

t **tramos**

nº 752 / noviembre 2024

Revista del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible

En la vanguardia mundial



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE



Trabajamos para ti en tierra, mar y aire



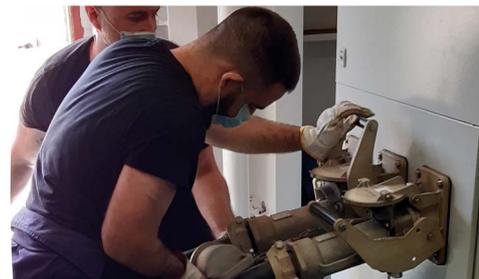
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

Contenido

nº 752 / noviembre 2024

- 2 Innovación ferroviaria
- 14 Nuevostramos
- 26 Europa habla ERTMS
- 32 Despliegue de innovación abierta
- 42 Tenerife Port ZERO
- 50 Análisis del parque eólico Mar de Ágata
- 62 Pasión por los puentes
- 76 20 años del PNOA e IDEE
- 88 Tramos ejemplares



Créditos

Edición y coordinación de contenidos:
Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

Página web: www.transportes.gob.es

Colaboran en este número: Javier Rodríguez-Ventosa; Comunicación Ineco; Santiago Yanes Díaz; José Aranda Vasserot; Luis Arturo Zamorano Díaz; Ana Rita Serna Martínez y Paloma Abad Power.

Fotografía: InnoTrans; Ineco; Puertos de Tenerife; Archivo CFCSL; Shutterstock.

Comité de Redacción: Presidencia: Rafael Guerra Posadas (Subsecretario).

Vicepresidencia: Alejandra González Madrid (Secretaría General Técnica).

Vocales: Pere Rostoll Fernández (Director de Comunicación), Ainhoa Morondo Quintano (Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado); Aida Joaquín Acosta (Jefa del Gabinete de la Subsecretaría), Mónica Marín Díaz (Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transporte Terrestre), Elena María Atance Herreros (Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes Aéreo y Marítimo).

Diseño y maquetación: Chelo Cruz. Centro de Publicaciones.

Dirección: Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid.
Teléfono: 915 977 000.

Suscripciones: M^a Ángeles Baltar Arnaiz: 915 977 260 y Estrella Benedito Culebras 915977814. **e-mail:** cpublic@transportes.gob.es

Acceso a la publicación en digital y compra de la revista en papel en <https://publicaciones.transportes.gob.es/>

Y al histórico de la revista en <https://www.transportes.gob.es/el-ministerio/informacion-para-el-ciudadano/revista/listado-de-revistas>

Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 2792-4564. ISSN-e: 2792-4572.
NIPO: 196-24-001-2 y NIPO-e: 196-24-002-8

Esta publicación no se hace necesariamente responsable solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas.

Esta revista se imprime en papel FSC o equivalente.



Participación de la industria española y las empresas del Grupo Transportes en las ferias internacionales del ferrocarril

La feria InnoTrans, considerada como el gran escaparate mundial de la innovación ferroviaria, celebró en septiembre su decimocuarta edición en Berlín. La industria española compartió en este macroevento bienal sus nuevas soluciones tecnológicas para contribuir a la transformación del ferrocarril en un modo de transporte cada vez más sostenible, seguro y eficiente. El ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, a la cabeza de una delegación que incluyó a las empresas públicas Adif, Ineco y Renfe, acudió a la feria para mostrar el respaldo institucional al sector ferroviario nacional. Dos semanas después participó en la feria Global Rail en Abu Dabi.

Innovación ferroviaria

- Texto: Javier R. Ventosa
- Fotos: InnoTrans

Exposición de trenes al aire libre.

Entre el 24 y el 27 de septiembre, el recinto ferial Messe de Berlín acogió la celebración de la feria InnoTrans, el mayor escaparate mundial de la innovación aplicada al mundo del ferrocarril. En su decimocuarta edición, que ha batido todos los récords (2940 expositores de 59 países, 170 000 visitantes, un área de exposición al aire libre donde se han exhibido 133 nuevos vehículos ferroviarios y otra, novedosa, dedicada a la Inteligencia Artificial o IA), este evento bienal ha consolidado su papel como la gran feria global de la industria ferroviaria. Es un punto de encuentro obligado para que el sector comparta el estado del arte de la tecnología, donde operadores, constructores, ingenierías, empresas tecnológicas y compañías auxiliares establecen contactos y firman contratos, donde se marcan las tendencias del ferrocarril del futuro.

Más de 80 empresas españolas estuvieron presentes en la feria bajo la coordinación de la Asociación de la Industria Ferroviaria Española (Mafex), que agrupa a 118 compañías que representan el 83 % de las exportaciones ferroviarias del país y tienen presencia en 100 países. En Berlín, este sector mostró su oferta de productos y soluciones, encuadrados bajo los cinco segmentos en que se estructuró el evento: tecnología ferroviaria, infraestructura ferroviaria, transporte público, equipamiento interior y construcción de túneles. Se trata de una oferta heterogénea que refleja la capacidad de innovación del sector, considerado como referente de un mercado ferroviario global en el que tiene una presencia cada vez mayor.

Apoyo institucional

El ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente,



Interior de uno de los 42 pabellones de la feria.



acudió a InnoTrans para mostrar el apoyo institucional a este importante sector económico. Su agenda alternó el recorrido guiado por la feria y el área exterior con la visita al stand de Mafex y los encuentros con diversas empresas de nuestro país para conocer de primera mano sus innovaciones. El primer día acudió a la sesión inaugural, convocada bajo el lema *De la exageración a la realidad: Inteligencia Artificial en el sector de la movilidad*, donde por primera vez intervino una empresa española (CAF), lo que refleja la creciente importancia de la industria nacional en el ámbito de la innovación ferroviaria.

En una intervención ante las empresas, el ministro recalcó el respaldo del Departamento al ferrocarril en España, con tenido inversiones récord en infraestructuras y material rodante en 2024 (más de 1700 M€ ejecutados y más de 2000 M€ licitados en los cinco primeros meses, siguiendo la línea de 2023, otro año récord), para



El ministro y el presidente de Ineco, en el stand de la consultora.

avanzar en el objetivo de convertirlo en la columna vertebral de una movilidad segura, sostenible y conectada, una de las prioridades del Ministerio. Y recalcó que la industria, a la vanguardia de la innovación y con capacidad y experiencia

probadas, tiene mucho que aportar en este proceso de transformación. “Ya lo habéis hecho hasta ahora y quiero pedir os que sigáis haciéndolo, porque os necesitamos para el desarrollo de la movilidad del futuro”, dijo. También se compro-

Intervención del ministro de Transportes ante las empresas en el stand de Mafex.





Entrada a la feria InnoTrans 2024.

metió a seguir manteniendo una agenda internacional muy activa para promover nuevas oportunidades en el exterior.

Empresas del Grupo

El ministro encabezó la delegación del Grupo Transportes, que incluyó a altos cargos directivos y técnicos de las empresas públicas que operan en el sector ferroviario: Adif, Ineco y Renfe. Estas compañías acudieron a Berlín para aprender, explorar oportunidades y compartir sus proyectos de innovación. Su presencia en InnoTrans, como en otras ferias, está avalada por la experiencia adquirida en el desarrollo de uno de los sistemas ferroviarios más modernas del mundo y, especialmente, en las tres décadas de planificación, construcción, mantenimiento, gestión y operación de la red española de Alta Velocidad, segunda del mundo

en extensión después de la china (más de 4000 kilómetros, de ellos 750 en los cinco últimos años) y convertida en seña de identidad de la Marca España.

La presencia de Adif en Berlín ha sido una nueva oportunidad para

mostrar a la comunidad ferroviaria tanto su papel nuclear en el desarrollo de una red de altísimas prestaciones, que incluye la mencionada alta velocidad, construida con el coste medio de construcción más bajo de la UE, como también

Firma del acuerdo entre los presidentes de Adif y la chilena EFE.





Intervención de una experta en ERTMS de Ineco durante una mesa redonda.

en una amplia red convencional y de Cercanías, la más empleada por los usuarios, y que ha sido objeto en los últimos años de una inversión mucho mayor que en años anteriores. El liderazgo de la empresa en este campo es clave para atraer el interés de homólogos de otros países que quieren conocer la experiencia en la modernización del sistema ferroviario español, y, además, le permite actuar como prescriptor del sector español, creando nuevas oportunidades de negocio en el exterior.

Para ello, la delegación oficial, encabezada por el nuevo presidente, Pedro Marco de la Peña, junto a representantes de las direcciones de Internacional y de Planes y Proyectos Estratégicos y de la dirección general de Conservación y Mantenimiento, tuvo una apretada agenda de encuentros con administradores de infraestructuras ferroviarias de otros países y con

empresas. Mantuvieron reuniones con entidades homólogas de Marruecos (ONCF), República Checa (SZCZ) y Corea del Sur (KNR) para preparar acuerdos de colaboración, que permitirán intercambiar experiencias y pueden traducirse en la participación de expertos de la empresa en proyectos en esos países. Uno de estos acuerdos, firmado con EFE, la compañía de ferrocarriles de Chile, sienta las bases para la colaboración en mantenimiento, operación y explotación comercial. También hubo un encuentro con el CEO de la empresa ferroviaria estadounidense Amtrak, interesado en conocer la experiencia de Adif en materia de señalización, IA o gestión de proyectos. La dirección de Mantenimiento y Conservación, por su parte, mantuvo numerosas reuniones con proveedores para conocer los últimos avances técnicos, mientras que María Luisa Domínguez, presidenta de EIM y

directora de Planes y Proyectos Estratégicos de Adif, desarrolló también una relevante labor institucional con entidades como la ERA, además de recibir el premio Women in Rail, que reconoce su importante trayectoria.

Por su parte, **Ineco** mostró en Berlín sus fortalezas en el ámbito ferroviario, basadas en la capacidad multidisciplinar de la ingeniería y su combinación con el conocimiento especializado adquirido en el desarrollo de la red de Alta Velocidad española, lo que ha permitido a la consultora desarrollar proyectos en los cinco continentes. El presidente de la compañía, Sergio Vázquez Torrón, presentó las particularidades del modelo ferroviario español, un caso único que ha obligado a la empresa a desarrollar soluciones de ingeniería civil y tecnológicas propias para salvar retos como la compleja orografía española o la circulación de trenes de ancho estándar sobre vías de ancho ibérico, y que además es líder en la implantación del sistema de señalización ERTMS en Europa. También destacó los últimos avances para afrontar los desafíos futuros del ferrocarril, un escenario en el que la innovación y tecnologías como la IA son un motor de transformación.

Las ponencias presentadas por representantes de la empresa recogieron estos aspectos. Así, la gerente de ERTMS puso en valor el papel de Ineco como referente para la Comisión Europea en el despliegue de este sistema de señalización en los corredores TEN-T, guiando y monitorizando el trabajo de los gestores de infraestructuras, operadores y la industria en los grupos de trabajo que definirán la arquitectura futura del sistema, la operación armonizada y las especificaciones técnicas que ello



El ministro, durante su intervención en el foro Global Rail.

Siguiente parada: Abu Dabi

Las ferias internacionales se suceden y, tras la cita germana, el ministro de Transportes y Movilidad Sostenible participó en el evento Global Rail Transport Infrastructure Exhibition and Conferences, celebrado en Abu Dabi entre el 8 y el 10 de octubre, que reunió a líderes del sector ferroviario para debatir sobre los retos futuros del ferrocarril. En la sesión de apertura, el titular del Departamento aseveró que el modelo ferroviario español “es un modelo de éxito exportable a todas partes”. En la feria participaron varias empresas españolas con proyectos en la región (Renfe, Ineco, Sener, Talgo, CAF, Danobat e Indra), que expusieron en los distintos paneles sus aportaciones a la innovación tecnológica del ferrocarril.

Durante su estancia, el ministro ofreció a su homólogo de Emiratos Árabes Unidos la experiencia y el conocimiento de las empresas españolas para seguir colaborando en el desarrollo de infraestructuras de transporte en la región, con especial hincapié en el sector ferroviario y en el proyecto del aeropuerto Al Maktoum de Dubái. En una entrevista con el consejero delegado de Etihad Rail, mostró especial interés por la línea de Alta Velocidad que promueve el operador nacional emiratí entre Abu Dabi y Dubái (150 km), las dos principales ciudades de los Emiratos, proyecto en el que Renfe –que acaba de abrir una sucursal en el país– e Ineco participan desde 2023.



Renfe acudió a la feria con un récord histórico mensual en el transporte de viajeros.

conllevará. Por su parte, el gerente de Innovación puso de manifiesto la apuesta de Ineco por la IA desde hace 10 años, destacando el desarrollo de soluciones tecnológicas propias que hoy se utilizan en el mantenimiento de infraestructuras ferroviarias.

La presencia de Renfe en Inno-trans coincidió con el anuncio de su récord histórico de viajeros, al transportar en la jornada del 27 de septiembre un total de 127 547 pasajeros en los trenes de Alta Velocidad y Larga Distancia (AVE, Avlo y Alvia), cifra que es el producto del incremento de frecuencias y destinos y de la incorporación de unidades de la serie 106. Es un hito que refleja el gran aumento de la demanda de Alta Velocidad en España en la fase de liberalización (32,4 millones de viajeros en 2023, un 37 % más que el año anterior) y que confirma a Renfe, con la mayor cuota de mercado frente a la competencia, como primer operador de viajeros de España. En este sentido, la feria berlinesa fue una oportunidad para poner en valor la experiencia de la empresa en la operación comercial con trenes de Alta Velocidad en España y otros países (Arabia Saudí, Francia), así como para explorar nuevos mercados, en sintonía con la estrategia de internacionalización que la compañía impulsa desde 2019.

La delegación oficial la formaron representantes de las divisiones de la sociedad Renfe Proyectos Internacionales, de la dirección general de Innovación y Transformación Digital y de la dirección de Estrategia, que mantuvieron reuniones con *stakeholders* estratégicos del sector. En las mesas de debate aportaron la visión corporativa sobre el futuro del ferrocarril y detallaron la participación de la empresa, en el marco de proyectos europeos



Demostrador de conducción autónoma de tranvías de CAF.

consorciados como la iniciativa ERJU (Europe's Rail Joint Undertaking), en el desarrollo de soluciones piloto de tecnologías avanzadas (IA, *big data* y *machine learning*) para avanzar en la automatización del ferrocarril.

Material rodante

El sector ferroviario español presente en Berlín, donde también se integran las entidades públicas mencionadas, lo forma un conjunto heterogéneo de empresas privadas, en su mayoría de tamaño mediano o pequeño, que abarca los diferentes subsectores de actividad del ferrocarril, desde fabricación de trenes y maquinaria auxiliar hasta tecnología de señalización y comunicaciones, infraestructura de vía, electrificación, ingeniería, construcción, certificación, operación, componentes e interiorismo. Su oferta de productos y soluciones, amplia, muy especializada y exportable, está orientada a configurar una movilidad cada vez más descarbonizada, segura y accesible. El pro-

Tendencias de futuro

Cómo será la movilidad del futuro basada en la electrificación, la sostenibilidad, la digitalización y la automatización. El lema de InnoTrans 2024 puso el foco en las tendencias de innovación dominantes en la industria para transformar el ferrocarril en un modo de transporte más seguro, eficiente y respetuoso con el medio ambiente.

Una tendencia cada vez más consolidada son las tecnologías verdes para descarbonizar el ferrocarril. La industria sigue apostando por la tracción eléctrica, por su sostenibilidad y fiabilidad. Paralelamente, ganan terreno los trenes propulsados por hidrógeno y por baterías, cada vez con más autonomía, como alternativa a la tracción diésel para líneas no electrificadas. También se han abierto paso los trenes que reducen el consumo energético. Además, se constata la creciente importancia de las redes eléctricas inteligentes y del autoconsumo con fuentes renovables para reducir la factura energética.

La digitalización es otra tendencia que ha irrumpido con fuerza en el ferrocarril. Tecnologías como la IA tienen gran potencial para mejorar la eficiencia y la seguridad en ámbitos como los sistemas de gestión de tráfico y la conducción autónoma de trenes. También en el mantenimiento predictivo, campo al que ya contribuye el Internet de las Cosas. Asimismo, crece la importancia que las empresas dan a la ciberseguridad, la robótica y el tráfico de datos.

El sector presta cada vez más atención a la mejora de la experiencia del viajero. En este campo se multiplican las innovaciones para modernizar la ergonomía de los asientos y ampliar los espacios interiores de los coches, mejorar la conectividad en los trenes, optimizar la información al viajero y generalizar soluciones *contactless* de *ticketing* que permitan un viaje fluido y sin barreras.

tagonismo en Berlín, como en otras ferias, recayó sobre los fabricantes de trenes, que presentaron novedades para los mercados nacional e internacional.

Así, CAF exhibió en su stand los avances del proyecto europeo FCH2RAIL, tren propulsado por hidrógeno y desarrollado por un consorcio internacional con participación de Renfe y Adif. El prototipo de este tren culminó con éxito el pasado verano los trayectos de prueba en seis líneas de España y Portugal, con una autonomía demostrada de 804 kilómetros. También informó del proceso de fabricación de los trenes de Cercanías y Media Distancia para Renfe. Para el mercado internacional, la empresa vasca exhibió una maqueta del tren propulsado por baterías que fabrica para el operador germano NWL, que entrará en servicio en 2025, así como de trenes ligeros y tranvías para varias ciudades europeas.



Frontal de la locomotora Baureihe 105 para el operador germano DB.

Talگو presentó tres novedades. Por un lado, el Talگو 230, tren interurbano que fabrica para el operador danés DSB (16 unidades, velocidad de 230 km/h, interoperables para servicios nacionales y transfronterizos, con un consumo

energético un 30 % inferior al estándar). Por otro, la locomotora de alta potencia Baureihe 105 fabricada para el operador alemán DB, que traccionará 79 trenes Intercity ICE L y que se presentó por primera vez en público. Además, mediante una

Prototipo del proyecto FCH2RAIL en la estación de Cáceres.





Stand de la empresa Beamagine.



Robot de inspección de Talgo.

aplicación de realidad virtual, dio a conocer a los operadores las posibilidades que ofrece la alta modularidad de la plataforma de Muy Alta Velocidad Avril, origen de la serie 106 de Renfe que opera en España desde el pasado verano.

Las dos multinacionales europeas con filiales y centros de producción en España presentaron, dentro de su oferta comercial, los dos modelos de trenes de gran capacidad que suministrarán a Renfe para renovar la flota de los núcleos de Cercanías y Rodalies. **Stadler** exhibió en su stand la maqueta del tren que fabrica para la operadora pública en su planta de Albuixech (Valencia), cuya primera unidad, de un pedido total de 59, ya ha iniciado las pruebas de homologación. Por su parte, el catálogo del fabricante francés **Alstom** incluyó los trenes

de la familia X'Trapolis que actualmente produce para la empresa española en su factoría de Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona), cuyas tres primeras unidades, de un pedido de 152, han iniciado las pruebas de vía. Ambos modelos se entregarán al cliente a partir de 2025.

Tecnología ferroviaria

Las empresas tecnológicas también compartieron sus innovaciones. **CAF** presentó dos novedades: el sistema de señalización Optio, diseñado para mejorar la gestión de la operación en entornos urbanos y optimizar la eficiencia energética, y la solución de IA LeadMind para el mantenimiento predictivo de flotas. Y atrajo la atención con el demostrador de conducción autónoma remota

Alive, que permitió a los visitantes operar desde Berlín un tranvía situado en Oslo. **Indra**, por su parte, promocionó sus nuevos desarrollos de señalización digital abierta y de gestión de tráfico, diseñados para avanzar hacia una gestión más automatizada, además de soluciones de *ticketing* inteligente basadas en *big data* e IA. **SICE** mostró su *software* Sidera Rail, que centraliza y optimiza la gestión de estaciones, túneles, vía y material rodante, y que es accesible desde cualquier lugar o dispositivo. **Idom** presentó sus avances en gemelos digitales, creando réplicas exactas de la infraestructura para optimizar el mantenimiento.

Otras empresas de menor tamaño también demostraron su capacidad innovadora con varias primicias mundiales en la feria.



El ministro contempla la maqueta del tren de Cercanías que Stadler Rail Valencia fabrica para Renfe.



Interiorismo de un tranvía diseñado por la empresa Oliva Torras.

Entre ellas destacan un sistema embarcado que anticipa la necesidad de mantenimiento de las vías (CEIT), una solución de IA y videoanalítica para vigilancia de estaciones (Imotion Analytics), un sistema de cámaras 2D y 3D mediante LiDAR que mejora la visión del entorno del tren (Beamagine) y un equipo de comunicaciones tren-tierra que anticipa la próxima generación de comunicaciones ferroviarias (Teltronic).

La oferta del sector se completó con las aportaciones en los otros segmentos en que se estructuró a la feria, con empresas españolas que son referentes internacionales en ámbitos como la ingeniería, la construcción, el transporte público, el equipamiento interior, los aparatos de vía o los sistemas de ventilación de túneles. ■



Relaciones sobre infraestructuras con Emiratos Árabes Unidos

Inversiones en el Corredor Mediterráneo

El ministro de Transportes, Óscar Puente, ha destacado la inversión récord que el Gobierno está destinando al desarrollo del Corredor Mediterráneo, una infraestructura clave para la conectividad europea y el impulso del ferrocarril como modo de transporte sostenible para pasajeros y mercancías.

Desde junio de 2028 se han licitado obras por 7100 millones de euros y se han adjudicado contratos por 5300 millones de euros, lo que ha permitido que actualmente estén en ejecución más de 800 kilómetros del Corredor, además de varias terminales logísticas y accesos portuarios. De hecho, este proyecto ferroviario no solo será el eje de unión entre Andalucía, Murcia, Valencia y Cataluña, sino que será la gran arteria multimodal que enlazará Algeciras con Ucrania y con el resto de las redes transeuropeas, y su culminación tendrá una gran repercusión en la movilidad, sostenibilidad y desarrollo económico de la región.

La fuerte apuesta por el Corredor Mediterráneo está en línea con el compromiso del Ministerio en el despliegue de nuevas infraestructuras en la Comunidad Valenciana, como la prórroga de la gratuidad de los peajes de la AP-7 Circunvalación de Alicante hasta el 15 de febrero de 2025 con el objetivo de descongestionar la A-70, o la futura puesta a punto de la Terminal Norte del Puerto de Valencia.



El titular del Departamento, Óscar Puente, se ha reunido en Abu Dabi con el ministro de Energía e Infraestructuras de Emiratos Árabes Unidos, Al Mazrouei, para abordar la buena relación entre ambos países y el importante papel que juegan el sector del transporte y las infraestructuras para seguir estrechando lazos. Durante el encuentro, Óscar ha trasladado el interés de las empresas españolas en participar en el desarrollo de las infraestructuras del transporte, la logística y la movilidad de la región; y ha ofrecido el amplio conocimiento y experiencia de las compañías españolas en el despliegue de estos proyectos, destacando la posición de España que se sitúa a la vanguardia de la industria internacional.

Óscar Puente se ha interesado por la futura línea de alta velocidad entre Abu Dabi y Dubái, un proyecto clave para la cohesión territorial y la descarbonización de la región; así como por el proyecto del Aeropuerto Internacional de Al Maktoum en la zona de Dubái World Central que, una vez completado, tendrá capacidad para 160 millones de pasajeros, el doble que el actual aeropuerto internacional de Dubái, siendo uno de los más grandes del mundo.

Asimismo, el ministro español de Transportes ha intervenido en la feria de transporte e infraestructura ferroviaria que se ha celebrado en el emirato: "Global Rail Transport Infrastructure Exhibition and Conferences", donde ha defendido el papel del ferrocarril para lograr un transporte sostenible y competitivo, y ha destacado el modelo ferroviario español por ser la segunda red de alta velocidad más extensa del mundo, que permite conectar al 70 % de la población con una alta calidad, un coste asequible y en plazos relativamente cortos. También, ha mencionado la participación de España en la industria ferroviaria mundial al estar presente en países como Nepal, o en el tren de alta velocidad entre La Meca y Medina; o en el desarrollo de Rail Baltica, el mayor proyecto de alta velocidad de la Unión Europea.



Adif y Adif AV aumentan su inversión hasta 2026

Adif y Adif AV han actualizado su Programa de Actividad 2022-2026 que contempla una inversión de 24 108 millones de euros al cierre de dicho periodo, donde más de la mitad (12 108 millones de euros) se destinará a la red convencional, Cercanías y mercancías; y los 12 000 millones restantes a la red de alta velocidad.

Las actuaciones contemplan impulsar el servicio de Cercanías y fomentar el tráfico de mercancías por tren mediante la adecuación de las autopistas ferroviarias, la renovación y digitalización de los nodos logísticos o la mejora de las conexiones ferroviarias con los puertos. También, se trabaja en la modernización de los sistemas de señalización, electrificación y comunicación de la red convencional, así como en el desarrollo de los corredores de alta velocidad.

Toda esta aportación económica favorecerá a consolidar el ferrocarril como eje principal de la movilidad sostenible para el transporte de proximidad y de larga distancia de viajeros, y para subir más mercancías al tren. Al mismo tiempo que se contribuye a la vertebración territorial, a la multimodalidad y al crecimiento económico.



Finaliza el programa Verano Joven 2024 con cifras récord

El programa Verano Joven 2024 se despide con 5,2 millones de viajes realizados en tren y autobús con descuentos de hasta el 90 % entre el 1 de julio y el 30 de septiembre de 2024. Unas cifras récord que superan en un 30 % los viajes realizados en la primera edición de 2023, lo que refleja el éxito absoluto de esta medida destinada a promover el uso del transporte público colectivo. En total, casi 1,4 millones de jóvenes entre 18 y 30 años se han beneficiado de las rebajas, que les ha permitido ahorrarse unos 15 euros de media por cada billete de tren y hasta 23 euros de media por cada trayecto en autobús. El 63 % de los trayectos registrados este verano se han realizado en ferrocarril y el resto por carretera. Y, el 62 % de los viajes han tenido origen y/o destino en Andalucía, Cataluña, Madrid y la Comunidad Valenciana, siendo las rutas Madrid-Barcelona y Madrid-Valencia las más demandadas. Estas bonificaciones, aprobadas por el Gobierno, se enmarcan en las políticas del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible para promover el uso del transporte público de forma eficiente, segura y sostenible.

VERANO JOVEN 2024
DESCUENTOS EN EL TRANSPORTE PÚBLICO

El Verano Joven ha cerrado con **5,2 MILLONES DE VIAJES**

RÉCORD ABSOLUTO 2023 4M

que refleja el éxito de esta medida destinada a promover entre los jóvenes el uso del transporte público para viajar por España

DESCUENTOS EN EL TRANSPORTE PÚBLICO
VERANO 2024

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE





Nuevos convenios y subvenciones con Cataluña

Mejora de las carreteras

El Consejo de Ministros ha autorizado a Transportes a firmar tres convenios con Cataluña para invertir 710 millones de euros en la mejora de la circulación, seguridad vial y conectividad de las carreteras del Estado en esta comunidad.

En concreto, los convenios recogen el refuerzo de la conectividad en las autopistas AP-2 y AP-7, el desarrollo del plan de mejora del Eje Pirenaico (N-260), y la construcción de la Ronda Nord, que dará continuidad al corredor de la B-40 entre Terrassa y Sabadell.

La Generalitat de Catalunya llevará a cabo las actuaciones, que serán financiadas íntegramente por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, con cargo a su presupuesto. De esta manera, las inversiones se traducirán en una mejora sustancial de las infraestructuras viarias en Cataluña y en un impulso en su movilidad y conectividad.

Financiación de Rodalies

El Gobierno ha declarado de urgencia la tramitación del Real Decreto por el que se establece la concesión directa de subvenciones a Cataluña para reforzar la financiación de Rodalies con hasta 486 millones de euros entre 2024 y 2026.

El objetivo es agilizar los trámites administrativos y reducir los plazos para articular este año la transferencia de 97 millones de euros a la Generalitat. Con esta primera anualidad se financiará el Plan de Acción, la mejora de los Rodalies de Lleida y los servicios de autobús durante las obras de Adif.

El acuerdo se alcanzó en la Comisión Mixta de Asuntos Económicos y Fiscales entre el Estado y la Generalitat de Catalunya, en el marco del traspaso integral de Rodalies.

Nuevos accesos sur al Puerto de Barcelona

El Consejo de Ministros ha autorizado a Transportes a adquirir los compromisos económicos futuros para ejecutar las obras de los nuevos accesos sur, viario y ferroviario, al Puerto de Barcelona, que contarán con una inversión de 730 millones de euros.

Con esta autorización se avanza en los trámites que permitirán suscribir el convenio que regula la financia-

ción de los accesos entre el Ministerio, Adif, Puertos del Estado y la Autoridad Portuaria del Puerto de Barcelona. La financiación total de las actuaciones previstas se articula de la siguiente manera: 263,8 millones por el Ministerio, a través de la Dirección General de Carreteras; 266,34 millones de euros por Adif; y 200 millones de euros por la Autoridad portuaria del Puerto de Barcelona.



nuevos tramados

Valladolid, nodo logístico del Corredor Atlántico

El titular del Departamento, Óscar Puente, ha visitado las obras del futuro Complejo Ferroviario de Valladolid, que convertirá a la provincia en un nodo logístico estratégico del Corredor Atlántico y formará parte de los servicios de autopista ferroviaria. De hecho, varias empresas ferroviarias están interesadas en prolongar la autopista ferroviaria Valencia-Madrid hasta Valladolid y crear una nueva Valladolid-Madrid con doble destino, Zaragoza por un lado, y Algeciras por el otro, vinculadas al sector del automóvil y de la industria agroalimentaria, y sirviendo también de enlace inicial a conexiones con Cantabria, Asturias o Galicia.

