

**Revista
de la ingeniería
y consultoría
del transporte**



33

Ingeniería de vanguardia en Málaga

Soterramiento del ferrocarril portuario

El sueño de Ícaro

Gestión del tráfico aéreo

+ A FONDO / A PIE DE OBRA / ENTREVISTA

AGENDA

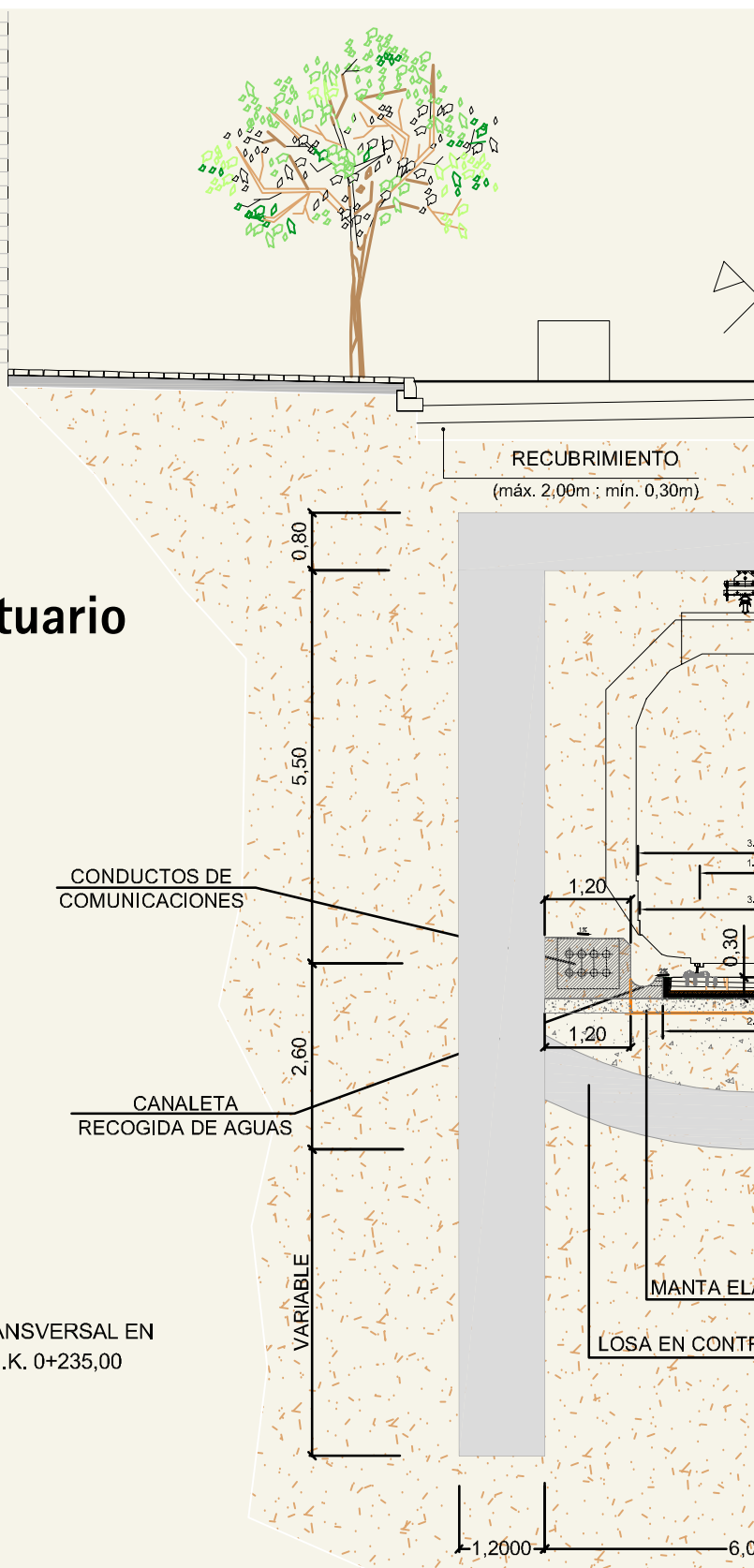
VIAJES

Hoteles efímeros
y eointegrados

LIBROS

Los caminos del arte

SECCIÓN TRANSVERSAL EN
TÚNEL POR P.K. 0+235,00



Casi siempre creemos que la ingeniería es...



pero la ingeniería también es...



Conducción de agua para abastecimiento de población rural (Tanzania). Foto: Elena Padial / ISF.

Instalación de una placa solar en un centro de salud (Alto Amazonas, Perú). Foto: EHAS / ISF.

Formación en Informática a agentes de desarrollo (Benín). Foto: Javier Simó / ISF.

cuando la tecnología se pone al servicio del desarrollo humano

SUMARIO



NOTICIAS	04
EN PORTADA	06
Ingeniería de vanguardia al servicio de la ciudad Soterramiento del ferrocarril portuario de Málaga	
A FONDO	12
En pista para el despegue Proyecto de innovación 2009 seleccionado por el Comité de Innovación de INECO TIFSA	
A PIE DE OBRA	16
Nuevo TACC para Valencia INECO TIFSA firma el proyecto y dirige las obras	
INNOVACIÓN	18
El asesor virtual Solución de incidencias ferroviarias	
GESTIÓN	22
El sueño de Ícaro Del teletipo a la automatización del Sistema de Información Aeronáutica, Meteorológica y de Comunicaciones	
ENTREVISTA	26
Arturo Benito y Oscar Díaz Ganadores del I Premio INECO TIFSA al mejor artículo aeronáutico 2009	
AGENDA	30
– Hoteles efímeros y eointegrados – Cuatro 'Pritzker'... y mucho más	
LIBROS	34
Los caminos del arte	

Edita INECO TIFSA

Directora: BÁRBARA JIMÉNEZ-ALFARO
barbara.jimenez@ineco.es

Redacción: LIDIA AMIGO lidia.amigo@ineco.es
ADRIÁN LÓPEZ adrian.lopez@ineco.es
Tel. 91 452 12 56

Comité de redacción: ANTONIO CABALLERO, LOURDES GONZÁLEZ, ENRIQUE LÓPEZ DEL HIERRO, JUAN MASANA, MARÍA EUGENIA ORTIZ, JOSÉ LUIS PARDO DE SANTAYANA, JOSÉ MIGUEL DEL POZO, ÁNGEL VILLA

Realización: BrikoTaller Editorial, S.L.
c/ Bausa, 8 – Portal 2, 3º N / 28033 Madrid
Tel. 619 50 68 74

Imprime: RIVADENEYRA

Depósito Legal M-26791-2007

www.ineco.es



16 Comienza la construcción de un nuevo Centro de Control de Área Terminal.



18 Crece la demanda de herramientas de apoyo a la decisión en la operativa diaria.

ENTREVISTA



26 Oscar Díaz y Arturo Benito.

EN PORTADA La Agrupación termina para Adif un proyecto ferroviario que transformará la fisonomía urbana de Málaga y permitirá recuperar el tráfico portuario de mercancías **A FONDO** INECO TIFSA desarrolla un programa de simulación pionero, capaz de analizar el riesgo de las operaciones en pista en un entorno aeroportuario **GESTIÓN** ICARO es una herramienta fundamental para la gestión del tráfico aéreo en nuestro país. La Agrupación participa en la implantación en los aeropuertos españoles de la nueva versión de este sistema **ENTREVISTA** Los ganadores del I Premio INECO TIFSA al mejor artículo aeronáutico 2009 aseguran que el actual sistema de asignación de 'slots' no resuelve el problema de la congestión



EN LA LÍNEA CONVENCIONAL ZAFRA–HUELVA

Fase final de la renovación de vía entre Fregenal y Jabugo

El tramo, de 39,8 km, forma parte de la línea convencional de media distancia Zafra–Huelva, que Adif empezó a renovar en 2009. La última fase actuaciones, en las que la Agrupación tiene a su cargo la dirección, asistencia técnica y control y vigilancia de las obras –de las que también redactó el proyecto constructivo– incluyen el saneamiento de la infraestructura (tratamientos, desmontes y túneles), sustitución del balasto, sujeciones, carril y traviesas, adecuación de los sistemas de drenaje, renovación de elementos de superestructura y mejoras de 18 pasos a nivel y en las estaciones de Fregenal de la Sierra y Cumbres Mayores. La línea, de 185 km, se construyó en 1889. ■



LA LÍNEA ADAPTADA PODRÁ ALCANZAR LOS 250 KM/H
La Agrupación en la Alta Velocidad turca

INECO firmó en junio el contrato con la compañía de ferrocarriles turcos TCCD (Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryollari) para la supervisión de las obras de mejora del tramo Köseköy–İnönü de la línea Estambul–Ankara. El objetivo de Turquía es adaptar esta antigua línea convencional para velocidades de hasta 250 km/h, y enlazarla con el futuro túnel bajo el Bósforo. En el proyecto, financiado con fondos del BEI, han participado, entre otras, las españolas OHL (que construyó el primer tramo inaugurado en 2009, en la imagen) y CAF, que en 2005 ganó el contrato para el suministro de trenes.

XI CONFERENCIA DE LA UIC
El tren, el medio de transporte más sostenible

Las ventajas competitivas del ferrocarril frente a otros medios de transporte fueron analizadas en el XI Congreso de Sostenibilidad, organizado en Madrid por la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) con la colaboración de Renfe. La secretaria de Estado de Transportes, Concepción Gutiérrez, estuvo presente en la inauguración, junto al presidente de Renfe, Teófilo Serrano (ambos en la imagen). ■

LA AGRUPACIÓN DIRIGE LAS OBRAS DE DOS TRAMOS

En marcha la nueva línea de Cercanías Sevilla–Aljarafe

La red sevillana crecerá en 32 km con la nueva C5, que unirá la capital andaluza con el Aljarafe norte y dará servicio a una población de 77.000 personas. INECO TIFSA se encarga de la dirección de obra de los tramos central y final, que empezaron a ejecutarse a finales de junio. La C5 conectará nueve municipios y supondrá la modificación de la infraestructura actual de la línea Sevilla–Huelva. ■

CERTIFICADO DE AESA
INECO se convierte en proveedor de AFIS

INECO ha recibido el certificado de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) que le habilita formalmente como proveedor de servicios de navegación aérea para prestar Servicios de Información de Vuelo de Aeródromo (AFIS). INECO es la primera que consigue este certificado en España y la única en la actualidad en disposición de iniciar la prestación de estos servicios. El certificado tiene, además, validez en toda la UE. ■

SÃO PAULO ESTRENA METRO SIN CONDUCTOR

Es la primera línea de metro sin conductor de Latinoamérica. La gran ciudad de São Paulo estrenó en mayo este servicio en un tramo de 3,6 km de la Línea 4, que cubrirá un total de 12,8 km con 11 estaciones. Se espera que el proyecto, fruto de un acuerdo entre ViaQuatro, la responsable de la operación y mantenimiento de la



línea, y Siemens Mobility, atiende a 900.000 pasajeros/día cuando esté operativa toda la línea, en 2014. En la imagen, el puesto de mando desde donde se regula el tráfico.



UN TRABAJO FRUTO DEL ACUERDO CON BANOBRAS
INECO realizará un estudio en tres autopistas mexicanas

El trabajo que realizará la Agrupación consiste en un estudio de mejora de la señalización en autopistas operadas por el organismo estatal mexicano CAPUFE (Camino y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos). Las autopistas objeto del estudio son los ejes I (México–Veracruz), II (México–Irapuato) y III (México–Acapulco). El proyecto es fruto del acuerdo de colaboración firmado el pasado abril con Banobras (el Banco Nacional de Obras

y Servicios Públicos del país), a través del cual su Gobierno ha previsto para los próximos años un ambicioso programa de mejora de las infraestructuras de transporte, con más de un centenar de actuaciones por valor de 35.000 millones de euros. Las carreteras constituyen la espina dorsal del sistema nacional de transporte: mueven el 98% de los viajeros y el 53% de las mercancías del país, a través de una red que suma casi 357.000 km.

PROYECTO DE INECO TIFSA
Más espacio para Palma de Mallorca

Finaliza un ambicioso proyecto que viene a dar respuesta a la gran demanda de interconexiones de vuelos que se localizan en el aeropuerto de Palma, donde se concentran las mayores puntas de tráfico de la red de Aena. Con los trabajos de ampliación en el módulo C, el número de puertas de embarque pasa de 20 a 33 y se reducen tanto la distancia desde el control de seguridad como los tiempos de escala. El proyecto, realizado por INECO TIFSA (ver número 4 de itransporte), con la colaboración del arquitecto Pere Nicolau, plantea salas diáfanas. Las zonas comerciales de los nuevos espacios, cuyas obras comenzaron en abril y está previsto que finalicen en 2011, también se han proyectado desde la Agrupación, al igual que el módulo B. ■



José Blanco, ministro de Fomento, inauguró el 1 de julio el nuevo helipuerto de Algeciras, junto con Juan Lema, presidente de Aena. INECO TIFSA redactó el proyecto y dirigió las obras de la infraestructura, que conecta con Ceuta en apenas 10 minutos.

Soterramiento del ferrocarril portuario de Málaga

Ingeniería de vanguardia al servicio de la ciudad

INECO TIFSA ha terminado para Adif un proyecto ferroviario que prevé las más avanzadas soluciones técnicas para transformar la fisonomía urbana y recuperar el tráfico portuario de mercancías. Soterrar las vías del ramal ferroviario que lleva hasta el puerto malagueño permitirá suprimir cuatro pasos a nivel.

Redacción **itransporte**, con la colaboración de **Pedro Benito** (Proyectos Ferroviarios, Obras y Mantenimiento).

Construido a finales del siglo XIX, en plena efervescencia del desarrollo industrial de la ciudad, el ramal de mercancías que conecta el puerto de Málaga con el resto de la red ferroviaria se ha convertido, con el paso del tiempo, en una auténtica barrera que desgarró el casco urbano. INECO TIFSA ha finalizado la redacción del proyecto constructivo encargado por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif) para soterrar la línea y eliminar así los cuatro pasos a nivel que atraviesan otras tantas arterias urbanas, dos de ellas muy transitadas: Héroe de Sostoa, Ayala, López Pinto y Paseo de Antonio Machado.

Se trata de un pasillo ferroviario de algo más de un kilómetro de longitud, en vía única, que discurre en superficie desde la transitada estación de María Zambrano hasta el corazón del puerto malagueño, donde entra tras cruzar el río Guadalmedina sobre un pequeño puente metálico. El proyecto redactado por la Agrupación prevé la ejecución de las obras de soterramiento sin interrumpir el tráfico ferroviario de mercancías, para lo que se dispondrán tres desvíos provisionales.

Desde un punto de vista técnico, el equipo de INECO TIFSA ha tenido que aplicar solucio-

nes de ingeniería especialmente innovadoras para afrontar los requerimientos del proyecto: un eje subterráneo en plena ciudad, para tráfico ferroviario pesado, que permita optimizar su futura explotación y, al mismo tiempo, reduzca al mínimo las afecciones ambientales al entorno –el ruido, principalmente–, y que debe construirse a nivel del mar, junto a un río y, por tanto, con el nivel freático muy cerca de la superficie.

A todo lo anteriormente descrito se añade el hecho de que el trazado soterrado debe atravesar un tupido entramado de cableado subterráneo y canalizaciones que dan servicio a la

IMPOSIBLE ELECTRIFICAR

Otro aspecto destacable del proyecto es la imposibilidad de instalar una vía electrificada en el tramo final del trazado, en el cruce con el acceso al puerto –por incompatibilidad con el paso de tráfico rodado, camiones u otros vehículos–. Por ello se proyecta un culatón de 97 m de longitud –una vía muerta para maniobras–, justo antes del inicio de la rampa de salida, que permite apartar la locomotora eléctrica y continuar con una locomotora diésel. Por último, cabe destacar otro elemento singular: el pequeño puente metálico que cruza el río Guadalmedina, que será restaurado (ver página 11).

red de suministros: saneamientos, electricidad, gas, telefonía, fibra óptica o equipamientos urbanos (semáforos), además de los propios viales en superficie.

