el tramo Monforte-Ourense-Lugo.** Este tramo de casi 110 kilómetros de longitud se dividió en 10 proyectos multidisciplinares -incluyendo vía, catenaria, instalaciones, etc.- en los que han trabajado más de 200 personas desde 2018.
- **Refuerzo del viaducto sobre el río Miño en Ourense (AVE Madrid-Galicia).** Se llevó a cabo en 2018 y consistió en la definición de los refuerzos con materiales compuestos (fibra de carbono) del tablero. Se trata de un viaducto histórico de más de 400 metros de longitud, con tres arcos centrales de 60 metros, de un total de 14 vanos. Como paso previo a la definición de las actuaciones de rehabilitación y refuerzo, se realizó una inspección con el dron de Ineco.
- **Proyecto constructivo de rehabilitación del viaducto Martín Gil, de la línea Zamora-A Coruña:** Se trata de un viaducto singular, que durante un tiempo fue el arco más largo del mundo construido en hormigón, con una luz libre real de 192,4 metros en el vano central. También en este caso se realizó una inspección con dron, dotado tanto con una cámara convencional como con un sistema LIDAR.
- **Estudio de patologías del espaldón del dique de Levante del puerto de Málaga:** Se inspeccionó todo el espaldón, una estructura de hormigón armado de 1.200 metros de longitud, y se elaboró un estudio de corrosión. Para ello se contó con la colaboración del Instituto Eduardo Torroja del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas).

Estas inspecciones son visuales y la información a obtener sobre el estado funcional y resistente de la estructura depende, en gran medida, de las virtudes y capacidades del inspector. El enfoque centrado en obra nueva de las universidades genera una carencia de enseñanzas relacionadas con el comportamiento en el tiempo de las estructuras existentes, lo cual, combinado con otros factores, incrementa la complejidad de la evaluación.

Estos factores son, por ejemplo, la infinidad de tipologías estructurales, la gran variedad de tipos de materiales (hormigón, acero, mixtos, piedra, compuestos...) y un amplio abanico de patologías producidas por causas mecánicas, químicas o físicas. A estos factores se tiene que añadir que la mayoría de las estructuras no están pensadas para ser inspeccionadas: muchos elementos se encuentran ocultos o son de difícil acceso. Otro enemigo del inspector son las condiciones meteorológicas adversas, que pueden complicar mucho los trabajos al aire libre.

Ineco, que comenzó a realizar inspecciones de puentes ferroviarios en los años 90, es miembro, prácticamente desde su inicio en el año 2010, de la Asociación de Reparación, Refuerzo y Protección del Hormigón (ARPHO), y desde 2020, también de la Asociación Europea de Reparación, Refuerzo y Protección de la Construcción, (ACRP, por sus siglas en inglés).

En la actualidad, los especialistas en inspección de estructuras de Ineco prestan servicio tanto a clientes externos como, de modo transversal, a todas las áreas de la compañía -aeroportuaria, ferroviaria, carreteras- en el análisis de todo tipo de edificaciones: puentes, estaciones, terminales de aeropuertos, construcciones portuarias... Los trabajos suelen constar de dos fases: la primera, de inspección en campo, que a menudo incluye campañas de ensayos; y una segunda en gabinete, para la elaboración de informes de inspección y de proyectos de rehabilitación y refuerzo.

INVESTIGACIÓN EN PUENTES “INTELIGENTES”

El desarrollo tecnológico ha abierto nuevas posibilidades para la inspección de estructuras. Ineco, junto con las Universidades de Córdoba y Granada, forma parte del consorcio del proyecto *Smart Bridges*, que investigará durante los próximos tres años cómo mejorar el mantenimiento de los puentes ferroviarios utilizando tecnologías “inteligentes”. Se trata de uno de los proyectos seleccionados en la convocatoria impulsada por la Agencia Estatal de Investigación,

dependiente del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

A día de hoy, las metodologías para alargar la vida útil de los puentes a través de la monitorización de su salud estructural (SHM) todavía se encuentran en un estado incipiente. El proyecto profundizará en el desarrollo y aplicación de esas metodologías SHM, la utilización de sensores inteligentes, la autonomía energética del sistema de monitorización a largo plazo y el pronóstico estructural y