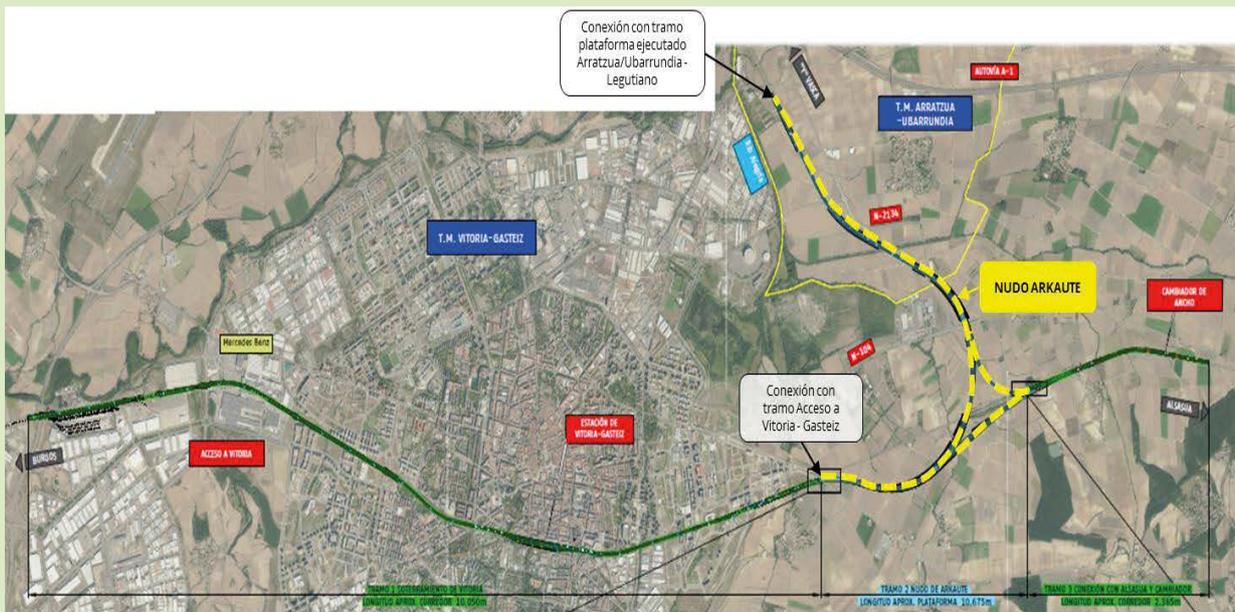
A través de Adif, se están invirtiendo 300 millones de euros en levantar el Complejo, lo que remodelará la red ferroviaria de la Valladolid para convertirla en *hub* de transporte de carga, tecnología e innovación ferroviaria y donde se incluye la nueva terminal de mercancías.

Además, la Variante Este, que conectará con el nuevo Complejo Ferroviario, permitirá sacar todos los trenes de



mercancías de la ciudad de Valladolid y reducir un 25 % el tráfico ferroviario que pasa por el núcleo urbano. La variante se pondrá en servicio en 2025 en una primera fase y quedará completamente ejecutada en 2026.

Nuevo nudo ferroviario para el desarrollo de la Y Vasca



El Consejo de Ministros ha dado luz verde a Transportes para suscribir, a través de Adif AV, un convenio con el gobierno vasco para construir el nudo ferroviario de Arkaute por un importe de 181 millones de euros, paso fundamental para el desarrollo de la Y Vasca.

El gobierno vasco se encargará de la redacción del proyecto de construcción y la ejecución de la plataforma ferroviaria, según el proyecto básico de Adif, que será financiado por el Gobierno de España con 146,3 millones de euros. Por su parte, Adif AV asumirá

el desarrollo de la superestructura ferroviaria del nudo (vía, electrificación, instalaciones de seguridad y comunicaciones, etc.) con una inversión de 34,7 millones de euros con cargo a sus presupuestos.

Este tramo, ubicado en el entorno de Vitoria-Gasteiz, tiene una importancia crucial en la conexión entre la red ferroviaria de Euskadi y el resto de la red de alta velocidad, ya que será el nexo entre la capital y la Línea de Alta Velocidad Vitoria/Gasteiz-Bilbao-Donostia/San Sebastián, a la que quedará conectada a través del tramo Arratzua/Ubarrundia-Legutiano, ya construido.





Conexiones ferroviarias transfronterizas



Durante el Consejo Informal de Ministros de la Unión Europea, que se ha celebrado en Budapest, el secretario de Estado de Transportes y Movilidad Sostenible, José Antonio Santano, ha destacado la importancia de finalizar las conexiones transfronterizas pendientes para conseguir una red ferroviaria paneuropea de altas prestaciones y sin discontinuidades entre países. Y ha mostrado su convicción de que un mercado ferroviario abierto de manera justa y plenamente interoperable maximizará el beneficio para la ciudadanía, las empresas y para el Mercado Único europeo. Además, ha afirmado que la mejora de la competitividad del sector del transporte europeo pasa por aprovechar la transición ecológica y digital como instrumento de colaboración.

Asimismo, Santano ha trasladado a la representante del Gobierno francés su preocupación por el estado de los trabajos para reabrir al tráfico la RN-134 dada la importancia de la conexión internacional por el túnel de Somport. También, durante el encuentro, se ha puesto a disposición del resto de países para compartir el conocimiento de España en el diseño y la construcción de infraestructuras de transporte, resaltando que la red de alta velocidad española supera ya los 4000 kilómetros y conecta al 70 % de la población, proporcionando numerosos beneficios en términos de cohesión social y territorial.

Túnel ferroviario de Somport

Transportes ha sometido a información pública el Estudio Informativo para la reapertura del túnel ferroviario de Somport, ubicado en Huesca y perteneciente a la línea internacional Zaragoza-Canfranc-Pau, que enlaza España con Francia atravesando los Pirineos.

El túnel, con una longitud de 7,8 kilómetros, cuenta con un tramo ubicado en territorio español (60 % de su longitud) y con un tramo localizado en territorio francés (40 % restante). Fue puesto en servicio en 1928, pero, actualmente, funciona como galería de evacuación de emergencia del túnel carretero de Somport, que es sensiblemente paralelo al mismo.

El Estudio Informativo, relativo al tramo español, propone restablecer el tráfico ferroviario internacional, habilitando un corredor complementario al Atlántico y al Mediterráneo para mejorar las conexiones con Europa, impulsar el tráfico de las mercancías en tren y descarbonizar el transporte.

Las actuaciones que se aprueben definitivamente en el Estudio Informativo serán desarrolladas en el proyecto constructivo de reapertura del túnel que desarrolle el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, a través de Adif, en el marco de los trabajos relativos a la reapertura de la línea internacional de Canfranc, que cuentan con fondos europeos del Mecanismo Conectar Europa 2022.



nuestros

Renovación de los trenes Alaris

El ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, ha visitado los talleres de Fuencarral donde Renfe está llevando a cabo la renovación integral de seis trenes de la serie 490 (Alaris) para reforzar el servicio ferroviario de Zaragoza, Pamplona y Logroño. Está previsto que las unidades reformadas entren en circulación a lo largo de 2025.

Una vez finalizados los trabajos, los trenes ofrecerán un elevado nivel de confort, mejorando la experiencia de los usuarios al contar con más asientos, un nuevo sistema de información al viajero y espacio para máquinas vending, bicicletas y nuevos maleteros. Además, se están instalando enchufes, iluminación led, nuevos monitores, y teleindicadores de sala y exteriores. La actualización de estos trenes impulsará un transporte público eficiente y de calidad, que potenciará el ferrocarril como el principal elemento de cohesión territorial.

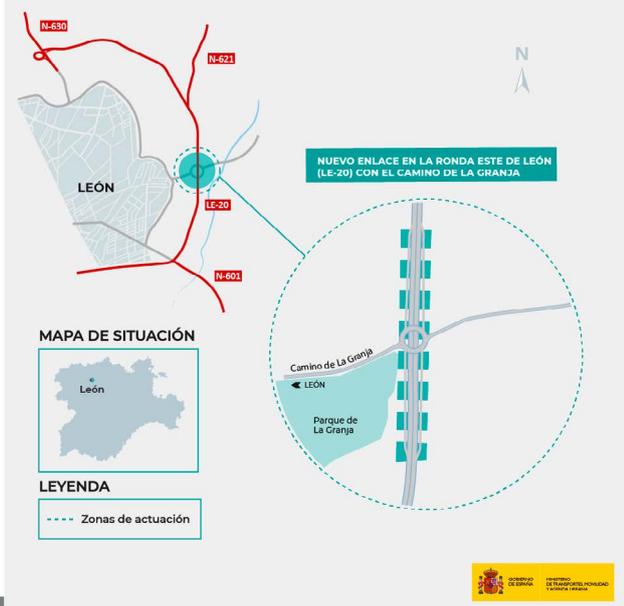


Licitación de las obras del paso inferior de La Granja

El secretario de Estado, José Antonio Santano, ha anunciado la licitación de las obras del paso inferior del enlace de La Granja en la carretera de Circunvalación Este de León LE-20.

La actuación contará con un importe de casi 28 millones de euros y un plazo inicial de ejecución de 36 meses. El proyecto mejorará la seguridad vial, la accesibilidad y la funcionalidad de las carreteras, y evitará las congestiones de tráfico. De esta forma, se mejorará la movilidad de la ciudadanía y los accesos a la ciudad, tanto para León como para Villaquilambre.

ENLACE EN LA RONDA ESTE DE LEÓN (LE-20) CON EL CAMINO DE LA GRANJA



Renovación integral de la línea de Cercanías entre Buñol y Utiel

Transportes ha adjudicado por 101,8 millones de euros la renovación integral del tramo Buñol-Utiel de la línea C3 de Cercanías con el objetivo de reforzar la fiabilidad de la red y mejorar la calidad del servicio ferroviario en la Comunidad Valenciana.

Se han destinado 71,3 millones de euros a renovar el carril, las traviesas y el balasto de la vía, a adecuar los andenes de las estaciones y a adaptar 13 túneles para su futura electrificación. Además, se suman otros dos contratos para el suministro de material, asistencia y consultoría por un total de 30,5 millones de euros.

Las obras se desarrollarán en Buñol, Requena, Siete Aguas y Utiel, para reforzar la explotación del servicio y contribuir a una mayor regularidad y velocidad de los tráficos. Los trabajos cuentan con financiación europea de los fondos NextGenerationEU, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.





II Reunión del Public Officials Group en Berlín

El 14 y 15 de octubre tuvo lugar en Berlín la segunda reunión del EU BIM Public Officials Group (Grupo de Decisores públicos de la UE para la incorporación de BIM), cuya creación fue impulsada durante la Presidencia Española de la Unión Europea del segundo semestre de 2023 por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, que ostenta la presidencia de la Comisión Interministerial BIM a través de su Subsecretaría.

Esta segunda reunión del Grupo ha sido coorganizada por Alemania y España, a través, respectivamente, del Ministerio para Asuntos Digitales y Transportes y del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. Han acudido a la misma representantes de 14 Estados miembros y de las Direcciones Generales de la Comisión Europea DG GROW y DG MOVE, en concreto de las áreas relacionadas con la construcción y la digitalización. Este segundo encuentro ha contado con una sesión de alto nivel con mensajes de los ministros alemanes de Asuntos Digitales y Transportes, y de Vivienda, Desarrollo Urbano y Edificación, y del ministro español de Transportes y Movilidad Sostenible, que resaltaron la importancia que tienen las estrategias de BIM y Gemelos Digitales para mejorar la eficiencia del gasto público y digitalizar el sector de la construcción, con las consecuentes repercusiones positivas en la innovación y la sostenibilidad. Otros temas tratados han sido el debate sobre la actualización de la normativa de contratación para la integración de BIM, la definición de estrategias nacionales y su seguimiento, los programas para avanzar en los procesos, la estandarización y la tecnología sobre BIM y el desarrollo de capacidades de la pyme para participar en licitaciones con BIM.

El EU BIM Public Officials Group reúne periódicamente a los funcionarios gubernamentales de los Estados miembros de la UE responsables de definir la estrategia de implementación de BIM y Gemelos Digitales dentro de sus respectivos gobiernos, junto con representantes de la Comisión Europea, para la definición de una estrategia común europea en la digitalización del sector de



la construcción. Está centrado en el intercambio de experiencias y estrategias de los gobiernos nacionales para facilitar la transformación digital en infraestructura y construcción, principalmente en el ámbito de la contratación pública. Además, persigue el desarrollo de iniciativas para impulsar BIM en el seno de la Unión Europea, en el marco de la Agenda de Transición Digital y Verde de la Comisión Europea. El Grupo pretende sumar estratégicamente los esfuerzos de los diferentes Estados miembros en la implantación de los respectivos planes nacionales de BIM y Gemelos Digitales, identificando retos y planteando soluciones comunes, y posibilitar su seguimiento para medir el impacto de las acciones efectuadas durante el proceso de implantación en cada país, de manera que BIM sirva de palanca para la innovación del sector de la construcción.

El primer encuentro de este Grupo tuvo lugar los días 25 y 26 de octubre del pasado año en Madrid y su tercera reunión tendrá lugar en primavera del 2025 en Polonia, los días 24 y 25 de abril; en ella se compartirán los avances nacionales en la implementación de BIM, así como iniciativas para mejorar la coordinación de la implantación de BIM entre los países europeos, de modo que se consolide la creación de redes sobre BIM y los Gemelos Digitales a nivel ministerial entre los Estados miembros de la UE. 



Formación digital a través de Ineco Rural TIC

Transportes ha impulsado la formación digital de más de 5000 personas en 100 pequeños municipios a través de la iniciativa Ineco Rural TIC. El programa se basa en la digitalización como palanca de transformación social y económica para el medio rural.

Los 100 municipios beneficiados se reparten en 33 provincias de 12 comunidades autónomas, donde los propios profesionales de Ineco se convierten en nómadas digitales y ponen su conocimiento a disposición de los habitantes para contribuir a su formación en el uso

de las tecnologías. El programa, que comienza en noviembre su tercera edición, cuenta con talleres presenciales para el manejo de servicios *online* para la realización de trámites administrativos, con especial foco en la población mayor; al mismo tiempo presta apoyo y asesoramiento al tejido empresarial rural, a través del posicionamiento digital y la creación de nuevos servicios telemáticos. Todo ello, con el objetivo de reducir la brecha digital en el ámbito rural y favorecer a la formación y crecimiento tanto de las personas como de las pequeñas y medianas empresas. 🌐

Luis Pedro Marco, nuevo presidente de Adif y Adif AV

El Gobierno, a propuesta del ministro de Transportes, ha nombrado a Luis Pedro Marco de la Peña como nuevo presidente de Adif y Adif Alta Velocidad (Adif AV). Nacido en Santander en 1969, Pedro Marco es ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad de Cantabria. Desde el año 2020, ha sido viceconsejero de Infraestructuras y Transportes en el País Vasco. Y, en el ejercicio de estas funciones ha ostentado cargos de alta responsabilidad en la Red Ferroviaria Vasca (ETS); Ferrocarriles Vascos (Eusko Trenbideak); Metro Bilbao; puertos de titularidad estatal de Bilbao y Pasajes; plataformas logísticas de Zaisa (Irún), Aparkabisa (Barakaldo) y del Centro de Transportes de Vitoria (CTV); Consorcio de Transportes de Bizkaia (CTB); y del transporte de Euskadi y de los tres TTHH. 🌐





Mejoras en la seguridad vial y protección de la fauna

Mejora de la sostenibilidad y eficiencia energética mediante implantación de medidas de mejora de la seguridad vial con relación a la fauna en las carreteras A-4, A-32 y A-44 y N-323. Provincias de Jaén y Granada



Granada y Jaén

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha licitado por 19,2 millones de euros las obras de mejora de la seguridad vial y protección de la fauna en las autovías A-4, A-32 y A-44 y en la carretera N-323 a su paso por las provincias de Granada y Jaén.

El objetivo de los trabajos es reducir el impacto negativo sobre la fauna aumentando así la sostenibilidad, la permanencia y la protección del medioambiente en el entorno de la Red de Carreteras del Estado. En este sentido, se mejorarán los cerramientos y se instalarán sistemas de detención de animales y rampas de escape para evitar que accedan a las carreteras y contribuir así a reducir los accidentes. Las actuaciones se financiarán con cargo a los fondos europeos NextGenerationEU en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Instalación de balizas disuasorias en la N-401, entre los km 118+500 al 149+100. Provincia de Toledo



Toledo

Transportes ha licitado por 3,22 millones de euros las obras para instalar balizas disuasorias de fauna y despeje de la vegetación a lo largo de más de 30 kilómetros de la carretera N-401, en los términos municipales de Los Yébenes y Urda, en la provincia de Toledo. Las balizas se activan cuando el animal pretenda cruzar la carretera y a su vez haya un vehículo en su radio de acción. Con este sistema se evita la fragmentación del ecosistema y se reducen los riesgos en caso de impacto entre animales y vehículos. Las obras se financiarán a través del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Actuaciones y medidas para la protección del lince, entre los PPKK 234 y 245 de la autovía A-4. Provincia de Ciudad Real



Ciudad Real y Jaén

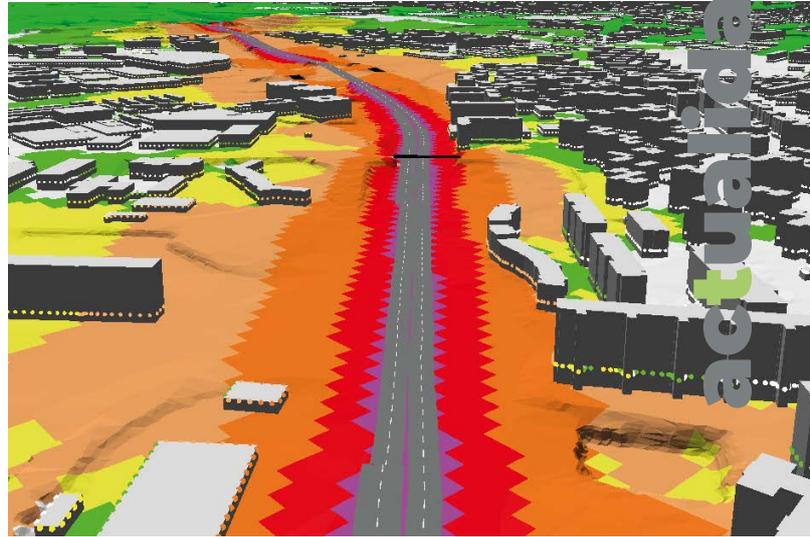
El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha aprobado definitivamente el proyecto de construcción para la mejora de la sostenibilidad y otras medidas de seguridad vial vinculadas a la protección del lince ibérico, en la autovía A-4, entre Despeñaperros (Jaén) y Almuradiel (Ciudad Real). Las obras, que se desarrollarán a lo largo de 11 kilómetros de la A-4 y cuyo presupuesto asciende a 1,25 millones de euros, consistirán en la sustitución del vallado perimetral y la ejecución de orillas secas para evitar la disminución de la población de linces ibéricos.

Análisis del ruido en los grandes ejes viarios

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha aprobado la Fase 4 de los Mapas Estratégicos del Ruido (MER) para estudiar los niveles de ruido de los grandes ejes viarios que superan un tráfico de 3 millones de vehículos al año, lo que supone el análisis de 12 360 kilómetros de la Red de Carreteras del Estado (RCE), de los que 11 405 km corresponden a carreteras libres de peaje.

Gracias a estos mapas, que se elaboran periódicamente en cumplimiento de la normativa europea y española sobre ruido, se podrán determinar los lugares donde establecer medidas que permitan mitigar la contaminación acústica y mejorar la calidad de vida de las poblaciones.

El Ministerio ha habilitado un apartado en su web sobre Gestión del Ruido Ambiental en la RCE, donde pone a disposición de la ciudadanía toda la información sobre las acciones que desarrolla en evaluación y corrección acústica.



Integración ferroviaria en Granada



El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, el Ayuntamiento de Granada y la Junta de Andalucía han constituido la Mesa Técnica para impulsar la conexión y la integración del ferrocarril en Granada. Durante la primera reunión, copresidida por el ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente; la alcaldesa de Granada, Marifrán Carazo, y la consejera de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda, Rocío Díaz, se ha acordado establecer una hoja de ruta para licitar durante 2025 los primeros proyectos constructivos, tanto de la integración como de la futura estación ferroviaria.

En este primer encuentro se ha abordado la propuesta elaborada por Adif para integrar el ferrocarril en Granada, cuyo proyecto permitirá mejorar la permeabilidad,

promover el despliegue de zonas verdes e itinerarios para peatones y bicis, y reducir la contaminación acústica.

Durante las próximas reuniones se conformarán los pliegos de redacción de los proyectos constructivos propuestos por las distintas Administraciones para la integración del ferrocarril y la construcción de la futura estación en la ciudad de Granada. También, se ha acordado comenzar a trabajar en el futuro convenio entre la Junta, el Ministerio y el Ayuntamiento, donde se concretará el porcentaje de financiación del proyecto de cada una de las tres Administraciones. Asimismo, se ha abordado la necesidad de dar prioridad y agilizar los plazos de planificación y ejecución de esta infraestructura para que sea una realidad lo antes posible.





Publicación del mapa en relieve del Corredor Mediterráneo

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) ha elaborado el mapa en relieve del Corredor Mediterráneo, a escala 1:3 000 000, a petición de la Oficina del Comisionado del Gobierno para el Corredor Mediterráneo.

Este mapa en relieve representa el trazado ferroviario del Corredor Mediterráneo a su paso por España y las dificultades orográficas que enfrenta su infraestructura para conectar nuestro país con Europa. Desde el punto de vista de la cartografía, se han incluido los elementos de la geografía física y política más relevantes, así como una gama de colores que realiza la percepción del relieve y mantiene la legibilidad de los topónimos. Los datos temáticos del mapa son el resultado de una generalización cartográfica de los atributos del Corredor Mediterráneo y de la Red Transeuropea de Transporte (TEN-T).

Los itinerarios que se representan en el mapa en relieve reflejan tanto el estado actual del Corredor como la planificación futura. En España, el Corredor discurre desde la frontera francesa hasta Algeciras, uniendo ciudades como Barcelona, Valencia, Alicante y Murcia, y conectándolas con el resto de Europa. En total, atraviesa siete países: España, Francia, Italia, Eslovenia, Croacia, Hungría y Ucrania, con más de 3500 km de longitud. Además, proporciona enlace multimodal entre los puertos y terminales del oeste del Mediterráneo y el centro de Europa, conectando con otros ocho corredores y configurando un nexo rápido y eficaz con todos los mercados europeos para personas y mercancías. El desarrollo del Corredor Mediterráneo permitirá viajar más rápido y con mayor frecuencia por Europa, promoviendo una movilidad más sostenible, al mismo tiempo que impulsa la economía, el turismo y el empleo de las regiones que atraviesa.

Este mapa, que nace de un proyecto piloto de maquetas en pequeño formato, servirá de referencia para la elaboración de mapas en relieve de menores dimensiones, muy demandados por el público.



El IGN en la Reunión Técnica sobre Registros Históricos de Ensayos Nucleares

El pasado mes de septiembre, el IGN asistió en Viena a la segunda "Reunión Técnica sobre Registros Históricos de Ensayos Nucleares", y que fue organizada por la OTPCE (Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares).

En esta sesión se trató la importancia de la conservación de los registros históricos de los ensayos nucleares realizados a nivel mundial durante la segunda mitad del siglo XX, así como de sus metadatos, y su puesta en valor para poder realizar diferentes estudios que repercutan en una mejor monitorización de las explosiones nucleares.



Desde el IGN se presentaron los avances realizados en la conservación y digitalización de los registros sísmicos analógicos del Archivo Nacional de Datos Geofísicos, ubicado en la sede del Observatorio Geofísico de Toledo (IGN), que incluyen registros de ensayos nucleares realizados en los Observatorios Geofísicos del IGN a lo largo del siglo XX.

Convenio entre el CNIG y Castilla-La Mancha para la mejora de las líneas límite

El O.A. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y la Consejería de Fomento de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha han firmado un convenio para la recuperación y mejora geométrica de líneas límite jurisdiccionales de los términos municipales de la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha durante el periodo 2025-2027.

Este cuarto convenio dará continuidad a los trabajos anteriores, firmados en 2014, 2016 y 2021, para otorgar coordenadas precisas a las líneas límite de los términos municipales de la región. El nuevo convenio pretende resolver la problemática actual de las líneas límite municipales ya que, en general, poseen unas geometrías con precisión insuficiente para las necesidades actuales, lo que ocasiona situaciones de inseguridad jurídica, litigios y reclamaciones administrativas.

Los trabajos serán coordinados por el Servicio Regional del IGN en Castilla-La Mancha y consisten en dotar de coordenadas UTM precisas a todos los mojones que componen cada una de las líneas jurisdiccionales, así como la concreción geométrica de los tramos entre dos mojones, cuando no sea la recta que los une.

La firma de este convenio pone de manifiesto la voluntad de colaboración y el interés por la producción de información cartográfica y geográfica entre Administraciones para una mejor y más eficiente gestión de recursos públicos.

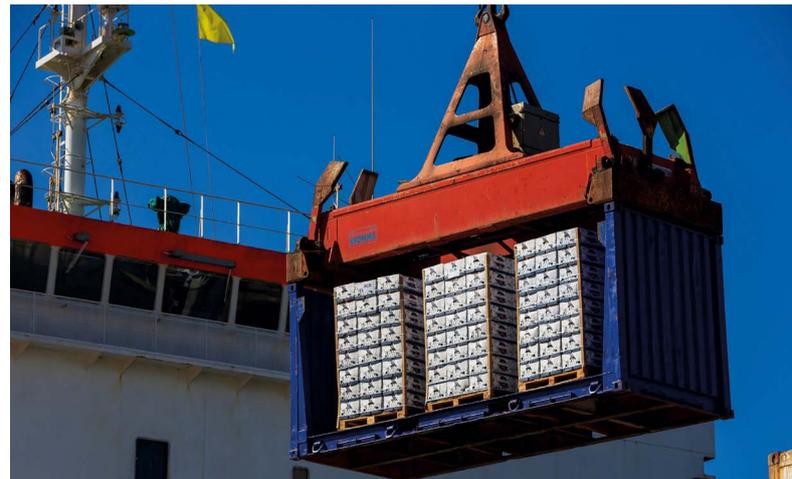


Los puertos españoles, nodos clave en la cadena de productos frescos

Quince puertos del sistema de titularidad estatal han participado en la Feria Fruit Attraction, dentro del stand "Ports of Spain" liderado por Puertos del Estado, que se ha celebrado del 8 al 10 de octubre en Madrid con el objetivo de impulsar el tráfico marítimo de frutas y hortalizas por sus enclaves, al mismo tiempo que se presentan las ventajas competitivas de su oferta de infraestructuras y servicios a importadores y exportadores de todo el mundo.

En 2023, el sistema portuario de titularidad estatal movió casi 12 millones de toneladas de frutas y hortalizas. Actualmente, los puertos españoles ofrecen casi 100 millones de m² de superficie terrestre y áreas de depósito, almacenes frigoríficos con cerca de 2 millones de m³ de capacidad, casi 395 000 metros lineales de atraque, conexiones con cualquier puerto del mundo, puestos de control fronterizo (PCF), servicios fitosanitarios, y todo tipo de soluciones logísticas.

Fruit Attraction se ha consolidado como la feria internacional de referencia en el sector hortofrutícola, con la presencia de 2146 empresas expositoras, y la asistencia de más de 100 000 profesionales de 145 países.



Nuevo paso inferior para mejorar la accesibilidad de la Universidad de Alicante

Transportes ha puesto en servicio un paso inferior para peatones y ciclistas que mejora las condiciones de accesibilidad a la Universidad de Alicante y promueve una movilidad activa y sostenible, reforzando la seguridad vial de los usuarios más vulnerables. Se trata de un paso bajo la carretera A-77A que conecta el carril bici existente con la estación de ferrocarril de Cercanías de Sant Vicent-Universidad y con el Parque Científico de la Universidad de Alicante.



Europa habla ERTMS



Elaboración propia/ Canvas

Conseguir que los trenes europeos puedan cruzar fronteras sin cambiar de “idioma” ferroviario es el objetivo de la implantación del ERTMS, el sistema único de señalización y comunicaciones que promueve la Comisión Europea desde 1989. Los expertos de Ineco del “equipo de gestión de despliegue” de la Comisión llevan ocho años coordinando y supervisando su implantación en los principales corredores europeos.

- Texto: Ineco
- Fotos: Ineco

En los 27 países miembros de la Unión Europea se contabilizan 24 lenguas oficiales: el alemán, el búlgaro, el checo, el croata, el danés, el eslovaco, el esloveno, el español, el estonio, el finés, el francés, el griego, el húngaro, el inglés, el irlandés, el italiano, el letón, el lituano, el maltés, el neerlandés, el polaco, el portugués, el rumano y el sueco.

En los casi 227 000 km de red ferroviaria de la Unión ocurre algo similar: conviven más de 25 “**lenguajes ferroviarios**” diferentes y no interoperables; estos son los sistemas que controlan y hacen posible la circulación segura de los trenes, casi siempre dos o más en una misma red: el LZB alemán, el Crocodile francés, el BACC italiano, el ASFA español etc.

España, pionera en ERTMS

España, que según los últimos datos de Adif cuenta con 2700 km de líneas equipadas con ERTMS, es uno de los países pioneros en su implementación.

Desde sus comienzos, Ineco ha estado siempre presente en los proyectos y grupos de trabajo europeos que definen el sistema ERTMS, trabajando en colaboración con la industria, los usuarios, los organismos legisladores y las agencias de seguridad.