Diferentes tipos de muros pantalla

Todos estos condicionantes se han tenido en cuenta en el proyecto y, de esta manera, para los casi 700 m que discurrirán en túnel, se ha optado por el uso de diferentes tipos de muros pantalla, que alcanzan hasta 27 m de altura por 1,20 m de grosor, y una losa superior de entre 80 y 120 cm, capaces de ofrecer la resistencia necesaria, mientras que para reducir la emisión acústica y las vibraciones –algo especialmente importante por la proximidad de viviendas– se prevé la instalación de dos tipos de vía en placa, dotadas con elementos elásticos. Para ello se ha realizado un estudio acústico y de vibraciones previo. (Sobre la relevancia y el ahorro de coste de este tipo de estudios, consultar el número 28 de **itransporte**).

Los inconvenientes de mantener en superficie el ramal, que por otra parte constituye una conexión ferroportuaria con gran potencial de futuro para el tráfico de mercancías, quedan reflejados en el documento de consulta ambiental del proyecto emitido por el Ministerio



NUEVOS ESPACIOS URBANOS

En esta imagen aérea se aprecia cómo el trazado del ramal portuario atraviesa el casco urbano de Málaga, creando cuatro pasos a nivel que con el soterramiento desaparecerán. Además de conseguir un tráfico de vehículos y peatones más seguro y fluido en estos puntos, se liberará suelo para dedicarlo a nuevos usos.



Supresión de pasos a nivel

Al soterrar la mayor parte del ramal de mercancías desaparecerán los cuatro pasos a nivel existentes en las calles Héroe de Sostoa, Ayala, López Pinto y Paseo de Antonio Machado, lo que abrirá nuevos espacios urbanos e incrementará la seguridad vial. En la recreación en 3D sobre estas líneas se puede ver cómo podría quedar el espacio en superficie en uno de estos puntos. Además de vehículos y peatones, también se beneficiarían del soterramiento los habitantes de las viviendas entre las que está encajonado el trazado, algunas a apenas 20 m de las vías, como se recoge en el estudio ambiental del proyecto.

de Medio Ambiente en marzo de 2009, tales como “problemas de explotación” de la línea e “interferencias con el tráfico rodado y peatonal, efecto barrera, impactos estéticos y acústicos y problemas de seguridad vial”.

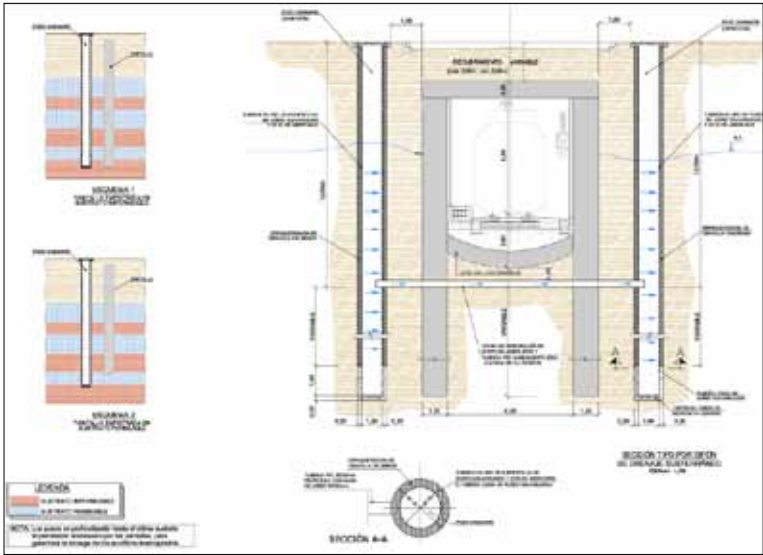
Todos estos efectos negativos también están recogidos en el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Málaga, que destaca la “funcionalidad importante” del ramal, a la vez que provoca “graves problemas urbanísticos en la ciudad, ya que atraviesa con pasos a nivel seis calles, de las que dos –Héroe de Sostoa y Paseo de Antonio Machado– constituyen parte de la red viaria básica”. La Autoridad Portuaria malagueña subraya, por su parte, que las limitaciones funcionales del actual trazado restringen el futuro desarrollo del “transporte ferroviario de contenedores y vehículos nuevos”, que podría acabar siendo “inviabile”.

Se soterrará el 61% del trazado

Todo ello quedará paliado con el soterramiento del 61% del trazado –que salvo alguna modificación se mantiene con respecto al original en superficie– y que, además, según el documento ambiental, ofrece la ventaja de que “la salida del túnel se realiza en rampa entre pantallas, por lo que el impacto acústico se reduce notablemente”, especialmente para los edificios de viviendas, que se sitúan en toda su longitud a excepción de su tramo final, ya a la entrada del puerto.

El documento señala también como efectos positivos la mejora de la “permeabilidad” de la circulación urbana, así como de la fluidez del tráfico, tanto de vehículos como ferroviario, y la mejora de la seguridad vial al suprimir los pasos a nivel existentes. Señala, por último, que el soterramiento permitirá la liberación de suelo urbano “para nuevos usos que determinará el Ayuntamiento de Málaga”. ■

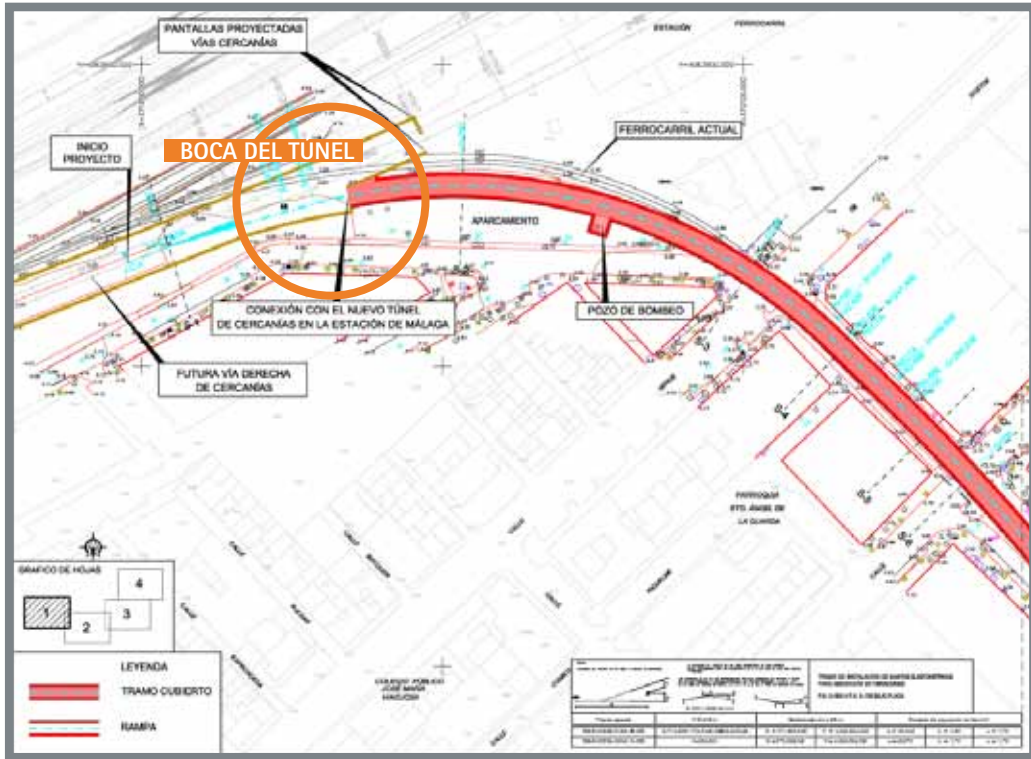
Aspectos más destacados → del proyecto



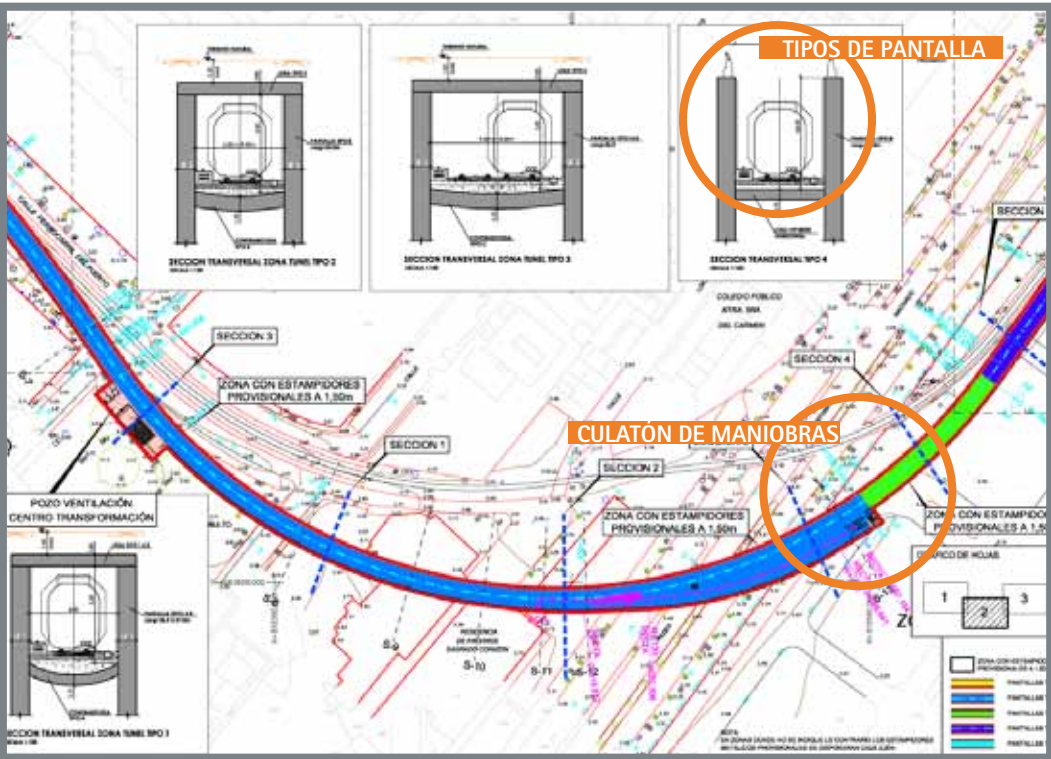
EL DRENAJE, UN PUNTO CLAVE (PRINCIPALES ELEMENTOS)

- CUNETETA PREFABRICADA de hormigón, con la misma pendiente del trazado del soterramiento, para recogida de las aguas de escorrentía superficial procedente de la rampa de entrada al túnel, de las rejillas de ventilación y de las filtraciones procedentes del recinto de pantallas.
- ARQUETAS de hormigón y dos colectores en la entrada del túnel para recoger el agua de lluvia.
- COLECTOR para llevar las aguas hasta el pozo de bombeo.
- POZO DE BOMBEO.
- SIFONES DE DRENAJE. Para corregir el efecto barrera producido por el tramo entre pantallas y restituir el flujo subterráneo que, de forma natural, pasa de un lado al otro de las obras, se ha previsto la ejecución de 22 sifones, separados unos 30 m entre sí. Están constituidos por un pozo de admisión que recoge el flujo subterráneo

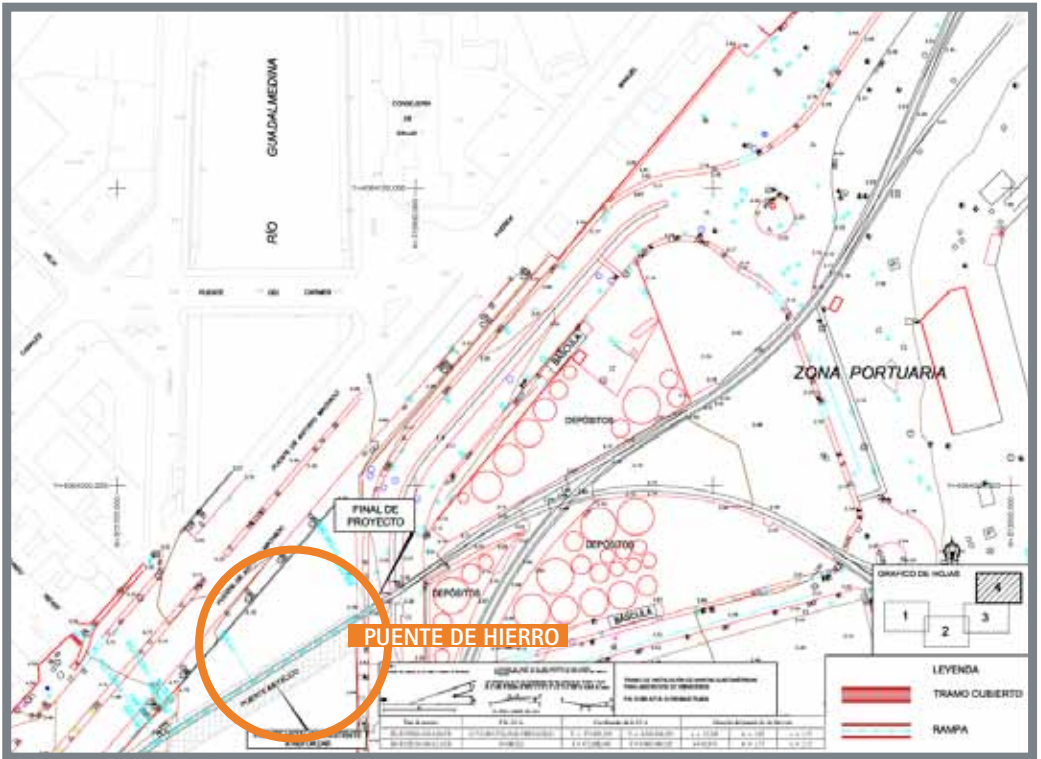
aguas arriba de la barrera, un pozo de inyección que introduce el agua en el acuífero aguas abajo y una conducción que transfiere el agua de un pozo a otro. Durante las obras se realizará un seguimiento piezométrico para detectar cualquier variación en el acuífero. Además, las uniones de las piezas de la vía en placa VPA/A están diseñadas para evacuar el agua hacia las cunetas.



Planta del tramo inicial del trazado.



Segundo tramo del trazado.



Tramo final y entrada al puerto.

INECO TIFSA ha desarrollado las propuestas técnicas más adecuadas para un proyecto complejo: un túnel en plena ciudad y junto a un río.

Un terreno entre ríos

El estudio previo ha revelado que la obra se sitúa sobre un acuífero constituido principalmente por gravas, arenas, arcillas y limos, entre los cauces de dos ríos, el Guadalhorce y el Guadalmedina, que lo alimentan, y que determinan que el flujo de las aguas subterráneas discurra en dirección al mar. Para evitar que el túnel proyectado divida en dos el acuífero, así como su posible

contaminación, se ha previsto la instalación de un sistema de sifones que permita el paso del agua, así como otras medidas preventivas y correctoras. La presencia del agua subterránea, alimentada también por la escorrentía superficial y la presencia en las proximidades de cultivos de regadío, determina que el elevado nivel freático –situado a sólo entre dos y tres metros y medio de la superficie– haga necesario prever las implicaciones constructivas, tanto durante la fase de obras como en la posterior de explotación, en lo que se refiere a drenaje, evacuación, efectos de empuje, etc., así como el empleo de hormigón resistente a los sulfatos

presentes en el agua. A esto se añade que todo el área de la ciudad de Málaga presenta un potencial riesgo sísmico, por lo que la construcción debe seguir la normativa sismorresistente.

Muros de un metro de espesor

Las características del terreno han determinado tanto la técnica y el tipo de maquinaria que deben emplearse para la excavación –hidrofresadoras para las zonas más duras y trépano o cuchara bivalva para las más blandas–, como el diseño de los muros pantalla y la losa superior, que han de ser lo suficientemente gruesos como para

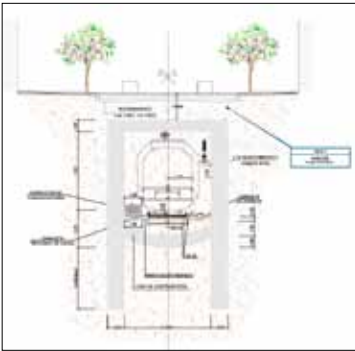
resistir los empujes. Como medida adicional se proyecta la construcción de un tapón de fondo de las pantallas, que servirá tanto para evitar el drenaje del acuífero durante las obras, como para minimizar posibles fenómenos de consolidación y asiento del terreno, que podrían afectar a los edificios colindantes. Para ello se reforzará el terreno con columnas de *jet-grouting*, dispuestas según una malla hexagonal de 1,75 m de lado, con una columna central y una columna en cada uno de los vértices, con un espesor aproximado de 5 m. Las pantallas son de 1,2 m de espesor, con una longitud que varía de 27,0 a 20,0 m y losa superior de 0,8 m de espesor en todo

el tramo de túnel, y de 1,2 y 1,0/0,8 m de espesor, y entre 19,0 y 16,5 m de longitud en la zona de rampa con pantallas en voladizo.