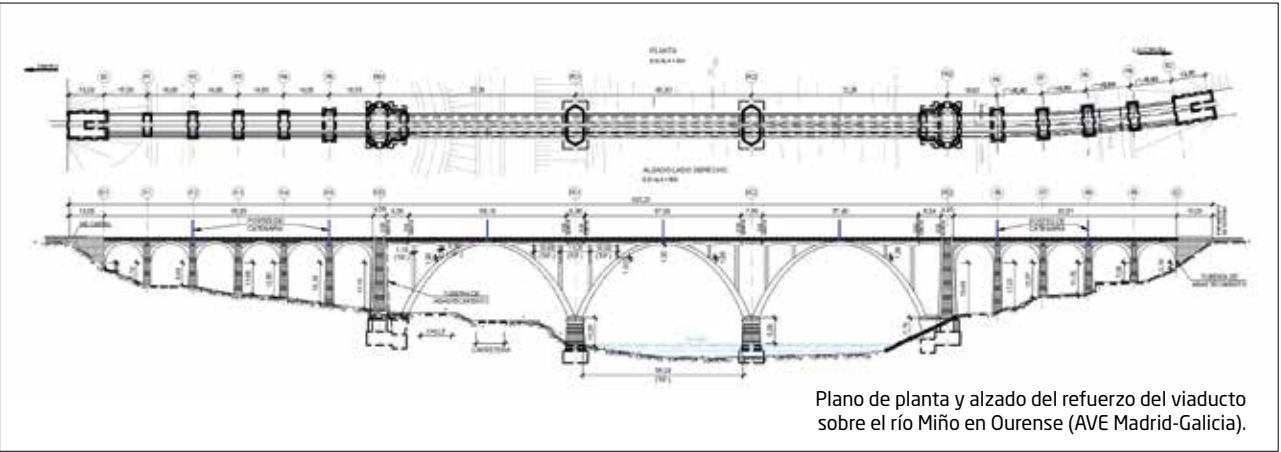
toma de decisiones de mantenimiento basados en datos.

Como casos de uso, se identificarán algunos puentes ferroviarios críticos de alta velocidad en España para comparar sus diseños originales con sus actuales escenarios de carga y desarrollar un sistema SHM. De este modo, se reforzarán los sistemas de seguridad de estas estructuras y, al mismo tiempo, se reducirán sus costes operativos y de mantenimiento.



Modelo 3D realizado con fotogrametría del viaducto Martín Gil.

EL VIADUCTO MARTÍN GIL, DE LA LÍNEA ZAMORA-A CORUÑA, FUE DURANTE UN TIEMPO EL DE ARCO MÁS LARGO DEL MUNDO CONSTRUIDO EN HORMIGÓN, CON UNA LUZ LIBRE REAL DE 192,4 METROS EN EL VANO CENTRAL



Plano de planta y alzado del refuerzo del viaducto sobre el río Miño en Ourense (AVE Madrid-Galicia).

La redacción del proyecto y la ejecución de las obras apenas son el inicio de la vida útil de las estructuras, si bien se trata de una fase muy importante en la que se establece la base para el buen funcionamiento y la durabilidad a largo plazo. No obstante, ninguna estructura tiene una vida eterna. Con una buena definición del proyecto, una ejecución con los materiales adecuados y un control estricto durante la obra, a su vez acompañado por un mantenimiento preventivo y correctivo durante toda su vida útil, es posible alcanzar edades de más de 100 años... aunque llegar a la longevidad de las obras de los romanos está por ver. ■



Espaldón del dique de Levante en el puerto de Málaga.

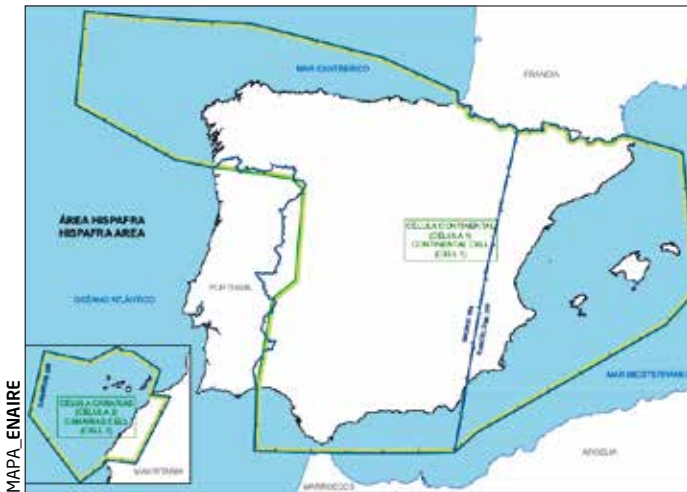


Viaducto Martín Gil.