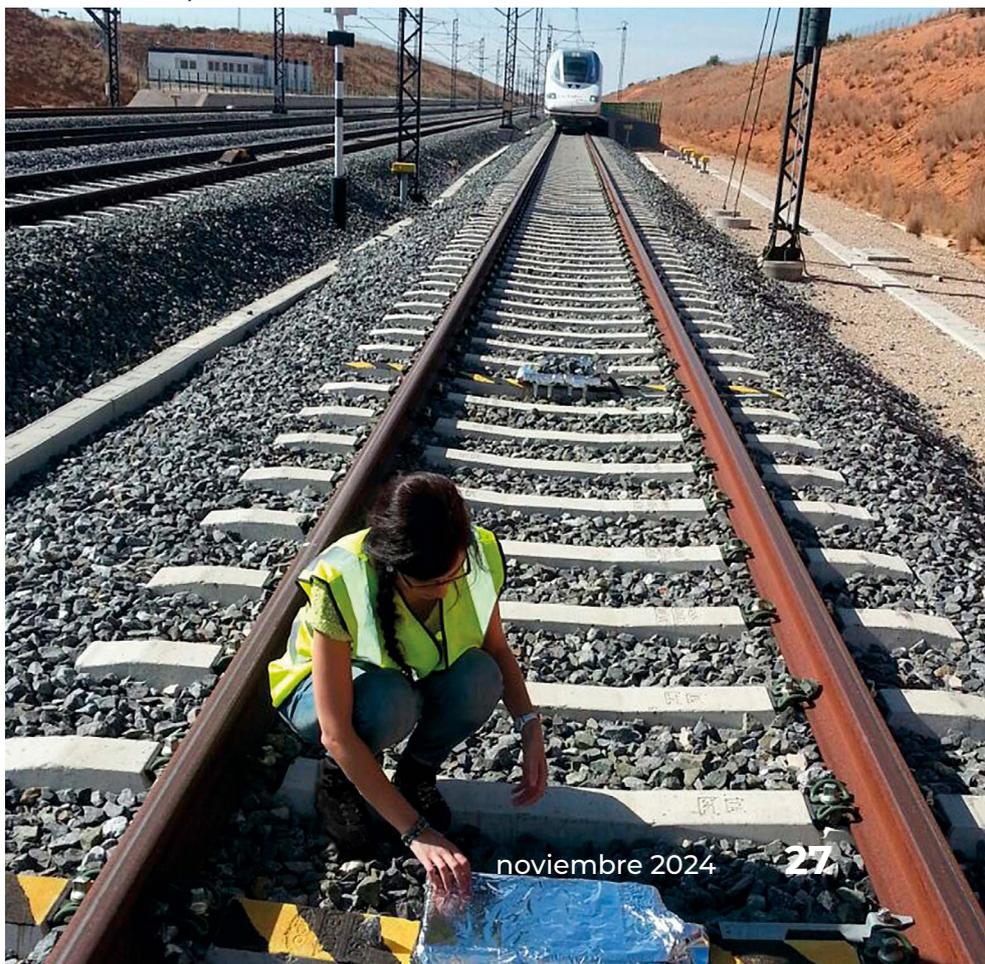
A partir de los años 90 un grupo de administradores de infraestructuras (Grupo de Usuarios del ERTMS) y fabricantes de señalización (UNISIG) desarrolló el concepto básico y las primeras especificaciones técnicas (año 2000). En los años siguientes la Comisión Europea las incorporó a las directivas de interoperabilidad y lanzó el despliegue del sistema.

En España se probó entre el año 2000 y 2005, en el tramo piloto Albacete-Villar de Chinchilla, en el que Ineco se encargó del control y vigilancia de las obras de instalación en pruebas del ERTMS nivel 1, y más tarde de las pruebas del nivel 2.

En 2006 el ERTMS entró en servicio por primera vez en la **Línea de Alta Velocidad Madrid-Lleida**, en la que Ineco prestó asistencia técnica al GIF (Gestor de Infraestructuras Ferroviarias, predecesor de Adif). En los años siguientes la compañía siguió participando en la implantación del ERTMS en la red de alta velocidad y convencional por todo el territorio nacional.

En la actualidad, España también tiene un destacado papel en el futuro del sistema, a través de ERJU, el programa europeo de investigación e innovación ferroviaria para los próximos 10 años. Adif es miembro fundador, con sus empresas afiliadas: Ineco, Renfe, CEDEX y Adif Alta Velocidad. Dentro de ERJU, Ineco forma parte del “pilar del sistema” (*system pillar core group*) que lidera la definición de las especificaciones armonizadas necesarias para conseguir un despliegue más rápido de las soluciones tecnológicas resultado de la innovación.

Personal de Ineco probando una baliza en la línea Madrid-Levante, en 2014.





ERTMS a bordo: detalle de la interfaz de la cabina de conducción

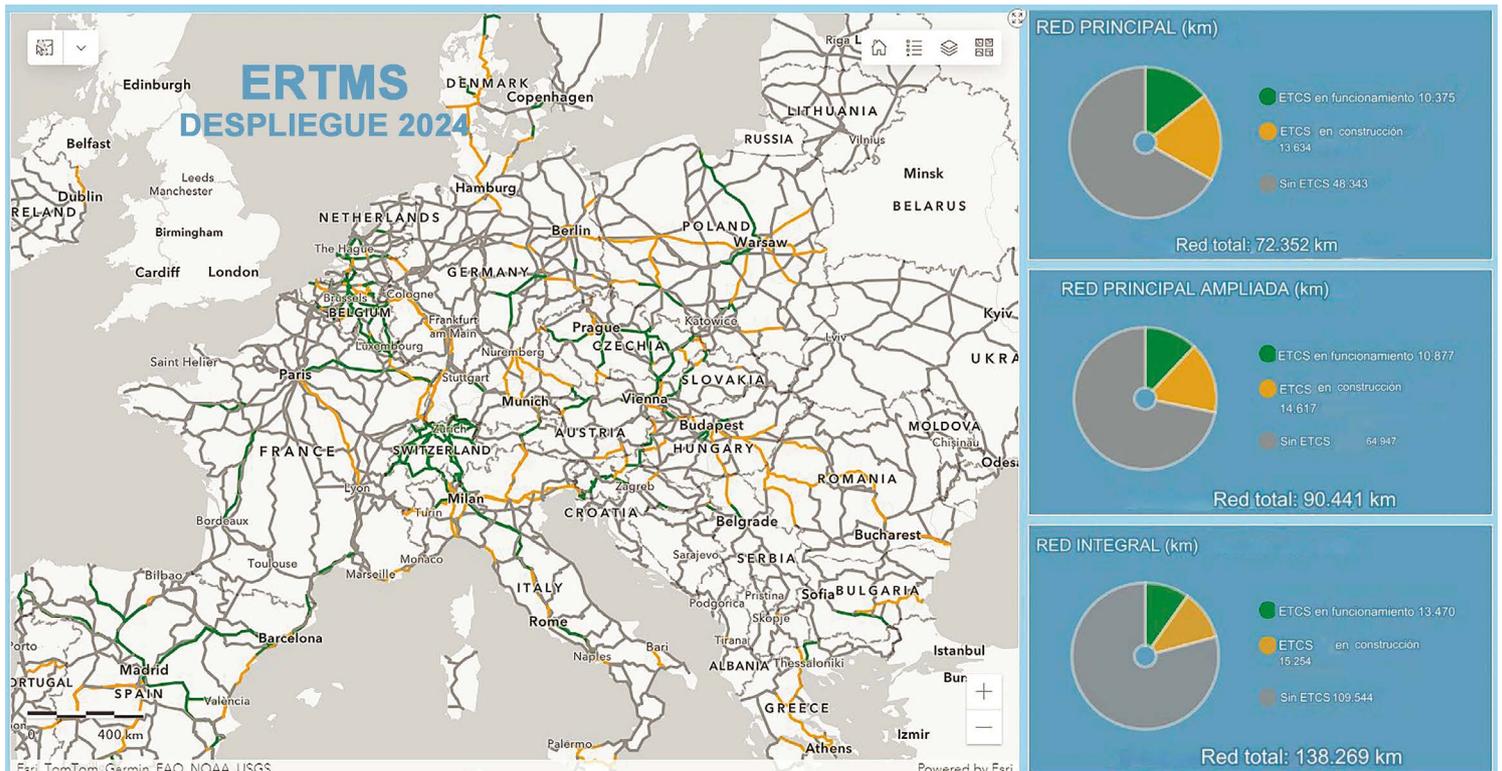
Con el fin de solventar esta torre de Babel tecnológica, a partir de 1989 el sector ferroviario empezó a desarrollar el ERTMS, el Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario (en inglés, European Rail

Traffic Management System), que la Unión asumió y fomentó como estándar en su territorio.

El ERTMS se constituyó en la nueva "lingua franca" o idioma común capaz de hacer realidad un

"espacio único" ferroviario plenamente interoperable, con mayor capacidad y seguridad, abierto a la digitalización y más competitivo tanto para pasajeros como para mercancías, al facilitar las rutas

Estado actual de despliegue. Equipo de Gestión del Despliegue ERTMS.





Silvia Domínguez y Alfonso Lorenzo, gerentes de Señalización Ferroviaria y ERTMS en Ineco y responsables del equipo de gestión de despliegue de la CE.

“Ineco cuenta con un equipo de cerca de 50 expertos en ERTMS. El sistema tiene grandes ventajas como la interoperabilidad, unas altas prestaciones y un aumento de la capacidad del sistema ferroviario.” Silvia Domínguez, gerente de ERTMS en Ineco.

transfronterizas y la apertura de mercado. Nace así el primer gran programa europeo de introducción de un **sistema digital** en el sector ferroviario.

Actualmente el ERTMS está instalado en la práctica totalidad de las redes de alta velocidad de **España e Italia** y en gran parte de las redes neerlandesas, checas y belgas; y Dinamarca lo está implantando en toda su red desde 2017, proyecto en el que Ineco ha colaborado junto al CEDEX.

El objetivo de la Comisión Europea es que el ERTMS sustituya por completo a los sistemas nacionales (o de “de clase B”) y que esté plenamente desplegado en todo

el territorio de la Unión en 2050. Y como objetivo intermedio, prevé que en 2030 equiepe al menos los 51 000 km de los nueve corredores principales de la red básica.

Por ello, en 2015 la Comisión constituyó un **equipo de gestión del despliegue** (Deployment Management Team o DMT), tras contratar a Ineco, la ingeniería y consultoría del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, y a su socio EY, para desempeñar esta labor. Ineco lleva más de 25 años trabajando en la investigación, desarrollo e implementación del ERTMS en España, una experiencia que la ha convertido en referencia en el sector y que ha exportado también a países

como Australia, donde trabaja en la modernización de los 815 kilómetros de la red de cercanías de Sídney, o, anteriormente, Turquía.

Expertos asesores

La labor del equipo de gestión del despliegue es, según la Comisión Europea, “apoyar una aplicación eficiente, sincronizada, interoperable y oportuna del despliegue del ERTMS para cada corredor de la red básica, y garantizar la coherencia en la red, tanto en los trenes de tierra como a bordo del ERTMS”.

Entre sus tareas figuran específicamente el prestar **asistencia técnica y asesoramiento financiero** especializado a los proyectos de cada Estado miembro (y a algunos países vecinos, como Noruega o Suiza, entre otros) para implementar el ERTMS en sus redes y flotas –ya que requiere elementos tanto en vía como a bordo de los trenes–, así como organizar sesiones de información técnica y difusión a petición de los Estados miembros.

El equipo se encarga también de realizar el **seguimiento** de la implantación. Se trata de una tarea de gran alcance que involucra a un gran número de actores: administradores de infraestructura, operadores, autoridades de seguridad, grupos de interés de los corredores, etc. ■

El ERTMS, en pocas palabras

Los **sistemas de gestión del tráfico ferroviario para el control, mando, señalización y comunicación** son imprescindibles para garantizar la circulación segura de los trenes. En síntesis, su objetivo es recoger y transmitir información sobre la localización y velocidad de los trenes en cada tramo, asegurar que es adecuada a las características de la vía, y mantener la distancia de seguridad con otros trenes, con el fin, en última instancia, de evitar accidentes.

Cada país desarrolló los suyos propios, lo que la Comisión Europea denomina actualmente "**sistemas de clase B**". Pero al ser incompatibles entre sí, en la práctica esto supone que cuando un tren cruza fronteras internacionales, debe cambiar varias veces de maquinista o locomotora (o incluso el tren entero) para poder seguir circulando, puesto que tanto los dispositivos y sistemas de control y comunicaciones de a bordo como los instalados en vía son

distintos a los del país de origen. Una situación que lastra el transporte ferroviario en Europa –uno de los pilares de la lucha contra el cambio climático– y que se quiere revertir en las próximas décadas con el ERTMS.

El ERTMS requiere instalación de elementos tanto en vía como a bordo. Los dos componentes principales son el Sistema Europeo de Control de Trenes (**ETCS**), que describe el lenguaje armonizado entre trenes y vía, y el sistema global de comunicaciones móviles ferroviarias para voz y datos (**GSM-R**), que con el 5G evolucionará al Futuro Sistema de Radiocomunicaciones Móviles (**FMRCS**).

Desde el principio se concibió como un sistema abierto, es decir, puede ser desarrollado y mejorado por cualquier suministrador siguiendo las especificaciones técnicas, por lo que se encuentra en constante evolución para incorporar los últimos avances tecnológicos.

Elementos en vía del sistema ERTMS (balizas), junto a señales tradicionales.





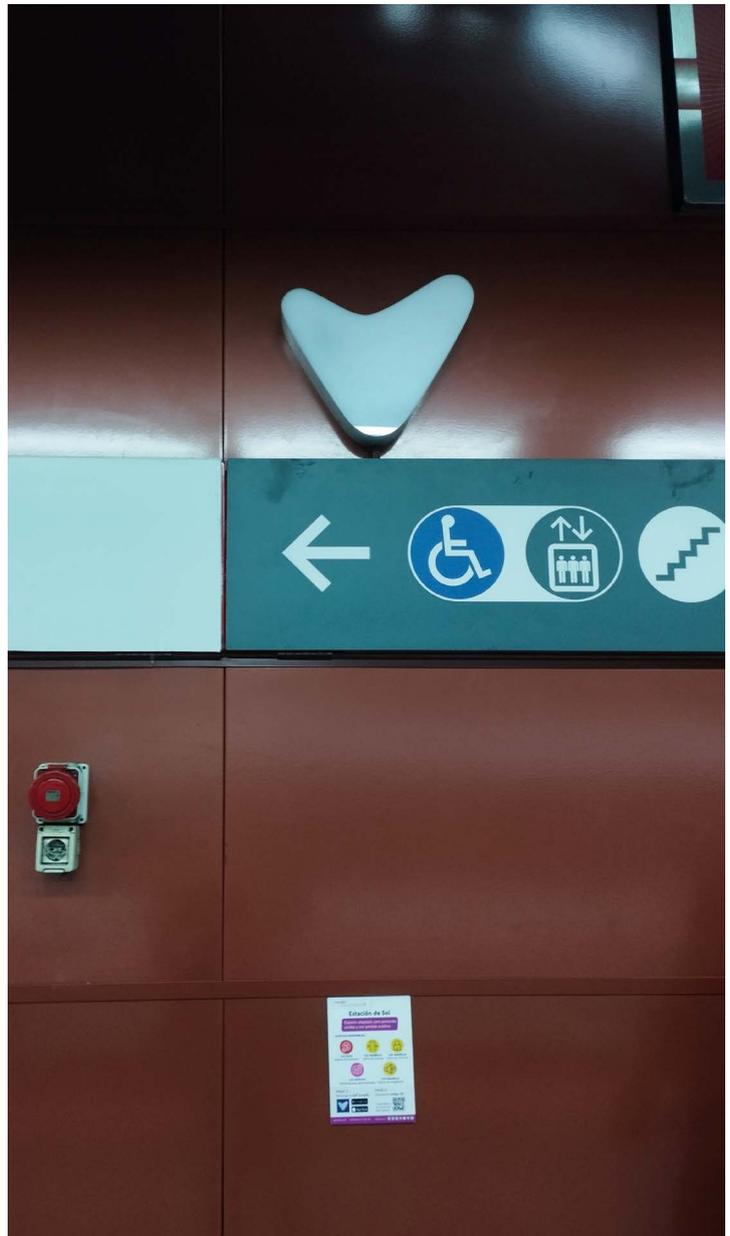
ineco

Un nuevo impulso

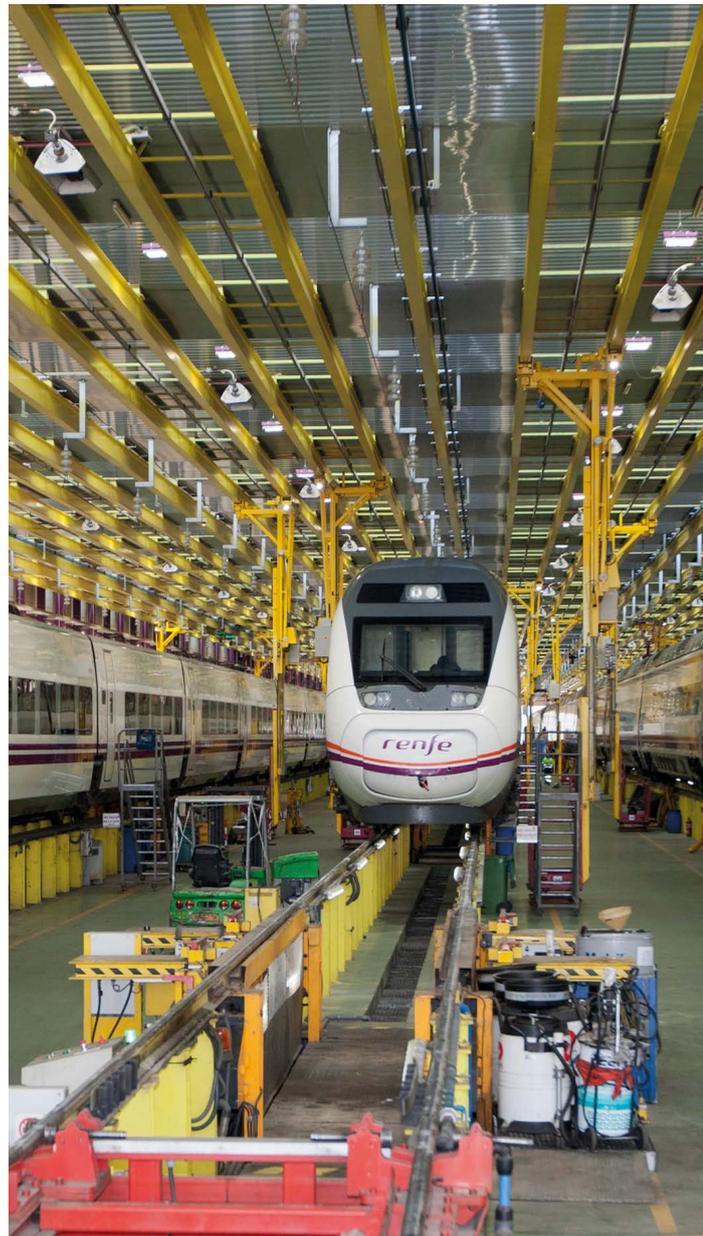
AL TALENTO | A LA INNOVACIÓN
A LA MOVILIDAD | A LA DIGITALIZACIÓN
A LA SOSTENIBILIDAD

www.ineco.com

Renfe implanta en su operativa nuevas tecnologías digitales promovidas por el programa TrenLab



Despliegue de innovación abierta



Renfe está comenzando a recoger los primeros frutos de TrenLab, el programa de innovación abierta que desde 2018 promueve el desarrollo de soluciones tecnológicas ideadas por *startups* para digitalizar y mejorar la operativa del grupo. Actualmente se están desplegando cinco proyectos del programa como respuesta a necesidades específicas de la operadora en los ámbitos de mantenimiento, monitorización de trenes y mercancías, accesibilidad de estaciones, conducción eficiente y sostenibilidad.

- Texto: Javier R. Ventosa

Desde la aprobación del Plan Estratégico 2019-2023-2028, Renfe ha consagrado la transformación digital como palanca de crecimiento del grupo en el camino para consolidarse como operador integral de movilidad y operador logístico integrado en un entorno cada vez más competitivo. La nueva estrategia de innovación se basa en la incorporación de soluciones basadas en tecnologías 4.0, como inteligencia artificial, *big data*, *cloud computing*, *blockchain*, realidad virtual o *deep learning*, para mejorar la operativa de la compañía y diferenciarla de la competencia. La multiplicación de proyectos digitales implantados en los últimos años (dōcō, Oficina del Dato, Centros de Competencias Digitales, fabricación aditiva, Smart Security Station,...) y la participación en

programas europeos son un reflejo de esa apuesta.

Herramienta clave de esta estrategia es TrenLab, el programa de innovación abierta del grupo. Este programa nació en 2018 como una aceleradora de *startups* para el desarrollo de productos o servicios disruptivos de matriz digital que resuelvan los retos operativos propuestos por las distintas unidades de negocio de Renfe y que tengan una aplicación práctica. De las convocatorias de TrenLab han surgido las *startups* elegidas para participar en un programa de aceleración destinado a desarrollar proyectos piloto relacionados con esos retos y a cocrear junto a Renfe soluciones tecnológicas a la medida de la operadora. El objetivo final es implantarlas en el grupo para optimizar la eficiencia de los procesos internos y mejorar la experiencia del cliente.

Hasta ahora, TrenLab ha lanzado cinco convocatorias, saldadas con 22 proyectos ganadores. En las tres primeras ediciones, el programa actuó como una aceleradora clásica de proyectos, pero sin posibilidad de vincular contractualmente a las *startups* ganadoras. Un cambio de modelo en la convocatoria de 2022 permitió su acceso a licitaciones por un importe de hasta 1 M€ para implantar sus proyectos en Renfe. Con esta modificación, fruto de la apuesta de la alta dirección por la innovación, las ganadoras de la cuarta convocatoria han suscrito contratos temporales y se han incorporado como proveedores tecnológicos del grupo. Las ganadoras de la V convocatoria, cuyos pilotos están en fase de revisión, se beneficiarán igualmente de esta modificación.

En los dos últimos años, Renfe ha adjudicado contratos por un importe conjunto cercano a 5 M€ a las *startups* Visualfy, Limmat Group, Allread y Greemko, de la cuarta convocatoria, para la implantación de sus proyectos. También ha entrado en el accionariado de otras. La primera “cosecha” de TrenLab está integrada por soluciones basadas en tecnologías digitales que actualmente se están desplegando en Viajeros, Mercancías, Mantenimiento y en otras sociedades del grupo. El proceso de implantación, con una duración de dos años, no es lineal ya que los proyectos han comenzado a implementarse en fechas distintas. Seguidamente se detalla cada uno de los cinco proyectos contratados y el estado actual de su despliegue.

Taller inteligente

La aparición, a partir de mayo de 2021, de nuevos competidores de Renfe en el mercado nacional,

Captura de talento

TrenLab está dirigido principalmente a potenciar y captar el talento de *startups* del ecosistema de innovación nacional e internacional mediante convocatorias lanzadas para crear soluciones innovadoras que resuelvan las necesidades de Renfe. Las empresas ganadoras acceden a un programa de aceleración personalizado de seis meses para impulsar sus proyectos y su propio crecimiento, que incluye financiación (50 000 €, ligados al cumplimiento de hitos), asesoramiento para su negocio, el acceso a mentores y expertos del ecosistema de innovación y la realización de un piloto. Si Renfe aprueba el piloto, la *startup* participa en una licitación de hasta 1 M€ para desarrollar e implantar el proyecto, convirtiéndose en proveedor tecnológico del grupo.

El programa también busca crear un ecosistema de innovación interno a través de TrenLab Friends, comunidad formada por personal de Renfe que fomenta y difunde la cultura de innovación que destila el programa. Más de 150 empleados participaron en 2023 en sus talleres de sensibilización. Otra iniciativa es Antena TrenLab, origen de un foco de innovación creado en Mataró (Barcelona), con *startups* e implicación ciudadana, para desarrollar tecnologías innovadoras aplicadas al ferrocarril, y que es el embrión de una futura red de antenas especializadas en soluciones de movilidad, transporte y logística a desplegar en todo el territorio nacional. En julio se presentaron las tres soluciones ganadoras de los Premios AntenaLab 2023: un chatbot GPT turístico que informa en 95 idiomas, una *app* para la movilidad autónoma dirigida a personas con diversidad funcional y una *app* con directrices para mejorar la seguridad en situaciones de acoso y violencia de género.



Trabajos de mantenimiento de un tren S-102 en el taller de Santa Catalina.



como consecuencia de la liberalización del transporte ferroviario de pasajeros en España, creó la necesidad de ofrecer a los operadores extranjeros instalaciones apropiadas para el mantenimiento de sus trenes en igualdad de condiciones que el material de la operadora pública. Dar una respuesta a esta necesidad fue el objetivo del reto de mantenimiento ferroviario del futuro planteado en la IV convocatoria de TrenLab, que fue ganado por Limmat Group.

Esta *startup* segoviana, creada en 2015 por ingenieros españoles expatriados en Suiza, suscribió en mayo de 2023 un contrato con la operadora pública, por importe de 1 M€, para la implantación de talleres inteligentes en las bases de

mantenimiento de Madrid Norte-Fuencarral y Madrid Sur-Santa Catalina, ambas de Renfe. Este proceso de implantación está avanzado en la primera de estas bases. El objetivo es optimizar la gestión y operación de esas bases.

Con ese fin, Grupo Limmat ha desarrollado la plataforma digital *Imant +*, que monitoriza todas las instalaciones de la base, desde equipos (túneles de lavado, tornos del foso...) y sistemas ferroviarios (vías, desvíos, catenaria...) para controlar el paso de los trenes por los mismos, además de automatizar los procesos clave con el fin de mejorar la calidad del trabajo de mantenimiento. La monitorización se realiza mediante la instalación de dispositivos *hardware* en esos equipos (sensores, CCTV, posicionamiento RFID de vehículos, etc.).

Una solución *software*, basada en la nube, ejerce el control auto-

mático de todas las actividades de mantenimiento y genera informes detallados de las mismas en tiempo real para su puesta a disposición de los usuarios autorizados. Todo el proceso es digital y evita la necesidad de destinar personal de forma permanente para el control de las operaciones, permitiendo al gestor del taller visualizar desde el móvil la misma información que se ve desde el puesto de mando.

Con la información generada por la plataforma, Renfe podrá facturar con precisión a los operadores ferroviarios los servicios prestados en función de factores como las horas que el tren permanece en el taller, la maquinaria utilizada para su mantenimiento y el tipo de operación realizada, entre otros, dando así respuesta a la primera necesidad del reto. La plataforma, además, permitirá mejorar el control de los consumos (electricidad,

agua, gas, gasoil), eliminando ineficiencias y reduciendo los costes operativos. Según Renfe, con esta solución también se optimiza la capacidad disponible de los talleres y se mejora la seguridad en las instalaciones.

Conducción eficiente de trenes

Aunque la conducción de los trenes es una actividad cada vez más automatizada, el factor humano que encarnan los maquinistas sigue jugando en la actualidad un papel decisivo en la seguridad y el buen funcionamiento del servicio ferroviario. Mejorar la eficiencia en la conducción de trenes es el



Maquinista en la cabina de un tren de Renfe.



Presentación del proyecto Traindata durante la Demo Day.

propósito del reto de seguridad operacional planteado en la IV edición de TrenLab, del que resultó ganador Limmat Group, vencedor igualmente del anterior reto.

Esta *startup* firmó en enero de 2023 un contrato con Renfe, por importe de 1 M€, para desarrollar e implantar el proyecto digital Traindata, actualmente en curso.

Este innovador proyecto trabaja con el análisis de dos tipos de datos. Por un lado, los del material rodante de Renfe, adquiridos en primera instancia de otro proyecto presentado en la primera edición de TrenLab y enriquecidos posteriormente con datos procedentes de múltiples fuentes (registros de sistemas embarcados de protec-



ción del tren, informes de inspección, plataformas de fabricantes, ambientales...). Y por otro, con los datos de auscultación de vía obtenidos para detectar los puntos complejos de conducción.

Traindata desarrolla un sistema informático para el análisis automático y masivo de todos estos datos. Paralelamente, utiliza tecnologías avanzadas de análisis de datos y aprendizaje automático para identificar riesgos, optimizar patrones de conducción óptimos y evaluar el factor humano en la conducción de trenes. Como resultados más visibles del proyecto, la nueva plataforma genera indicadores de seguridad que se pondrán a disposición del equipo de gestión de seguridad en la circulación y de la alta dirección de la compañía. Como finalidad última, la plataforma aspira a crear un modelo de conducción más seguro y eficiente, mejorando las habilidades y la formación de los maquinistas de Renfe y, en definitiva, dotando a la conducción de trenes de una mayor seguridad.

Estaciones accesibles

Uno de los retos de Renfe Viajeros es alcanzar la accesibilidad universal en las estaciones. Como contribución a ese fin, la *startup* Visualfy ha desarrollado un proyecto inclusivo para eliminar barreras acústicas o de comunicación y mejorar la interacción con la estación de personas sordas o con pérdida auditiva, o incluso de aquellas que



Inversión en *startups*

En su apuesta por la innovación abierta, la contratación de las ganadoras de TrenLab no es la única fórmula que emplea Renfe para captar talento externo. Hasta ahora ha invertido en el capital de dos *startups* que aportan un valor añadido a la mejora de la experiencia del cliente. Estas inversiones trascienden la mera financiación, ya que suponen un primer paso de Renfe hacia un modelo de innovación híbrido que combina las ventajas de una gran empresa con la innovación y la motivación de las *startups*.

En marzo de 2023 aprobó el primer acuerdo de inversión con Imotion Analytics, *startup* enfocada a la inteligencia artificial. Esta empresa, seleccionada de las convocatorias iniciales de TrenLab, colaboró en el proyecto Smart Security Station de videovigilancia de estaciones y actualmente trabaja con la dirección de Seguridad de Renfe. La compañía pública ha adquirido el 10 % del capital de esta empresa, con opción a adquirir otro 10 % adicional y participar así en el consejo de administración.