El nuevo trazado

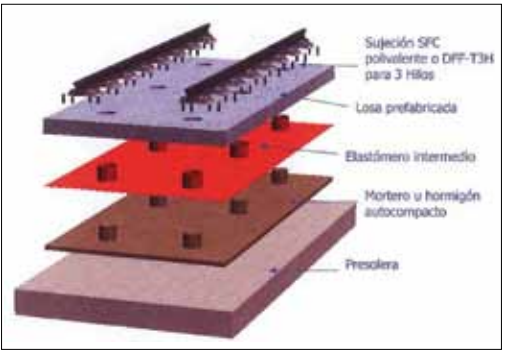
Su longitud total en planta es de 1.146,8 m, de los que 700 m discurrirán en túnel entre pantallas. Arranca en la vía par de Cercanías, de ancho ibérico, de la estación de Málaga (María Zambrano). Comienza con un tramo recto de unos 40 m que permite la colocación de un desvío para conectar con la futura vía derecha de Cercanías. A continuación sigue un curva circular a la derecha de radio 180 m. Tras ella, un

pequeño tramo recto enlaza con otra curva circular de 700 m de radio y 130 m de desarrollo, para continuar con otra curva a izquierdas de radio 180 m, en la que se sitúa un desvío tg 0,11 que permite conectar el ramal de mercancías con un culatón de 97 m de longitud que se proyecta para apartar la locomotora eléctrica y continuar hacia el puerto, con una locomotora diésel que no requiera electrificación del ramal a partir de este punto. A la última curva circular le seguirá un tramo recto y otra curva circular a izquierdas del mismo radio que la anterior, acercándose al puente metálico con una alineación de 50 m de longitud y radio 120 m.



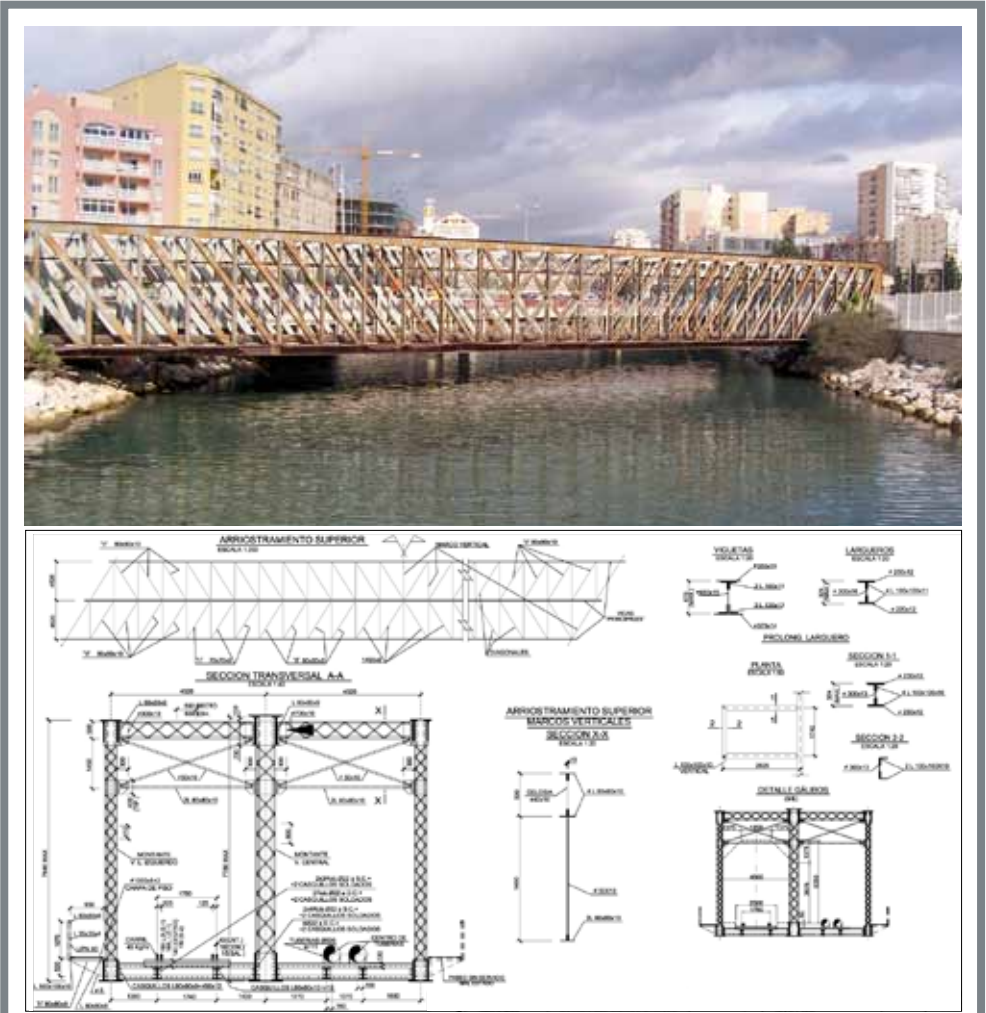
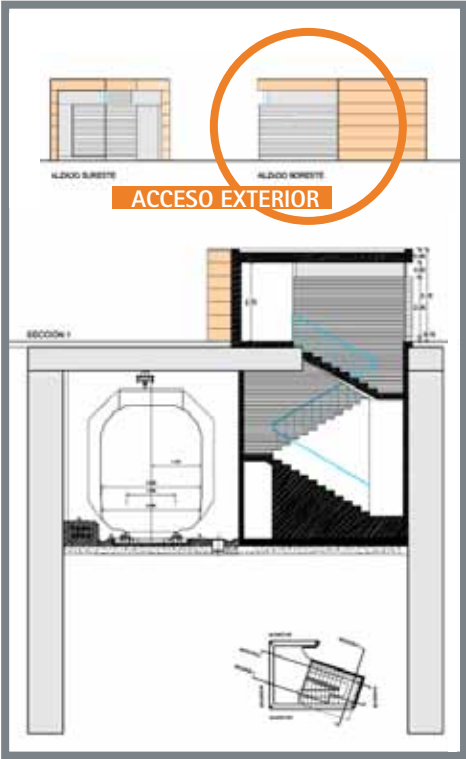
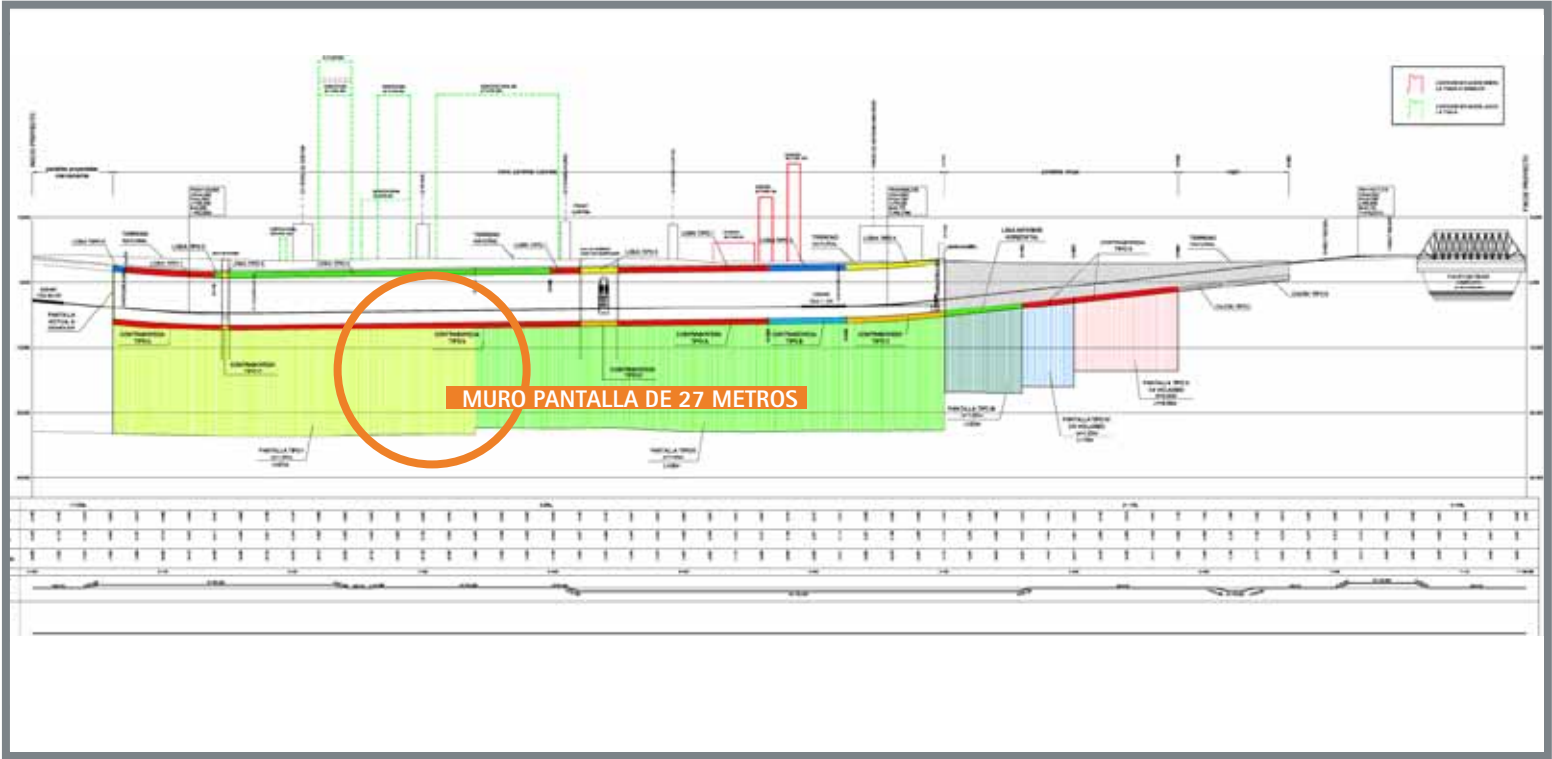
SERVICIOS AFECTADOS

La reposición de los servicios es un aspecto muy relevante, puesto que el ramal soterrado afectaría a todo tipo de redes de suministro, tanto municipales como de compañías privadas suministradoras, que serían las más afectadas por la ejecución de las obras: cinco de comunicaciones, una de gas y otra de electricidad.



PARTES DE LA PLACA VPA/A

- Capa de hormigón en masa de 3 m de ancho.
- Capa de mortero autocompactante de 2,5 m de ancho, vertido 'in situ'.
- Capa de elastómero fijada a las placas prefabricadas y adherida al mortero.
- Placa prefabricada 5,1 x 2,5 x 0,2 m, que incluye las fijaciones del carril.



En alzado, comienza a casi 3 m bajo el nivel del mar, con una pendiente descendente de casi un 18%, para luego seguir una ligera pendiente ascendente. Al final, el túnel conecta con el culatón de maniobras de la locomotora, para salir a la superficie poco antes del puente metálico con una rampa de 21 milésimas. Los acuerdos verticales tienen longitudes de 100, 75 y 50 m, respectivamente.

Vía antirruido

Para el tramo en túnel se ha optado por el empleo de vía en placa, que, a pesar de resultar más costosa respecto al balasto, requiere un mantenimiento mínimo y se

facilitan, además, las operaciones básicas de limpieza.

Se utilizarán dos tipos diferentes de placa, ambos especialmente equipados para minimizar el ruido y las vibraciones: en el tramo inicial se instalará el sistema Edilon Edf, con manta elastomérica bajo la placa. A partir del p.k. 0+062 y hasta la salida del túnel, la placa elegida es la novedosa VPA/A polivalente, también dotada con manta elastomérica, al igual que en el culatón de maniobras. Este sistema, específico para puentes, túneles y viaductos, ofrece algunas ventajas destacables respecto a la placa tradicional, como su mayor facilidad y rapidez de montaje, inspección

y mantenimiento, ser transitable en caso de emergencia y contar con un diseño polivalente, apto tanto para pasajeros como

ACCESO PARA MAQUINISTAS

Próxima a la topera situada al final del culatón de maniobras se proyecta un acceso al túnel para permitir la entrada de los maquinistas que deberán operar la locomotora diésel que arrastrará los trenes en el último tramo del ramal (ver imagen de arriba, a la derecha). Consiste en una escalera cubierta que salva la diferencia de 6,5 m entre la superficie y el interior del túnel. Por fuera está protegida por una construcción de 3,15 m de altura, dotada de un cierre eléctrico para impedir la entrada de personas ajenas a las instalaciones.

para mercancías, y tanto para ancho de vía ibérico (1.668 mm) como internacional (1435 mm). El sistema VPA/A se compone básicamente de una placa prefabricada de hormigón pretensado en ambas direcciones, una capa de elastómero intermedio, otra de mortero u hormigón *autocompact*, y sujeción SFC polivalente y reglable de Pandrol.

En el resto del trazado en superficie, así como en los tres desvíos provisionales, se empleará balasto silíceo, con un espesor mínimo bajo traviesa de 30 cm, y traviesas de madera; de segundo uso en el caso de los desvíos, con carril UIC 54 (excepto en el puente, donde será UIC 45).

RESTAURACIÓN DEL CENTENARIO PUENTE DE HIERRO

Aunque se desconoce la fecha exacta de su construcción, el puente metálico de hierro que cruza el río Guadalmedina, antes de la entrada del ramal en el puerto, tiene alrededor de un siglo de antigüedad. Es oblicuo, con la viga lateral izquierda adelantada respecto a la derecha, y consta de un tramo isostático con una longitud total de 74,542 m. Se encuentra envejecido y muy deteriorado por la humedad y salinidad debido a la proximidad del mar: sufre corrosiones, oxidaciones y falta de elementos de sujeción (tirafondos, etc.), tanto en la estructura como en el material de vía (traviesas y carril), así como en el paseo de servicio. El proyecto desarrollado por la Agrupación, que también ha realizado estudios previos de auscultación y una prueba de carga (en los años 1994 y 2006), prevé una serie de actuaciones de reparación y refuerzo que supondrán su restauración integral.

Proyecto de innovación 2009 seleccionado por el Comité de Innovación de INECO TIFSA



En pista para el despegue

La seguridad de las operaciones es una cuestión prioritaria en la aviación.

La Agrupación está desarrollando un programa de simulación pionero, capaz de analizar el riesgo de las operaciones en pista en un entorno aeroportuario.

Por Elea Corujo, Raquel Gallego y Luis Ballesteros (Aeronáutica).