HISPAFRA: libertad en el aire

Ineco participa en HISPAFRA, el proyecto de implantación en España del espacio aéreo *free route* o de encaminamiento libre. Se trata de un proyecto de Estado en el que intervienen la Dirección General de Aviación Civil, la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, el Ejército del Aire y ENAIRE, en colaboración con EUROCONTROL.

Pilar Calzón, Marta Gabaldón y Javier Luengo, ingenieros aeronáuticos



Área de aplicación del proyecto *free route* HISPAFRA en el espacio aéreo español.



Puntos de entrada y salida, y puntos intermedios al espacio aéreo *free route*.

HISPAFRA es el proyecto para la implementación en España del espacio aéreo de encaminamiento libre (*Free Route Airspace*, FRA por sus siglas en inglés), que en Europa promueve y coordina EUROCONTROL, de acuerdo con lo recogido en el reglamento de implementación de la Comisión (UE) 2021/116 de 1 de febrero de 2021. Es un proyecto de Estado en el que Ineco da soporte a la dirección de Operaciones de ENAIRE y participa en la coordinación entre todos los organismos implicados: la Dirección General de Aviación Civil,

la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, el Ejército del Aire y ENAIRE. Hasta ahora, las aerolíneas y usuarios del espacio aéreo disponían de una red de puntos y segmentos publicados en las cartas aeronáuticas para planificar sus planes de vuelo. Con el crecimiento del tráfico en Europa, con anterioridad a la COVID-19, esta red de segmentos y aerovías publicadas ha ido creciendo y aumentando su complejidad, con el fin de posibilitar la gestión del tráfico aéreo dentro de una capacidad sostenida en la red y sin detrimento de la seguridad.

El concepto *free route* es un concepto mediante el que los usuarios del espacio aéreo pueden formular planes de vuelo de acuerdo a los intereses de sus compañías, conectando libremente entre puntos de un determinado volumen de espacio aéreo, sin referencia a los encaminamientos actualmente publicados, pero sí según unas reglas de conectividad entre esos puntos. Es similar a lo que experimentan los conductores en un cruce con semáforos y en uno con glorieta: mientras que los semáforos pueden obligar a detenerse completamente, en



HISPAFRA ES EL PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN ESPAÑA DEL ESPACIO AÉREO DE ENCAMINAMIENTO LIBRE (*FREE ROUTE AIRSPACE*, FRA POR SUS SIGLAS EN INGLÉS), QUE EN EUROPA PROMUEVE Y COORDINA EUROCONTROL

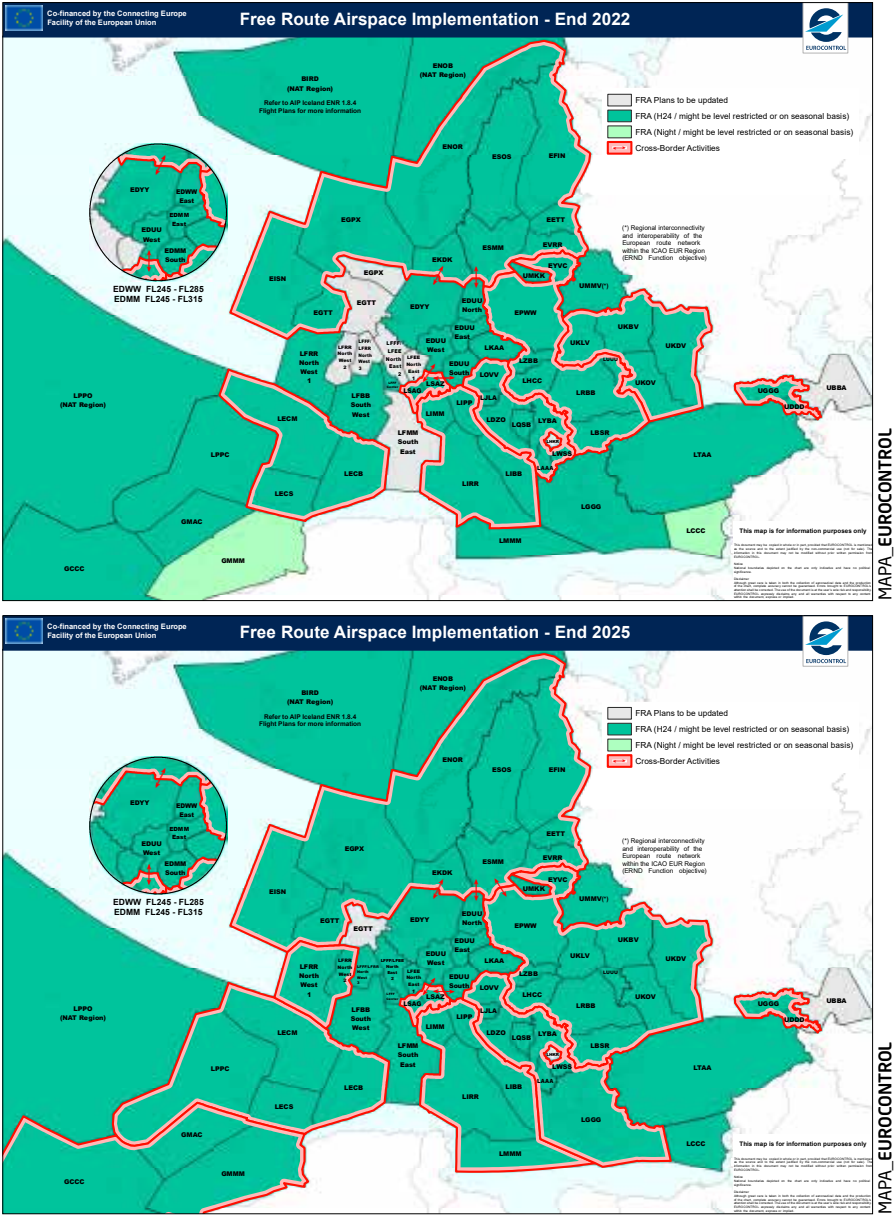
un cruce con glorieta el flujo puede ser más fluido y el usuario elige por dónde sale de acuerdo con unas reglas igualmente definidas. El concepto *free route* no implica la ausencia de reglas, pero sí posibilita una mayor dispersión del tráfico aéreo frente al espacio aéreo estructurado (reduciendo los “atascos” en el aire) y permite una mayor flexibilidad al usuario para decidir la mejor opción a la hora de planificar su vuelo entre los puntos de un espacio aéreo, por tanto, de preparar su plan de vuelo de forma más eficiente, fluida y sostenible medioambientalmente.