El segundo acuerdo de inversión se firmó en enero de 2024 con Visualfy dentro de la ronda de financiación lanzada por esta *startup*, ganadora de uno de los retos de la IV convocatoria de TrenLab. Su solución para personas sordas y con pérdida auditiva encaja con la filosofía de máxima accesibilidad en estaciones que promueve el grupo para ese colectivo.

Lámpara de iluminación inteligente en la estación de Sol.



Visualfy



Información de alertas visuales en la estación de Sol.

utilicen auriculares para escuchar música. “El objetivo es que puedan viajar en igualdad de condiciones como cualquier otro ciudadano”, según Manel Alcaide, CEO y cofundador de esta empresa valenciana, ganadora del reto de Accesibilidad en la IV convocatoria de TrenLab. La solución se aplica a los procesos de seguridad y emergencias, información al viajero o atención al cliente. Como beneficios para los usuarios y para Renfe destacan la mejora de la accesibilidad, la eficiencia operativa, el cumplimiento normativo y la responsabilidad social.

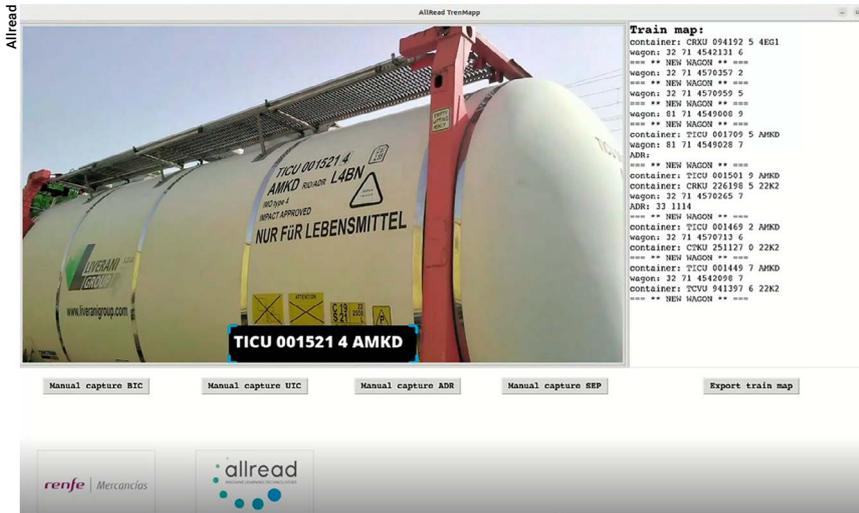
El proyecto, basado en la solución Visualfy Places, utiliza un

algoritmo de inteligencia artificial que identifica los sonidos de la estación, los transforma en alertas visuales de colores y las envía a dispositivos conectados, ya sean comunes (lámparas de iluminación inteligente instaladas en los andenes) o personales (*smartphone*, *smartwatch*, pulsera). Los colores de las alertas informan del tipo de incidencia: alarma de incendios (rojo), salida y llegada de trenes (amarillo), turno de atención al cliente (verde), etc. Con esta tecnología se busca preservar la seguridad y autonomía del usuario.

Para eliminar las barreras en la comunicación directa con el personal y las máquinas de la estación,

y conseguir que estos usuarios sean atendidos en igualdad de condiciones, el proyecto incorpora otras innovaciones. Una de ellas es el bucle de inducción magnética, sistema instalado en los mostradores de atención al cliente que recoge la voz del empleado y la envía al audífono o implante coclear del usuario, eliminando el ruido del entorno. Otras soluciones son la transcripción de voz a texto en tiempo real de mensajes de megafonía o voces de personas en la pantalla del *smartphone* y las adaptaciones en lengua de signos para las máquinas expendedoras de billetes, que, mediante un código QR, conduce a la persona con problemas auditivos a un vídeo en lengua de signos española para resolver todas sus dudas.

El proyecto, adjudicado en julio de 2023 por 1 M€, se está implantando por fases en 23 estaciones del núcleo de Cercanías de Madrid, a un ritmo de una o dos estaciones al mes en función de su tamaño. En la primera fase, iniciada a principios de 2024, se ha realizado el estudio detallado de las estaciones y la integración del sistema con las balizas y con la *app* de Renfe para garantizar que la información emitida al viajero llega en texto a los dispositivos móviles de los usuarios, ya sean mensajes pregrabados o de viva voz. En la segunda fase, iniciada en la estación de Sol –escenario del piloto del proyecto–, se están instalando las luminarias inteligentes, los equipos de inteligencia artificial, los bucles magnéticos y los códigos QR. A su término se configurarán las alertas y se formará a los trabajadores implicados antes de las pruebas finales. El plazo de ejecución del proyecto completo finaliza en agosto de 2025, aunque entrará en servicio progresivamente.



Datos de un contenedor cisterna capturados por una tableta.

Trazabilidad de activos

El reto para digitalizar procesos que mejoren la eficiencia del transporte de mercancías lo ganó Allread, adjudicataria de un contrato de más de 300 000 € para optimizar la trazabilidad de los trenes y su mercancía. El proyecto aborda el proceso de identificación de los convoyes que parten de las terminales, y que Renfe realiza a partir de los datos visibles en contenedores y vagones (códigos BIC e UIC, señales de mercancías peligrosas, *twist locks* –cierres de seguridad–, textos, símbolos...). Esta tarea se realiza de forma manual, apuntando los datos en papel para luego teclearlos en un ordenador, en un proceso lento, repetitivo y propenso a errores. Además, no existen imágenes que acrediten lo apuntado ni que constaten el estado de cada activo, lo que crea dificultades en el proceso de auditoría ante una incidencia.

Para mejorar este proceso, Allread ha desarrollado un *software*, basado en *computer vision* y *deep learning*, que digitaliza y automatiza la captura de los datos del convoy “a pie de tren” y su integración en el sistema. Su funcionamiento es sencillo: cuando el tren inicia la

marcha, un operario apunta una tableta o dispositivo similar a los puntos de interés del convoy y visualiza cómo digitaliza los códigos y cómo el algoritmo los ordena de forma automática, proporcionando la estructura del convoy: identificación de cada vagón, separación entre ellos, contenedor transportado, si va vacío o no, tipo de mercancía que transporta y su posible peligrosidad, etc. Acabado el recorrido del tren, revisa la lista y valida los datos para su envío inmediato al sistema de información, dando paso al permiso o no de salida del tren.

Con la sustitución de tareas manuales y repetitivas por una extracción y tratamiento automático de los datos, Renfe espera obtener mayor eficiencia operativa y fiabilidad, la garantía de la trazabilidad del convoy y su mercancía en todo el itinerario, el aumento de la seguridad en la circulación y la aceleración de la toma de decisiones, que son los principales beneficios observados en el piloto. Además, Trainmapp aporta pruebas forenses del estado de los activos, lo que proporcionará a Renfe Mercancías “más seguridad y potenciales economías en su operación al evitar multas por

problemas en la operación”, según indica la *startup*.

El proyecto, adjudicado en enero de 2024, se ha dividido en siete paquetes de trabajo, que comprenden el entrenamiento de las redes neuronales de inteligencia artificial, la creación del servicio de reconocimiento de activos y el desarrollo de las aplicaciones para móvil o tableta y de escritorio, antes de proceder a las pruebas en las terminales, cuya realización estaba prevista para el mes de septiembre, y a la validación de la solución. El proyecto se implantará en las terminales de Renfe Mercancías en Abroñigal (Madrid) y Constantí (Tarragona), con un horizonte temporal estimado para finales de enero de 2025 con la entrada en servicio en estas dos terminales. Está previsto escalar la solución a otras terminales de la operadora a partir del próximo año.

Medir la huella de carbono

En su apuesta por la sostenibilidad medioambiental de su actividad –que por su naturaleza es una ventaja competitiva frente a modos de transporte más contaminantes–, y como parte de su responsabilidad



Retos de la VI convocatoria

TrenLab no para. Con los proyectos de la IV convocatoria en fase de implantación y los de la V en revisión, el 10 de septiembre ha cerrado el plazo de presentación de *startups* para optar a la VI convocatoria, que plantea cuatro retos:

- **Transformación de la atención al cliente en estaciones.** El reto busca soluciones basadas en inteligencia artificial (IA) para convertir la estación en un centro de atención integral y eficiente que dé respuesta a todas las necesidades del cliente: asistentes virtuales e IA conversacional, análisis predictivo de datos para anticipar necesidades, soluciones omnicanal, nuevas formas de comunicación personalizada mediante IA.
- **Mejora de la información al cliente en tiempo real.** Se buscan innovaciones para dar al cliente información en tiempo real antes de comenzar el viaje, a bordo de los trenes y/o después del trayecto: actualizaciones instantáneas y alertas personalizadas, información a bordo en pantallas y dispositivos interactivos, gestión de ocupación de asientos, comunicación bidireccional, etc.
- **Automatización y digitalización del mantenimiento ferroviaria.** Este reto explora soluciones para mejorar la eficiencia y precisión del mantenimiento de los trenes: nuevas tecnologías de captura de datos (reconocimiento de voz, robótica...), acceso inteligente a la documentación mediante IA, trazabilidad de las piezas del tren, digitalización de fichas de inspección, etc.
- **Eficiencia operativa con *quantum computing*.** El reto busca soluciones basadas en la computación cuántica para abordar desafíos críticos de Renfe, sobre todo en la optimización de horarios y rutas, la asignación eficiente de trenes y tripulación o el fortalecimiento de la ciberseguridad.

ante la sociedad, Renfe trabaja desde hace tiempo en la descarbonización de su operativa, con el objetivo de ser neutra en CO₂ en 2050. Conocer de manera fiable y rápida la huella de carbono que genera su actividad, como paso previo para aplicar medidas de corrección, es una necesidad de primer orden que la entidad pública empresarial planteó como reto de sostenibilidad en la IV convocatoria de TrenLab.

El ganador del reto fue Greemko (Green Management Technology), *startup* dedicada a mejorar la gestión ambiental de las organizaciones mediante la tecnología digital. Esta joven empresa fue contratada por Renfe en diciembre de 2023, por 980 000 €, para prestar asesoramiento especializado y desplegar un sistema digitalizado para la medición y gestión de la huella de carbono de las operaciones del grupo. Otro objetivo del contrato es la automatización en la elaboración de los certificados de huella de

carbono de los servicios prestados a los clientes de Mercancías y Viajeros, que cuantifican el ahorro de toneladas de emisiones de Gases de Efecto Invernadero del transporte por ferrocarril en comparación con el transporte por carretera.

El *software* creado por Greemko, que cumple con el estándar Green Gas Protocol (GHG), captura automáticamente los datos de actividad desde las evidencias de los consumos de electricidad, gas natural, diésel, gasolina y otros, por lo que no es necesario introducirlos manualmente en la solución. El algoritmo combina todos estos datos con una extensa base de datos de factores de emisión con los que cuenta la propia solución y calcula automáticamente la huella de carbono, poniéndola a disposición para la toma de decisiones. También elabora de forma automática certificados que plasman el impacto ambiental generado por los servicios ofrecidos. Estos



certificados no son una exigencia legislativa, pero se están convirtiendo en un requisito contractual dado que cada vez más clientes solicitan la huella de carbono a sus proveedores.

Como principales beneficios, esta herramienta automatiza y digitaliza los procesos de recogida de datos, cálculo de huella de carbono y elaboración de certificados, que hasta ahora se realizaban de forma manual, simplificando todo el proceso y ganando en eficiencia, rapidez y precisión. También “ofrece una mayor transparencia de manera transversal a la organización para dar la información y mantener la trazabilidad de los datos”, según los directivos de la *startup*. En cuanto a la gestión de la huella de carbono, la solución permite elaborar planes de reducción de emisiones, establecer y automatizar el seguimiento de objetivos de mejora y elaborar diferentes tipos de informes y reportes, así como otras funcionalidades que facilitan una gestión más activa.

La solución está en fase de producción en las distintas sociedades del grupo, permitiendo su acceso a la misma para gestionar la huella de carbono de su actividad. Y se trabaja en la integración del *software* con los sistemas de la compañía para automatizar los procesos. Actualmente ya está en servicio un módulo que emite certificados de huella de carbono para clientes de Renfe Mercancías, derivado del proyecto piloto que realizó la *startup*. De hecho, durante el Salón Internacional de la Logística (SIL) del pasado junio, Renfe Mercancías entregó los certificados de huella de carbono a sus clientes. ■

*Renfe es una de las empresas
más sostenibles del mundo.
Evitamos anualmente la
circulación de 330 millones
de vehículos privados y
nuestros trenes eléctricos
tienen el sello Emisiones Cero
y Neutros en carbono.*

*Como tú, que te preocupas
por el planeta.*

COMPARTIMOS
EL MISMO VIAJE

renfe Tu tren.

Los puertos ponen rumbo hacia la autosuficiencia energética y al cero emisiones netas

TENERIFE PORT ZERO



Autoridad Portuaria
Santa Cruz de Tenerife



Interreg
Atlantic Area



Co-funded by
the European Union



La Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife es una entidad pública y una de las 28 instituciones que componen el Sistema Portuario Español. Actualmente, gestiona seis puertos de interés general: Santa Cruz de Tenerife, Granadilla, Santa Cruz de La Palma, Los Cristianos, San Sebastián de La Gomera y La Estaca, en la isla del Hierro.

La urgente necesidad de hacer frente al cambio climático ha puesto al sector marítimo en el punto de mira por su importante contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Los puertos, como centros vitales del comercio internacional y la logística, tienen un papel crucial que desempeñar en la mitigación de estas emisiones y la

transición hacia un futuro sostenible.

La Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, como entidad responsable con el medio ambiente, tiene un profundo compromiso con el desarrollo sostenible, lo que la ha llevado a elaborar la estrategia Tenerife Port ZERO. Este esfuerzo innovador representa la búsqueda decidida de facilitar la transición energética dentro de los puertos, con el objetivo global de crear puertos neutros en emisiones de CO₂ que contribuyan activamente a la consecución de los objetivos climáticos globales.

- Texto: Santiago Yanes Díaz, jefe de división de Innovación y Proyectos Estratégicos en la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife
- Fotos: Puertos de Tenerife

Para embarcarse en este viaje transformador, es necesario reconocer la importancia de medir y comprender con precisión la actual huella de carbono. Como bien dice el dicho, “lo que se mide se gestiona”. De ahí, que el primer paso hacia la consecución de un puerto neutro en emisiones de CO₂ ha sido realizar una evaluación exhaustiva de las emisiones de carbono para determinar la línea de base a partir de la cual iniciar los esfuerzos de sostenibilidad. Esta acción ha proporcionado información inestimable sobre las diversas fuentes de emisión, lo que ha permitido desarrollar estrategias de mitigación específicas y eficaces.

Lo primero fue medir la huella de carbono en el periodo 2017-2020 siguiendo la Guía Metodológica para el Cálculo de la Huella de Carbono en Puertos, desarrollada por Puertos del Estado. Esta guía está basada en las mejores prácticas internacionales y garantiza la coherencia y precisión de los cálculos. Con la adhesión a este marco metodológico se establece una base de referencia fiable para evaluar los esfuerzos de sostenibilidad y su contribución al conocimiento colectivo de la medición de la huella de carbono en la industria marítima. Actualmente, se está midiendo el periodo 2020-2023 para incorporarlo a las revisiones sucesivas del plan.

De este estudio se desprende que **más del 95 % de las emisiones del puerto en su conjunto están relacionadas con el tráfico marítimo**. De ahí, que en 2020, año de la pandemia del COVID, se pueda observar un aumento significativo de las emisiones al estar los buques atracados y en la zona de fondeo con los motores auxiliares o principales en funcionamiento.

Resultados de la medición de la huella de carbono 2017-2020

Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife	2017	2018	2019	2020
Ámbito 1 [kg CO ₂ eq]	130 588	166 851	169 275	118 899
Alcance 2 [kg CO ₂ eq]	1 139 723	1 991 954	1 279 432	0
Ámbito 3 [kg CO ₂ eq]	109 864 766	98 545 887	94 819 665	140 299 162
Otras organizaciones que operan en la APT	64 773	2 433 410	2 531 006	1 954 738
Tráfico marítimo en la APT	108 338 630	94 614 633	90 795 620	137 098 573
Tráfico de vehículos en régimen de paso en la APT	245 541	266 676	293 908	209 572
Transporte de mercancías por camión dentro de la APT	1 215 821	1 231 168	1 199 130	1 036 279
Huella de carbono [kg CO₂ eq]	111 135 077	100 704 693	96 268 372	140 418 061

Otro dato importante relacionado con el alcance 2, es que las **emisiones vinculadas al consumo eléctrico** fueron de **0 kg CO₂ eq/kWh en 2020**, ya que se contrató un proveedor de electricidad que suministra electricidad 100 % renovable con garantía de origen (GdO).

La medición de la huella de carbono ha sentado las bases del exhaustivo plan de reducción, encaminado a alcanzar el objetivo de ser un puerto neutro en emisiones de CO₂.

A partir de los datos obtenidos en la evaluación de la huella de carbono, se ha desarrollado una hoja de ruta estratégica que se describe en el cuadro siguiente.

Objetivos del Plan de Reducción de GEI para 2030

	Relacionado con	2025	2030
Sistema de Gestión Medioambiental, según la norma UNE-EN ISO 14001:2015	Protección del medio ambiente	Mantener el 100 % de certificación portuaria	Certificación EMAS
Medición emisiones GEI* de las principales partes interesadas dentro de la APT	Sensibilización medioambiental	70 %	100 %
Empleados formados (en porcentaje del total de empleados)	Sensibilización medioambiental	64 %	>70 %
Inversión en conexión eléctrica puerto-barco (inversión total acumulada)	Calidad del aire	23 M€	47 M€
Vehículos eléctricos de emisiones cero (porcentaje de vehículos cero en la flota)	Calidad del aire	60 %	100 %
Uso de electricidad 100 % renovable	Calidad del aire	Suministro renovable para todos los puertos	Autosuficiencia renovable para todos los puertos
Puntos de recarga eléctrica	Eficiencia energética	14 puntos dobles	28 puntos dobles
Suministro de GNL a buques de crucero	Calidad del aire	Puerto de Santa Cruz de Tenerife	Todos los puertos
Consumo eléctrico	Consumo eléctrico	0 % de emisiones	0 % de emisiones
Consumo de combustible	Consumo de combustible	Reducción del 40 % anual de emisiones respecto a 2019	Reducción del 100 % anual de emisiones respecto a 2019
Reducción de GEI Alcance 1+2 [%]	General	Reducción del 70 % respecto a 2019	Reducción del 100 % en comparación con 2019
Reducción de GEI Alcance 1+2 y 3 [%]	General	Reducción del 30 % respecto a 2019	Reducción del 70 % respecto a 2019

(*) GEI: Gases de efecto invernadero.

En el contexto del establecimiento de objetivos ambiciosos de reducción/neutralidad del carbono, cabe destacar que la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife (APT) ha establecido objetivos de reducción más ambiciosos que los previstos en el Marco Estratégico de Puertos del Estado para 2030.

Objetivos de reducción de carbono de la APT frente a Puertos del Estado

Actuaciones	Marco estratégico para 2030 (Puertos del Estado)	Objetivos de la APT para 2030
Reducción de GEI Alcance 1+2 [%]	Reducción del 70 % respecto a 2019	Reducción del 100 % respecto a 2019
Reducción de GEI Alcance 1+2 y 3 [%]	Reducción del 50 % respecto a 2019	Reducción del 70 % respecto a 2019

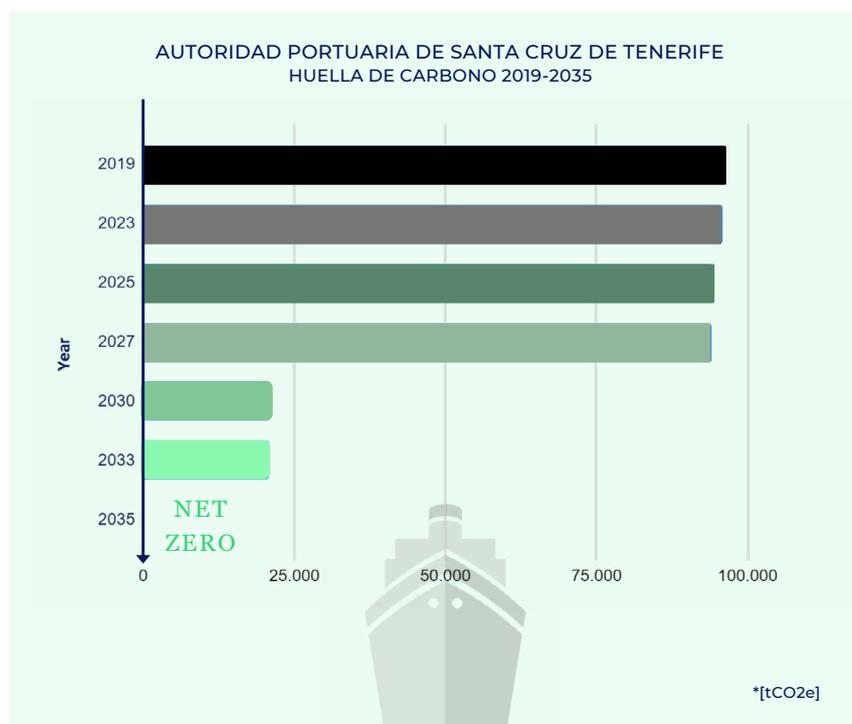
El objetivo de que APT sea **neutra en carbono en 2030** es un objetivo realista y alcanzable. En 2025 se va a realizar una auditoría energética de todos los puertos por la que se va a determinar las instalaciones de energías renovables y las baterías necesarias para la autosuficiencia energética de las infraestructuras dependientes de la Autoridad Portuaria (básicamente edificios administrativos, estaciones marítimas y alumbrados públicos). También se está desarrollando el sistema de control inteligente para una correcta gestión de la energía. En este sentido, la Autoridad Portuaria fue uno de los socios impulsores del proyecto europeo ENEPORTS, cuyo objetivo principal es demostrar el papel esencial de la digitalización en la descarbonización portuaria y en el consumo eficiente de energía renovable.

El hecho de que la Autoridad Portuaria y todos los operadores que actúan en el Puerto (concesiones, navieras, transportistas, proveedores, pasaje, etc.) sea **cero en 2035**, es un objetivo muy ambicioso que requiere un gran esfuerzo colectivo. Para lograrlo, la Autoridad Portuaria ejercerá de palanca tractora por medio de una serie de acciones como son: un plan de

Interreg
Atlantic Area



Co-funded by
the European Union



Objetivo Net ZERO.

comunicación del objetivo NET ZERO, el establecimiento de regulaciones limitadoras de emisiones, incentivos a las empresas ecoactivas, impulsar la implantación de comunidades energéticas, combustibles alternativos, sistemas de conexión eléctricos a buques y poner en marcha proyectos de compensación para cubrir aquellas emisiones que no sean evitables en el puerto para el año 2035.

Como el 95 % de las emisiones provienen del tránsito marítimo, uno de los objetivos clave en las líneas de “Tenerife Port **ZERO**” es disponer de conexiones eléctricas a buques y combustibles alternativos cero emisiones netas.

Conexión de buque ROPAX en el Puerto de San Sebastián de la Gomera.



El nuevo reglamento para el despliegue de infraestructuras de combustibles alternativos (AFIR) establece objetivos de despliegue obligatorios para el suministro eléctrico de buques en puerto. La implementación de sistemas Onshore Power Supply (OPS) permitirá a los barcos conectarse a la red eléctrica terrestre, eliminando la dependencia de motores auxiliares y reduciendo significativamente las emisiones de CO₂ y la contaminación acústica.

Las características principales de esta nueva regulación son:

- Requerimiento a los puertos de la red transeuropea de transporte (TEN-T) para instalar OPS, en 2030, para portacontenedores y barcos de pasajeros (ferris y cruceros).
- Se debe garantizar la conexión para barcos superiores a 5000 GT (probablemente se rebaje a 400 GT a partir de 2025).
- Se tiene que proveer electricidad como mínimo al 90% en las escalas de más de 2 horas.

Para poder establecer prioridades de actuación de las conexiones eléctricas OPS de buques a puerto se ha realizado un **Plan de electrificación**, en el que se establece una programación de potencia eléctrica e importe asociado por cada línea de atraque de cada uno de los 6 puertos de la APT y su implementación de forma progresiva hasta el año 2030.

La inversión prevista para electrificar los atraques de cruceros, buques de pasaje y carga interinsular y portacontenedores es de **47 millones de euros**.

Plan de electrificación en el Puerto de Santa Cruz de Tenerife.

PUERTO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE



La Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife ya ha electrificado el tráfico marítimo interinsular de buques *fast ferry* y de carga rodada. Actualmente, está en proceso de tramitación la licitación de la electrificación de portacontenedores y está proyectado el suministro eléctrico a cruceros. Dado que cada crucero puede consumir del orden de 11 MW y que el Puerto de Santa Cruz de Tenerife puede albergar 5 o 6 cruceros de forma simultánea, el reto técnico-económico es significativo.

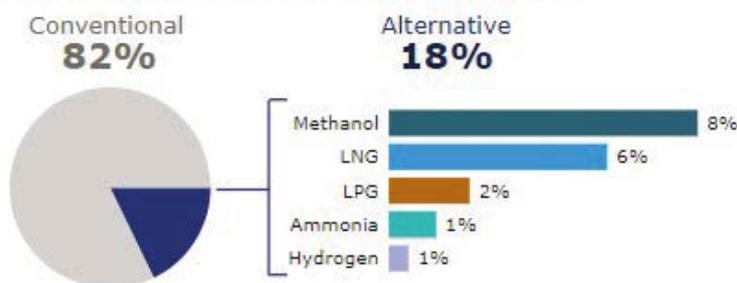
Al hablar de la reducción de emisiones de CO₂ en los puertos, no todo es electricidad, los combustibles alternativos juegan un papel crucial en la transición energética. Así, la normativa AFIR también regula el suministro de gas natural licuado (GNL) y otros combustibles alternativos. Los principales requerimientos para los puertos son:

- Garantizar un número adecuado de puntos de recarga de GNL a los puertos de la red TEN-T a partir del 1 de enero de 2025.
- Los puntos de recarga de GNL a los puertos tienen que incluir terminales de GNL, camiones GNL móviles y gabarras de transbordo de combustibles (*bunkering*).
- Se requiere a los Estados miembros que desarrollen un marco político que incluya planes para garantizar el suministro de combustibles alternativos **que incluyan, al menos, hidrógeno, amoníaco y metanol.**

Una forma de optimizar la energía renovable producida en los puertos que no es consumida en el momento, es generar hidrógeno verde, amoníaco o metanol y, almacenarlo. Cuando sea preciso generar electricidad limpia se podrán emplear en una turbina, un motor o en una pila de combustible. Igualmente, permitirá suministrar combustibles cero emisiones netas a los buques que lo demanden.

Según los datos de la plataforma Alternative Fuels Insight sobre el pedido de energía renovable de los buques en los últimos doce meses, el 18 % del total de los buques funcionan con combustibles alternativos.

New contracts in the last 12 months



Nuevos pedidos de buques según el tipo de combustible.
Fuente: Alternative Fuels Insight (DNV).

La Asociación Internacional de Puertos (IAPH) ha considerado que el esfuerzo realizado por la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife en su desempeño ambiental y de eficiencia energética debe ser reconocido y, por ello, ha concedido a **Tenerife Port ZERO** el **premio al mejor proyecto de sostenibilidad del año 2023**, en la modalidad de Clima y Energía.



Entrega del premio de la Asociación Internacional de Puertos.

Es importante destacar que los Premios Mundiales de Sostenibilidad Portuaria fueron creados para reconocer los mejores proyectos registrados en el Programa Mundial de Sostenibilidad Portuaria (WSP) de la IAPH, creado en mayo de 2017, con el objetivo de coordinar los futuros esfuerzos de sostenibilidad de los puertos en todo el mundo y fomentar la cooperación internacional con los socios de la cadena de suministro, siempre guiados por los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

Fundada en 1955, la IAPH es una alianza mundial de puertos que representa en la actualidad a unos 170 puertos miembros regulares y 126 miembros asociados, relacionados con puertos en 87 países. Juntos, los puertos miembros manejan más de un tercio del comercio marítimo mundial y más del 60 % del tráfico mundial de contenedores. La IAPH colabora con el Banco Mundial, la Organización Mundial de Aduanas, el Foro Marítimo Mundial y el Foro Económico Mundial.

Como conclusión, cabe destacar que la autosuficiencia energética de las Autoridades Portuarias es fácilmente alcanzable ya que los consumos principales corresponden tan solo a edificios y alumbrados públicos pero, otra cosa diferente, es el suministro de energía verde a los buques y a los concesionarios. Para poder afrontar este incremento de potencia eléctrica tan grande será preciso que cada Autoridad Portuaria pueda gestionar la energía en su ámbito de influencia por medio de alguna de las siguientes opciones:

- Implantación de comunidades energéticas portuarias (sin la limitación actual de 2 km de radio del puerto... en su conjunto).
- Gestión de la distribución y comercialización eléctrica propia (como continúan haciendo algunos puertos acogidos a la antigua regulación del sector eléctrico).

Ambas opciones permiten la entrada de energías renovables y la acumulación, tanto eléctrica como de hidrógeno, para que el puerto sea plenamente autosuficiente. Incluso, los excedentes energéticos renovables que se generasen se podrían emplear en las ciudades que normalmente circundan las instalaciones portuarias. ■

En definitiva, la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife ha lanzado la estrategia Tenerife Port ZERO con el objetivo de alcanzar la neutralidad en emisiones de CO₂ y avanzar hacia la autosuficiencia energética en sus puertos. Este plan integral incluye la medición de la huella de carbono, la electrificación de infraestructuras portuarias, y la implementación de combustibles alternativos, posicionando a los puertos como actores clave en la mitigación del cambio climático y en la transición hacia un futuro sostenible.