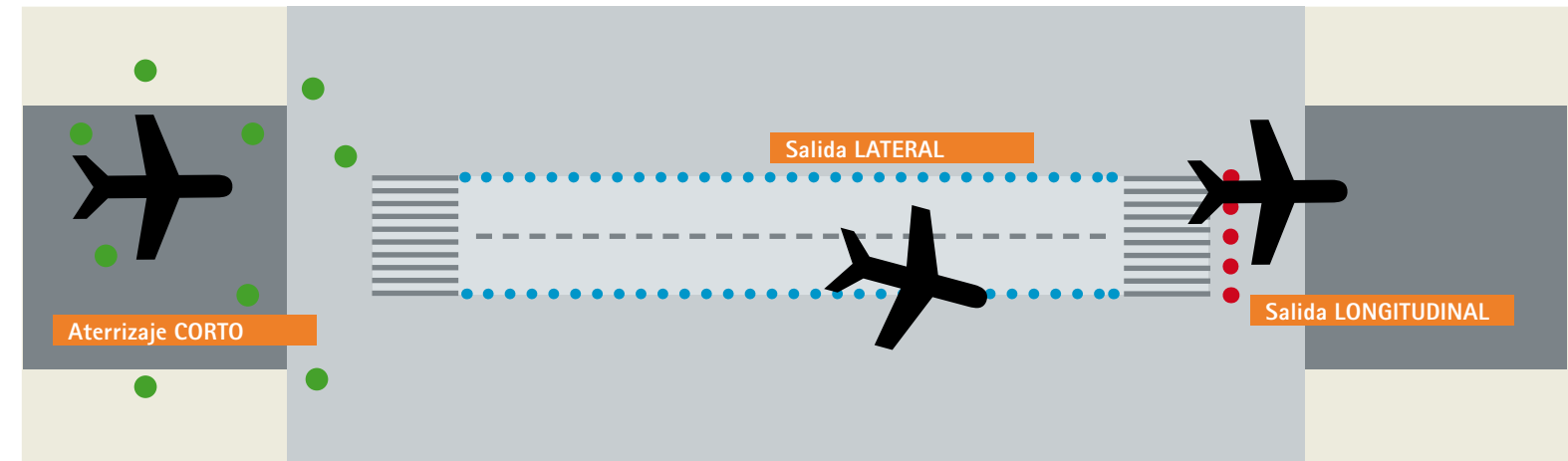
La aceptación de la seguridad como asunto prioritario por parte de todos los integrantes del sector del transporte aéreo ha permitido mantener constante la tasa de accidentes en los últimos años, a pesar del fuerte crecimiento del tráfico aéreo. Las diferentes estadísticas históricas de accidentes e incidentes muestran con claridad que las operaciones de despegue y aterrizaje son cruciales para la seguridad. Si bien el diseño del aeródromo tiene una influencia moderada para prevenir la aparición de anomalías durante ambas operaciones, éste cobra especial relevancia a la hora de mitigar los daños sufridos por la aeronave en caso de que se produzca algún tipo de incidente.

Las normas y métodos recomendados por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para el diseño de aeródromos inciden especialmente en la realización de estudios aeronáuticos de seguridad. El objeto es garantizar un nivel de seguridad operacional aceptable en aquellos casos en los que se solicitan exenciones, se realizan obras o se introducen cambios en el aeropuerto. En el caso de los aeropuertos españoles gestionados por Aena, INECO TIFSA es la encargada de la realización de estos estudios de seguridad, en los que se incorporan análisis de riesgo cualitativos y cuantitativos para determinar el nivel de seguridad.

Con el propósito de analizar los riesgos asociados a la operación en pista, actualmente

se recurre a modelos estadísticos basados en datos históricos de accidentes. Aunque útiles, dichos modelos presentan una serie de limitaciones, ya que no permiten particularizar la estimación del riesgo para determinadas características específicas de un aeropuerto (pendiente de la pista, meteorología, etc.), y tampoco facilitan la identificación de escenarios críticos, dificultando la tarea de proponer alternativas viables para reducir el riesgo.

RWY_EX es un ambicioso proyecto de I+D, en fase de ejecución desde hace algo más de un año, planteado desde la dirección ejecutiva de Sistemas y Navegación Aérea de la Agrupación, cuyo objetivo esencial es desarrollar una herramienta avanzada de simulación para dar respuesta a la necesidad actual de llevar a cabo los análisis de riesgo de salida de pista. Esto facilita la realización de los correspondientes estudios de seguridad relacionados con el uso de la pista y sus áreas de seguridad (RESA, Franja, etc.). ■



SALIDAS DE PISTA

Las salidas de pista son los accidentes más frecuentes de todos los que tienen que ver con la operación en pista. Dentro de los diferentes eventos de salidas de pista se encuentra el aterrizaje corto, la salida lateral y la salida longitudinal, tanto en despegues como en aterrizajes. Cada uno de ellos tiene unas características particulares y requiere la elaboración de distintos modelos de simulación.

PROTOTIPO DE RWY_EX

Salidas Longitudinales de Pista en Despegues

Modelo de Simulación

El primer prototipo que se ha desarrollado trata la modelación de las salidas de pista durante la operación de despegue. Este tipo de salidas longitudinales se caracteriza por presentarse en la mayoría de los casos tras una maniobra de aborto, un procedimiento diseñado para que las aeronaves se detengan dentro de la pista sin sufrir daños mayores en caso de que se produzca un fallo de motor o anomalía grave durante el despegue. En este evento es de especial importancia la denominada *Velocidad de Decisión* (V1), que

es la última velocidad operativa para llevar a cabo la primera acción de frenada, por encima de la cual se recomienda continuar con el despegue por suponer una operación más segura.

La herramienta RWY_EX está ofreciendo ya sus primeros resultados, proporcionando una potente y flexible capacidad de simulación para computar distancias recorridas por las aeronaves durante la maniobra de aborto del despegue, integrando multitud de parámetros. Dependiendo de las longitudes

de pista y los márgenes de seguridad declarados en cada caso concreto, RWY_EX es capaz de calcular la probabilidad de salirse de pista durante el despegue y sufrir un accidente. Para ello, se simula en tiempo acelerado un número de despegues preestablecido para la flota que opera en un aeropuerto. Partiendo de velocidad nula y una vez iniciada la carrera de despegue, se dispara aleatoriamente un suceso iniciador de la interrupción del mismo, que tras la toma de decisión del piloto provoca la



PRÓXIMOS PASOS

Una vez que concluya la primera fase de modelación de las salidas de pista en despegues, el siguiente paso que se abordará corresponde a la operación de aterrizaje, un reto fundamental al presentar una mayor problemática en la operación y suponer una mayor dificultad de simulación por no partir de

velocidad nula, ni posición conocida, además de incorporar una nueva variable relativa al punto de toma de contacto de la aeronave con la pista. Finalmente se prevé integrar todos los modelos en una única herramienta de simulación.



CUANDO EL RESTO DE FACTORES SON IGUALES

ESTA CONDICIÓN PRESENTA MENOR RIESGO DE SALIDA EN DESPEGUE QUE... ..ESTA OTRA CONDICIÓN	
Pista larga	Pista corta
Pista dura y seca	Pista contaminada
Pendiente de pista negativa	Pendiente de pista positiva
Margen de seguridad (RESA)	Ausencia de margen de seguridad
Viento en cara	Viento en cola
Temperatura baja	Temperatura alta
Baja elevación del aeródromo	Alta elevación del aeródromo
Presión barométrica alta (QNH)	Presión barométrica baja
Ajuste alto de flaps	Ajuste bajo de flaps
Antihielos off	Antihielos on
Aeronave limpia aerodinámica	Aeronave contaminada
Empuje normal de despegue	Empuje reducido
Menor peso al despegue	Máximo peso al despegue

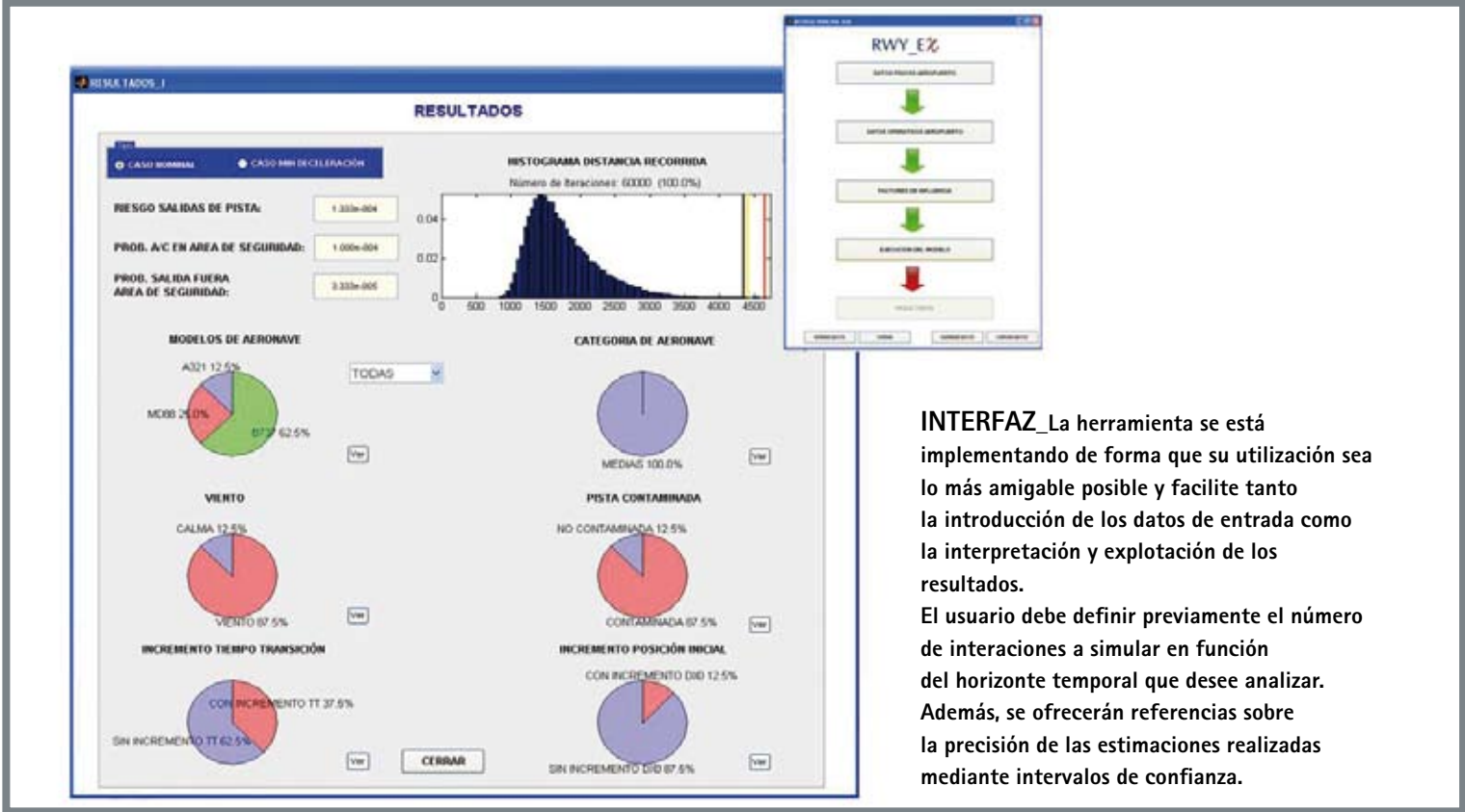


CONDICIONES ADVERSAS_Una pista contaminada (mala climatología) es un factor de riesgo añadido para una salida en despegue.



ESTADÍSTICAS DE IATA_La Asociación del Transporte Aéreo Internacional aseguraba en un reciente informe sobre seguridad que el 25% de los accidentes aéreos se debe a salidas de pista.

PRIMEROS RESULTADOS DE RWY_EX



INTERFAZ_La herramienta se está implementando de forma que su utilización sea lo más amigable posible y facilite tanto la introducción de los datos de entrada como la interpretación y explotación de los resultados. El usuario debe definir previamente el número de interacciones a simular en función del horizonte temporal que desee analizar. Además, se ofrecerán referencias sobre la precisión de las estimaciones realizadas mediante intervalos de confianza.

primera acción de frenada mediante la aplicación de frenos, reversa y elevación de *spoilers* hasta que la aeronave haya parado completamente. Esta herramienta cobra un especial valor al permitir definir un escenario concreto y ofrecer resultados más realistas, teniendo en cuenta la influencia de diferentes factores para la seguridad, como la mezcla de tráfico, la temperatura y elevación del aeródromo, la visibilidad, el viento o el estado de la pista, entre otros.

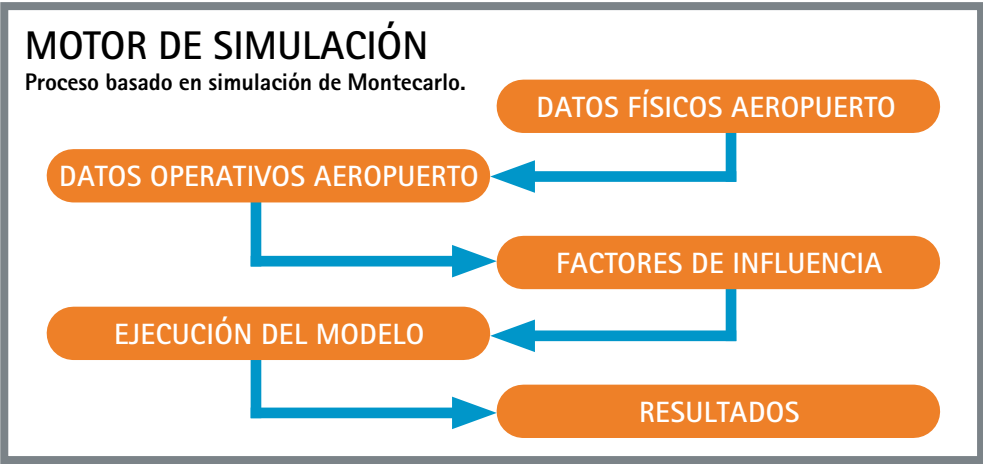
El motor de simulación, capaz de reproducir con precisión más de 500 millones de operaciones en una hora, no sólo permite calcular el riesgo existente, sino extraer conclusiones acerca de cómo y cuánto influye cada parámetro, priorizar medidas de mitigación en caso de que sean necesarias o calcular la probabilidad de colisionar con objetos en las proximidades del extremo de pista. Esta herramienta facilita la toma de decisiones para garantizar la seguridad operacional.

VERSATILIDAD

RWY_EX es capaz de identificar escenarios críticos para la operación. La versatilidad de esta herramienta para definir los parámetros de simulación la dota de un importante potencial para identificar escenarios críticos y analizar la efectividad que tiene la aplicación de diferentes medidas de mitigación sobre el nivel de seguridad en pista. Esto supone un valor añadido de cara a la realización de estudios de seguridad para el proceso de certificación de aeropuertos de competencia del Estado, que se enmarca en el contexto del Real Decreto 862/2009.

BASE MATEMÁTICA

RWY_EX se alimenta de un modelo matemático basado en ecuaciones dinámicas. Incluye, además, variables operativas que dependen del factor humano, como podría ser el tiempo de reacción del piloto o posibles errores en la toma de decisiones, lo que supone la modelación pionera de la componente humana en la operación. Cabe destacar que el modelo no se desarrolla únicamente de forma teórica, sino que se apoya en datos reales de operación de aeronaves, dotando a la herramienta de mayor validez y fiabilidad para realizar las estimaciones de riesgo.



INECO TIFSA firma el proyecto y dirige las obras Nuevo TACC para Valencia

El tráfico aéreo en el entorno de los aeropuertos de Valencia y Alicante ha crecido notablemente en los últimos años, tendencia que continuará a medio y largo plazo. Aena ha emprendido por ello la construcción de un nuevo Centro de Control de Área Terminal (TACC), que se encuentra ya muy avanzado.

Por **Ernesto de la Fuente**
(Proyectos Ferroviarios, Obras y Mantenimiento).

Está situado justo en el borde de la autovía A3, dentro del recinto del aeropuerto valenciano de Manises: formado por 5 bloques o módulos interconectados, el nuevo Centro de Control de Área Terminal (TACC, en sus siglas en inglés) responde a las crecientes necesidades del tránsito aéreo en la zona e incluye en su área de control a otros aeropuertos próximos, como Alicante (El Altet), Murcia-San Javier y otros donde la operación de las aeronaves se ajusta a las reglas de vuelo visual.

Aena, que aprobó la construcción del TACC en marzo de 2008, encargó a INECO TIFSA el proyecto –redactado por Roberto Serrano, del área de Proyectos Aeroportuarios– y la dirección de las obras, adjudicadas a Copisa.

El complejo, que se encuentra a estas alturas en avanzado estado de ejecución, se ubica en una parcela de 31.778 m², mientras que el edificio ocupa una superficie de 5.800 m². Dispondrá de un acceso rodado independiente de la zona aeroportuaria, directamente desde el lado tierra. Además de un edificio funcional,

amplio y moderno, el nuevo TACC estará dotado con la última versión (la 3) de la tecnología pionera del Sistema para la Automatización del Control del Tráfico Aéreo (SACTA), desarrollado por Aena desde 1990. La Agrupación colabora en su implantación con Aena desde el año 1998 (ver número 25 de *transporte*). El TACC también contará con una sala de simulación de 515 m², que se utilizará para el entrenamiento y la formación de controladores aéreos y la obtención de habilitaciones, dotado un módulo de SACTA para simulación dinámica.