Paralelamente, cuanto mayor es la flexibilidad del espacio *free route* para planificar los planes de vuelo entre los puntos, mayores son la dispersión de las trayectorias de los aviones y la incertidumbre de dónde pueden ocurrir los conflictos que requieran actuaciones de separación para los controladores. Es por ello que, en espacios aéreos complejos, el concepto *free route* investigado por la solución SESAR (Single European Sky ATM Research, el programa de ‘cielo único’ europeo) recomienda que se apoye en puntos publicados, aunque no sea necesario publicar los encaminamientos, y se dote de herramientas avanzadas de detección de conflicto a los controladores, dado que la situación de estos ya no es tan predecible como en un espacio aéreo estructurado.

El concepto *free route* se aplica exclusivamente durante la fase de planificación del vuelo (i.e. cuando el avión aún no está volando); una vez que el plan de vuelo ha sido presentado y aprobado, la operación está sujeta a él y a la autorización ATC, que, como en la actualidad, seguirá garantizando la separación entre aeronaves.

FASES DE HISPAFRA

La implementación de HISPAFRA se ha dividido en diferentes fases, en cada una de las cuales se irán flexibilizando las restricciones e integrando nuevas funcionalidades en el sistema de control, manteniendo los niveles de capacidad y seguridad. La normativa europea establece que la fase inicial debe implementarse antes del 31 de diciembre de 2022, y la final, en diciembre de 2025 con una di-



MAPAS DE IMPLEMENTACIÓN *FREE ROUTE* 2022-2025. La normativa europea establece que la fase inicial debe implementarse antes del 31 de diciembre de 2022, y la final, en diciembre de 2025 con una dimensión transfronteriza al menos con un Estado. El concepto *free route* seguirá extendiéndose tras esa fecha, tomando más dimensiones transfronterizas entre los distintos Estados y permitiendo un cielo europeo más flexible y eficiente para la planificación de las aerolíneas.

EL CONCEPTO *FREE ROUTE* NO IMPLICA LA AUSENCIA DE REGLAS, PERO SÍ POSIBILITA UNA MAYOR DISPERSIÓN DEL TRÁFICO AÉREO FRENTE AL ESPACIO AÉREO ESTRUCTURADO REDUCIENDO LOS “ATASCOS” EN EL AIRE

mensión transfronteriza al menos con un Estado. El concepto *free route* seguirá extendiéndose tras esa fecha, tomando más dimensiones transfronterizas entre los distintos Estados y permitiendo un cielo europeo más flexible y eficiente para la planificación de las aerolíneas. Para la fase 1, se han definido en HISPAFRA dos células FRA: la continental (que comprende la Península y Baleares), y la célula canaria, que entrarán en vigor el 21 de abril de 2022. En esta primera fase, no se eliminan las trayectorias actuales publicadas, sino