Evaluación del impacto de los parques eólicos
en la seguridad marítima

Análisis del parque eólico Mar de Ágata

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible tiene entre sus prioridades asegurar un desarrollo de la energía eólica marina compatible con la seguridad y la prevención de la contaminación marina.

En línea con esta meta, se está colaborando con las Administraciones competentes para la evaluación del impacto ambiental de los parques eólicos marinos en relación con las competencias propias de la Dirección General de la Marina Mercante.

- Texto: José Aranda Vasserot, capitán marítimo de Almería, y Luis Arturo Zamorano Díaz, inspector de seguridad marítima en la Capitanía Marítima de Tenerife



La energía eólica marina es una

fuerza de energía renovable que se obtiene al aprovechar la fuerza del viento en alta mar, donde no existe relieve que reduzca su velocidad y, por tanto, mejora notablemente el rendimiento.

Se trata de una energía inagotable y no contaminante, más eficiente que la eólica terrestre, con un impacto visual y acústico muy pequeño y con menos limitaciones para su transporte, ya que el transporte marítimo puede ir a dimensiones y cargas superiores al transporte terrestre, lo que hace que las potencias unitarias de los aerogeneradores marinos sean del orden del doble que los aerogeneradores terrestres.

España es una potencia eólica, tanto en fabricación de equipos, que dispone del 90 % de la cadena de valor, como en producción de electricidad, pero el desafío al que se enfrenta la eólica marina es la elevada profundidad de las aguas territoriales para proyectos con cimentación fija, inviable a partir de 50 metros de profundidad. Sin embargo, España es líder en soluciones flotantes para los aerogeneradores. También es el socio europeo con más instalaciones de I+D para eólica flotante y las otras energías del mar.

El 10 de diciembre de 2021, el Consejo de Ministros aprobó, a propuesta del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, la Hoja de Ruta para el desarrollo de la eólica marina y de las energías del mar en España, una estrategia dirigida a potenciar el liderazgo de España en el desarrollo tecnológico de las distintas fuentes limpias que aprovechan los recursos naturales marinos, con especial atención a la energía eólica marina. Otro objetivo fundamental

La energía eólica marina es sostenible y no contaminante. España dispone de un buen recurso eólico y de la tecnología necesaria para su desarrollo.



Representación gráfica sobre mapa de la ubicación del parque eólico marino Mar de Ágata con respecto a la costa.

de la estrategia es el desarrollo ordenado de las instalaciones eólicas en el mar territorial, de tal forma que sea respetuoso con el medio ambiente y compatible con otros usos y actividades.

La estrategia contiene varias líneas de actuación con el objetivo de alcanzar entre 1 y 3 GW de potencia eólica marina flotante en 2030 –hasta el 40 % del objetivo de la UE para el final de la década– y hasta 60 MW de otras energías del mar en fase precomercial, como las de las olas o las mareas.

En este contexto, la Subdirección General de Seguridad, Contaminación e Inspección Marítima perteneciente a la Dirección General de la Marina Mercante solicitó un informe, en noviembre del año 2021, a la Capitanía Marítima de Almería, sobre el impacto ambiental del parque eólico Mar de Ágata en rela-

ción con las competencias propias de la Marina Mercante. El proyecto parque eólico Mar de Ágata era un documento inicial de proyecto para el establecimiento de un parque de aerogeneradores marinos flotantes a unas ocho millas náuticas frente a la costa de los términos municipales de San José y Carboneras en la provincia de Almería.

El objeto del presente artículo es presentar un resumen del análisis de riesgos que se efectuó en aquel momento por la Capitanía Marítima de Almería y las correspondientes medidas correctoras para mitigar esos riesgos, teniendo en cuenta los peligros que podía representar tanto el aerogenerador considerado de forma individual como los que podía representar un parque de aerogeneradores en su conjunto; todo ello en relación con la seguridad marítima, prevención de la

contaminación del medio marítimo, lucha contra la contaminación y salvamento marítimo.

Análisis del impacto de un aerogenerador en la seguridad marítima

Un parque eólico marino es el conjunto de aerogeneradores en el mar, conectados eléctricamente y organizados de tal manera que funcionan como una unidad. Estos parques no solo generan energía, sino que también están conectados a la red eléctrica general.

Es importante entender cómo un aerogenerador individual puede afectar a la seguridad en el mar. Por ejemplo, se debe considerar cómo se ancla al fondo del mar, su capacidad para mantenerse a flote y estable, y cómo podría influir en los sistemas de navegación y salvamento marítimos. Además, es crucial examinar cómo las aspas

del aerogenerador están dispuestas y qué medidas se toman para evitar la contaminación del medio marino por su acción sobre él.

Es decir, analizar el impacto que genera un solo aerogenerador de forma individual permitirá tomar las medidas de prevención apropiadas para que la navegación y el medio ambiente marino permanezcan seguros y protegidos.

Fiabilidad del mantenimiento de la posición de un aerogenerador sobre el fondo marino

En el ámbito de la energía eólica marina, existen dos sistemas principales para fijar los aerogeneradores al fondo del mar: uno es adecuado para aguas poco profundas y utiliza una base sólida, mientras que el otro, diseñado para aguas profundas, se basa en estructuras flotantes.

Dada la naturaleza de los fondos marinos cerca de la costa española, es probable que los futuros proyectos se inclinen hacia el uso de aerogeneradores flotantes. Estos aerogeneradores se mantienen firmes en su lugar gracias a técnicas avanzadas, lo que permite que sean incluidos en los mapas marítimos, conocidos como cartas náuticas. Así, los navegantes pueden estar al tanto de su ubicación con anticipación, incluso si la visibilidad es limitada, evitando posibles colisiones.

Sin embargo, surge una cuestión importante: ¿pueden estos aerogeneradores resistir condiciones meteorológicas extremas o el impacto accidental con un barco? Si un aerogenerador se desplaza de su posición original, se presentan dos complicaciones posibles:

- Navegar cerca de un objeto que puede moverse imprevisiblemente presenta un peligro

Gwynt y Môr, parque eólico marino situado frente a la costa de Gales. Vista desde Rhiwledyn.



Llywelyn2000, Wikimedia Commons



SBM Communications, Wikimedia Commons



Diagrama del sistema de posicionamiento de un aerogenerador flotante.

especial en condiciones de poca visibilidad.

- Existe el riesgo de que el aerogenerador se desplace hacia la costa, lo que podría resultar en un encallamiento y daños a infraestructuras cercanas.

Por lo tanto, para mitigar estos riesgos, es esencial que el proyectista de un parque eólico marino elabore una evaluación de impacto que incluya:

- La certificación del sistema de anclaje, especificando las condiciones extremas que puede soportar.
- Un sistema de monitoreo y respuesta rápida en caso de que un aerogenerador se suelte y comience a derivar, lo cual debe formar parte de un Plan

de Autoprotección integral de la instalación.

El proyecto inicial del parque eólico marino Mar de Ágata toma como referencia una unidad semisumergible formada por cuatro columnas que se mantiene en posición gracias a un sistema de anclaje al lecho marino, lo que evita que sea arrastrada por el efecto combinado del viento, el oleaje y las corrientes marinas, y además garantiza que los movimientos de la plataforma se mantengan dentro de un radio límite.

La flotabilidad y estabilidad de los aerogeneradores flotantes

A los aerogeneradores marinos flotantes les sucede la misma cuestión crítica que a los buques:

Unidad flotante de tres columnas en Agucadoura, Portugal.

Untrakdrover, Wikimedia Commons

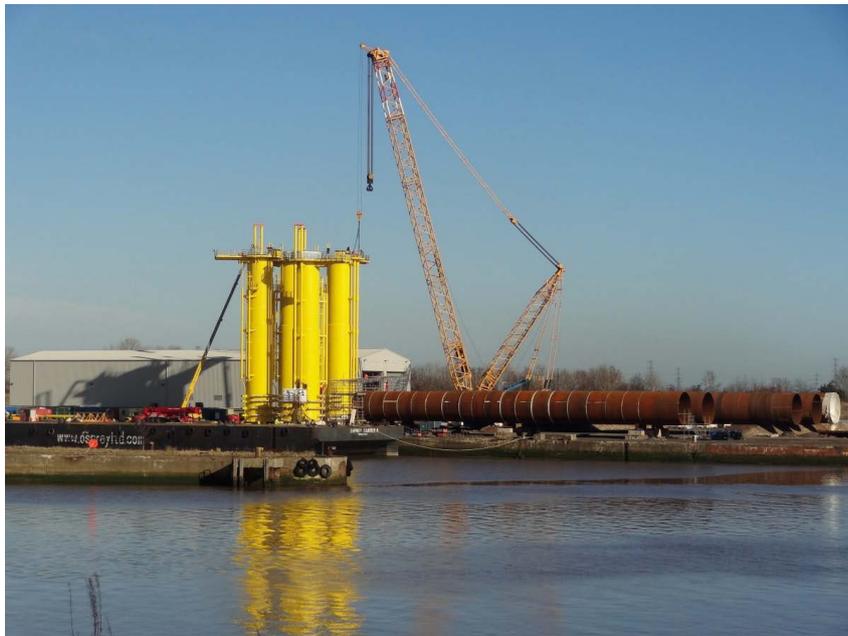


la capacidad de poder mantenerse a flote para no hundirse y la capacidad de permanecer estable ante los embates del mar y el viento para no volcar y quedar suspendido en la superficie marina. Por ello, están diseñados para mantenerse a flote gracias a unas "columnas" cilíndricas huecas, y algunos de ellos incorporan lastre para añadir estabilidad a la estructura.

Para asegurarnos de que un aerogenerador permanece estable y a flote, es crucial llevar a cabo un análisis detallado de flotabilidad y estabilidad. Esto es especialmente importante porque se ven sometidos a condiciones adversas, como tormentas o fuertes mareas que podrían comprometer la flotabilidad del aerogenerador, llevándolo al fondo del mar, o causar una estabilidad negativa, que provoque su vuelco.

Por tanto, cualquier proyecto de instalación de un parque eólico marino debe incluir en su evaluación de impacto:

- La verificación de los niveles de flotabilidad y estabilidad de los aerogeneradores, señalando los valores límite bajo condiciones meteorológicas extremas que



Construcción de las columnas base de un aerogenerador marino flotante.

podrían llevar a una flotabilidad o estabilidad negativa.

- La confirmación de la estabilidad post-accidente, en caso de colisión con un buque.
- Un sistema de monitoreo y respuesta rápida para actuar frente a incidentes de hundimiento o vuelco, y la consideración de implementar un diseño "collision friendly" para los aerogeneradores.

El proyecto inicial del parque eólico marino Mar de Ágata contempla que cada aerogenerador disponga de lastre de agua dentro de la parte inferior de las columnas, actuando tanto como un lastre estático para bajar la plataforma a su calado operativo, como un sistema de lastre activo para compensar los cambios en la velocidad y las direcciones del viento, llevando agua dentro y fue-

Sometimiento a las condiciones marítimas de los aerogeneradores.





ra de cada columna para equilibrar la carga del viento en la turbina.

Interferencias y obstaculizaciones en los equipos marinos de ayuda a la navegación

Los informes más recientes concluyen que los parques eólicos marinos pueden causar interferencias en los sistemas de navegación marítima. Esto se debe a que los aerogeneradores pueden crear “zonas muertas” en los radares de los barcos y obstruir la visión de la tripulación, aumentando así los riesgos durante la navegación.

Para reducir estos riesgos, es fundamental adoptar ciertas medidas que ya ha planteado la Asociación Internacional de Ayudas Marítimas a la Navegación y Autoridades de Faros, (IALA, por sus siglas en inglés), como son:

- Señalización visible tanto de día como de noche para cada aerogenerador.
- Marcado específico para los aerogeneradores situados en el perímetro del parque.
- Instalación de reflectores de radar en los aerogeneradores para mejorar su detección.
- Colocación de al menos un transmisor AIS en cada aerogenerador periférico, que es una tecnología de información de posicionamiento de buques utilizada comúnmente en el sector.
- Implementación de señales acústicas que se activan en condiciones de baja visibilidad.

Por lo tanto, cualquier proyecto para instalar un parque eólico marino debe incluir en su evaluación de impacto:

- Un análisis de las zonas de sombra y sectores ciegos que cada aerogenerador pueda crear en relación con los sistemas de



Marcado de aspas y de torre del aerogenerador con líneas rojas.

ayuda a la navegación de los barcos.

- Un plan para equipar cada aerogenerador con tecnología que mitigue estos efectos y garantice una navegación con niveles equivalentes de seguridad a los que se tendrían si no estuviera instalado.

Prevención de la colisión de un buque con las aspas de un aerogenerador

Las aspas de los aerogeneradores, ya sea en reposo o en movimiento, representan un riesgo de colisión para los barcos que se aproximen por accidente y para los vehículos aéreos y marítimos

de salvamento y rescate que necesiten aproximarse para realizar una intervención.

Por ello, es esencial que cada proyecto de parque eólico marino contemple en su evaluación de impacto las siguientes estrategias de prevención:

- Implementación de sistemas de detección y actuación que permitan la parada automática o controlada a distancia del rotor ante la proximidad de un objeto.
- Ajuste de la altura de las aspas por encima del nivel medio del mar, teniendo en cuenta el efecto de las olas y la posible inclinación debido al viento, para evitar colisiones con buques

Detención de los aerogeneradores para labores de mantenimiento.



Silco Saaman

habituales en el tráfico marítimo de la zona.

Estas medidas son cruciales para garantizar la seguridad de la navegación y la eficacia de las operaciones de salvamento y rescate en las zonas de parques eólicos marinos.

La prevención de la contaminación del medio marino por el derrame de lubricantes, productos anticorrosivos aplicados a los aerogeneradores y otros productos químicos

La industria eólica marina, aunque es sostenible, no está exenta de riesgos ambientales. Los estudios han puesto de manifiesto que la construcción de infraestructuras puede llevar a la contaminación del mar por derrames de lubricantes y otros químicos empleados en el mantenimiento habitual, así como por los productos utilizados para prevenir la corrosión en los aerogeneradores.

Para abordar estos riesgos es fundamental que cada nuevo proyecto de parque eólico marino incluya en su evaluación de impacto:

- La certificación de los materiales anticorrosivos utilizados, asegurando su sostenibilidad y eficacia.
- El análisis del contenido de hidrocarburos y otros contaminantes en los aerogeneradores y subestaciones, junto con estrategias para prevenir su liberación al medio marino durante la vida útil de las instalaciones.
- Un plan de desmantelamiento para los aerogeneradores que se retiren o reemplacen, garantizando un proceso ecológico.
- La creación de un Plan Interior Marítimo específico para el parque, que contemple protocolos de vigilancia y actuación en



Andrew, Wikimedia Commons

Fondeo de un buque en los alrededores del parque eólico marino Gwynt y Môr.

caso de incidentes de contaminación, ya sea por operaciones rutinarias o por accidentes como colisiones.

Análisis del impacto en la seguridad marítima del parque eólico marino en su conjunto

La seguridad marítima es un mosaico de medidas aplicadas a los distintos elementos que la componen, con el fin de minimizar los riesgos asociados a las actividades marinas. Tras evaluar cómo un aerogenerador individual puede influir en la seguridad marítima, procede examinar el efecto acumulativo de un grupo de estos aerogeneradores.

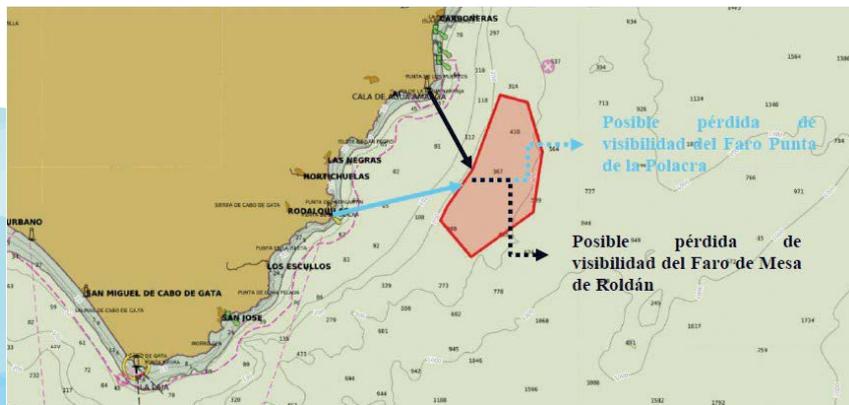
Este análisis integral debe considerar cómo la presencia de

múltiples aerogeneradores puede alterar factores como las rutas de navegación, las operaciones de salvamento y rescate y la gestión del tráfico marítimo. El objetivo es garantizar que, en su conjunto, los parques eólicos marinos coexistan de manera segura con el entorno marino y las actividades que en él se desarrollan.

Interferencias y obstaculizaciones en las ayudas a la navegación

El mar está equipado con un arsenal de herramientas de navegación que mejoran significativamente la seguridad marítima. Entre estas, se encuentran los faros, luces y señalizaciones que no solo alertan a los navegantes sobre peligros potenciales, sino que también les

Representación gráfica sobre carta náutica electrónica de las interferencias que puede generar el parque eólico marino Mar de Ágata con los sistemas de ayuda a la navegación colindantes.





ayudan a determinar su ubicación exacta en el mar.

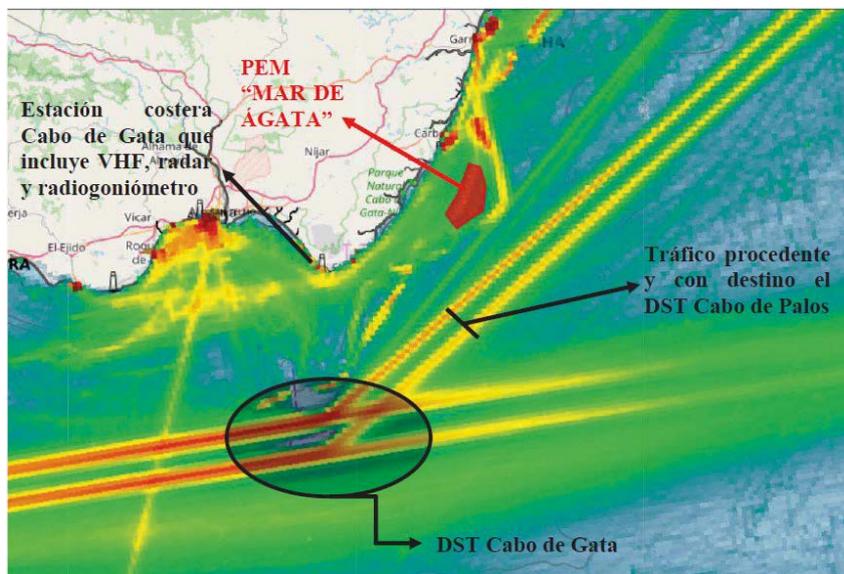
Sin embargo, la presencia de un parque eólico marino puede representar un desafío para la visibilidad de estas ayudas esenciales. Por lo tanto, es necesario que cada proyecto de instalación de un parque eólico marino evalúe cuidadosamente cómo podría afectar la visibilidad de las ayudas a la navegación y desarrolle estrategias para mitigar cualquier impacto negativo, garantizando así que la seguridad marítima se mantenga como una prioridad irrenunciable.

En la zona en la que se pretende instalar el parque eólico marino Mar de Ágata existen diversos faros y señales. Es decir, habrá tráfico marítimo que encuentre obstaculizada su visión sobre elementos de ayudas a la navegación que hoy en día tiene disponible.

Interferencias y obstaculizaciones en los equipos de seguimiento y monitorización del tráfico marítimo

La Regla 12 del Anexo V del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar establece la obligación de los gobiernos de implementar un Servicio de Tráfico Marítimo (STM) cuando el volumen de tráfico o el riesgo asociado lo amerite. Este servicio es vital para la seguridad en el mar, la eficiencia de la navegación y la protección del entorno marino y costero.

En España, Salvamento Marítimo gestiona la vigilancia del tráfico en áreas clave como Finisterre, Tarifa, Cabo de Gata y las Islas Canarias, así como en varios puertos, que están compuestos por los equipos necesarios para este servicio, incluyendo radiocomunicaciones y seguimiento del tráfico, tal y como exige la Organización Marítima Internacional.



Representación gráfica de la ubicación del parque eólico marino Mar de Ágata con respecto a los sistemas de ayuda a la navegación colindantes sobre mapa de calor del tráfico marítimo.

Los parques eólicos marinos pueden interferir con estos sistemas esenciales, tal y como concluye el informe de la Asociación Mundial para la Infraestructura del Transporte Acuático, PIANC, "Mar-Com WG Report n.º 161 – 2018". Por tanto, se torna esencial evaluar el impacto de estas instalaciones en los equipos de STM.

En el caso del parque eólico marino Mar de Ágata, parece estar situado lejos del Dispositivo de Separación de Tráfico (DST) de Cabo de Gata y de las rutas principales de tráfico marítimo.

Sin embargo, su impacto sobre el citado Dispositivo de Separación de Tráfico se prevé relevante, puesto que forma parte de un Servicio de Tráfico Marítimo al que se refiere la Regla 12 del Anexo V del Convenio SOLAS y, por tanto, no se trata única y exclusivamente de la delimitación de las "zonas de paso" de los buques, sino de todos los servicios que se integran. De hecho, para la prestación del servicio que da el Dispositivo de Separación de Tráfico se debe contar con un equipamiento mínimo, en el que se incluyen los equipos de radioco-

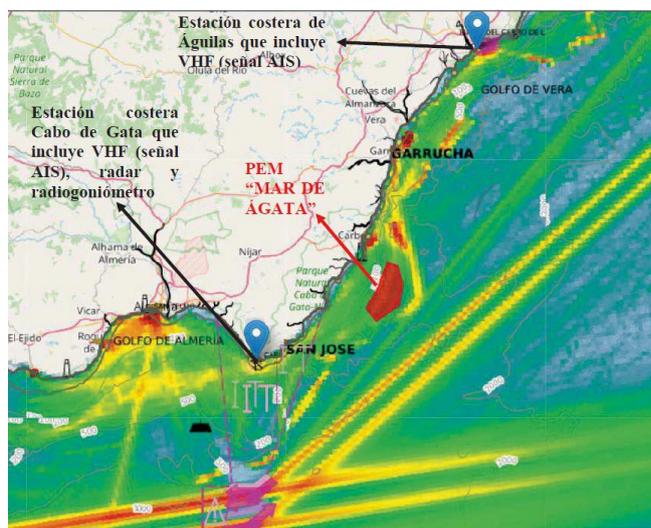
Centros de comunicaciones radiomarítimas de Salvamento Marítimo.



Salvamento Marítimo

municaciones y de seguimiento del tráfico marítimo.

Salvamento Marítimo cuenta con una red de estaciones costeras integradas en el servicio móvil marítimo para la seguridad de la vida humana en el mar que garantizan las comunicaciones y el seguimiento del tráfico marítimo por toda la costa española y que pueden verse afectadas por la instalación del parque eólico marino.



Representación gráfica de la ubicación del parque eólico marino Mar de Ágata con respecto a sistemas de radiocomunicaciones y ayuda a la navegación colindantes sobre mapa de calor de tráfico marítimo.

Torre de control donde se ubica el servicio de radiocomunicaciones de Salvamento Marítimo para el control del tráfico marítimo en el Dispositivo de Separación de Tráfico de Cabo de Gata.





El parque eólico marino Mar de Ágata se situará entre las estaciones costeras de Cabo de Gata y Águilas que surten de cobertura VHF al tráfico de la zona que incluye aquel que se dirige o abandona el DST de Cabo de Gata. Además, la estación de Cabo de Gata cuenta con otros medios de captación de tráfico marítimo y de ayuda a la navegación que deben ser preservados ya que España tiene adquirido el compromiso a nivel internacional de la prestación de este servicio.

Aun así, es posible que las interferencias no se identifiquen completamente hasta que se realicen pruebas en el sitio tras la instalación del parque. Por ello, todos los proyectos deben asegurar la instalación y operatividad de cualquier equipo adicional necesario para mantener los servicios de tráfico marítimo, ya sea en el parque o en otro lugar adecuado en tierra.

Navegación interna y acceso de los servicios de salvamento y rescate

Debido a la complejidad de las operaciones de salvamento y rescate en parques eólicos marinos, se suele designar una zona de exclusión alrededor del perímetro del parque, accesible solo para embarcaciones de mantenimiento y operaciones. Sin embargo, puede considerarse la navegación interna para ciertos tipos de tráfico bajo condiciones específicas.

Para contemplar la navegación dentro del parque, el proyecto debe evaluar y justificar los siguientes puntos:

- La altura a las que estarán situadas las aspas de los aerogeneradores sobre el nivel medio del mar, que permita la navegación segura de ciertos barcos.

- Una distancia de seguridad adecuada entre las embarcaciones y cada aerogenerador.
- Medidas preventivas para mantener la distancia de seguridad en condiciones de visibilidad reducida.
- Un corredor de navegación entre filas de aerogeneradores, con dimensiones suficientes para el tránsito seguro.

Además, se debe considerar la disposición de los aerogeneradores para garantizar el acceso rápido de los servicios de salvamento aéreo y marítimo en caso de emergencia, con la aprobación de Salvamento Marítimo.

Este enfoque debe integrarse en un plan de salvamento coordinado, que incluya simulacros regulares y un plan de respuesta ante incidentes de contaminación marina, cubriendo situaciones como:

- Barcos a la deriva sin propulsión.
- Colisión de un barco con estructuras del parque.
- Derrames de sustancias contaminantes.
- Personas desaparecidas en el agua.
- Incendios en aerogeneradores o subestaciones eléctricas.

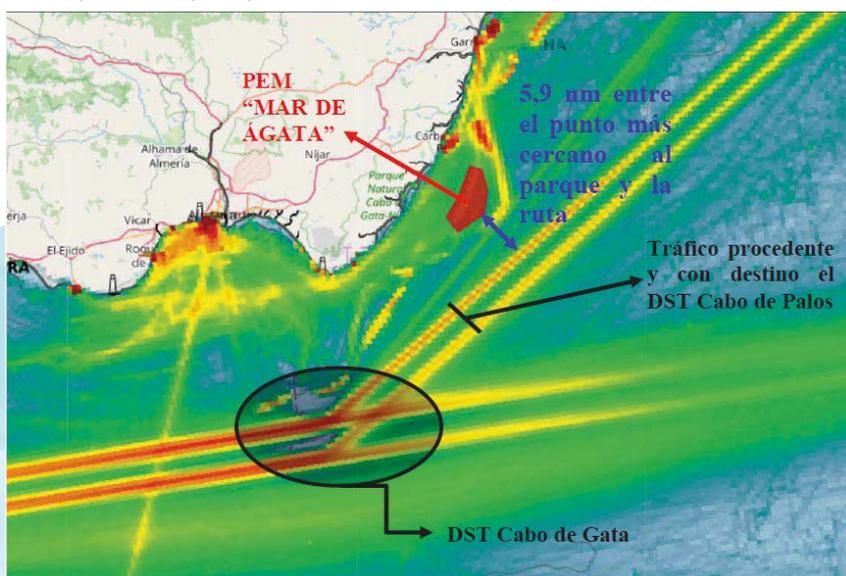
Este plan debe formar parte del proyecto del parque, independientemente de si se permite la navegación interna o se establece una zona de exclusión.

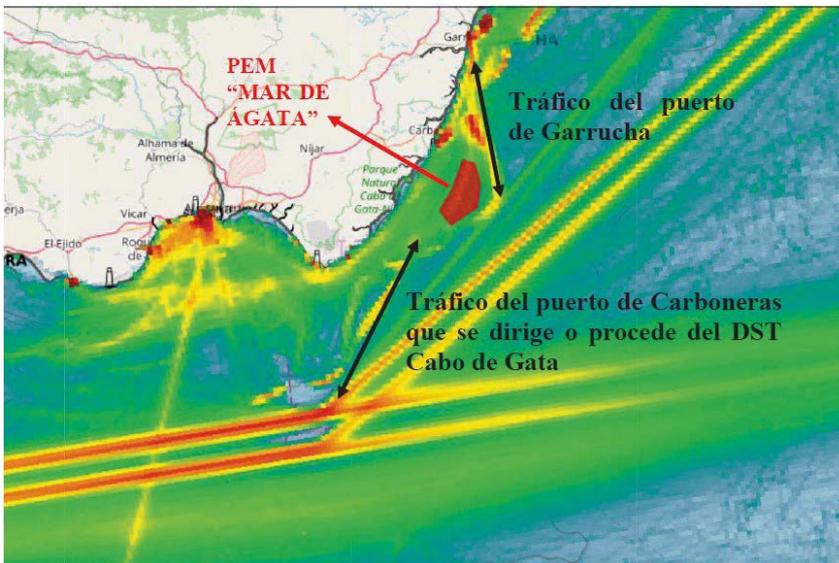
Tráfico de buques mercantes y compatibilidad de usos

La instalación de parques eólicos marinos requiere un análisis detallado del tráfico de buques para evitar interferencias con las rutas navales. Es esencial realizar un estudio de tráfico que abarque todos los tipos de buques y contemple las variaciones estacionales.