En el diseño del edificio ha primado la funcionalidad y se han planificado los espacios de acuerdo a la finalidad de las diferentes instalaciones. Así ha ocurrido, por ejemplo, con las dos salas que forman el centro neurálgico del TACC: la sala de control de tráfico aéreo (que ocupará 350 m²) y la sala de equipos (de 450 m²), ambas ubicadas en la planta baja del

módulo 1. Se trata de un bloque de apariencia exenta, pero comunicado con el resto del edificio mediante un pasillo. El módulo cuenta con una fachada cerámica ventilada, que presenta ventajas como la facilidad de mantenimiento, la sencillez y rapidez de montaje, y el aislamiento térmico y acústico, que permite optimizar el consumo de energía del edificio.

Espacio para una eventual ampliación

La sala de control se ha construido con orientación norte, de manera que se pueda garantizar una iluminación natural difusa, con baja incidencia de la radiación solar. Al mismo tiempo, esta ubicación deja espacio suficiente para una eventual ampliación, tanto de la sala de control como de la de equipos, si llegara a ser necesaria en el futuro. También se está realizando un estudio de iluminación con el fin de evitar reflejos en los puestos de control, así como otro de calidad acústica para evaluar el aislamiento y acondicionamiento de la sala.

Otro ejemplo de adecuación del diseño a las actividades que se desarrollarán es la distribución, articulada alrededor de un vestíbulo central en doble altura, en torno al que se ubican aquellas funciones más públicas (salones de actos, cafetería, recepción, administración...). En el costado oeste se han desarrollado brazos paralelos separados por patios abiertos. Este diseño permite, por una parte, un mejor aprovechamiento de la luz natural, a la vez que crea espacios adecuados para aquellas actividades que necesitan desarrollarse en planta baja y requieren un mayor aislamiento (comunicaciones, energía, radar...) o las destinadas al personal (áreas de descanso diurno, taquillas...).

LOS TRABAJOS DE LA AGRUPACIÓN

INECO TIFSA, que redactó el proyecto constructivo, desarrolla los trabajos de dirección de obra, así como de asistencia técnica y control y vigilancia. Cuenta para ello con un equipo integrado por un director de obra, un director de ejecución, un jefe de obra civil, un jefe de instalaciones, un coordinador de seguridad y salud, un administrativo y un vigilante. Sus principales labores son el cumplimiento del Plan de Seguridad y Salud, la realización de los controles económico, presupuestario y de calidad, así como la supervisión y coordinación general de la obra.



PISTAS

TACC

EXTENSA ZONA DE CONTROL

Un TACC es un centro donde se planifica, organiza y gestiona el tráfico aéreo de una determinada área o sector de espacio aéreo. España está dividida en tres grandes regiones de información de vuelo (Centro-Norte, Este y Canarias), cada una de la cuales se subdivide a su vez en sectores de menor tamaño:

áreas de control terminal, zonas de control de aeródromo y aerovías. El nuevo TACC (en la foto) controlará el tráfico aéreo del área terminal de Valencia, que incluye los aeropuertos de la propia Valencia (Manises) y Alicante (El Altet).



El nuevo complejo alberga las instalaciones auxiliares, como la eléctrica y la de climatización, de gran importancia para asegurar tanto el servicio de control aéreo en caso de fallos o averías de la red, como el buen funcionamiento de los equipos. La sala de energía –compuesta por el centro de transformación, cuadros de baja tensión y sala de baterías–, la planta de

alimentación de energía de emergencia –dotada de grupos electrógenos– y la planta de climatización, se han situado con orientación sur, con acceso directo a los muelles y zonas de circulación de vehículos pesados. De esta forma, al igual que ocurre con las salas de control y equipos, se dispone de espacio suficiente para una posible ampliación.

Aparte de la construcción específica del edificio, el proyecto contempla también otras actuaciones necesarias para el correcto funcionamiento del TACC, como los viales interiores, una zona de aparcamiento con 150 plazas, la instalación de redes de telecomunicaciones y un punto limpio para recoger todos los residuos que requieran tratamiento. ■

Solución de incidencias ferroviarias El asesor virtual

Debido a la demanda existente de herramientas de apoyo a la decisión en la operativa diaria de los operadores ferroviarios y a la necesidad de mejorar los procesos de gestión de incidencias, INECO TIFSA ha llevado a cabo un proyecto para definir y especificar un sistema de ayuda a la decisión (SAD) para la resolución de los problemas que se planteen.

Por Carlos Montón, Virginia Antón y Jaime Pereira (Instalaciones y Sistemas Ferroviarios).

La gestión de incidencias demanda un alto grado de rapidez y precisión, y debe permitir generar una solución que minimice la afectación al tráfico ferroviario. Estos requisitos son aún más exigentes en los servicios de Cercanías, con un flujo de tráfico elevado y una mayor tasa de incidencias.

INECO TIFSA, en colaboración con el Centro de Gestión de Cercanías de Renfe en Barcelona, ha desarrollado una herramienta *software* que valida la aplicación de las reglas operacionales del sistema en un entorno concreto (Cercanías de Barcelona). Ésta permite reducir el tiempo empleado en determinar las medidas necesarias para resolver el problema, garantiza la robustez e idoneidad de la solución propuesta, y minimiza, de este modo, el tiempo durante el que se verá afectado el servicio. Además, mediante el registro de la operativa aplicada en cada caso, se aumenta la trazabilidad del proceso para su posterior análisis.

El proceso de gestión de incidencias comienza con la detección de cualquier situación anómala que se produzca en la infraestructura o en el material rodante, y que implique variaciones en el servicio ofertado en tiempo de explotación, de acuerdo a la definición recogida en la Norma Técnica sobre Información de Incidencias. Ante una notificación del aviso, que

incluye su categoría, localización y datación, se inicia el procedimiento de gestión de incidencias con la elaboración del Plan de Operaciones, que conlleva tres actuaciones que se desarrollan en paralelo: la resolución de la incidencia, la puesta en marcha del Plan de Evacuación (en caso de que fuera necesario) y la ejecución del Plan Alternativo de Transporte.

Restablecimiento del servicio habitual

Una vez solventadas las causas que han provocado la incidencia ferroviaria (como podría ser, por ejemplo, la reparación de un tramo de catenaria averiado), se procede a la ejecución de aquellos procedimientos encaminados al restablecimiento del servicio habitual ofertado, pudiéndose considerar la incidencia totalmente superada cuando el tráfico transcurra según la planificación original.

Esta aplicación desarrollada por INECO TIFSA se integraría con el resto de sistemas relacionados con la gestión del tráfico, la localización de material rodante y la planificación de los operadores o gestores ferroviarios involucrados, con los que comparte información. En este sentido, son muy importantes las comunicaciones que se realizan durante el proceso y que se encuentran reflejadas en la propia herramienta. ■

FUNCIONES



FOTOS DE PABLO NEUSTADT

DEFINIR

Definir incidencia. Se encarga de caracterizar la incidencia tras recibir la notificación de su aparición. A partir de sus características y utilizando la información almacenada, la función proporciona una estimación del tiempo transcurrido desde su aparición hasta su resolución. Sobre esta duración base se ajusta el tiempo de afectación específico a través de una serie de parámetros que modelan la influencia de aspectos como la localización y datación de la incidencia, la frecuencia de paso, el número de tramos afectados y el número de pasajeros que se deben evacuar.

PROPONER

Proponer solución para las causas. Selecciona las medidas necesarias para solucionar las causas que han provocado la incidencia

PROGRAMAR

Programar el restablecimiento del servicio. Esta función actúa una vez superada la incidencia, en el momento en el que se tenga constancia de que las causas que la han provocado están solucionadas y, por tanto, se pueden retomar los servicios previstos.



ferroviaria, siguiendo criterios de decisión optimizados que contemplan tanto su categoría y características específicas como la experiencia previa recabada en el tratamiento de casos similares.

Proponer métodos de evacuación. El SAD proporciona las medidas necesarias para llevar a cabo la evacuación de los pasajeros que, estando en tránsito, se encuentren en trenes inmovilizados. Para ello, el sistema estudiará el número de pasajeros que se deben evacuar, la posición exacta del tren y las infraestructuras aledañas a las instalaciones ferroviarias (posición de carreteras cercanas, orografía, topología de la línea, distancia a las estaciones más cercanas...), teniendo en cuenta la disponibilidad de otros medios de transporte.

ACTUALIZAR

Actualizar el conocimiento del sistema. Tras el restablecimiento del servicio se realiza la evaluación de los resultados obtenidos después de la aplicación de las decisiones propuestas por el SAD y que han sido finalmente implantadas. Se comparan las estimaciones



ELABORAR

Elaborar el PAT. La elaboración del Plan Alternativo de Transporte (PAT) parte de la estimación de la capacidad de la línea durante el tiempo de afectación de la incidencia, considerando diferentes casos en función de la relación de este valor con las frecuencias ofertadas en horarios punta y valle de los servicios que circulan por la línea. En función del servicio ofertado y de la capacidad restringida, puede ser necesario retirar trenes planificados, modificar itinerarios, movilizar trenes de refuerzo en determinadas cabeceras o definir cabeceras temporales de la línea, considerando siempre los medios materiales y humanos disponibles. Se contempla, además, la utilización de otros medios de transporte para cubrir el transporte entre determinados puntos de la línea.

de duración y afectación realizadas por el sistema con los datos reales y se analizan los resultados de las medidas de evacuación, las medidas recogidas en el PAT y las medidas de restablecimiento utilizadas para comprobar su grado de efectividad. En caso de que



COMUNICAR

Comunicar medidas a implementar. Después de la elaboración y aceptación del PAT por parte del usuario, esta función se encarga de programar y comunicar las medidas necesarias para su implementación a los sistemas que deben llevarlas a cabo. Se encarga de realizar la comunicación en dos ámbitos distintos: por una parte a nivel de instrucciones y medidas relativas a la gestión de la circulación durante el tiempo de afectación y, por otra, a nivel informativo hacia los viajeros, registrando todas las comunicaciones que realiza.

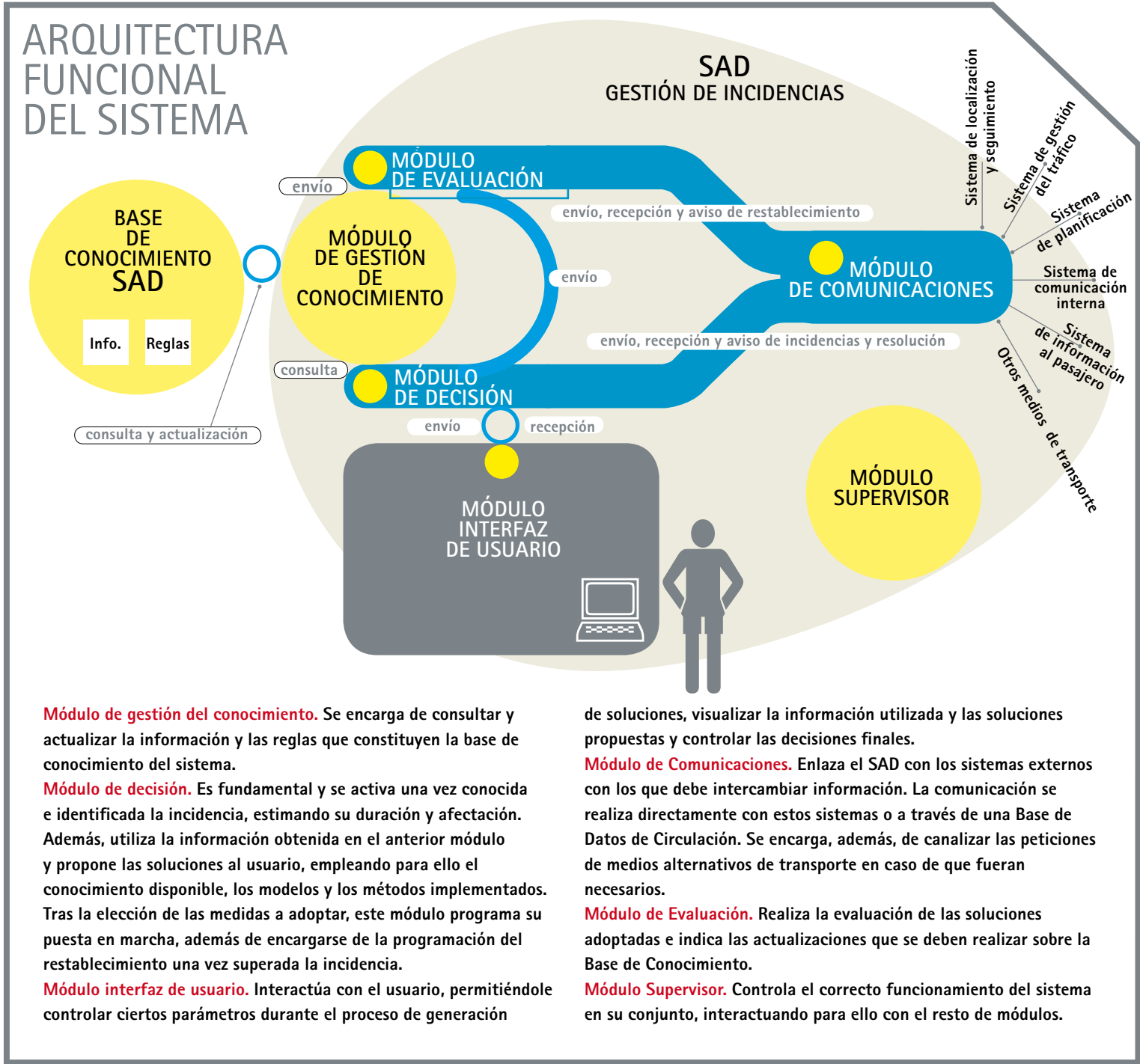
SIGUIENDO LAS DIFERENTES FASES DEL PLAN DE OPERACIONES, SE DEFINEN LAS FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA

las medidas hayan resultado efectivas, se procede a la ampliación de la información del sistema, añadiendo una entrada al Histórico de Incidencias y considerando la modificación de alguno de los parámetros empleados en los criterios de decisión.

SOLUCIONAR LAS CAUSAS

El Plan de Operaciones incluye todas las etapas necesarias para solucionar las causas de una incidencia, minimizar sus efectos sobre el servicio ferroviario y asegurar la vuelta a la explotación en el menor tiempo posible. Sus diferentes fases corresponden con las funciones del SAD.

→



INCIDENCIA SOLUCIONADA

Esta herramienta fue una de las siete propuestas de innovación seleccionadas para el año 2009 por parte del Comité de Innovación de INECO TIFSA. Se valoró la necesidad por parte de las empresas ferroviarias de la aplicación de este tipo de soluciones al contexto de la resolución de incidencias.