FREE ROUTE: UN CIELO EUROPEO MÁS SOSTENIBLE

Las ventajas de establecer un espacio aéreo de encaminamiento libre son tanto medioambientales y económicas como operativas: según EUROCONTROL, la operativa *free route* en toda Europa supondrá una reducción del orden de 500.000 millas voladas, 3.000 toneladas de combustible y 10.000 toneladas de dióxido de carbono al día, lo que puede traducirse en un ahorro de 3 millones de euros/día. Además, se conseguirán otras mejoras como trayectorias más estables, dispersión espacial de conflictos y disminución de la carga de trabajo de los controladores, gracias a la flexibilidad de la red.

que se da la opción adicional de que los usuarios del espacio aéreo puedan planificar por esos mismos encaminamientos, pero ya con una formulación de planes *free route*. Se posibilita así la transición a un lenguaje *free route* para todos, sin cambios en la operativa de los controladores aéreos, con el fin de mantener los mismos niveles de capacidad y seguridad, y donde los usuarios pueden ir adaptando sus sistemas de forma progresiva con vistas a las siguientes etapas. Para las fases posteriores, en las que poco a poco se irá flexibilizando la conexión libre entre un mayor número de puntos, ENAIRE desarrolla y despliega nuevas funcionalidades en su sistema ATC (Control de Tránsito Aéreo). Estas funcionalidades permiten a los controladores conocer, con mayor antelación y precisión, si un determinado nivel de vuelo o ruta directa implica riesgos para el tráfico antes de autorizarlos: entre ellas, alertas de conflicto avanzadas (MTCD, Medium-Term Conflict Detection) y otras herramientas como TTM (Tactical Trajectory Manager).

PLANIFICACIÓN MÁS FLEXIBLE

Además, se ha iniciado la colaboración en el estudio para las siguientes fases de HISPAFRA que, manteniendo la opción para que las aerolíneas planifiquen en espacio estructurado o en *free route* y, sin cambios en el sistema ATC, espera flexibilizar la conexión entre algunos puntos FRA (dentro de un mismo centro de control, o entre centros de control diferentes) frente a los encaminamientos estructurados actuales, ampliando así las opciones de planificación progresivamente para los usuarios.



APOYO DE INECO

Desde 2019, la compañía presta apoyo a ENAIRE en la implementación de HISPAFRA con diferentes tareas:

- Procesos de publicación de la información FRA en AIP (Publicación de Información Aeronáutica), de acuerdo con las guías de implementación de EUROCONTROL ERNIP (*European Route Network Improvement Plan*) y en coordinación con todos los afectados por el cambio.
- Desarrollo, junto con la dirección de Operaciones de ENAIRE, de herramientas para la transformación automatizada –en esta primera fase, dado el
- gran volumen de datos de la estructura actual-, hacia la definición de los puntos HISPAFRA (en AIP España), y de las reglas que restringen o flexibilizan cómo conectarlos mediante directos en RAD (*Route Availability Document*).
- Apoyo a los cambios introducidos por los revisores y por lo detectado en las prevalizaciones realizadas en los sistemas de EUROCONTROL, previo a la entrada en vigor de HISPAFRA.
- Soporte al mantenimiento y actualizaciones del concepto operativo HISPAFRA, la asistencia y preparación de material de reuniones de coordinación tanto internas como externas.
- Soporte a la coordinación con los centros de control aéreos de los Estados fronterizos, para que la documentación operativa interna de control sea acorde con el concepto operativo de HISPAFRA.

A continuación, HISPAFRA irá introduciendo mayor flexibilidad en las opciones de planificación, con cambios en el sistema ATC para la detección de conflictos que posibiliten esa mayor flexibilidad de los usuarios en niveles de capacidad y seguridad admisibles. Finalmente, se introducirá la posibilidad de eliminar restricciones transfronterizas con, al menos, otro Estado (concepto *cross border* FRA), extendiendo la posibilidad de planificar para un usuario entre distintos Estados como si fueran espacios de un mismo Estado. Para esto

es necesario que los distintos sistemas de control de cada uno tengan funcionalidades de interoperabilidad adaptadas para el concepto *free route*. El espacio aéreo está cambiando, e Ineco está a la vanguardia de estos cambios con un equipo de expertos que participen en la definición de los nuevos puntos, del concepto, los requisitos del sistema de control, y las implicaciones que puede tener en los procedimientos que los controladores aplican para mantener la seguridad de los vuelos en un contexto de mayor densidad de tráfico. ■

Voluntad de servicio

Durante los últimos tres años, el programa de Ineco *IngenioSOS* ha desarrollado, de la mano de diferentes ONG acreditadas por la Fundación Lealtad, nueve proyectos en distintos países de Asia, África y América. La aportación desinteresada de 45 profesionales de la compañía de diferentes especialidades ha contribuido a mejorar directamente la vida de más de 44.000 personas.