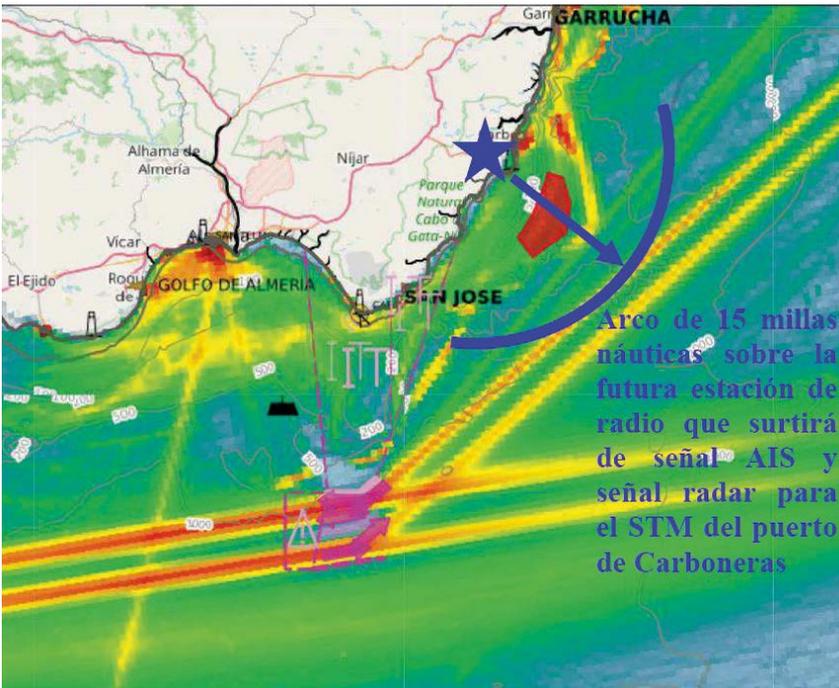
- Evaluación de rutas y separación: el estudio debe evaluar cómo los parques afectan a las rutas existentes y considerar una separación de 5 millas náuticas de las derrotas habituales. Los datos AIS son cruciales para este análisis, aunque también se debe prever el tráfico marítimo futuro.
- Análisis de riesgos y propuestas de modificación: todo proyecto de parque eólico marino debe incluir propuestas para modificar las rutas afectadas y analizar los riesgos que afrontarán los navegantes debido a la interacción

Representación gráfica de la ubicación del parque eólico marino Mar de Ágata con respecto a las principales rutas de tráfico marítimo.





Representación gráfica de la ubicación del parque eólico marino Mar de Ágata con respecto a las rutas de los buques para recalzar y salir de los puertos de Carboneras y Garrucha.



Representación gráfica de la posible incidencia del parque eólico marino Mar de Ágata con respecto al establecimiento de un sistema de control del tráfico marítimo (STM) en el puerto de Carboneras.

pitán marítimo de Almería, dada la distancia entre su ubicación y éstas.

No obstante, sí que tendrá repercusión sobre el tráfico que se dirige y sale de los puertos de Carboneras y Garrucha, en la provincia de Almería, por encontrarse justo en la ruta de los buques que se dirigen o salen del primero, obligándoles a tener que evitar el parque por el lado en el que se encontrarán con los buques que salen del puerto de Garrucha.

Además, dado que está previsto que a corto plazo se inicien las actuaciones para establecer un sistema de control del tráfico portuario en el puerto de Carboneras, el parque tendrá impacto sobre el funcionamiento de este sistema. Salvamento Marítimo gestionará este sistema, conocido como Sistema de Control de Tráfico Marítimo, que está compuesto de señal AIS y radar que utilizan radiofrecuencias para la captación del tráfico marítimo. Por lo tanto, la instalación de aerogeneradores será un obstáculo que podría impedir detectar el tráfico que se encuentra entre las estaciones emisoras de la señal en tierra y los buques que naveguen al otro extremo del parque.

Por tanto, el proyectista tendrá que estudiar esta circunstancia y adoptar las medidas preventivas o correctoras que sean necesarias, así como proponer a la Dirección General de la Marina Mercante el establecimiento de un dispositivo de separación de tráfico que regule las recaladas y salidas de los puertos de Carboneras y Garrucha, si el estudio así lo sugiriera.

Interferencias de la red de cableado del parque eólico y los usos de la navegación marítima

La infraestructura de un parque eólico marino incluye una compleja red de cables que conecta los

con otras rutas y la necesidad de maniobrar alrededor del parque.

- Criterios para nuevos dispositivos de separación: si se propone un nuevo dispositivo de separación de tráfico, se deben considerar la anchura de los canales, el tamaño y número de buques que transitan por la

zona, y garantizar la seguridad y monitorización del tráfico según los criterios de la Organización Marítima Internacional.

El parque eólico marino Mar de Ágata no parece que vaya a tener impacto directo con las principales rutas de tráfico marítimo, según un primer análisis efectuado por el ca-



La Capitanía Marítima de Almería ha estudiado el impacto ambiental del parque eólico Mar de Ágata en el marco de un proyecto inicial de desarrollo de la eólica marina en la provincia de Almería. Finalmente, la evaluación del impacto ambiental fue favorable sujeta al desarrollo de las medidas y evaluaciones descritas en el artículo.

aerogeneradores entre sí y con la subestación, ya sea en el mar o en tierra, y finalmente con la estación terrestre. Dada la variabilidad de las profundidades y relieves del lecho marino español, los proyectos pueden adoptar distintas estrategias

de cableado: suspendidos bajo la superficie, apoyados sobre el fondo o enterrados.

Para cada uno de estos métodos, es crucial que el proyecto contemple en su evaluación de impacto los siguientes aspectos:

- Establecimiento de una distancia de seguridad alrededor de cada aerogenerador para evitar interferencias con el cableado.
- Identificación de áreas con restricciones de calado si se elige una configuración de cable tipo *lazy-wave* o similar.
- Evaluación de la compatibilidad del cableado enterrado con las prácticas habituales de anclaje de los buques.
- Inclusión precisa del cableado en las cartas náuticas para informar a los navegantes sobre la ubicación de los cables.

Estas consideraciones son fundamentales para garantizar que la red de cableado de los parques eólicos coexista de manera segura y eficiente con las actividades de navegación marítima.

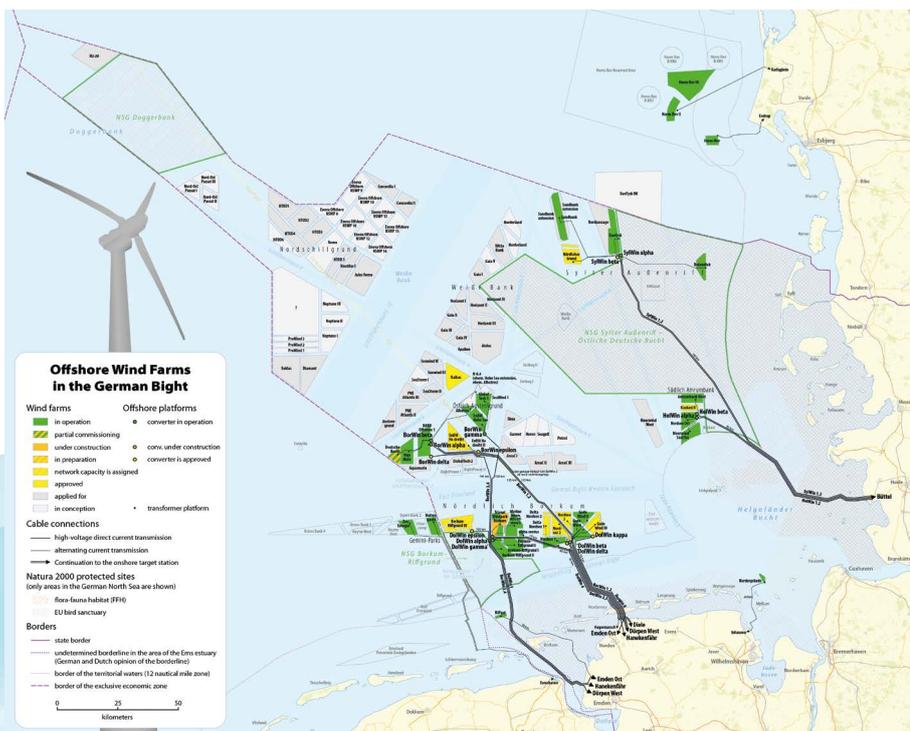
Conclusiones

El proyecto inicial de parque eólico Mar de Ágata se consideró conforme sujeto a que el promotor acometiera los análisis y evaluaciones citadas en este artículo.

En la intersección de la tecnología eólica marina y la seguridad marítima, la Dirección General de Marina Mercante ha delineado un camino hacia la sostenibilidad. Se han identificado estrategias clave para mitigar los impactos ambientales y garantizar un desarrollo seguro de la eólica marina, manteniendo un compromiso firme con la preservación del medio ambiente.

La implementación de estas medidas es un paso adelante en la convivencia de la generación de energía renovable con las actividades marítimas, demostrando que es posible un progreso tecnológico que respete y proteja nuestros recursos naturales para las generaciones futuras. ■

Planificación y trazado de los parques eólicos marinos que conformarán el complejo German Bight.

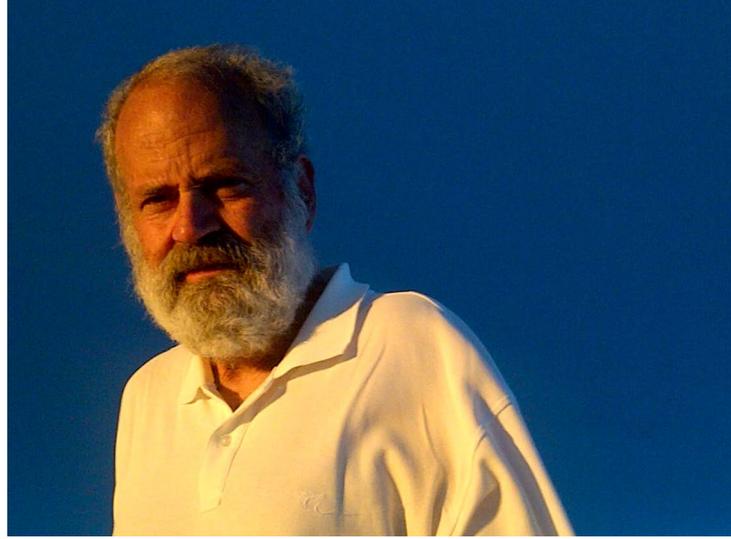


El Premio Nacional de Ingeniería Civil 2024 reconoce la larga y brillante trayectoria de Leonardo Fernández Troyano



Puente atirantado
Sancho el Mayor
sobre el río Ebro en la
autopista de Navarra
(AP-15). 1976-1978.

Pasión por los puentes



El ministro de Transportes y Movilidad Sostenible entregará en noviembre el Premio Nacional de Ingeniería Civil 2024 a Leonardo Fernández Troyano en reconocimiento a su extraordinaria trayectoria en el campo de la ingeniería estructural de puentes. En su dilatada carrera profesional, a caballo de los siglos XX y XXI, ha proyectado y construido más de un centenar de puentes de todas las tipologías en España y en el exterior, buscando siempre la excelencia y la innovación. A esta labor suma la no menos destacable faceta como investigador del patrimonio histórico y actual de los puentes, por los que siente pasión desde niño.

- Texto: Javier R. Ventosa
- Fotos: Archivo CFCSL

Hay vidas

que parecen predestinadas. Como la de Leonardo Fernández Troyano, segundo de los cuatro hijos de Carlos Fernández Casado, maestro de la ingeniería estructural contemporánea y autor de gran número de puentes y estructuras en nuestro país. “Mi padre me inculcó la pasión por los puentes”, señala. De niño recorrió España junto a él “para ver puentes de todas las épocas”, empapándose de formas, procesos constructivos y materiales, algo que luego repetiría con su esposa Teresa. Evoca a su progenitor cuando, durante una visita a un refugio semiderruido que proyectó durante la Guerra Civil, le mostró un cascote de hormigón con hierros salientes y le dijo “esto es hormi-

gón armado”, una imagen que se le quedó grabada. Y admite que “la ingeniería siempre estuvo muy presente en casa”. La semilla fue germinando y le empujó a ingresar en la Escuela de Caminos para aprender una profesión en la que ha trabajado durante más de medio siglo, fundamentalmente en los proyectos de puentes, y por cuya trayectoria ha sido galardonado con el Premio Nacional de Ingeniería Civil 2024 del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

El galardón se ha otorgado “en reconocimiento a su extensa y extraordinaria trayectoria profesional en el campo de la ingeniería estructural de puentes”, según la resolución del jurado. “Gran proyectista de puentes, internacionalmente reconocido”, el fallo subraya dos ámbitos de su carrera: por un lado, “su papel destacado como proyectista de puentes, muy numerosos y de diferentes tipologías”; y, por otro, “su intensa actividad de investigación sobre las obras

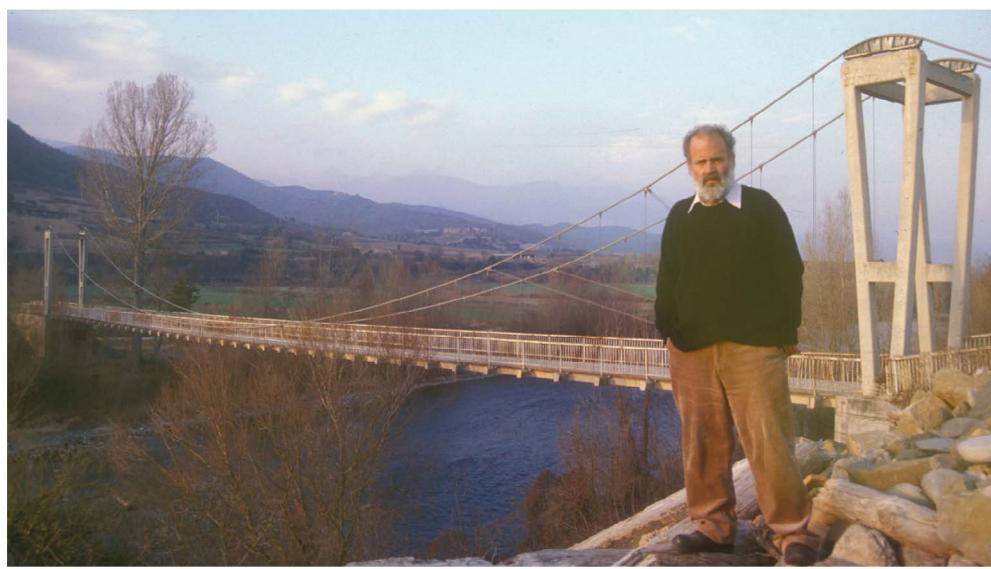
Teresa, esposa de Leonardo y profesora de EGB y bachillerato, corrige exámenes junto al puente de Valdelugeros (León) mientras el ingeniero lo fotografía. 1990.



Junto a una dovela prefabricada del puente de Castejón sobre el Ebro. 1967.



Fernández Troyano ante el puente colgante ligero sobre el río Segre en Basella (Lleida). 1985.



públicas, tanto desde un punto de vista científico-técnico como histórico, así como en lo relativo a la integración de las obras de ingeniería en el territorio”. Este reconocimiento oficial, el más alto para un ingeniero de Caminos en España, le llega a los 86 años y recompensa a quien, como él, ha trabajado intensamente para facilitar la movilidad de los ciudadanos y reivindicar el valor de la obra pública. Un trabajo en el que, reconoce, “me lo he pasado muy bien”.

50 años de trayectoria

Nacido en julio de 1938 en Madrid, se graduó en la promoción de 1963 en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid, y dos años más tarde obtuvo el grado de doctor. Su carrera profesional se ha desarrollado íntegramente en la oficina de proyectos fundada por su padre, Javier Manterola y él mismo a finales de 1963, que se transformó tres años después en la empresa Carlos Fernández Casado S. A y más adelante en sociedad limitada. En sus inicios era una compañía modesta, basada en la maestría de su padre en la construcción de puentes y estructuras, que con el tiempo y con el talento de los jóvenes ingenieros creció en capacidad técnica, medios –fue de las primeras de su tipo en tener ordenador propio– y contratos hasta consolidarse como una de las empresas de ingeniería estructural de referencia del país.

La llegada de Fernández Troyano a la profesión coincidió con el periodo de desarrollo en Alemania, Francia e Italia de nuevas tipologías de puentes (atirantados, mixtos) e innovadoras técnicas constructivas (hormigón pretensado, avance por voladizos sucesivos, sistema de empuje...), que se generalizaron a



Pasarela de Las Glorias Catalanas, Barcelona. 1974.



Puente sobre el río Besós en la autovía Trinitat-Montgat (B-20), Barcelona. 1990.

partir de los años 60. La oficina de proyectos, atenta a lo que se hacía fuera a través de revistas técnicas extranjeras, asimiló el estado del arte europeo del momento y sus tres ingenieros aplicaron las nuevas técnicas en España. De hecho, fue una de las primeras empresas en contribuir al despeque del hormigón pretensado en nuestro país, técnica que permite construir puentes más resistentes y con mayores luces. El puente sobre el río Ebro en Castejón (Navarra), de 1967, segundo construido en

España con hormigón pretensado y voladizos sucesivos, proyectado por Fernández Casado en colaboración con su hijo, así lo atestigua. En la década de los 70, compatibilizó su labor en la oficina de proyectos con la enseñanza universitaria, ejerciendo como profesor en la Escuela de Caminos de Madrid de las asignaturas Puentes de fábrica y Puentes atirantados. No obstante, confiesa, “no llegó a interesarme” por la dificultad para compaginar la labor docente con el trabajo profesional.

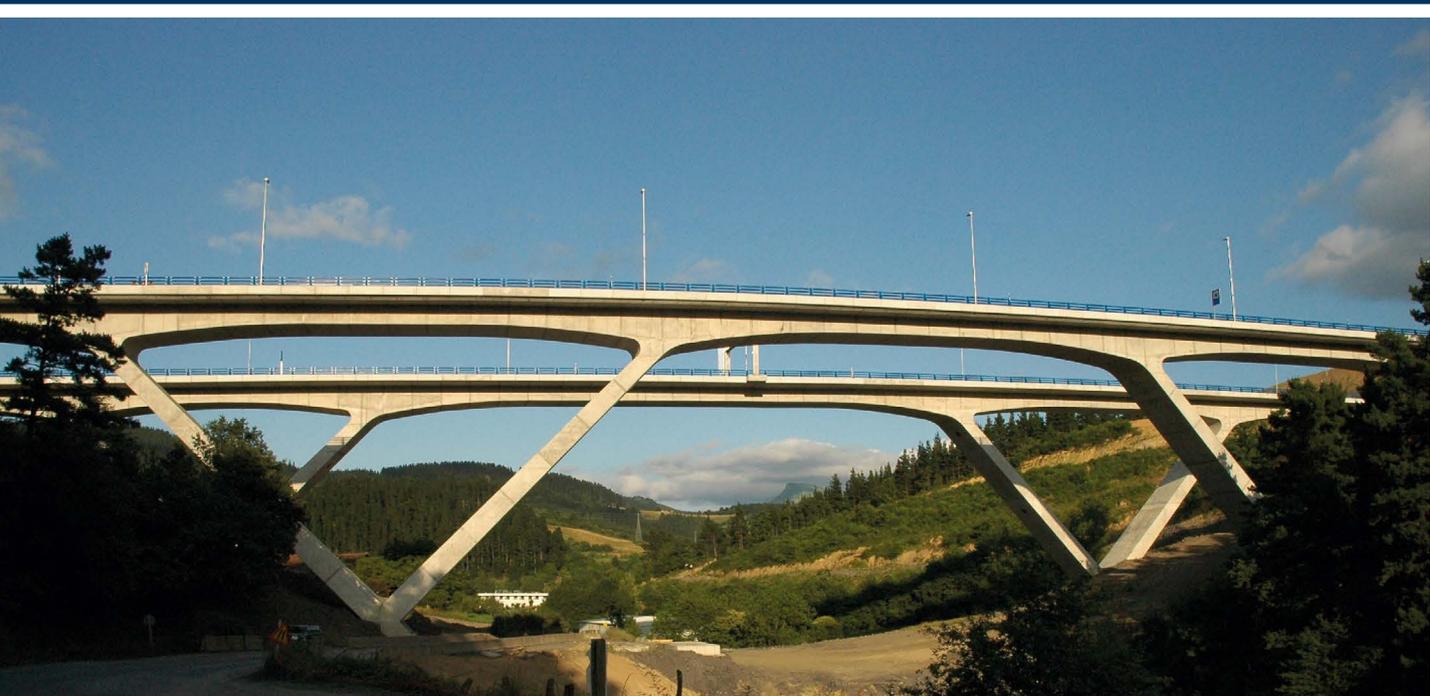
El gran desarrollo de las redes de transporte en España en los años 80 y 90 y la consiguiente construcción de numerosos puentes de carretera y ferrocarril, propiciado por la llegada masiva de fondos europeos, fue el marco en el que se produjo el crecimiento de la oficina de proyectos y del propio ingeniero madrileño, que en esos años de bonanza proyectó un buen número de puentes y estructuras en nuestro país que lo consolidaron como un ingeniero estructural de primer orden. Otra parte importante de su obra la realizó en México, mercado al que la joven empresa accedió a principios de los 80 para promover la técnica del hormigón pretensado, lo que la convirtió en una de las ingenierías españolas pioneras en dar el salto al exterior. En esta época, tras la jubilación de su padre en 1984, compartió con Manterola la presidencia y la dirección de la compañía, conservando actualmente el primero de esos cargos.

Su producción fue todavía mayor en el nuevo siglo, época en la que creció el número de puentes que proyectó y construyó en Latinoamérica y en Andorra, aunque se redujo en España, donde también alternó con otro tipo de obras de estructuras de ingeniería, particularmente en el ámbito del ferrocarril. Esta tendencia se mantuvo invariable hasta 2018, año en que firmó su último proyecto en el ámbito de los puentes, la pasarela Rosa María Ferrer Obiols en Andorra la Vella. Posteriormente ha colaborado con el arquitecto Rafael Moneo en el proyecto de la fase 2 del nuevo complejo ferroviario de Atocha en Madrid, actualmente en ejecución.

Echando la vista atrás, Fernández Troyano no cree que se pueda hablar de etapas en su trayectoria. “Lo que he vivido –afirma– es un crecimiento en el conocimiento y en la capacidad de hacer puentes cada vez mayores”. Un crecimiento tanto personal como de su equipo

en la oficina e incluso de los constructores, porque “hacer un puente es un proceso colectivo donde intervienen muchas personas”, dice, y que ha ido en paralelo al de la ingeniería estructural española, que, partiendo de un nivel muy inferior al de los países del entorno, se situó en tres décadas en un plano de igualdad. Esta larga trayectoria le ha valido numerosos premios, incluidas la medalla John Augustus Roebling de la International Bridge Conference estadounidense en 2008 y la distinción como ingeniero laureado de la Real Academia de Ingeniería en 2019, así como el unánime reconocimiento de la ingeniería nacional e internacional por su contribución al progreso de los puentes. Su mayor satisfacción personal es ver cómo la semilla de la ingeniería también germinó en una de sus hijas, Lucía, integrante de su propio equipo durante años y que hoy co-dirige la oficina de proyectos fundada por su abuelo y su padre.

Viaducto de Basagoiti en la autopista AP-1, Gipúzkoa. 2009.



Obra

Fernández Troyano posee un amplio catálogo formado por más de un centenar de estructuras proyectadas y construidas a lo largo de su trayectoria. En estas obras se encuentran rasgos comunes como el dominio del comportamiento de las estructuras, la puesta en práctica de soluciones novedosas y audaces hasta alcanzar los límites de la técnica, grandes conocimientos de geometría y la búsqueda de la integración armónica del puente en la naturaleza. Probablemente la característica principal de su obra es la gran heterogeneidad. “He tenido la suerte de hacer todos los tipos de puentes vigentes”, dice. Su obra, efectivamente, la forman todas las tipologías de puentes existentes, en su mayoría de carretera, ejecutados con distintas soluciones estructurales y con los materiales de su época: el hormigón y el acero. “Los únicos que no he hecho son puentes de piedra”, apunta, aunque sí ha intervenido en la rehabilitación de varios.

En un artículo escrito para *Cuadernos de diseño de la obra pública*, publicado en 2018, Fernández Troyano detalla las principales líneas de actuación que ha seguido en su trayectoria. Entre estas líneas figura la minimalista, que propone la búsqueda de mínimos o ausencia de ornamentación del puente –planteamiento heredado de la serie de puentes de altura estricta de su padre y que él practicó, aunque de forma menos radical, en muchos proyectos– y busca que el tablero sea la estricta materialización de la plataforma del camino. En esta línea se inscriben la pasarela atirantada de las Glorias Catalanas en Barcelona (1974), el viaducto ferroviario de Metlac en México (1985, 120 m de altura y 90 m de luces), los viaductos de Piedrafitas (2001, luces de

75 m), el viaducto de Arbizelai en Gipúzkoa (2009, luz de 140 m) o el atirantado de Bucaramanga en Colombia (2015, luz de 292 m). Otra línea, alejada de la anterior, es la que permite definir el tablero a partir de las superficies del puente, lo que originó puentes de hormigón de luces medias, de formas más complejas o barrocas. Entre ellos figuran el puente arco sobre el río Guadarrama en Torrelodones (1988, luz de 56 m), el puente sobre el río Besós en Barcelona (1990, luz de 68 m) y el *pont* de les Arts en Valencia (1997, luces de 36 m).

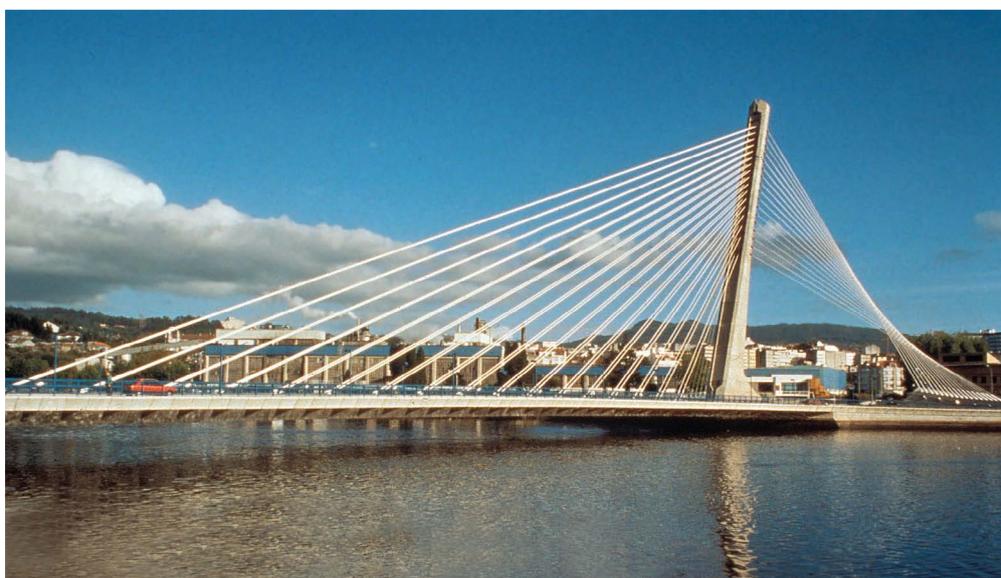
Puentes atirantados

La línea más destacable de su obra son los puentes atirantados, tipología por la que mostró predilección desde que, antes de iniciar la carrera, se fijó en los construidos sobre el Rin en Düsseldorf. “Es el puente por excelencia del siglo XX”, apunta, ya que su desarrollo se inició en los años 50, mientras que el resto de tipologías data del XIX. Gran parte del atractivo y expresividad formal de estos elegantes puentes, pensados para luces grandes o

medianas, es el tirante, “el elemento resistente por excelencia”, por el que el ingeniero madrileño siente fascinación.

En este conjunto, la obra más reconocida es el puente de Sancho el Mayor sobre el río Ebro en Navarra (1976-1978, luz de 140 m), atirantado de un vano único y una sola torre, inclinada, de la que parten tres haces de tirantes que forman entre sí ángulos de 120°, dando al puente una configuración espacial. El principal y más audaz elemento es la torre, que, por condicionantes de ubicación y anclaje de tirantes, tiene una sección transversal más ancha en la cabeza que en la base, pero longitudinalmente decrece desde la base a la cabeza. Consecuencia de esta obra es el puente sobre el río Léz en Pontevedra (1993), de tipología parecida, con un vano único de 126 metros, una única torre inclinada y una similar configuración espacial que le da gran potencia visual. Se construyó, como el anterior, por voladizos sucesivos. El antecedente de estos puentes fue la pasarela de las Glorias Catalanas, “la primera obra atirantada que hice”, estructura

Puente sobre el río Léz, Pontevedra. 1993.