Funcionamiento en interfaz simple



El prototipo *software* desarrollado muestra las funcionalidades más importantes del sistema sobre una línea concreta (Línea C2 Norte de Cercanías de Barcelona). La herramienta se ha programado en Visual Basic for Applications sobre Microsoft Excel. Esta elección permite una integración sencilla de las necesarias actualizaciones de la base de conocimiento, lo cual es un requisito de usuario fundamental por parte del operador ferroviario. En este sentido, la plataforma permite que el usuario tenga acceso a dicha base, permitiendo la consulta y modificación de los diferentes parámetros y reglas utilizados por el sistema. Debido a que la ejecución de la herramienta se realiza en un entorno aislado, es necesario introducir la información que recibe el sistema, es decir, las características de la línea y el escenario en el instante en el que ocurre la incidencia, estando disponible esta información en la base de datos de la aplicación. Inicialmente, la aplicación solicita al usuario los datos de la incidencia que se quiere gestionar (categoría, localización, datación y parámetros propios de cada

categoría), caracterizando de esta forma la notificación de la incidencia. En función del día y hora indicados, la aplicación carga distintos escenarios, que incluyen la posición y el resto de datos asociados en ese instante. Si la incidencia se produce en un tren, el usuario lo selecciona de entre aquellos presentes en el escenario cargado. En caso de que la incidencia se produzca en vía, la aplicación muestra los tramos y estaciones afectados directamente y el listado de trenes y posiciones. A continuación se realizan los procesos de estimación de la duración y afectación, permitiendo su consulta detallada a través de la generación de una tabla, en la que se visualiza la afectación estimada y la posición de los trenes. Una vez definidos los límites de la afectación, la aplicación indica las medidas necesarias para solucionar las causas que han provocado la incidencia, señalando el lugar exacto al que deben desplazarse los equipos o unidades adecuados. Además, si existieran trenes inmovilizados que transporten pasajeros, el programa elabora al mismo

tiempo un Plan de Evacuación para cada uno de ellos. Finalmente, previa estimación de la capacidad restringida de circulación durante la duración de la incidencia, la aplicación elabora el Plan Alternativo de Transporte (PAT) con las indicaciones concretas para los distintos servicios que tengan previsto operar sobre la línea en ese intervalo: Cercanías, Media Distancia, Larga Distancia y Mercancías. Estas indicaciones se aplicarán a los trenes que todavía no se encuentran en circulación sobre la línea, pero que debido a la duración estimada de la incidencia van a ver comprometido el cumplimiento de su planificación. Para cada uno de los trenes con afectación indirecta se completa una tabla que complementa a la anteriormente generada, con las indicaciones de circulación concretas. La comunicación de las medidas derivadas de la gestión de la incidencia, incluyendo los avisos transmitidos a los Servicios de Información a los Pasajeros a través de los Centros de Información de Cercanías (CIC), se muestran mediante un registro.

Del teletipo a la automatización del Sistema de Información Aeronáutica, Meteorológica y de Comunicaciones

El sueño de Ícaro

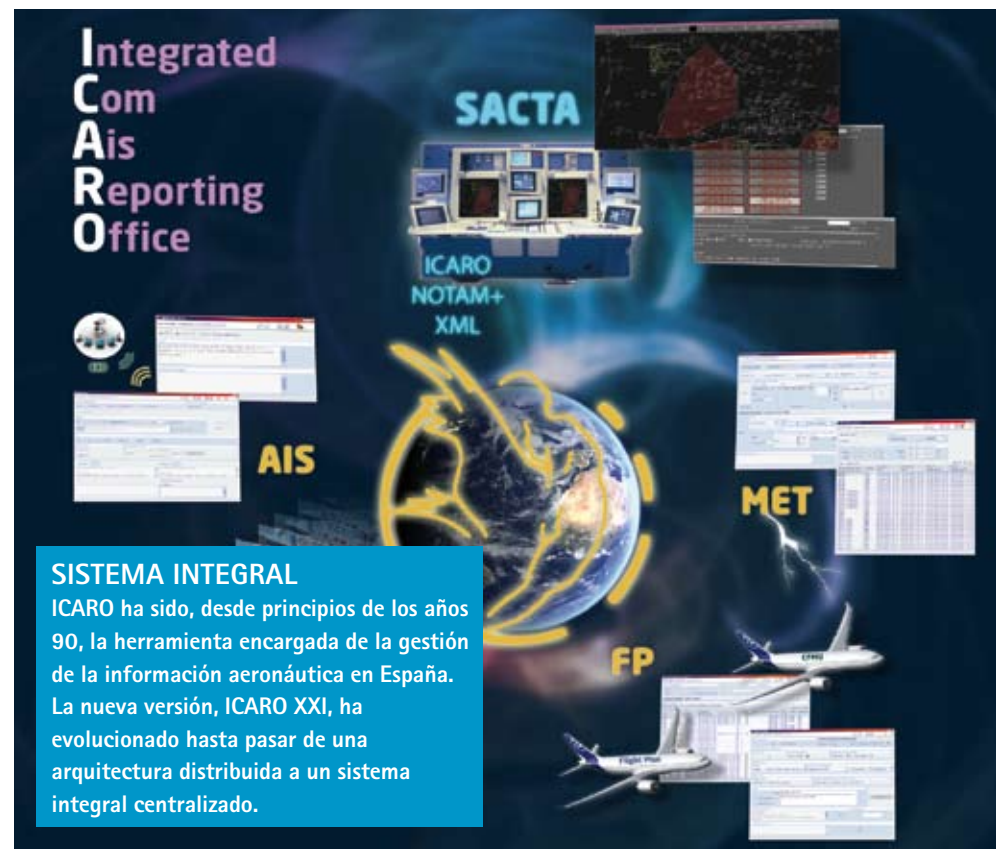
ICARO, herramienta creada a principios de los años 90, es fundamental para la gestión del tráfico aéreo en nuestro país. INECO TIFSA participa activamente en la implantación en los aeropuertos españoles de la nueva versión de este sistema.

Por Enrique García, Isabel Sanz, Marta Duaso y David García (Aeronáutica).

ICARO (Integrated COM/AIS/AIP & Reporting Office Automated System) es el sistema integrado que automatiza la gestión de la información aeronáutica, de plan de vuelo y meteorológica, necesaria para la realización de las operaciones aéreas. Con esta potente herramienta, el usuario que va a iniciar un vuelo dispone de la información para planificar su ruta y efectuar los trámites de presentación del plan de vuelo y de las informaciones meteorológicas y aeronáuticas que le afecten.

El piloto o la compañía debe presentar un formulario con la información de plan de vuelo a las autoridades aeronáuticas para que éste pueda ser controlado desde la torre y los centros de control. Contiene la información sobre la fecha y hora de salida, el aeródromo de origen y destino, la duración del vuelo, el tipo (civil, militar), las reglas (instrumental o visual), la ruta y otros datos de interés.

La información meteorológica nos permite conocer la situación actual y previsible evolución de las condiciones meteorológicas en los aeródromos y, en general, en el espacio



aéreo, mientras que la información aeronáutica nos da a conocer información de interés para las operaciones aéreas, como las posibles incidencias que tienen lugar en un momento determinado: estado de radioayudas, activación/desactivación de aéreas especiales, etc., que se publica vía NOTAM.

A finales de los años 80 del siglo pasado, la navegación aérea española inició la modernización de los sistemas de tratamiento de la información aeronáutica, sustituyendo los

obsoletos teletipos por un pequeño sistema distribuido con bases de datos locales en cada emplazamiento. Esta primera experiencia permitió cimentar la arquitectura de un nuevo sistema más universal. Así, a principios de los 90, nació el sistema ICARO, cuyo principal objetivo era facilitar la automatización de la gestión de información aeronáutica y las comunicaciones de toda España.

Desde el año 1994 hasta mediados de 2000 se instaló con éxito el sistema ICARO 2000, que

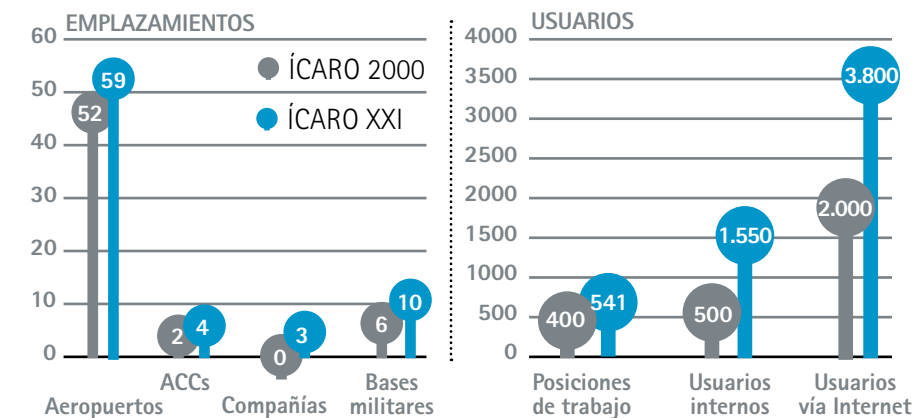
contaba con la integración de la parte de plan de vuelo e información AIS, pero no disponía de la información meteorológica, en los principales aeropuertos españoles. Este sistema estaba basado en una arquitectura distribuida, que contaba con una pareja de servidores (operativo-reserva) en cada emplazamiento, hasta completar un total de 52 nodos. El despliegue, mantenimiento y actualización del sistema era costoso, tanto en recursos humanos como económicos.

El sistema ICARO evolucionó en 1996, adaptándose a los nuevos procedimientos y funcionalidad derivados de la entrada en servicio del sistema europeo IFPS (Integrated Initial Flight Plan Processing System), que proporcionó un servicio centralizado de procesamiento y distribución de planes de vuelo a los países europeos adheridos a EUROCONTROL. Finalmente, en 2004, el progreso experimentado por las comunicaciones y la tecnología web permitieron la evolución a un sistema integral centralizado: ICARO XXI.

En constante evolución

ICARO 2000 poseía una arquitectura distribuida, es decir, un gran número de servidores situados en múltiples emplazamientos, lo que suponía, entre otras cosas, un encarecimiento del mantenimiento y la administración del sistema, una infraestructura de comunicaciones costosa y una compleja replicación de información en las distintas bases de datos de los distintos servidores.

Tras diversos análisis y estudios se ideó un sistema con una arquitectura centralizada basado en una arquitectura cliente-servidor, que



EVOLUCIÓN DE ICARO 2000 A ICARO XXI

La nueva versión de ICARO constituye un avance tecnológico, ya que potencia los niveles de escalabilidad, reduce los costes de ampliación, explotación y mantenimiento, y tiene una mayor integración con SACTA, entre otras características.

FUNCIONES

El sistema ICARO XXI facilita los siguientes servicios:

AIS_Gestiona la información necesaria para la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea operacional. La oficina NOTAM (NOF) es la designada en España para el intercambio de avisos a navegantes que describen las incidencias de carácter temporal relativas a las infraestructuras aeronáuticas (aeropuertos, radioayudas, radares, etc). Aena, a través de ICARO XXI, automatiza las funciones de la oficina NOF, proporcionando un medio que asegura que la información gestionada es adecuada, de calidad y tramitada en el momento oportuno.

BOL_Siguiendo la normativa vigente, por la que la información aeronáutica debe ser puesta a disposición del usuario, ICARO facilita su acceso en forma de boletines de información previa al vuelo (PIB), tanto desde terminales instalados en los mostradores de cara al público en los aeropuertos, como a través de la web de Aena.

MET_La información meteorológica aeronáutica, elaborada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), es recibida en el sistema ICARO XXI de manera que se encuentre disponible para el usuario.

GPV_Gestión de Plan de Vuelo. ICARO XXI proporciona un medio para la tramitación inicial de los mensajes de plan de vuelo, permitiendo su creación, distribución y recepción, y facilitando terminales de usuario para su presentación y consulta. Las oficinas responsables (ARO) se encargan de la gestión y seguimiento de los planes de vuelo.

COM_Proporciona la posibilidad de monitorizar y realizar consultas de todos los mensajes recibidos y transmitidos por los distintos componentes del sistema ICARO XXI con sus correspondientes interlocutores. Permite, además, la creación de mensajes AFTN para su distribución, siendo un cliente del sistema CRAMI (Centro de Retransmisión AutoMático Integrado).

GBDAC_Gestión de la base de datos aeronáutica y de configuración. Facilita el mantenimiento (alta, baja y modificación) en el sistema de los datos necesarios para su funcionamiento, dotándolo de una mayor flexibilidad al permitir cambios por configuración, en lugar de por cambio de versión. La información que trata este componente se subdivide en dos tipos: datos aeronáuticos permanentes y de configuración. Por una parte, ICARO XXI se actualiza de forma automática con la información recibida del EAD (European AIS Data Base), actualizaciones de la información estática aeronáutica publicada en AIP a escala mundial. Por otra, permite gestionar los parámetros de configuración o adaptación del sistema y de cada uno de sus componentes (perfiles de usuarios, configuración del componente COM, del componente MET, etc.).

M&C_Monitorización y Control. Asegura el correcto funcionamiento del resto de las funciones del sistema, supervisando el sistema y aportando información de su estado.

BackUP_Realiza el salvado a cinta y el borrado de los datos históricos del sistema. También incorpora la posibilidad de recuperar estos datos.

VOLUMEN DE INFORMACIÓN GESTIONADA POR ICARO XXI (DATOS ANUALES)	
PLANES DE VUELO	1.300.000
NOTAMs	620.000
MENSAJERÍA	
METEOROLÓGICA	570.000
DE COMUNICACIONES	7.600.000
BOLETINES INFORMACIÓN (PREVIA AL VUELO)	170.000



dio lugar a ICARO XXI, cuya creación constituye una evolución tecnológica respecto a su antecesor. Se planteó un diseño que permitiera incorporar nuevas tecnologías, dotar al sistema de mayor versatilidad facilitando la implementación de cambios, potenciar los niveles de escalabilidad, reducir los costes de ampliación, explotación y mantenimiento, incorporar estándares de mercado y ofrecer una mayor convergencia e integración con SACTA.

El diseño de ICARO XXI se basa en la programación por capas, cuyo objetivo es la separación de la lógica de negocios de la lógica de diseño. La capa de presentación (servidores web) tiene como finalidad aceptar las conexiones de los clientes y responder a esas peticiones adecuadamente. La capa de aplicación (servidores de aplicación) gestiona la mayor parte de las funciones de la lógica de negocio y acceso a los datos de la aplicación. Esta capa se comunica con la capa de datos para actualizar o consultar información de la base de datos y con la capa de presentación para mostrar la información que el usuario precisa. Por último está la capa de datos (servidores de base de datos), donde reside el motor encargado de almacenar la información de forma eficiente, precisa y segura, así como manejar transacciones y reducir los tiempos de respuesta.

Captación de nuevos clientes

Los clientes se conectan con el servidor central haciendo uso de las distintas redes corporativas de Aena o, en su defecto, estableciendo una conexión segura a una de estas redes mediante un túnel VPN (Red privada virtual sobre una red pública: para mantener la integridad y confidencialidad de la información intercambiada se cifran las comunicaciones).

El nuevo sistema ha facilitado la captación e incorporación de nuevos clientes externos



FACILIDADES PARA EL USUARIO

Con esta nueva versión de ICARO se ha facilitado la captación de clientes y la ampliación de los usuarios internos. El progreso que han experimentado las comunicaciones y las nuevas tecnologías web han permitido esta evolución.

(aerolíneas, pilotos...), ya que para disponer de esta herramienta sólo es necesario contar con una conexión a una de las redes de Aena y los paquetes gratuitos de *software*: JRE 1.5 y Acrobat Reader. También ha ayudado a la hora de ampliar los usuarios internos (operadores ARO, operadores NOF...) y configurar los perfiles de usuario (permisos de acceso, visibilidad...), así como la flexibilidad para adecuar el sistema a otros modos de operación, pudiéndose configurar en base a distribucio-

nes regionales si la estrategia de Aena así lo requiere.

Llegados a este punto, el reto consistía en poner un sistema en producción en más de 50 emplazamientos, con más de 500 usuarios, sin que ninguno de ellos perdiera la disponibilidad y continuidad de la información. En junio de 2005 comenzó la Fase I con la puesta en producción de la primera versión de ICARO XXI.

Dado que era la situación más crítica y en la que, presumiblemente, se darían más proble-

mas, se implementó la nueva funcionalidad, que no soportaba ICARO 2000: el tratamiento, validación y distribución de la información meteorológica al SACTA, sustituyendo el sistema MET/AIS Central. Además, esta versión incluía el componente COM, por el que se recibe la información proveniente de la AEMET vía AFTN (Aeronautical Fixed Telecommunication Network) y el componente M&C (Monitoring & Control) para supervisar el estado del sistema.

Fase final de implantación

Entre abril de 2006 y diciembre de 2008 tuvo lugar la segunda fase, con el despliegue de la arquitectura HW y SW definitiva de ICARO XXI. En este entorno se desplegaban las versiones que llevaban asociada la funcionalidad propia de los aeropuertos y bases aéreas (GPV, COM, BOL y AIS Local), además de evolucionar el componente M&C para monitorizarlos. Esta fase supuso la conectividad entre todos los emplazamientos y de todos los clientes.