África Jiménez, subdirectora de Relaciones Institucionales y RSC

1. GUATEMALA (2020)

Condiciones dignas de agua y saneamiento para niños y niñas indígenas en la Comunidad Las Rosas en El Quiché, (Educo).



2. EL SALVADOR (2021)

Reforma y mantenimiento del Centro Infantil de Desarrollo Mejicanos y adecuación de la vivienda contigua (Fundación Cinde).



3. HAITÍ (2019)

Mejora, saneamiento y acceso al agua en el Centro de Salud Comunitario de Moulin en Gros-Morne (Cesal).



4. CHAD (2021)

Promoción de espacios saludables de aprendizaje para niñas y niños en la región de Guéra (Entreculturas).



5. SUDÁN DEL SUR (2019)

Rehabilitación de la sala de maternidad y pediatría en el Hospital de Bor (Médicos del Mundo).



6. R. D. DEL CONGO (2021)

Energía solar para el Hospital General de Referencia de Kanzenze (República Democrática del Congo), (Fundación Recover).



7. KENIA (2020)

Diseño y puesta en marcha de un sistema de coordinación y seguimiento *online* del trabajo con clubes antiablación y escuelas (Fundación Kirira).



8. ETIOPÍA (2020)

Abastecimiento energético de la clínica materno infantil de Meki (Fundación Pablo Horstmann).



9. INDIA (2019)

Construcción de un centro comunitario en Rascola (ITWILLBE).





En el año 2000, se contabilizaron menos de 100 ejemplares de lince ibérico, con lo que la especie se consideraba prácticamente desaparecida, sin embargo, los últimos datos de mayo de 2021 arrojaban un balance de más de 1.100.

FOTO_KONRADS BILDERWERKSTATT (FLICKR)

Salvados del abismo

Los restos paleontológicos indican que hace millón y medio de años ya había lince en toda la Península Ibérica, aunque poco a poco fueron reduciendo su presencia a unas pocas zonas dispersas en Extremadura, sur de Portugal y Andalucía. El *Lynx pardinus* es una especie endémica característica del bosque mediterráneo y una de las cuatro que existen en el mundo, junto con el lince boreal o euroasiático (*Lynx lynx*), que se extiende por el norte de Europa y gran parte de Asia, el canadiense (*Lynx canadensis*, América del Norte) y el rojo (*Lynx rufus*, sur de Canadá, EEUU y norte de México). Todos ellos cuentan con la calificación de ‘menor preocupación’ por la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés). Excepto el lince ibérico, que desde los años 60 del pasado siglo y especialmente durante las décadas de los 80 y 90, experimentó una drástica disminución de una población que, a la vista de los escasos registros históricos, de por sí ya no era particularmente numerosa. Así lo dedujeron los primeros expertos que lla-

Hace 20 años apenas quedaban un centenar de ejemplares y hoy, gracias a los esfuerzos para su conservación, la población total en libertad de lince ibérico suma ya 1.100 individuos. Aunque aún no están libres del peligro de extinción, el crecimiento de su reducida población, junto con la del quebrantahuesos, el águila imperial, el oso pardo cantábrico y el lobo ibérico, supone un esperanzador resultado de los esfuerzos de conservación de la fauna ibérica.

ITRANSPORTE

maron la atención sobre la situación de la especie, declarada en 1986 “en peligro crítico de extinción”. A comienzos de los años 2000 se contabilizaron menos de 100 individuos, con lo que la especie se consideraba prácticamente desaparecida. Sin embargo, el Gobierno central y las Administraciones regionales españolas, junto con el Gobierno portugués y diversas entidades públicas y privadas, instituciones y ONG lograron reaccionar y aunar esfuerzos. En 1999, se aprobó la Estrategia Nacional del Lince Ibérico, basada en crear centros de cría ex situ (en cautividad) para obtener ejemplares que se pudieran liberar posteriormente. En 1992, se abrió el primer centro, El Acebuche, ubicado en el Parque Nacional de Doñana. Actualmente, existen cinco: tres en Andalucía (El Acebuche, La Olivilla, en Jaén y el Zoobotánico, en Jerez de la Frontera), uno en Extremadura (Zarza de Granadilla, en Cáceres) y otro en Portugal (Centro de Silves). Paralelamente, se promovieron acciones para proteger y recuperar el bosque mediterráneo y las poblaciones de conejo. Este roedor, objeto actualmente de otro