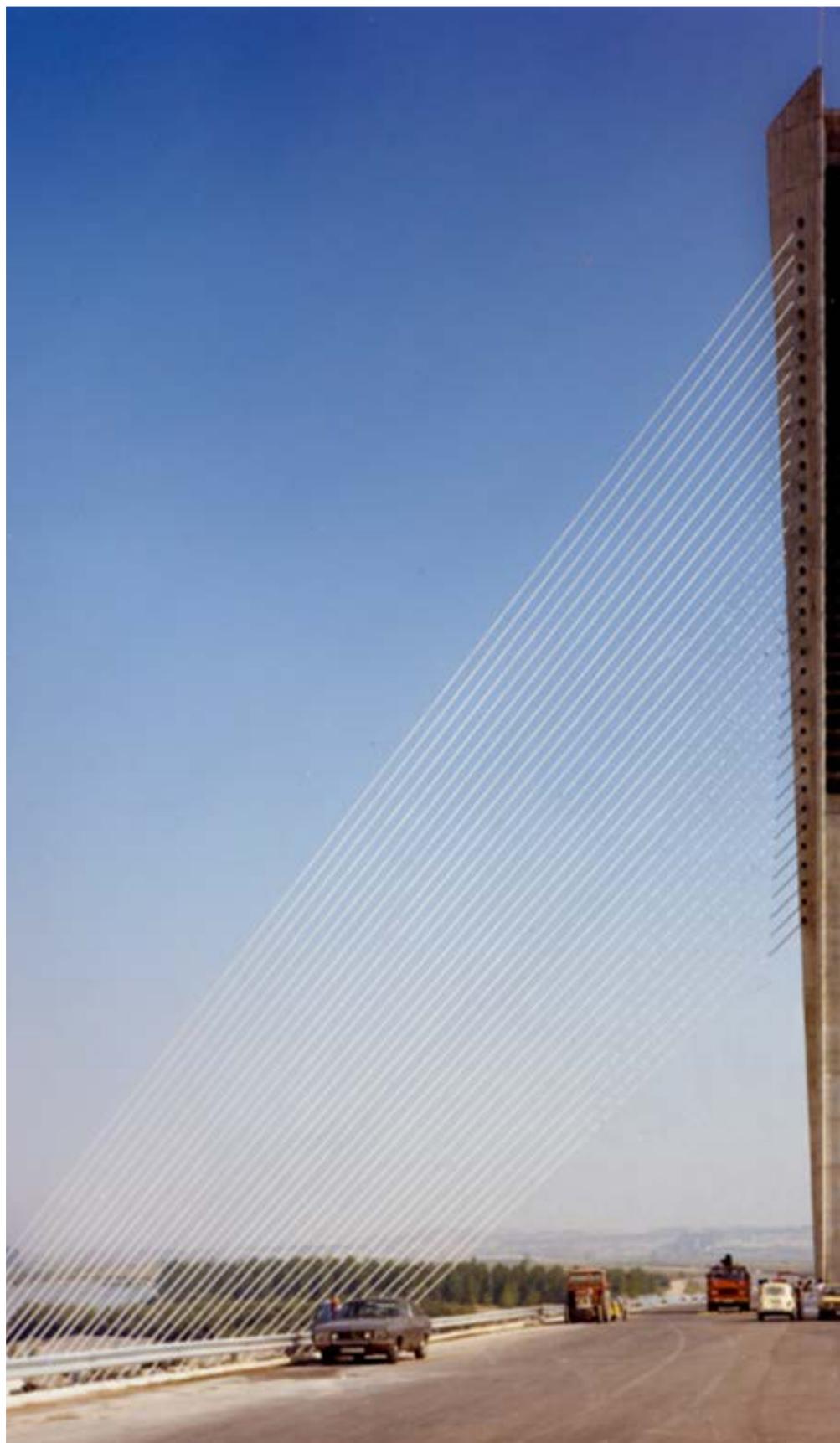


de planta compleja donde ensayó la organización de haces. Otros atirantados notables son el puente sobre el Grijalva en Villahermosa, México (2001, 116 m de luz), con singulares torres en V, el puente sobre el Besaya en Cantabria (2009, 135 m de luz) y el de Vidalta en Ciudad de México (2012, 180 m de luz).

Entre los atirantados singulares cabe mencionar los puentes de Madrid y París sobre el río Gran Valira en Andorra (2005-2006), estructuras de pequeña luz, condicionadas por el canto mínimo y una planta irregular, que dieron lugar a geometrías complejas de los tirantes y a la disposición de esferas superiores para su anclaje, luego replicadas en otros puentes. En esta misma categoría proyectó dos puentes extradados, tipología definida por torres más bajas que los atirantados y tableros de mayor rigidez: el puente Juan Bosch sobre el río Ozama en Santo Domingo, República Dominicana (2001, luz de 180 m) y el puente de Barra Vieja en Guerrero, México (2016, luz principal de 220 m), estructura donde ideó unos singulares diafragmas en forma de velas que albergan los tirantes.

Dentro de su afición por el cable, Fernández Troyano recuerda con cariño la intervención en varios proyectos de puentes colgantes, los de mayor luz de todos, desaparecidos en España. En esta línea, participó en la reconstrucción de cuatro puentes ligeros derribados por una riada en Lleida (1985, luces de 70 a 102 m), obra de urgencia resuelta con el empleo de materiales prefabricados, y proyectó dos pasarelas sobre las autopistas M-40 y R-3 en Madrid (2008, vanos de 90 y 110 m, respectivamente).

Además de los atirantados, Fernández Troyano dio muestras



Torre y tirantes del puente de Sancho el Mayor sobre el río Ebro en la autopista de Navarra. 1976-1978.



de su gran versatilidad en otras líneas de actuación o tipologías, como los puentes triangulados para ferrocarril (estación de Príncipe Pío en Madrid, de 1993, y sobre el Nervión en Etxebarri cerca de Bilbao, de 2005) y los puentes móviles (puente de las Delicias sobre el Guadalquivir en Sevilla, de 1992, y puente Albatros en el puerto de Lázaro Cárdenas, México, de 2010). Una última tipología practicada son los puentes arco. Entre la media de obras de este tipo que proyectó sobresale el puente sobre el río San Sebastián en Jalisco, México (2009, 138 m de luz), estructura con el arco rebajado, construido mediante cimbra sobre una barranca profunda, cuya ligereza y elegancia evocan al icónico puente Salgina Tobel de Robert Maillart en los Alpes suizos.

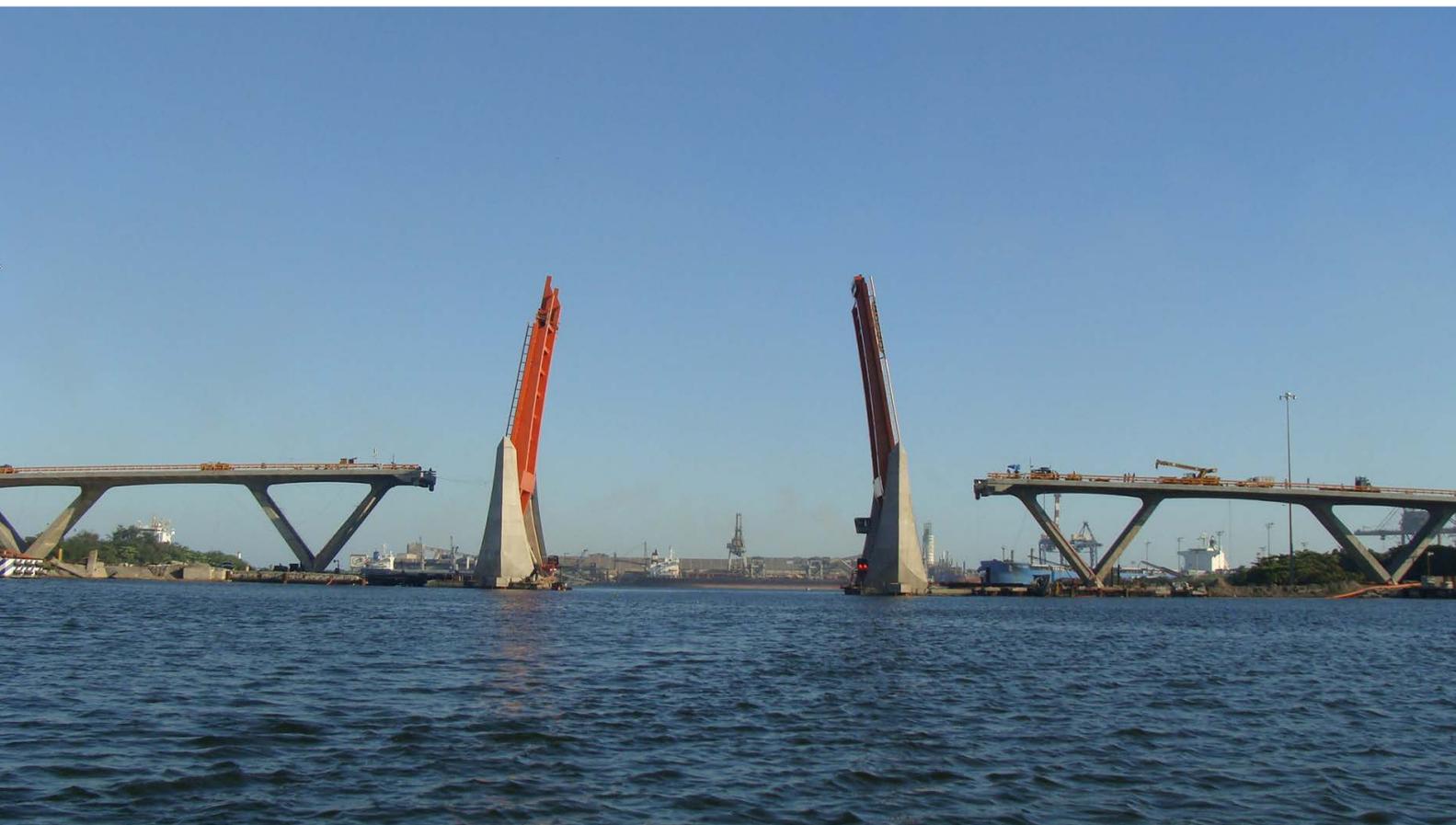
Otros proyectos

Junto a los puentes, la obra de Fernández Troyano abarca también varios proyectos en estaciones de ferrocarril y metro, entre los cuales cabe mencionar la construcción de la estación de Cercanías y metro de Príncipe Pío (1993), una intervención compleja para dotar a la terminal de intermodalidad, y la colaboración en dos proyectos diferentes, separados por el tiempo (2012 y 2022), para transformar el complejo ferroviario de Atocha en la principal estación de Alta Velocidad de España. También ha intervenido en proyectos de integración urbana del ferrocarril en Madrid y Jerez. Fuera del ámbito del transporte, participó en la parte inicial de su carrera, junto a Fernández Casado y Manterola, en el cálculo estructural de tres edificios emblemáticos de su ciudad natal: Torres Blancas (1964-1968), las Torres de Colón (1976) y la Torre del BBVA (1978-1981).



Puente de París sobre el río Grand Valira, Andorra la Vella. 2005.

Puente basculante abierto, Albatros, México. 2010.





Puente atirantado de Vidalta, México D.F. 2012.

Puente arco sobre el río San Sebastián, Jalisco, México. 2006.





Torre de la pasarela colgante sobre la autopista R-3, Madrid. 2008.

Conocimientos para hacer puentes

La figura de Carlos Fernández Casado, padre y maestro, siempre ha estado presente en la carrera de Fernández Troyano. “Él me enseñó a entender lo que es la ingeniería”, afirma. Una de sus grandes enseñanzas es que, para culminar con éxito el proyecto y la construcción de un puente, el ingeniero debe conjugar obligatoriamente varios tipos de conocimientos. “Algo que creo que siempre he hecho”, dice.

Por un lado, el conocimiento de los puentes construidos anteriormente, es decir, antes de diseñar un puente es necesario conocer la historia de las obras hechas para llegar hasta el estado del arte actual de la ingeniería. Por otro, el conocimiento del comportamiento resistente de las estructuras y del terreno en que se apoyan, esto es, las

obras deben estar basadas fundamentalmente en el cálculo y no de forma exclusiva en el diseño, como se plantea en los últimos años desde la arquitectura. Finalmente, el conocimiento de los procedimientos de construcción, es decir, el saber “cómo va a ser el puente para saber cómo se va a hacer”, dos aspectos indisolubles que hay que tener en cuenta a la vez en el proyecto.

Otro aspecto a considerar por el ingeniero es la relación del puente con la naturaleza, procurando distorsionar lo menos posible el medio natural en el que se implanta para evitar el rechazo físico y estético. Para ello, no solo debe conocer las fuerzas naturales del lugar de implantación (riadas, vientos, acción sísmica), también debe intentar que el encaje del puente en el territorio sea lo más armónico posible. En este punto, los planteamientos de Fernández Troyano han sido menos estrictos que los de su padre, partidario de introducir las menos ideas posibles en el paisaje, y afirma que “a veces un puente humaniza el paisaje y le da un valor que antes no tenía”.



Puente triangulado para Cercanías en la estación de Príncipe Pío, Madrid. 1993.

Igualmente reseñables han sido sus intervenciones en obras históricas de ingeniería, campo en el que ha realizado cerca de una decena de proyectos de restauración o rehabilitación con el objetivo de salvaguardar el patrimonio artístico y monumental español y “para que estas obras sigan siendo útiles”, afirma. En este ámbito despuntan sus intervenciones en dos joyas de la ingeniería española: el acueducto de Segovia (bajo la dirección de su padre) y el hipódromo de la Zarzuela en Madrid (en colaboración con el arquitecto Jerónimo Junquera). No obstante, la mayor parte de los

proyectos en este campo son de restauración de puentes de piedra, en su mayoría medievales. De ellos cabe destacar la restauración del puente de Puente la Reina sobre el río Arga en Navarra, una estructura románica del siglo XI.

Investigación sobre obras públicas

El Premio Nacional de Ingeniería Civil del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible también reconoce a Fernández Troyano por su importante labor de investigación sobre las obras públicas, tanto desde la vertiente técnica como histórica. Esta actividad, paralela

a su labor profesional, ha quedado plasmada en cerca de 150 contribuciones a congresos, publicaciones y artículos publicados en revistas especializadas españolas e internacionales. La mayor parte de la literatura técnica aborda sus proyectos y las aportaciones realizadas, contribuyendo de esta forma a mejorar el conocimiento de la comunidad de ingenieros sobre la construcción de puentes. En este ámbito hay que destacar también su obra *Cálculo del pretensado en puentes*, de 1964.

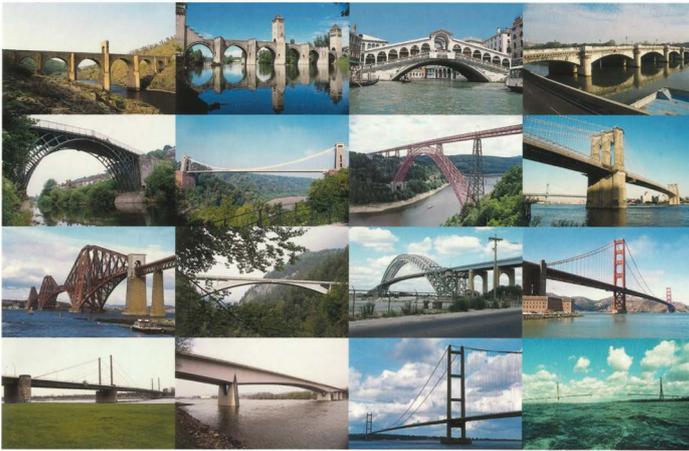
Especialmente relevante es su dedicación a difundir la importancia de la obra pública a lo largo de

Portada de la obra en dos tomos *Tierra sobre el agua*.

Leonardo Fernández Troyano

TIERRA SOBRE EL AGUA

VISIÓN HISTÓRICA UNIVERSAL DE LOS PUENTES



COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
COLECCIÓN DE CIENCIAS, HUMANIDADES E INGENIERÍA N° 55

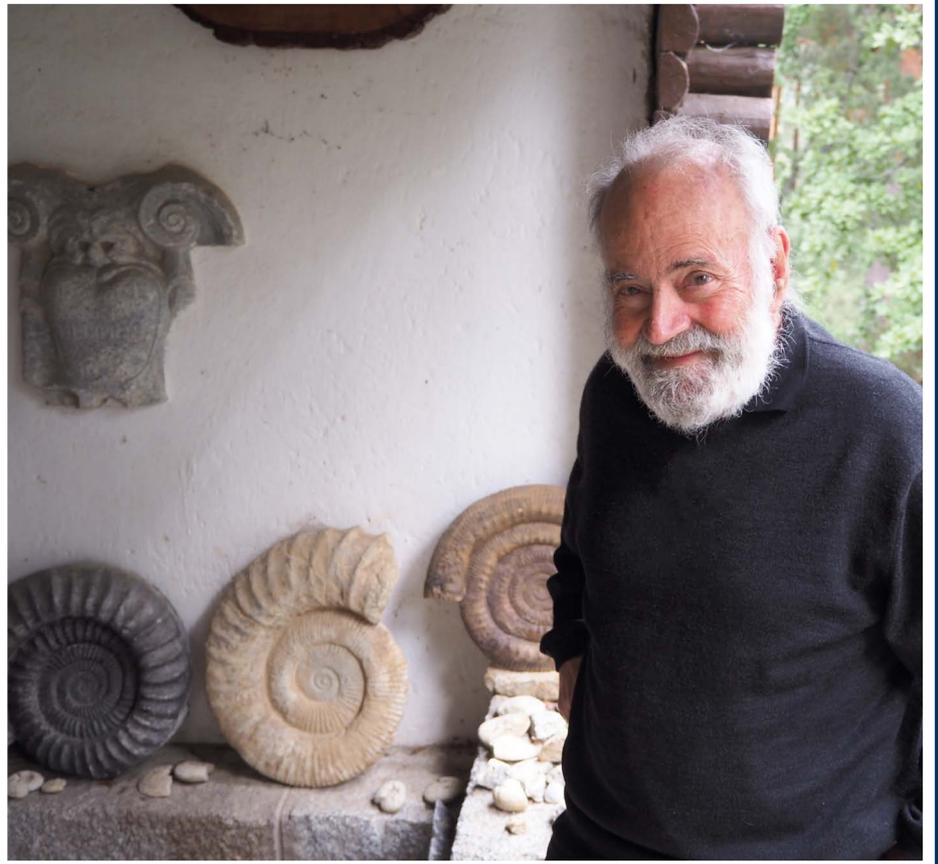
la historia, una labor que considera “fundamental”. En este interés personal se intuye el influjo de su padre, amante de la historia de la ingeniería, y en particular de la ingeniería romana, sobre la cual publicó varias obras de referencia, y que transmitió a su hijo desde muy temprano el valor patrimonial de las obras públicas y su utilidad para la sociedad. Siguiendo esta línea, otra gran parte de su obra publicada o escrita (cerca de 60 conferencias, ponencias y artículos) trata de la evolución de los puentes a lo largo de la historia, desde los romanos y medievales hasta los de los siglos XIX y XX, así como los proyectos de restauración en los que intervino.

En 1999 publicó *Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes*, obra enciclopédica en dos volúmenes, con ediciones en español, inglés e italiano, que en cierta manera sintetiza su



En su casa serrana el pasado septiembre, junto a varias piezas de su colección de fósiles de caracolas.

investigación sobre puentes desde las ópticas histórica y científico-técnica, ya que ofrece un estudio exhaustivo de estas estructuras de ingeniería, su evolución a lo largo de la historia y un análisis muy minucioso de cientos de puentes según su tipología, incluidos los propios. Este libro, "que tardé diez años en terminar", refleja el grandioso caudal de conocimientos del autor en la materia y es toda una referencia para estudiantes de ingeniería de Caminos e interesados en el tema. Otras obras históricas de su autoría son *Los pasos históricos de la sierra del Guadarrama* (1990) y *Los pasos históricos de los Pirineos entre la Jacetania y la Aquitania* (2023), libros donde aparecen puentes y caminos del pasado y que giran en torno a otra de sus pasiones, la montaña, entorno en el que ha crecido desde niño, que ha pateado durante décadas y que hoy es su refugio. ■



Revisata Tramos

Viaducto atirantado de la Carrera Novena, Bucaramanga (Colombia). 2015.



20 años del PNOA e IDEE

Se cumplen 20 años del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) y de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) que ha favorecido la mejora de los productos generados y la publicación de los datos espaciales mediante la colaboración con las Administraciones públicas.

Texto: Ana Rita Serna Martínez (IGN)
y Paloma Abad Power (CNIG)

Playa de la Concha.
San Sebastián.
PNOA 2023.



IGN

El Plan Nacional de Observación del Territorio

impulsa la coordinación entre los distintos organismos de las Administraciones públicas para la obtención y difusión de la información geográfica en España. Se estructura en varios Planes Nacionales, siendo uno de ellos el [Plan Nacional de Ortofotografía Aérea \(PNOA\)](#). El PNOA se inició en el 2004, para la obtención de la ortofotografía aérea del territorio español, con una periodicidad de 3 años.

El Instituto Geográfico Nacional (IGN), mediante un proceso de mejora continua, tiene la misión de gestionar eficientemente el proceso completo, desde el establecimiento de las especificaciones técnicas de vuelo y procesamiento de datos hasta la distribución, alineando el programa con el estado del arte de la tecnología y con otros planes nacionales en los países de nuestro entorno.

Ese mismo año 2004, se publicó la primera versión del geoportal web de la [Infraestructura de Datos](#)

[Espaciales de España \(IDEE\)](#), con los primeros servicios de visualización, metadatos y catálogo.

Desde entonces, la IDEE ha crecido y evolucionado de manera drástica, donde en la actualidad participan todas las comunidades autónomas, departamentos ministeriales y muchas entidades locales publicando sus datos espaciales a través de servicios web y sus descripciones a través de los metadatos. Y no solamente se ha incrementado exponencialmente la publicación de los datos espaciales sino, lo que es más importante, el número de usuarios que utilizan estos datos a través de los servicios se ha disparado y las peticiones a los servicios se cuentan por varios miles de millones mensualmente.

Y, sin duda, los productos del proyecto PNOA son uno de los pilares básicos de la IDEE, en la que las fotografías aéreas, las ortofotos, los datos LiDAR, los modelos digitales de elevaciones y superficie juegan un papel fundamental para permitir la observación del territorio sin restricciones y de forma interoperable.

El Plan Nacional de Ortofotografía Aérea

La fotogrametría es un pilar fundamental para la obtención de datos geospaciales precisos, los cuales desempeñan un papel crucial en el desarrollo de numerosos sectores de la sociedad.

Los vuelos fotogramétricos en España comenzaron a cobrar relevancia en la década de 1950 de manera sistemática, cuando el uso de cámaras aéreas para la captura de imágenes se convirtió en una herramienta imprescindible para la elaboración de mapas topográficos y la planificación territorial. La primera gran iniciativa en España fue realizada por el IGN, que comenzó a utilizar aviones instrumentados con cámaras fotogramétricas para la obtención de imágenes aéreas desde mitad de los años veinte aproximadamente.

Sin embargo, su utilización era mayoritariamente a través de los pares estereoscópicos mediante restitución fotogramétrica pues, la creación de ortofotos hasta la llegada masiva de los ordenadores se hacía mediante métodos foto-



El Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) es un proyecto cooperativo en el que participan la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas. Se inicia en el año 2004 con el objetivo de la obtención de ortofotografías aéreas digitales de todo el territorio español, con un periodo de actualización fijo, siendo actualmente de 3 años. En el año 2009, se incorpora la tecnología LiDAR al proyecto PNOA.

¿Cuáles son sus dos proyectos?



Conoce las características de este proyecto basado en procesos fotogramétricos y que ofrece ortofotos con resolución de al menos 25 cm.

[Acceder](#)



Conoce las características de este proyecto basado en tecnología LiDAR del que se han realizado dos coberturas y que ofrece pasos de malla de hasta 2 metros.

[Acceder](#)

gráficos. Las ortofotos se pueden considerar un producto derivado del vuelo fotogramétrico en el que a partir de los pares fotogramétricos se produce una única imagen ortoproyectada, eliminando los desplazamientos del relieve y la proyección cónica de la óptica de la cámara, entre otros, para producir una imagen con capacidades métricas. En la actualidad, si bien se continúan usando los pares fotogramétricos, se usan mayoritariamente las ortofotografías junto con Modelos Digitales de Elevaciones para poder disponer de la tercera coordenada, la altura.

El Plan Nacional de Ortofotografía Aérea del IGN de España comenzó oficialmente en 2004, en el marco del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT).

PNOA fue diseñado a través de un esfuerzo conjunto de colaboración de la Administración General del Estado (AGE) y las comunidades autónomas (CC. AA.), con el objetivo de evitar la duplicidad de productos, generar ortofotos de alta resolución que cubran todo el territorio español, y actualizar

y mejorar la cartografía nacional. De manera que, su fin último es responder a la demanda de las Administraciones públicas (AA. PP.) de datos geospaciales actualizados y de alta calidad para apoyar la planificación territorial, la gestión de recursos y otras aplicaciones geospaciales.

Durante los primeros años se llevaron a cabo los vuelos fotogramétricos en varias fases, cubriendo diferentes regiones de España. En estas primeras etapas, el proceso de los datos adquiridos era elemental comparado con los estándares actuales. Las imágenes eran capturadas en película fotográfica y requerían un procesamiento laborioso para generar mapas y modelos tridimensionales.

A finales de los 90, se transformó el flujo de producción fotogramétrico de analítico a digital, si bien las cámaras seguían siendo analógicas, y el vuelo requería de un procesado fotográfico en laboratorio y, posteriormente, digitalización.

En el 2007, el IGN completó la primera fase de la cobertura

nacional, con ortofotos digitales disponibles para la mayor parte del territorio. Desde entonces, PNOA actualiza periódicamente el suministro abierto de ortofotografía manteniendo la precisión y la relevancia de los datos cartográficos. Tanto el IGN como el resto de las AA. PP. demandan estos productos para diversas aplicaciones, como son los planes de información geográfica y cartográfica, o para otras muchas aplicaciones agrícolas, de patrimonio, obras públicas, medioambientales, etc. De esta manera, las AA. PP. colaboran y son destinatarias conjuntamente de todos los datos generados en el proyecto.

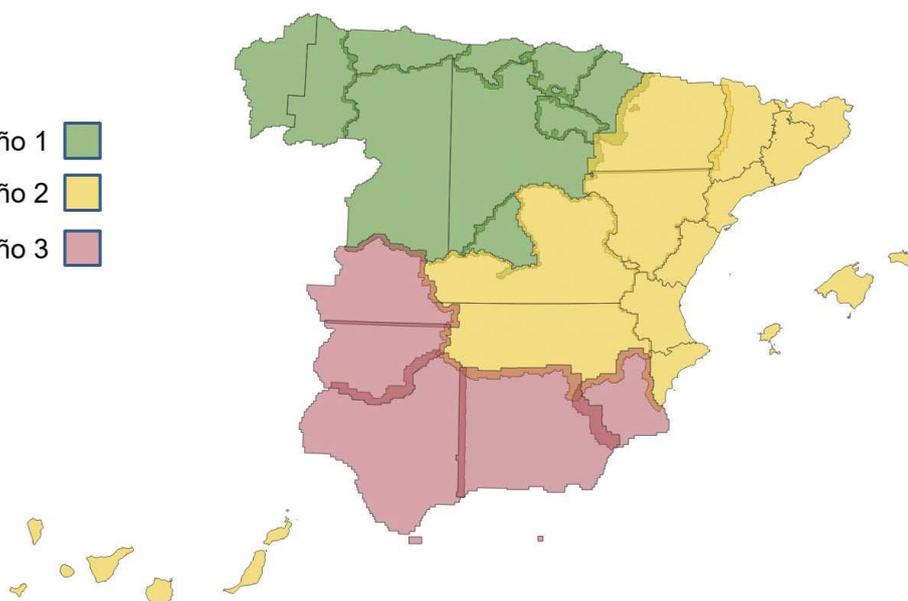
En el ámbito europeo, España, a través de PNOA Imagen, se sitúa entre los países mejor posicionados en el uso de estas tecnologías.

El ciclo PNOA

El ciclo PNOA consta en la actualidad de 3 bloques de vuelo (A, B, C) que se repiten cada 3 años. Cada año se vuela un bloque y al año siguiente se genera la correspondiente ortofotografía.

IGN

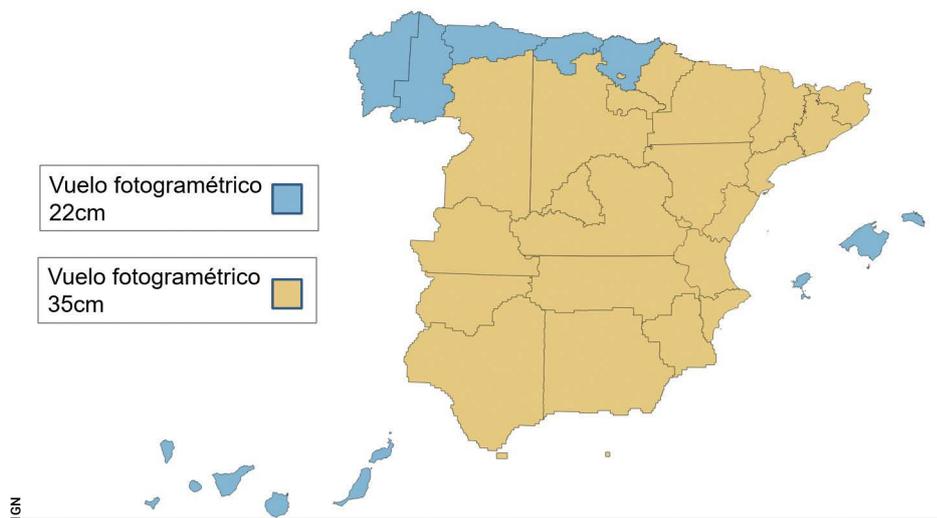
- PNOA Año 1
- PNOA Año 2
- PNOA Año 3



Bloques de vuelo del ciclo PNOA.

Para cubrir las necesidades de las AA. PP., la resolución nominal del vuelo fotogramétrico establecida actualmente en todo el territorio nacional es de 35 cm, excepto en la cornisa cantábrica e islas cuya resolución del vuelo nominal es de 22 cm. El IGN es el encargado de financiar estos vuelos nominales, si bien las CC. AA. tienen la posibilidad de mejorar las características del producto PNOA en su territorio, contribuyendo a su financiación a través del establecimiento de mecanismos de colaboración con el IGN. En la actualidad, los productos PNOA mejorados presentan resoluciones de hasta 15 cm en la ortofoto.

Resoluciones nominales vuelos PNOA.



Evolución del PNOA: hitos destacables

A lo largo de estos 20 años cabe destacar los siguientes hitos:

- **Comienzo del PNOA en el marco del PNOT:** La Rioja fue el primer vuelo que se realizó en el proyecto PNOA en 2004.
- **Primera versión de las especificaciones técnicas de vuelo y ortofoto** adaptándose a las necesidades de las AA. PP.
- **Inicio del PNOA Histórico** con el objetivo de trabajar en la salvaguarda y puesta a disposición de todos los ciudadanos de los vuelos anteriores a 2004.
- **Inicio de la producción del producto Ortofotos de Máxima Actualidad y Máxima Resolución** con la finalidad de facilitar la difusión de las ortofotos PNOA.

2004

2007

2008

2009

- **Introducción de las cámaras fotogramétricas** pasando de la era analógica a la digital.
- **Los fotogramas pasan a producirse de 3 bandas (RGB) a 4 bandas (RGBI).**

- **Primera captura con tecnología LiDAR** en el proyecto PNOA.
- **Generación de ortofotos a partir del MDT (Modelo Digital del Terreno) del LiDAR.**
- **Colaboración con CC. AA. para mejorar los productos PNOA:** el primer convenio que se tiene registrado es el "Convenio de colaboración entre el CNIG y la comunidad autónoma de Catalunya para el desarrollo del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)".