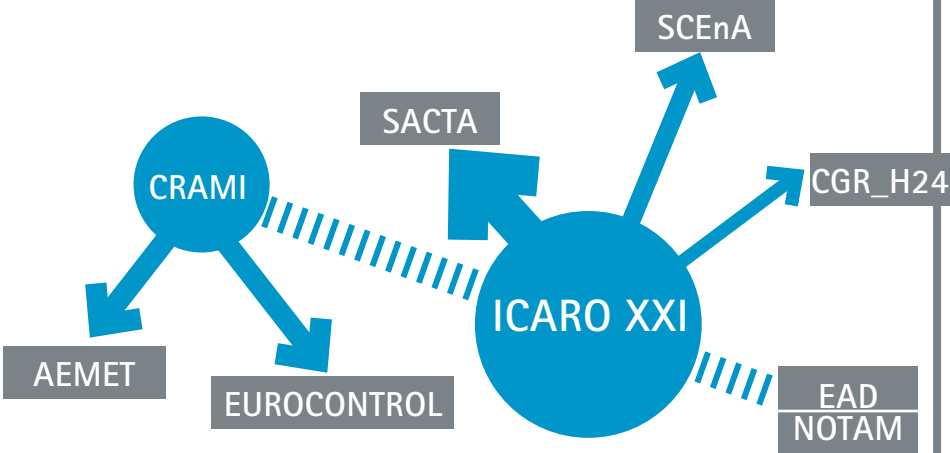
El proceso de transición concluyó el 6 de octubre de 2009 con la desinstalación del nodo central ICARO 2000, migrando los servicios más críticos: conexión con SACTA para envío de información aeronáutica y conexión con el organismo europeo de validación de NOTAMs (el EAD) al sistema ICARO XXI.

ICARO XXI es hoy una herramienta indispensable para la mayoría de los aeropuertos. Cada día se reciben nuevas peticiones de conexión y el número de clientes y usuarios vía web crece exponencialmente. En el futuro será el sistema desplegado en las Torres AFIS. Además, continúa en evolución, adaptándose a las nuevas normativas de OACI y EUROCONTROL. También se realizan análisis con diferentes soluciones de presentación de Plan de Vuelo vía Internet, así como ver su implicación en proyectos europeos, como SESAR. ■



UN GRAN RETO

Desde 2006 se produjo, a través de tres fases, la puesta en marcha de ICARO XXI en la red de Aena. Se trataba de un desafío complicado, ya que en ningún momento se debía perder la disponibilidad y continuidad de la información para los más de 500 usuarios y 50 aeropuertos que cuentan con la herramienta.



RELACIONES CON OTROS SISTEMAS

ICARO tiene comunicación con otros sistemas a través de sus interfaces de comunicaciones.

SACTA_El sistema automatizado de control de tráfico aéreo en España (SACTA) demanda para su eficaz funcionamiento, entre otras cosas, un suministro adaptado a sus necesidades de información aeronáutica NOTAM, especialmente información de Radioayudas de áreas de espacio aéreo cuya utilización por parte de las aeronaves se encuentra restringido/prohibido en alguna medida. El componente MET de ICARO XXI proporciona la información meteorológica, atendiendo a las peticiones del SACTA, manteniéndolo actualizado. También envía información de plan de vuelo para aquellos vuelos que no son distribuidos por EUROCONTROL y que han sido presentados a través del sistema ICARO XXI (en su mayoría vuelos de reglas visuales con aeródromo de origen español).

SCEnA_El Sistema Cooperativo del Entorno Aeroportuario sirve para la toma conjunta de decisiones en el ámbito aeroportuario, haciendo uso de información enviada desde distintas fuentes. Este cliente recibe los mensajes de planes de vuelo y 'slot' de ICARO XXI.

CGR-H24_El Centro de Gestión de Red H24 es un sistema que utiliza la información de otros para monitorizar en tiempo real los recursos e instalaciones de Aena. ICARO XXI le envía información meteorológica e información AIS.

EAD_Es la base de datos europea sobre aeronáutica. ICARO XXI recibe por esta vía NOTAM de otras naciones y suministra la información NOTAM española, a la vez que mantiene su base de datos aeronáutica actualizada a través del EAD.

CRAMI_Es un sistema pionero en el mundo que integra los diferentes tipos de mensajería aeronáutica definidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Sirve de puente con el mundo fundamentalmente con el IFPS, AEMET y SACTA (Plan de Vuelo Visual).

El artículo **"Alternativas de mercado en la asignación de 'slots' aeroportuarios"** salía publicado el pasado diciembre en la 'Revista de Ingeniería Aeronáutica y Astronáutica'.

Arturo Benito y Oscar Díaz

Ganadores del I Premio INECO TIFSA al mejor artículo aeronáutico 2009

"El actual sistema de asignación de 'slots' no resuelve el problema de la congestión"

El concienzudo análisis realizado por Arturo Benito y Oscar Díaz en este trabajo les ha convertido en los primeros ganadores del Premio INECO TIFSA que concede el Aula Carlos Roa al mejor artículo aeronáutico. En él reivindican una modificación del reglamento que regula la asignación de *slots* aeroportuarios en los aeródromos de la UE –en la mayoría de los cuales la congestión se ha convertido en un problema de gran calibre– y sugieren diversas soluciones, como la introducción de un mecanismo de subastas o permitiendo a las propias compañías aéreas comprar y vender sus *slots*. El jurado seleccionó este trabajo entre todo lo publicado el año pasado en varias revistas nacionales del ámbito del transporte, navegación e infraestructuras aéreas.

De su artículo se desprende que hay cierta laxitud e inercia en la gestión de los 'slots' en la UE...

Oscar Díaz. El artículo analiza la posibilidad de cambiar el sistema de asignación de *slots* en los aeropuertos de la UE. Pero lo hace como propuesta de solución a uno de los problemas más importantes que experimentan los aeropuertos comunitarios, la congestión, una problemática de carácter operativo, pero cuya deriva económica implica enormes costes. Los hechos demuestran que el actual sistema de asignación administrativo de *slots*, avalado

por el reglamento comunitario, no resuelve el problema de la congestión. Por ello, el artículo analiza ciertas prácticas en aeropuertos internacionales que pueden servir de referencia para la implementación de un mecanismo alternativo de asignación de *slots*.

Arturo Benito. En realidad, más que laxitud e inercia, parece que hay un problema de inseguridad en cómo se quiere abordar la futura reglamentación de la concesión de *slots*.

Se habla de que si se penalizara económicamente las horas punta se desviaría el tráfico a otras franjas horarias menos congestionadas. Si la solución es tan sencilla, ¿por qué no se aplica?

OD. El problema de la congestión difícilmente podrá solucionarse con un sistema de penalización. Esta práctica, implementada en algunos aeropuertos con el nombre de *precios punta*, no ha servido más que para aumentar

los ingresos de los propios aeropuertos. Es necesario, por tanto, un cambio de modelo, y la migración a fórmulas de mercado sería una solución más coherente desde el punto de vista operativo, económico, normativo y de la competencia.

¿Qué opinan del mecanismo alternativo de tasas diferentes según franjas horarias?

AB. Podría parecerse al que proponemos, dependiendo del criterio que se adoptase para fijar los precios. Pero, ¿por qué emplear un mecanismo menos exacto si se puede optimizar la utilidad económica del sistema?

¿Se evitaría que muchas compañías aéreas adquieran 'slots' que luego no utilizan?

OD. Los operadores aéreos ya adquieren en la actualidad, mediante el mecanismo administrativo (derechos históricos), *slots* que nunca llegan a utilizar o utilizan inadecuadamente. Un nuevo modelo de asignación de *slots*, sea basado en fórmulas de mercado u otras, debería evitar esta mala práctica.

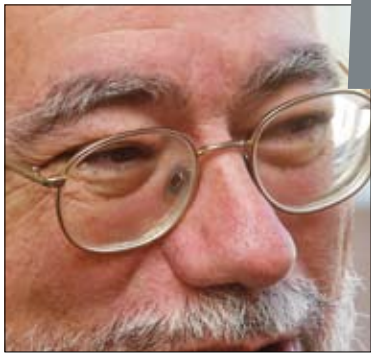
AB. Existen aeropuertos en Europa donde hay que pagar una fianza cuando se pide un *slot*. Es una manera menos correcta de paliar este problema.

El artículo premiado analiza también ciertas prácticas en aeropuertos internacionales que pueden servir de referencia

El factor de los derechos históricos a la hora de conceder un 'slot' ¿es una manera de dar prioridad a un buen servicio, premiar la estabilidad...?

OD. La asignación de *slots* con precedencia histórica establecida (derechos históricos) tiene →





“ Parece que hay un problema de inseguridad en cómo se quiere abordar la futura reglamentación de la concesión de 'slots' ”

→ el objetivo de garantizar la estabilidad de las operaciones a corto, medio y largo plazo. El concepto y filosofía de los derechos históricos no sería el núcleo del problema, sino, más bien, su implementación, gestión y control.

¿Se da el caso de que se conserven 'slots' para que otros operadores no entren? ¿Cómo favorecer la reducción de la congestión ante prácticas comerciales tan agresivas?

OD. El actual modelo de asignación de *slots* no sólo da pie a malas prácticas, sino también a una cierta vulneración (quizá no explícita) de la competencia. El reglamento comunitario prevé sanciones, pero casi nunca se aplican, y si se hace, no son lo suficientemente correctivas.

AB. La aplicación del reglamento para sancionar es complicada y puede recurrirse en términos de agravios comparativos. Las sanciones deben considerarse un recurso excepcional. El sistema no está funcionando bien.

¿Hay una estimación de a cuántos aeropuertos europeos y franjas horarias realmente afecta esta problemática?

OD. La no utilización de *slots* asignados a los operadores aéreos se verifica en casi todos los aeropuertos comunitarios. Esta práctica se detecta más en aeropuertos parcialmente congestionados y no congestionados, donde la no utilización de *slots* asignados se sitúa entre el 10% y el 20%. En los aeropuertos fuertemente congestionados –los más grandes–, esta práctica está en el orden del 5%.

¿Existe alguna estimación del impacto en precio del billete de esta flexibilización del mercado de 'slots'?

AB. La filosofía del modelo propuesto no pretende un aumento recaudatorio general, sino una redistribución de los precios, de manera

que se pague más en los lugares y horas en que se demande más. Las propias compañías aéreas atienden a estos mismos criterios a la hora de poner precio a los billetes.

¿Qué esfuerzos se hacen desde la UE para maximizar la capacidad de los aeropuertos con problemas de 'slots'?

OD. En principio, el reglamento comunitario en materia de asignación de *slots* refuerza el objetivo de que se use de forma más completa y flexible la capacidad limitada de los aeropuertos. Pero estamos lejos de este objetivo. Por otro lado, los aeropuertos no se pueden ampliar indefinidamente, no sólo por las crecientes restricciones medioambientales, sino por

las presupuestarias. No corren buenos tiempos para la inversión en infraestructuras.

¿Se tienen en cuenta los nuevos sistemas de navegación que optimizan el aterrizaje y despegue, tales como los CDA (aproximaciones de descenso continuo) u operaciones basadas en navegación por satélite en las que trabaja INECO?

AB. El procedimiento CDA no añade, en principio, capacidad al aeropuerto, sino que mejora el impacto ambiental. Si se utilizase un parámetro ambiental en el mecanismo de atribución de *slots*, sí podría tener influencia. En cuanto al uso de información satélite para aproximaciones de precisión, sí podría aumen-



Arturo Benito

ESPIRITU DE INVESTIGADOR

La larga lista de artículos publicados por Arturo Benito en revistas profesionales –aparte de sus libros ‘Descubrir las líneas aéreas’ y ‘Los aeropuertos en el sistema de transporte’– quizá resulta menos sorprendente si atendemos a su completa formación, que le ha llevado a acumular un doctorado en Ingeniería Aeronáutica, una licenciatura en Periodismo y la titulación de Civil Aviation Management por la London Business School. En la actualidad combina su labor docente en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos (ETSIA) con su puesto de consultor de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).



Oscar Díaz

PASIÓN POR LOS 'SLOTS'

De origen argentino, Oscar Díaz comparte título –doctor en Ingeniería Aeronáutica– y cargo –consultor externo de la OACI– con Arturo Benito, además de su afición por el trabajo. Prueba de ello resultan sus ocupaciones actuales, ya que compagina su cargo como director internacional de aeropuertos de G.O.C. con una colaboración en la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos de la UPM y sus funciones como profesor asociado en la UNED. Su pasión por el tema que desarrolla en el artículo premiado queda plasmada en la publicación de otros sobre el mismo asunto en la misma revista, algunos de muy reciente factura.



“ Los operadores aéreos ya adquieren en la actualidad 'slots' que nunca llegan a utilizar o utilizan inadecuadamente ”

tar la capacidad, pero no afectaría al mecanismo de atribución propuesto.

La concentración de pasajeros en aviones más grandes tampoco parece solucionar el problema de la congestión aérea...

OD. La llegada de las grandes aeronaves no influye, ya que el crecimiento del transporte aéreo no sólo se verifica en los trayectos largos, sino también en los intraeuropeos. El problema de la congestión no está en el tamaño de la aeronave, ni en las rutas, ni en la frecuencia de servicios, sino en cómo se gestiona la limitada capacidad de los aeropuertos.

AB. Tampoco hay una gran diferencia de tamaño. El Airbus A380 es, aproximadamente, un 25% mayor en capacidad que un Boeing 747. Aquí, el elemento a controlar es la estela del avión. Si la turbulencia generada por un A380 es tan fuerte que necesita mayor distancia de separación respecto al avión que le sigue, habría que determinar si eso necesita un *slot* más grande y, por tanto, más caro.

¿Tienen datos que reflejen si han cambiado los horarios preferidos o nos movemos siempre en las mismas franjas horarias?

AB. Depende del tipo de tráfico del aeropuerto y del país. En sitios en los que predominan los vuelos de corto y medio radio, las primeras horas de la mañana y el final de la tarde son las más demandadas. En aeropuertos *hub*, los vuelos se concentran alrededor de las oleadas de conexiones de la compañía principal. El país también tiene importancia. En muchos puntos de Asia, los *slots* a las dos de la mañana son aceptables. Las diferencias pueden apreciarse incluso en España respecto al norte de Europa. Aquí, los picos de la demanda se dan un poco más tarde que, por ejemplo, en Alemania, donde madrugan más y se acuestan antes. ■

RESUMEN DEL ARTÍCULO PREMIADO

El tiempo que una aeronave ocupa una zona del aeropuerto y su área terminal para efectuar las operaciones de aproximación y aterrizaje o despegue y subida inicial resulta determinante a la hora de evaluar la capacidad operativa de dicho aeropuerto. Históricamente, este tiempo, denominado *slot* en inglés o franja horaria en castellano, ha sido designado a las compañías aéreas mediante un proceso administrativo más o menos complejo. Al acercarse a los aeropuertos a su máximo de capacidad, el correcto reparto de las franjas horarias se convierte en un factor clave para optimizar la eficiencia de la operación aeroportuaria, a veces lastrada por una deficiente aplicación de la vía administrativa, pero también es de enorme importancia para el desarrollo de las redes de rutas de las distintas compañías aéreas que sirven cada aeropuerto, y para el mantenimiento de unas normas de competencia equitativas entre ellas.

Los mecanismos de mercado tendrían el potencial de corregir las ineficiencias del sistema administrativo actual si consiguieran que las líneas aéreas interiorizaran, al menos parcialmente, los costes de utilización de un recurso escaso, como lo es la capacidad del aeropuerto casi congestionado. Esto podría llevarse a cabo de alguna de las dos formas siguientes:

■ Bajo un mecanismo primario de comercialización, tal como subastas o precios máximos publicados, en donde las líneas aéreas deberían pagar los *slots* que desearan utilizar. Ambos sistemas ayudarían a asegurar que los *slots* sean asignados a las líneas aéreas que más valor les den, las que estén dispuestas a pagar precios suficientemente altos como forma de inhibir las opciones de otras líneas aéreas sobre dichos *slots*, si consideran que tienen suficiente valor para ellas.

■ Bajo un mecanismo de comercialización secundario, en donde las líneas aéreas podrían comprar y vender los *slots*. Aunque, en principio, los poseedores de los *slots* no tuviesen que pagar por ellos, estarían sin embargo frente a un coste de oportunidad en forma de ingresos adicionales si las líneas aéreas decidieran vender los *slots* que no necesitaran a otras compañías.