ESPERANZA PARA LA FAUNA IBÉRICA

España, que cuenta con más de 85.000 especies de animales, plantas y hongos, en los últimos 25 años ha logrado salvar de la extinción -si bien conservan su estado de vulnerabilidad- a las llamadas “cinco grandes” de su fauna endémica: además del lince ibérico, el oso pardo, rapaces como el águila imperial ibérica y el quebrantahuesos, y el lobo ibérico.

► El del **quebrantahuesos** (*Gypaetus barbatus*) es un caso similar al del lince: hace 25 años solo quedaban unas 30 parejas reproductoras de esta enorme ave carroñera de más de tres metros de envergadura. Hoy, su población supera el millar de ejemplares y se encuentran sobre todo en el sur del Pirineo, Sierra de Moncayo (Aragón), al menos cinco parejas en la Sierra de Cazorla, en Jaén (Andalucía), y han sido reintroducidos en los Picos de Europa. En 2022, se prevé hacerlo en la Sierra de Gredos (Ávila).

► El **águila imperial ibérica** (*Aquila adalberti*), especie catalogada como en peligro de extinción, es una de las rapaces más amenazadas del planeta. A finales de los años 70, su población era inferior a 50 parejas reproductoras. Sin embargo, en la actualidad superan las 600.

► Otro caso de éxito es el **oso pardo cantábrico** (*Ursus arctos pyrenaicus*), del que hace dos décadas llegaron a contabilizarse apenas 50 individuos en libertad. Actualmente, suman unos 330 ejemplares, la mayoría en la zona occidental de Asturias, unos 30 en el norte de León, Palencia y sur de Cantabria, y otros tantos en el Pirineo oscense y catalán.

► En cuanto al **lobo ibérico** (*Canis lupus signatus*), se calcula que existen unas 300 manadas compuestas de entre 2.000 y 2.500 individuos. Prácticamente extinguido en el sur de España, el 95% de su población se concentra en Asturias, Cantabria, Galicia y Castilla y León, donde se ha recuperado desde los años 90 y se expande al norte del río Duero. Al compartir sus territorios con actividades humanas como la ganadería, su conservación es controvertida, y requiere tanto de medidas de protección -a principios de 2021 el Gobierno lo incluyó en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial, lo que en la práctica supone la prohibición de su caza-, como de apoyo a los sectores afectados: solo en 2020 se perdieron unas 2.600 cabezas de ganado por ataques de lobo. Las organizaciones conservacionistas como WWF abogan por la coexistencia y proponen medidas compensatorias y preventivas como pagos rápidos a los ganaderos en caso de ataques, uso de vallados electrificados y perros mastines, recuperación de la figura del pastor o el fomento de la ganadería extensiva, entre otras.

programa de recuperación (LIFE Iberconejo), es fundamental no solo para la alimentación del lince sino también para la de otras 40 especies, entre ellas el águila imperial ibérica, también amenazada.

A los desafíos organizativos se unían los científicos, derivados de afrontar la conservación de una población tan reducida y, por tanto, muy pobre genéticamente. El programa europeo LIFE aportó más de la mitad de los fondos de los sucesivos proyectos que, dos décadas después, lograron obrar el milagro.

El programa ex situ ha logrado que actualmente haya 12 poblaciones de lince en tres comunidades autónomas: Andalucía, Castilla La Mancha y Extremadura, más otras dos en Portugal. En 2020, se superó la cifra simbólica de 1.000 individuos, con un récord histórico de nacimientos, y los últimos datos de mayo

de 2021 arrojaban un balance de más de 1.100 ejemplares.