- Primera versión de las especificaciones PNOA adaptándose a las limitaciones económicas. Se limita la producción a 8 bits y 3 bandas RGB.

- Primera cobertura LiDAR completa de todo el territorio nacional.
- Mejora de la especificación: los fotogramas y ortofotografías pasan de 8 bits a 16 bits y se recupera la producción en 4 bandas RGBI.

2011

2014

2015

- Nuevo producto PNOA: Ortofotos PNOA Anuales.

- Se incorporan CC. AA. con resoluciones mejoradas en el vuelo de hasta 18 cm.
- Se incorporan CC. AA. con resoluciones mejoradas en la ortofoto de hasta 15 cm.

2017

2018

2020

- Aplicación de tratamientos radiométricos en los fotogramas para generar ortofotos más homogéneas de todo el territorio.
- Mejora en la resolución mínima del vuelo fotogramétrico pasando de 45 cm a 35 cm.
- Mejora en la resolución mínima de la ortofoto de 50 cm a 25 cm.

- Primera publicación del PNOA 10: recopilación de ortofotos en zonas de interés de otras AA. PP. (ayuntamientos, organismos, etc.).

- Segunda cobertura LiDAR completa de todo el territorio nacional.

- Nueva versión de especificaciones técnicas del PNOA de vuelos y ortofotos, incluyendo como novedad las especificaciones de las ortofotos provisionales.
- Salto significativo en las mejoras solicitadas por las CC. AA. respecto al producto nominal. De las ocho CC. AA. voladas en 2023 mejoraron seis de ellas el vuelo y siete la ortofoto.

2021

2022

2023

- Cambio de formato de imágenes comprimidas de ECW a COG en los vuelos y ortofotos.
- Cambio de distribución de ortofotos en cortes de hoja de MTN50 a MTN25 para facilitar su distribución y descarga.
- Nuevos productos PNOA: Ortofotos PNOA Provisionales y Ortofotos PNOA Falso Color Infrarrojo.
- Se inicia la tercera cobertura LiDAR de alta resolución.

Productos a descarga y servicios web

El catálogo de productos PNOA se encuentra a libre descarga en el Centro de Descargas del CNIG (<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>).

Los productos PNOA más demandados son los siguientes:

- **Fotogramas PNOA:** imágenes pertenecientes a los vuelos fotogramétricos PNOA desde el año 2004 hasta 2024. Disponibles en formato COG.
- **Ortofotos PNOA Máxima Actualidad (PNOA MA):** mosaicos de ortofotos más recientes de todo el territorio nacional correspondientes a los tres últimos años. Se ponen a disposición de los usuarios según cortes de hoja oficial MTN25 en formato COG.
- **Ortofotos provisionales:** ortofotos publicadas durante el mismo año del vuelo, antes de la producción de ortofotos definitivas y de la realización de un exhaustivo control de calidad. Se clasifican en dos tipos:
 - **Ortofoto expedita:** son las primeras ortofotos provisio-

nales obtenidas directamente del vuelo, sin procesado posterior.

- **Ortofoto rápida:** son las segundas ortofotos provisionales generadas con mejor precisión que las ortofotos expeditas dado que se ejecuta un proceso de aerotriangulación posterior.

Las ortofotos provisionales se ponen a disposición de los usuarios según cortes de hoja oficial 1:5000 en formato COG.

- **Ortofotos PNOA anuales:** mosaicos anuales de ortofotos definitivas correspondientes a cada año de vuelo. Están disponibles desde el inicio del proyecto en el año 2004, y se van incorporando con carácter anual una vez finaliza la producción de ortofotos. Los mosaicos anuales PNOA se ponen a disposición de los usuarios según cortes de hoja oficial MTN25 en formato COG.

Otros productos para descargar son: Ortofotos PNOA Falso Color Infrarrojo, Ortofotos Históricas PNOA 10, Ortofotos Históricas (SIGPAC, Nacional, Interministe-

rial, OLISTAT, Americano) y Vuelos Históricos.

La información de estos productos se encuentra disponible en la página web del PNOA (<https://pnoa.ign.es/web/portal/pnoa-imagen/presentacion>).

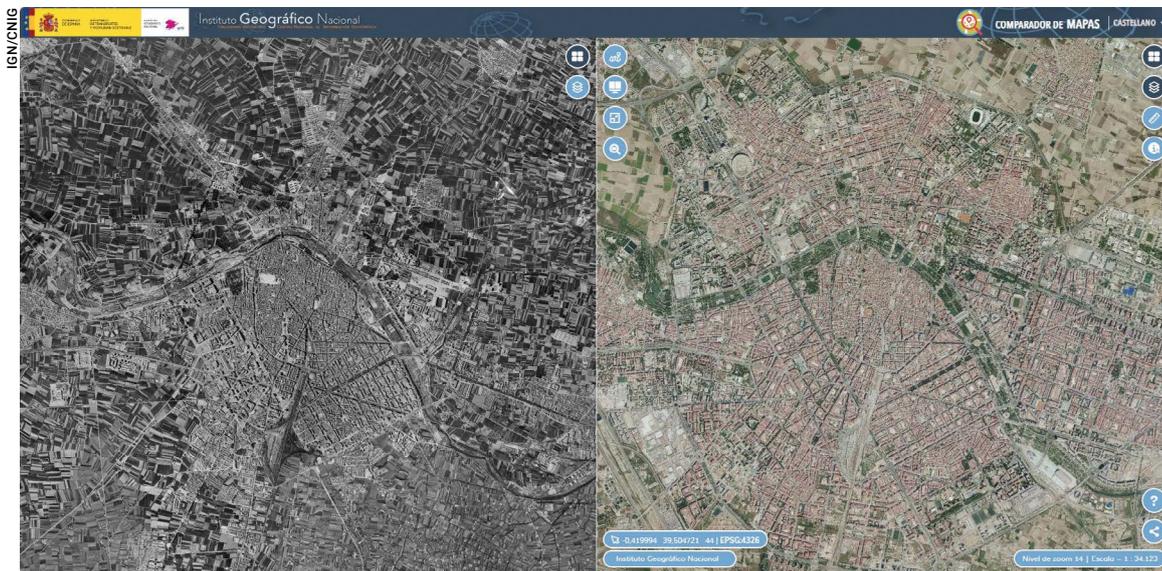
El CNIG pone a disposición de los usuarios los servicios web de PNOA para la visualización de productos y consulta de datos. Su información se encuentra en la página web del PNOA.

Visualizadores

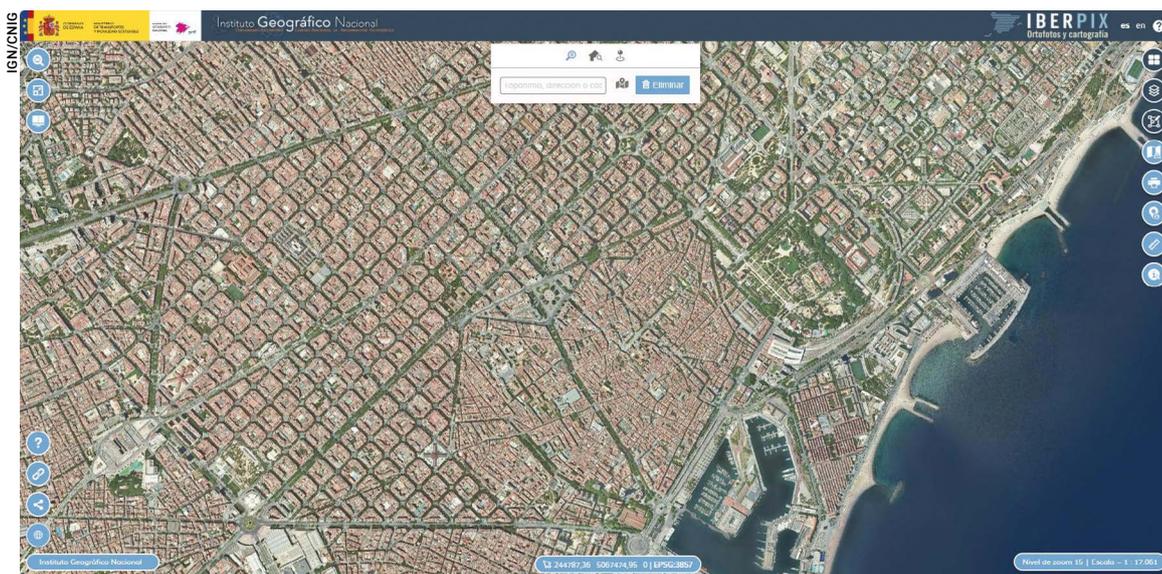
Los visualizadores del PNOA permiten desplegar información geográfica a través de una ventana que funciona como visor, donde se pueden agregar varias capas de información geográfica para realizar consultas o comparativas de datos. En PNOA hay disponibles 4 visualizadores con diferentes funcionalidades, incluidos los de la Infraestructura de Datos Espaciales de España a través de geoservicios interoperables, permitiendo el acceso a toda la enorme cantidad de ortofotografías disponibles.

Comparador de Ortofotos PNOA: Parque Santander–IGN, Madrid. 2006 vs 2020.

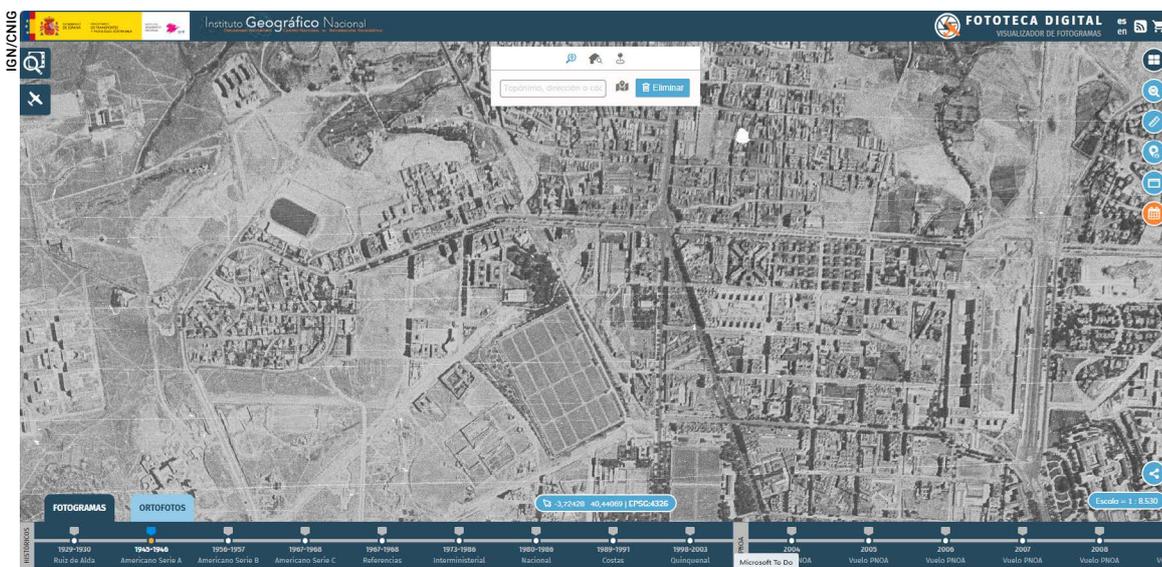




Comparador de Mapas: Valencia, Ortofotos Americano Serie B (1956-1957) vs Ortofotos PNOA Máxima Actualidad. IGN/CNIG. Se muestra la evolución de la ciudad tras casi 70 años.



Iberpix: Barcelona. PNOA Máxima Actualidad. IGN/CNIG. Iberpix permite realizar consultas de los productos PNOA.



Fototeca Digital: Madrid. Fotogramas del Vuelo Americano Serie A (1945-1946). IGN/CNIG. La Fototeca permite consultar fotogramas y ortofotos, así como generar y solicitar certificados.

Descargas de productos PNOA

Los productos PNOA son de libre descarga para los usuarios a través del Centro de Descargas del CNIG. Prueba del interés que despiertan estos productos es el progresivo crecimiento observado en el número de descargas al año.

Cabe señalar que las descargas de los productos PNOA suponen más del 70 % del total de las descargas de todos los productos que proporciona el Centro de Descargas del CNIG, siendo las Ortofotos PNOA MA el producto más descargado por parte de los usuarios. Adicionalmente, los servicios de visualización de este producto son los que más peticiones reciben.

Aplicaciones y usuarios

La fotografía aérea es la base para la realización de la cartografía y la información geográfica en general. Las aplicaciones del PNOA son muy numerosas, destacando en los siguientes ámbitos:

- Ocupación del suelo.
- Cartografía básica.
- Urbanismo y ordenación del territorio.
- Catastro y propiedad privada.
- Información patrimonial y arqueológica.
- Gestión forestal.
- Hidrografía e hidrología.
- Obras públicas.
- Medio ambiente.
- Agricultura y ganadería.
- Seguridad y Defensa.
- Visores de empresas públicas y privadas (idealista, google maps, etc.).
- Divulgación.
- Turismo y actividades de ocio.

Utilizando los mismos datos fotogramétricos de partida, se consigue además una perfecta coherencia geométrica y temporal de las bases de datos cartográficos

y geográficos existentes en todas las Administraciones.

Entre los numerosos usuarios del PNOA destacan; además del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (IGN y CNIG), el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el Ministerio de Hacienda y Función Pública, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (a través del Fondo Español de Garantía Agraria, FEGA), las comunidades autónomas, empresas públicas, industrias, universidades, centros de I+D+i y ciudadanos, tanto para certificaciones y juicios como para la planificación de su ocio.

Líneas futuras del PNOA

Gracias al esfuerzo realizado en estos 20 años de existencia, PNOA se encuentra entre los planes nacionales más completos y avanzados de Europa. Partiendo de las características nominales establecidas por la Administración General del Estado y gracias al esquema colaborativo del proyecto, se han podido aunar esfuerzos con las comunidades autónomas para obtener productos mejorados, homogéneos, de calidad y con alta disponibilidad.

De cara al futuro, existen nuevos factores que deben ser analizados y tenidos en cuenta. Los más destacables son:

- **La evolución tecnológica en el campo de la fotogrametría:** de manera progresiva, con la evolución de los sensores aeroportados, las cámaras fotogramétricas de última generación permiten volar con mejor resolución en menos tiempo, reduciéndose también los costes. Por este motivo, mejorar la resolución nominal de los vuelos PNOA en todo el territorio nacional es cada vez más viable atendiendo así a la demanda de los usuarios,

CC. AA. y AA. PP. que requieren cada vez más resolución.

Esta mejora en la resolución de las imágenes obtenidas, y el mayor detalle de los productos obtenidos, permite digitalizar de forma georreferenciada elementos de menor tamaño presentes en el territorio: red viaria, infraestructuras de transportes eléctricos, generadores de energía, elementos estructurantes del paisaje, cerramientos de fincas, etc., fenómenos muy demandados por su gran utilidad en las tareas propias de las AA. PP.

Así mismo, las nuevas cámaras y tecnologías abren la posibilidad de realizar vuelos combinados de imagen y LiDAR con una calidad cada vez mayor. Esto permite aunar esfuerzos y mejorar la frecuencia de actualización de ortofotos que en el futuro podrán pasar de ser cada 3 años a ser anual. Esta forma de proceder se está empezando a implementar, de manera progresiva, también en otros países de nuestro entorno.

- **El auge de la inteligencia artificial (IA):** con el uso de la IA se abren nuevas vías para mejorar los productos como, por ejemplo, la superresolución de imágenes donde, mediante el uso de algoritmos, se podrían obtener ortofotos con una mejor resolución y nivel de detalle sin necesidad de volar a mejor resolución. Además, el uso de la IA permite desarrollar nuevas metodologías para la identificación de cambios sobre el territorio o la integración de datos de otro tipo de sensores, lo cual es fundamental para el desarrollo de las aplicaciones basadas en las imágenes PNOA.

La producción y difusión de datos geográficos lo más precisos y recientes posibles,

así como su actualización y mantenimiento continuo, es una demanda cada vez más creciente de la sociedad. Esto obliga a los organismos responsables a tener que implementar tecnologías que ofrezcan la posibilidad de producir grandes volúmenes de datos de alta calidad en poco tiempo.

Nace el reto de innovar para aportar una tecnología de captura de imágenes aéreas de mayor resolución y productividad, ampliando las capacidades de los productos y servicios ofrecidos por el IGN en cada nuevo ciclo PNOA.

La producción de las ortofotos, tanto actuales como históricas, se ha convertido en un elemento fedatario de lo que acontece en el territorio y constituye el elemento central de infinidad de políticas públicas. Si la producción es importante, todavía lo es más su distribución y acceso tanto para las AA. PP. como para la ciudadanía, junto con todos los datos geoespaciales generados por las Administraciones mediante sencillos métodos de acceso a través de internet, como son las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE).

Necesidad y causa de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE)

Las IDE surgen con el objetivo de publicar los datos espaciales (carreteras, hidrografía, zonas protegidas, etc.), con una serie de características y en unas condiciones que permitan su reutilización a través de servicios web, para que puedan ser utilizados por cualquier tipo de usuario y en todo tipo de aplicaciones. Para garanti-

zar la disponibilidad, la calidad de los datos y los servicios de información geográfica es necesario partir del mismo marco legal y de documentos técnicos que aseguren que los datos producidos por las instituciones serán compartidos por toda la Administración y, además, promover su uso entre los usuarios, empresas u otras organizaciones.

El geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de España se presentó en 2004 con una versión modesta y fue la antesala y el comienzo de la transformación y renovación de la difusión de la información geográfica (IG).

El surgimiento de las IDE nació con los cambios tecnológicos que permitieron que el sector de la información geográfica creciera cuantitativa y cualitativamente vinculándose cada vez más con las actividades humanas y reconociéndose a nivel mundial en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992. En la actualidad, este legado se ha plasmado con los indicadores de la Gestión Global de la Información Geoespacial de las Naciones Unidas (Global Geospatial Information Management), donde la información geográfica está presente en los objetivos y metas de desarrollo sostenible.

El segundo motor ha sido el cambio de mentalidad bajo el lema "cuanto más compartes, más ganamos todos" y, la aceptación de los estándares de información geográfica junto con la apertura de los datos sin ningún tipo de restricción. Hace 20 años, España apostó por los datos abiertos, lo que implicaba su publicación de forma estandarizada y normalizada, con unas condiciones de uso y acceso muy permisibles.

La interoperabilidad de la IDEE

La IDEE, que aglutina todas las IDE de España de nivel estatal, autonómico y local y los nodos IDE, ha servido para que cualquier persona, empresa u organización mediante un simple navegador web pueda buscar datos espaciales publicados a través de servicios disponibles en la red, seleccionar cuáles son de su interés y visualizar los datos seleccionados o descargarlos sin coste alguno, de modo transparente y sin preocuparse de en qué nodo reside cada componente. El usuario de las IDE accede a los datos espaciales de diferentes Administraciones públicas, pudiendo combinarlos y realizar operaciones espaciales avanzadas.

La publicación de la información geográfica en internet ya era posible antes del surgimiento de las IDE, pero no gozaba de las ventajas que posteriormente han traído las IDE; entre los inconvenientes cabe señalar, por ejemplo, que los mismos datos espaciales tenían calidades muy diferentes, no existían modelos de datos a nivel nacional o europeo, no era obligatorio crear las descripciones (metadatos) de los productos, había disparidad en las formas de representación y carencia de estándares de intercambio o de formatos.

Las IDE y el concepto de interoperabilidad han ido de la mano permitiendo que las organizaciones y los sistemas compartan información geográfica en la web de manera eficiente. Pero para conseguir esta interoperabilidad, normalización y armonización ha sido necesario seguir las normas internacionales, estándares y recomendaciones, donde la Directiva INSPIRE, la LISIGE, las normas ISO y las especificaciones OGC han jugado un papel fundamental.

Concepto de la IDE para el usuario y las organizaciones

Las IDE han permitido a los usuarios buscar, acceder y utilizar los datos espaciales a través de sistemas basados en la apertura de servicios web estandarizados, accesibles a través de la red, en entornos abiertos, amigables y usables, que proporcionan una infraestructura libre y generalista, que tienden a la máxima difusión, aprovechable por todo tipo de usuarios, incluso sin un alto grado de especialización.

Para las organizaciones, las IDE han supuesto un escaparate para mostrar las características de sus productos (escala, precisión, licencia, calidad, etc.) y un lanzamiento de los datos geográficos actualizados con las mismas características y parámetros. Basándose en los reglamentos de la Directiva INSPIRE, han conseguido la globalización de los datos de modo gratuito,

con sus consiguientes ventajas e inconvenientes.

La gratuidad del dato, junto con la filosofía de compartir y unir sinergias para crear conocimiento y producir resultados y beneficios, ha contribuido a la aparición de nuevos modelos de negocio como, por ejemplo, Wikiloc o la Sede Electrónica del Catastro que han utilizado los servicios de la IDEE como base para mostrar su información.

Geoportal, servicios y metadatos de la IDEE

La **materialización de la IDEE es el geoportal de la IDEE**, puerta de entrada a más de 45 000 recursos de información geográfica (ortoimágenes, direcciones postales, zonas naturales, etc.) de organizaciones que publican sus datos a través de servicios web. Llegar a estos números no ha sido un camino fácil, hace 20 años la tecnología que actual-

mente se utiliza para publicar datos espaciales no existía y en España hubo que invertir en el desarrollo de herramientas de creación y publicación tanto de metadatos como de servicios web.

En 2007 la Directiva INSPIRE supuso un empujón en Europa para el desarrollo de las herramientas de fuentes abiertas actuales, tales como GeoNetwork para la edición y publicación de los metadatos o, GeoServer, MapServer y deegree para la publicación de servicios de visualización y de acceso de datos espaciales. A esta lista también se incorporaron herramientas privadas. Así mismo, a lo largo de estos 20 años se han ido desarrollando aplicaciones web y de escritorio que utilizan de forma sencilla los servicios web a través de los cuáles se publica la información geográfica.

Todos estos desarrollos tenían que ser recopilados de alguna

Imagen gráfica son algunos datos de la IDEE.

Acceso a los datos



Facilitar el acceso a la información geográfica y a su integración con otro tipo de información, lo que permitirá extender su conocimiento y uso, ayudando en la optimización de la toma de decisiones.

Información actualizada



Se accede a los datos en origen, es decir se accede a los repositorios del productor y distribuidor de los datos geoespaciales (instituciones, organismos, empresas, universidades).

Datos instantáneos



El acceso a estos datos debe ser rápido y con garantías de disponibilidad, para ello, el [Reglamento nº 976/2009 de Servicios de Red](#) de la Directiva INSPIRE estableció como máximo un plazo de 6 meses y unos umbrales muy rígidos de rendimiento, disponibilidad y capacidad para garantizar la calidad de los servicios.

El beneficio económico



El estudio sobre el «**Beneficio y valor económico del nodo central de la IDEE**», realizado por el CNIG y de la Universidad de Leuven, demostró el beneficio que generan los servicios del nodo central de la IDEE, es decir los servicios y datos coproducidos entre los socios del Sistema Cartográfico Nacional (los nodos de los ministerio, CC. AA. y entidades locales no son parte del alcance del estudio).

IDEE

DESDE **2004**

- ✓ Servicios de visualización **+3000**
- ✓ Servicios de descarga **+500**
- ✓ Metadatos **+43000**

www.idee.es



IDE Ministerios



IDE CC. AA.



IDE Local

Servicios, descargas y metadatos de la IDEE.

forma, para facilitar su uso y accesibilidad, evitando duplicidad de esfuerzos y animando a la reutilización de herramientas. Por todo ello, se abrió en 2020 la **Plataforma IDEE**, espacio del geoportal de la IDEE con entidad propia, que recopila las herramientas de *software* de código abierto.

Estado actual y futuro de la IDEE

Las IDE han conseguido potenciar la IG adaptándose a los modelos del mundo real contruidos para satisfacer unas demandas de información muy concretas y específicas focalizándose en la publicación y descripción de los datos espaciales de forma normalizada. El *software* libre y datos abiertos son conceptos que se han ido consolidando para formar parte de las Infraestructuras de Datos Espaciales.

No hay que olvidar que el factor clave para las IDE son los **datos espaciales** y su publicación a través de **servicios geoespaciales** para posibilitar su reutilización y accesibilidad, y así se demuestra en el estudio titulado “Los datos geoespaciales en el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. Impacto de la información coproducida por IGN y CNIG” que enfatiza la importancia y transversalidad del uso de los servicios geoespaciales suministrados por el CNIG a empresas, su valor en términos económicos, su papel en la innovación, optimización y el desarrollo de productos derivados.

Las IDE están formadas por la **Comunidad IDEE** (productores de datos, proveedores de servicios, intermediarios, usuarios, desarrolladores de *software*, proveedores de *hardware*, investigadores...) que establece por consenso las reglas

para compartir la IG en la red. Cuanto más abierta, sana y colaborativa sea la comunidad, mayor calidad tendrá la IDEE. Esta comunidad se manifiesta una vez al año en las **Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos** que se celebran desde el 2004.

La IDEE seguirá alimentándose de los recursos de las organizaciones productoras de información geográfica, publicándolos en el catálogo de la IDEE y en el CODSI, siendo imprescindible para el crecimiento económico de la sociedad y adaptándose a las nuevas regulaciones, como la que establece la definición de los Conjuntos de Datos de Alto Valor donde se manifiesta la importancia de seguir promoviendo la accesibilidad de los datos espaciales y sus descripciones (metadatos) permitiendo la reducción de costos y la reutilización de los datos. ■



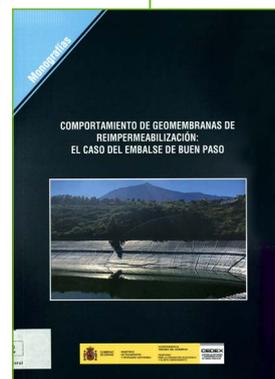
Autores: Metro de Madrid, Escuela de Arquitectura de Madrid y Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid
Edita: Metro de Madrid

La huella de Metro. Una mirada a los orígenes

Esta obra es el primer volumen de la colección *La huella de Metro* y surge del compromiso de Metro de Madrid con la recuperación, conservación y difusión de su patrimonio histórico. Se trata de un proyecto de investigación impulsado por el Servicio de Patrimonio Histórico de Metro de Madrid, y que ha contado además con la colaboración de un equipo multidisciplinar compuesto por la Escuela de Arquitectura de Madrid y el Centro de Investigación de Tecnologías Ferroviarias perteneciente a la Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid. A través sus láminas y pliegos repletos de dibujos, esquemas y planos, esta publicación recupera la historia de la red madrileña del suburbano, tomando la arquitectura y el urbanismo como hilo conductor y destacando la importancia de su infraestructura en el desarrollo y transformación de la ciudad de Madrid. El documento ensalza la figura de Antonio Palacios, arquitecto oficial del suburbano, y la impronta que dejó en esta red de transportes madrileña y en la capital.

Comportamiento de geomembranas de reimpermeabilización: el caso del embalse de Buen Paso

Esta publicación lleva a cabo una investigación del comportamiento a lo largo del tiempo de las geomembranas sintéticas poliméricas de PVC-P (policloruro de vinilo plastificado) y PEAD (polietileno de alta densidad) utilizadas en la impermeabilización y reimpermeabilización, respectivamente, del embalse de Buen Paso, ubicado en la isla de Tenerife. El análisis se centra en el seguimiento de sus características a través de ensayos en muestras extraídas de distintas zonas del embalse, desde su instalación hasta el momento actual. En el caso de la geomembrana de PVC-P, se ha estudiado el comportamiento a lo largo de los 66 meses de su vida útil y, en el caso de la geomembrana de PEAD, el periodo estudiado corresponde a 246 meses desde su puesta en obra. La disposición de las dos geomembranas en el embalse, en contacto directo, ha permitido también considerar la interacción entre ambos materiales. Finalmente, los resultados obtenidos han contribuido a determinar las principales causas de degradación de las geomembranas, así como las consecuencias que supone su deterioro.



Autora: Beatriz Mateo Sanz
Edita: CEDEX



Autores: VV. AA.
Edita: Centro de Publicaciones del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible

BIM Spain

Se trata de un monográfico dirigido a dar a conocer el valor de la metodología BIM (Building Information Modeling) como herramienta decisiva para alcanzar los objetivos de digitalización, sostenibilidad y economía circular que contemplan las estrategias públicas. El Plan BIM para la contratación pública define un calendario de implantación gradual y progresivo desde 2024 hasta 2030 con la finalidad de crear una metodología de trabajo colaborativa entre todos los agentes implicados, desde la perspectiva administrativa y garantizándose la neutralidad tecnológica. La publicación se articula en cinco bloques que destacan el uso potencial BIM en la gestión y mantenimiento de las infraestructuras y las edificaciones para una construcción más resiliente y competitiva que avanza hacia una transición verde y digital. Asimismo, también se analiza la relación de BIM en la protección de la salud y seguridad personas mediante la gestión de los riesgos laborales a lo largo de la vida de una construcción.

Revista Tramos
Especial 2024

BIM SPAIN

Building together



**Librería de Transportes
y Movilidad Sostenible**

Virtual: <https://publicaciones.transportes.gob.es/>
Física: Plaza San Juan de la Cruz, 10 - 28071 Madrid
Tel: 91 597 82 67
Correo electrónico: cpubic@transportes.gob.es

Dales una vuelta a las carreteras para descubrir lo que encierran: innovación, estudios medioambientales, inversión en seguridad, diseño de trazados... Y sobre todo, profesionales que con su esfuerzo las convierten en **PARTE DE TI.**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

Sigamos avanzando juntos



**ESTO ES
LO QUE
VES**



**ESTO ES
LO QUE
NO VES**