En el artículo premiado se procede a desarrollar algunos conceptos fundamentales para comprender las características de los diferentes mecanismos de mercado con posibilidad de ser utilizados para la asignación de *slots* aeroportuarios, y, por otro lado, se analizan y evalúan algunos aspectos que ayudan a medir el alcance, potencial, viabilidad y probable impacto de esos hipotéticos mecanismos de mercado que constituyen una alternativa válida a los actuales procedimientos administrativos de gestión de franjas horarias. Aunque haya referencias a otros mercados, la exposición se centra en el ámbito de los 27 países que conforman la actual UE, con su normativa y distribución de tráfico aéreo peculiares.

(Resumen publicado en el número 396 de la *Revista de Ingeniería Aeronáutica y Astronáutica*. El artículo completo está disponible en www.revistaitransporte.es).



Wolwedans (Namibia).

PARA SABER MÁS

La oferta es amplia y variada. Aquí sólo sugerimos algunos enlaces de interés.

www.wolwedans-namibia.com

www.sanctuaryretreats.com

www.chumbeisland.com

www.fourseasons.com/goldentriangle/

www.wilsonisland.com

www.salsalis.com.au

www.longitude131.com.au

Hoteles efímeros y ecointegrados

Despiertan el ego nómada de los viajeros conscientes y curiosos. Mimetizados con paisajes idílicos, a menudo protegidos, se inspiran en viviendas ancestrales y permiten degustar lugares de enorme belleza sin causarles heridas.

La pujante rama ecológica y sostenible del turismo ha conseguido llevar hasta parajes vírgenes a viajeros respetuosos con el entorno, pero ansiosos por ver los últimos paraísos. La demanda crece y la clientela es exigente: quiere exclusividad, confort y una inmersión paisajística única sin que el entorno se resienta.

Se mira hacia culturas antiguas: los iglús de los inuit, las yurtas de Mongolia o los campamentos indígenas americanos. Estas ancestrales viviendas inspiran los hoteles más novedosos, aquellos en los que la sostenibilidad y el respeto al ecosistema tienen prioridad. En este contexto, son precisamente los destinos emergentes del Hemisferio Sur los que mejor se han adaptado a la tendencia. África, por ejemplo, constituye un verdadero paraíso, donde cada vez son más numerosos los safaris en campamentos de tiendas confortables hasta lo sublime.

Pionero en ecoturismo fue Wolwedans, en la reserva natural de NamibRand (Namibia), un santuario cuyos habitantes firman una constitución en la que se comprometen a preservar el entorno. Suites de madera y tela sobre las dunas, comedores alumbrados por lámparas de petróleo o cabañas aisladas con paredes de muselina son algunas de las modalidades de alojamiento que este *resort* ofrece, en el que todo está relacionado con el paisaje.

La misma filosofía inspira la cadena Sanctuary Retreats, nacida en Kenia hace una década y hoy extendida por Botswana, Tanzania, Zambia y Uganda.

Sus asentamientos de sofisticadas tiendas y edificios construidos con madera y fibras naturales permiten a un público muy escogido acercarse a lugares vedados al gran turismo, como la Reserva Natural de la Selva Impenetrable de Bwindi (suroeste de Uganda), famosa por su población de gorilas y reconocida por la Unesco como Patrimonio de la Humanidad.

La apuesta por la sostenibilidad en África llega hasta el Índico. En Chumbe Island (Tanzania), a un tiro de piedra de



- 1_Campamento Longitude 131°, frente a Ayers Rock (Australia).
- 2_Sal Salis, en la barrera de coral de Nigaloo (Australia).
- 3_Chumbe Island, muy cerca de la isla de Zanzibar (Tanzania).
- 4_Masajes en un entorno idílico.



FOTO DE MANOLÁ YLLERA

El campamento Longitude 131° se ha convertido en un mito de la arquitectura efímera sostenible. Con vistas directas sobre el monolito de Ayers Rock (o Uluru, como lo denominan los nativos), se instaló con el voto expreso de cuidar la flora y fauna de la zona durante su construcción y explotación. Las tiendas, elevadas sobre postes, se incluyen entre los alojamientos más románticos de Australia.

Mientras, en el corazón de Europa quedan todavía paisajes intactos en los que se duerme, a 1.700 m de altura, en *domes* (cúpulas) ecológicos sabiamente confundidos

con el paisaje. Muy sencillas, pues el lujo lo proporcionan las vistas, las tiendas del campamento Whitepod (Suiza) están fabricadas con material reciclado y se recubren de tejido blanco en invierno y verde en verano para integrarlas en el paisaje.

Ecocamps muy similares proliferan en el Cono Sur, frente a Torres del Paine o con vistas al Glaciar Perito Moreno (Patagonia). Por su parte, Costa Rica y Belice cuentan con decenas de *lodges* sostenibles en los que cabañas de madera se encaraman a árboles. La tendencia es clara: el nuevo turismo tiene una tonalidad verde. ■



CORTESÍA DE FOUR SEASONS

Wilson Island, frente a la Gran Barrera de Coral, sólo admite una docena de huéspedes y se alimenta exclusivamente con energía solar. Sal Salis, un *resort* de lujo en la barrera de Nigaloo, al oeste del país, aúna una experiencia *gourmet* con suites de lona abiertas a la playa blanca de fauna fascinante: paso migratorio de ballenas, tortugas y gran variedad de peces... todo a la vista desde la propia cama.

VERDE PROFUNDO

El edificio liviano y desmontable no lo es todo en un alojamiento ecológico con certificación internacional. Para ser considerado como tal, la construcción debe responder a criterios bioclimáticos y haber sido concebida para causar el mínimo impacto, tanto en su construcción como en su mantenimiento. También deben ser un factor de crecimiento

para los habitantes de la zona sin que su cultura e identidad se resientan, por lo que deben contar los vecinos para abastecer sus restaurantes y servirles de apoyo económico. Además, han de comprometerse con el desarrollo sostenible, han de manifestar su propósito real de preservar el entorno e, incluso, educar a visitantes y pobladores.

Agenda

ARQUITECTURA

Cuatro 'Pritzker'... y mucho más

El Palacio Baluarte de Pamplona se convirtió, del 9 al 11 de junio, en el escenario de un intenso debate sobre los problemas que afronta la arquitectura en este cambio de ciclo incierto.

La Fundación Arquitectura y Sociedad lo tiene claro: en tiempos de crisis hay que replantearse las cuestiones e investigar nuevas soluciones. Impulsada por Patxi Mangado y presidida por Carlos Solchaga, organizó el congreso *Arquitectura: más x menos*, para el que convocó a varios premios Pritzker, filósofos, sociólogos, estadistas y estudiantes.

Luis Fernández-Galiano fue el encargado de dirigir las jornadas, que se articularon en torno a diversas mesas de debate dónde debían desarrollarse las preocupaciones y los objetivos a los que se ve sometida la arquitectura en este tiempo de burbujas y recortes. Las conclusiones –que se editarán acompañadas de entrevistas y artículos– son precisas: es necesaria una arquitectura más justa y eficiente, con capacidad para resolver los problemas de los ciudadanos, lograr mejores soluciones y mayor calidad, con costes reducidos.

Renzo Piano (Pritzker en 1998) lo confirmaba: “Es el momento de la arquitectura eficiente. Siempre debió ser así, pero ahora es una obligación intervenir en el ánimo de la ciudad con respeto”. Por el contrario, Jacques Herzog (Pritzker en 2001) sostuvo que lo principal “es la belleza”, por encima de la sostenibilidad, que ya es una obviedad, “pues se atiende de oficio”.

El congreso buscaba lanzar un mensaje positivo en tiempos de incertidumbre, pasar a la acción y encontrar soluciones.



Ante la pregunta de cómo sería el mundo dentro de 50 años para repensar las ciudades, el arquitecto chileno Alejandro Aravena respondió con su experiencia en la reconstrucción de Constitución, ciudad arruinada por el terremoto: “Tengo un día para llevar el agua a la gente, 10 días para ofrecerle un cobijo de emergencia y 100 días para pensar cómo reconstruir la ciudad. Está claro que se acabó la costa para el sol. Hay que plantar bosque y soto-

FUTURO MÁS ALLÁ DE LOS GRANDES PROYECTOS

Los grandes arquitectos, mejor dicho, los grandes estudios, tendrán que cambiar. A la sencillez de soluciones se impone otra escala en el proceso. Una conversación dentro de los debates entre Piano, Herzog y Murcutt lo ilustra. Murcutt pregunta a sus colegas: “¿Cuánta gente trabaja en vuestros despachos?”. “400”, “180”, responden Herzog y Piano. “En el mío estoy yo y mi mujer. Y vengo a decirle a los jóvenes que se puede ser arquitecto de otra manera. Me vaticinaron que no iba a sobrevivir sin crecer. Cuando un estudio tiene enormes proyectos, es el proyecto el que dirige el estudio. El mío lo sigo dirigiendo yo... Hay futuro más allá de los grandes proyectos”.



bosque para defender la ciudad de los tsunamis”. Esta experiencia se sumaba a la del colombiano Giancarlo Mazzanti y el indio Rahul Mehrotra, que ponen la arquitectura al servicio de la construcción de la ciudad. Medellín emergiendo de la violencia y Mumbay en grave crisis demográfica es donde ponen a prueba sus proyectos. ¿Es la arquitectura el arte de construir o una disciplina para resolver los proble-



mas y necesidades de la sociedad? No hay tiempo que perder ante este eterno dilema. Urgen el talento y el ingenio para resolver las dudas con eficacia y belleza, nuevas ideas y procesos flexibles. Así se expresaron Mathias Sauerbruch (Berlín) y Anne Lacaton (París), que hablaron de la optimización de los programas y su lenguaje derivado del interés por esta óptica.

Francis Keré, originario de Burkina-Faso y afincado en Berlín, mostró las condiciones de la arquitectura en la realidad africana, sus recursos y oportunidades. Su



EDIFICIO MEDIA_TIC/BARCELONA INNOVACIÓN CON PIEL DE PLÁSTICO

En primavera se inauguró este revolucionario edificio, proyectado por el estudio Cloud 9, con Enric Ruiz Geli al frente. Su estructura es un cubo, dos pórticos sobre los que se ha izado lentamente con gatos el forjado de cubierta, una cercha habitable con plantas diáfanas. Se trata de un edificio eficiente, donde su aislamiento se apoya en colchones de ‘tetrafluor’ de modulación hexagonal y resistencia climática. Edificado en el Distrito 22@ de Barcelona, el proyecto se relaciona con las nuevas empresas de talento que allí se levantan.

ARQUITECTURAS INACABADAS

Los restos del 'boom'



La burbuja inmobiliaria deja un paisaje Linacabado, deshabitado. Merece la pena prestarle atención. El *Magazine* de *La Vanguardia* publicó en 2009 un reportaje sobre la hecatombe de edificios a medio hacer y estructuras de hormigón espectrales. Sus autores recorrieron España y no les costó mucho levantar testimonio: bosques de grúas quietas y viales abandonados en el terreno, grandes restos del *boom* urbanístico. Un colectivo italiano ha realizado ahora un trabajo paralelo en su país. El proyecto *Incompiuto siciliano* levanta acta de la obra pública inacabada en 40 años. Se lleva el trofeo Sicilia y, concretamente, el pueblo de Giarre (Catania), de unos 20.000 habitantes: una piscina olímpica a la que le falta 1 metro para ser reglamentaria, un teatro municipal sin rematar durante 52 años, un campo de polo para 22.000 espectadores... El despropósito es tan acusado que han propuesto convertir estas ruinas en un parque arqueológico. No es broma. Giarre quiere sacar provecho de este esperpento oxidado, que no se puede derruir ni completar por falta de dinero y que permanecerá en tierra de nadie.

Agenda LIBROS

ARTE / DER BLAUE REITER (EL JINETE AZUL)

Los caminos del arte

Múnich, 1912. Un grupo de artistas visionarios documenta los nuevos caminos del arte. El pintor ruso Vasili Kandinsky y el muniqués Franz Marc lideran una singular confluencia de genios, entre los que se cuentan Paul Klee, August Macke, Gabriele Münter o Alexei von Jawlensky.

Todos ellos comparten la visión de que el Impresionismo ha quedado atrás y de que el arte ha de ser manifestación exterior de lo interior. Adscritos a la corriente del Expresionismo, declaran su interés por las formas artísticas primitivas y medievales, a la vez que muestran su admiración por los nuevos movimientos que surgen en Europa.



Sus inquietudes se reflejan en el Almanaque Der Blaue Reiter (El jinete azul), un manifiesto del arte moderno, editado en Múnich en la primavera de 1912. El nombre del almanaque –y por extensión del grupo de artistas– viene de la

ilustración de portada, obra del propio Kandinsky.

La ciudad alemana todavía atesora buena parte de la obra del grupo en el singular museo que fue casa de Franz von Lenbach, y el Almanaque sigue siendo una obra de referencia vital para comprender los movimientos artísticos de la primera mitad del siglo XX. La actual reedición ofrece la traducción íntegra del original, con todas las ilustraciones de 1912, así como un exhaustivo índice de las diversas contribuciones y aportaciones de los estudios artísticos modernos. ■

DER BLAUE REITER
VASILI KANDINSKY Y FRANZ MARC
PAIDÓS
328 páginas 24,00 €



DESARROLLO PERSONAL

Si funciona, cámbialo
FRANC PONTI
Y J. M. FERRER-ARPI

Un libro que se lee con lápiz, papel y la mente abierta de par en par. El revelador subtítulo, *Cómo innovar sin morir en el intento* expone la provocativa filosofía de esta obra: hay que replantearse las verdades cotidianas indiscutidas para mejorar cada aspecto de nuestra vida. Con un enfoque práctico, ayuda a superar el miedo a los cambios y a apasionarse por las innovaciones, descubriendo y potenciando las habilidades creativas de cada lector.

Gestión 2000



Contra el viento del norte

DANIEL GLATTAUER

Se encuentran en un correo electrónico enviado a un destinatario equivocado. El género epistolar se reinventa en esta tensa historia de amor. **Alfaguara**



Las tres balas de Boris Bardin

MILO J. KRMPOTIC

El autor catalán sitúa este *thriller* en un oscuro punto del pasado reciente de Argentina. Corrupción y frases disparadas con plomo en una novela más que interesante. **Caballo de Troya**



La ciudad perdida de Z

DAVID GRANN

Mezcla el género biográfico con aventura e intriga: la historia real del explorador Percy Fawcett, desaparecido en 1925 en el Amazonas mientras buscaba El Dorado. **Plaza y Janés**



La palabra pintada y ¿Quién teme al Bauhaus feroz?

TOM WOLFE

Volumen que reúne dos títulos polémicos. Mirada reflexiva de Wolfe sobre el arte moderno y sobre arquitectura de postguerra. **Anagrama**

El Transcantábrico, único e inolvidable

crucero en tren



Disfruta de un verdadero crucero por el norte de España en el único tren que combina el encanto de la nostalgia con las más modernas comodidades, El Transcantábrico. El tren turístico más prestigioso de España que este Año Xacobeo ofrece dos rutas a elegir: desde Santiago de Compostela hasta León o hasta San Sebastián, y en el sentido inverso. Una experiencia que nunca olvidarás.

Más información en www.trenesturisticosdelujo.com y en el 902 555 902

feve
TRENES TURÍSTICOS



ACORTAMOS DISTANCIAS. ACERCAMOS PERSONAS.

www.fomento.es

PASIÓN EN CADA PROYECTO



No todos los aeropuertos son iguales. Ni las carreteras. Ni los puertos. Ni siquiera las vías del tren. Existe algo que los diferencia. La pasión al enfrentarse a su proyecto. El detalle en el diseño, en la planificación, en su desarrollo. Cómo se gestiona, el compromiso con el medio ambiente y, sobre todo, la calidad del equipo humano que hay detrás. En Ineco Tifsa llevamos más de 40 años marcando la diferencia, entregándonos a fondo en cada nuevo proyecto. Siendo un referente en ingeniería y consultoría del transporte, aplicando en más de 25 países la tecnología más avanzada según las necesidades de cada cliente. Cuando se pone pasión en los proyectos se nota en el viaje.

Referente en ingeniería y consultoría de transporte.