El siguiente objetivo, recogido en el proyecto LynxConnect, aprobado por la Comisión Europea y que se extenderá hasta 2024, es interconectar estos núcleos de manera segura, luchando contra el furtivismo, la caza ilegal y la lacra de los atropellos, que se ha cobrado la vida de, al menos, 150 de estos valiosos ejemplares desde 2002. Facilitar la movilidad natural de los lince permitirá unificar la población y aumentar la diversidad genética, fundamental para salvar la especie. Los expertos del Grupo de Trabajo del Lince calcularon en 2019 que esto solo será posible -y aun así seguirá siendo vulnerable-, si en 2040 se logra triplicar la población actual, hasta una cifra de entre 3.000 y 3.500 ejemplares, de los que unos 750 deberán ser hembras reproductoras. ■



FOTO_F. QUEBRANTAHUESOS



FOTO_CAM



FOTO_NEUSITAS (WIKIPEDIA)



FOTO_SUSO MARTÍN (CENTRO DEL LOBO IBÉRICO)



FOTO_FRANK VASSEN (FLICKR)

RETRATO DE UN TESORO NATURAL

El lince ibérico es el más pequeño de las cuatro especies de lince, con un peso de unos 14 kilos. Es un animal solitario y de hábitos crepusculares. Se caracteriza por los “pinceles” de las orejas y las barbas, así como por su pelaje moteado, único en cada individuo. Desde el punto de vista ecológico, su papel de superdepredador en lo más alto de la cadena alimentaria lo convierte en una “especie paraguas”, ya que controla la abundancia de otros depredadores menores y disminuye la presión sobre la principal presa base, el conejo de monte, que también constituye el alimento base de otras especies como el águila imperial. Ha pasado de ser un animal prácticamente desconocido a convertirse en un símbolo nacional de conservación, un atractivo para el turismo rural y un caso de éxito internacional reconocido por la IUCN que ha despertado el interés de los programas de conservación de otros felinos amenazados, como el leopardo de las nieves (India, Mongolia) o la pantera de Florida (EEUU).

Por un diseño más inclusivo

El equipo de Arquitectura con Perspectiva de Género de Ineco está formado por técnicos que, además de la redacción de proyectos, acometen la tarea de homogeneizar los criterios de diseño desde la perspectiva de género, centralizando el conocimiento y trasladando esta información para que se garantice la igualdad de oportunidades.



Los integrantes del equipo de Arquitectura con Perspectiva de Género se encarga de incorporar al diseño de las infraestructuras del transporte conceptos y visiones que atiendan a todas las necesidades sociales. En la imagen, Pablo Galán, Aixa Márquez, Antonio Sancho y Raquel Alonso.

FOTO: ELVIRA VILA (INECO)

“Nuestro objetivo final es que el 100% de las infraestructuras sean accesibles al 100% de los usuarios”

ANTONIO SANCHO,
gerente de proyectos de Edificación

La arquitectura y el urbanismo con perspectiva de género pretenden construir espacios inclusivos e igualitarios, teniendo en cuenta la diversidad de las personas que ocupan el espacio público y poniendo el foco en las tareas o necesidades tradicionalmente ligadas a las mujeres. Ambas disciplinas se conciben como un servicio para la sociedad. Se busca, por tanto, que las necesidades de los diferentes grupos so-

ciales se tengan en cuenta a la hora de planificar el espacio urbano, la vivienda y la calidad ambiental. Ineco, que integra estos objetivos en la responsabilidad social de la empresa, ha promovido el desarrollo de un equipo de especialistas para aplicar los conceptos de la arquitectura de género en los proyectos que lo requieran, además de integrar los conocimientos y promover la colaboración con otras disciplinas. ■

PRINCIPIOS BÁSICOS

- 1 ORIENTACIÓN.** SABER DÓNDE SE ESTÁ Y CÓMO LLEGAR A DONDE SE QUIERE IR.
- 2 VISIBILIDAD.** ESPACIOS DIÁFANOS, SIN RECOVECOS NI ESCONDRIJOS, QUE NOS PERMITAN TANTO VER COMO SER VISTOS.
- 3 VITALIDAD.** LA PROPIA MEZCLA DE USOS DENTRO DE UN ESPACIO PERMITE QUE ESTÉ PERMANENTEMENTE HABITADO, LO QUE SIGNIFICA QUE ESTARÁ PERMANENTEMENTE ‘VIGILADO’.
- 4 VIGILANCIA.** LA SEGURIDAD FORMAL.
- 5 MANTENIMIENTO.** LOS ESPACIOS, LAS INSTALACIONES, HAN DE ESTAR CORRECTAMENTE CONSERVADOS Y MANTENIDOS.

consumo eléctrico

100% con garantía de origen
renovable
en toda nuestra red de aeropuertos



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA



COMPRANDO CON ANTELACIÓN,
NO TE HARÁS MÁS RICO.
PERO CON LO QUE TE AHORRAS,
CENAS ALGO RICO.



Compra tus billetes con antelación
y consigue un mejor precio.

renfe



UNIVERSO
MUJER
BALONCESTO

Asegúrate cambios y anulaciones por un poco más. Consulta condiciones en [renfe.com](https://www.renfe.com)