

tramos

nº 768 / abril 2026

Revista del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible

T4: 20 años de arquitectura que vuela



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

Grupo Transportes



SENASA



renfe

seitt

lineco

INSTITUTO
GEOGRÁFICO
NACIONAL



ENAIRe

adif

aena
aeropuertos
para ti



Salvamento Marítimo

CEDEX

Puertos del Estado



AESF

adif
ALTA VELOCIDAD

Sostenibles
para ti



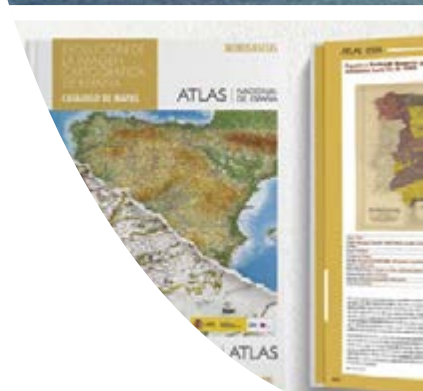
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

Contenido

nº 768 / abril 2026

- 2** En plena forma
- 22** Nuevos tramos
- 25** El mapa vivo de la biodiversidad portuaria
- 35** EVN: la Red Europea de VLBI
- 44** La pobreza en el transporte
- 54** Navegando la transición
- 62** ENAIRE, líder en investigación industrial
- 70** Por un cielo justo
- 76** Mapas generales: pasado, presente y futuro
- 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 R. Ventosa; Comunicación CEDEX; Pablo Vicente Abad; Mar González Ormeño; José Antonio Conde González; Alejandro Muñiz Delgado; Alejandro Roldán Aguilar; Irene Calvo Alonso; y Sergio Vera Trujillo.

Fotografía: Aena; Observatorio de Yebes y Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

Comité de Redacción: Presidencia: Rafael Guerra Posadas (Subsecretario). Vicepresidencia: Alejandra González Madrid (Secretaria 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), Álvaro José Fernández-Iruegas Pombo (Jefe del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes Aéreo y Marítimo) y Tomás Herrero González (Jefe del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Movilidad Sostenible).

Corrección: Marta Míguez.

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: 915 977 814. **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 3101-2345-ISSNe: 3101-2353-
NIPO: 196-24-001-2-NIPOe: 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.

La terminal T4 del aeropuerto Adolfo Suárez
Madrid-Barajas cumple 20 años
y se prepara para su ampliación

En plena forma



Cubierta ondulante sobre los viales de la T4.

Recientemente se han cumplido 20 años de la entrada en servicio de la terminal T4 y su edificio satélite, pieza central de la ampliación del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas a principios de siglo. Esta icónica infraestructura, que ha resistido de forma admirable el paso del tiempo tanto funcional como

arquitectónicamente y demostrando una elevada eficiencia desde el primer día, ha contribuido de forma decisiva a consolidar al aeropuerto madrileño entre los grandes de Europa. Aena ha iniciado su ampliación para afrontar el crecimiento del tráfico aéreo.

- Texto: Javier R. Ventosa
- Fotos: Aena



El año 2006

marcó un antes y un después en la nonagenaria historia del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas. El despegue, el 5 de febrero, de un vuelo de Iberia con destino Barcelona significó el inicio de las operaciones en el Nuevo Área Terminal (NAT), instalaciones con las que se culminó la mayor expansión aeroportuaria en la historia de España, conocida como Plan Barajas, y que hoy son parte nuclear del aeropuerto. La iniciativa, promovida a comienzos de la década de los años 90 por el entonces Ministerio de Obras Públicas y Aena, surgió ante la necesidad de ampliar el aeropuerto para responder al crecimiento del tráfico aéreo. El proyecto contemplaba duplicar la capacidad de gestión de pasajeros –de 35 a 70 millones anuales– mediante la construcción de nuevas terminales, así como incrementar la capacidad operativa con una configuración de cuatro pistas que permitiera alcanzar hasta 120 operaciones por hora. El objetivo era competir con los grandes aeropuertos europeos y transformar Madrid-Barajas en un aeropuerto *hub*: un modelo basado en la concentración de un elevado número de conexiones para su posterior dispersión de forma radial, lo que implica más destinos, mayores frecuencias y la atracción de grandes volúmenes de pasajeros. Por ello, todo el conjunto se planificó con el propósito de agilizar las operaciones y reducir al máximo los tiempos de conexión.

El Plan Barajas, que dio lugar a la mayor obra civil de Europa en los primeros años de este siglo, se materializó en la ejecución de dos fases consecutivas de actuaciones: la ampliación de las terminales existentes y la puesta en servicio de la tercera pista y una nueva torre

de control, completadas en 1999; y la ampliación del campo de vuelo, con dos nuevas pistas y plataformas de estacionamiento de aeronaves, y la construcción de dos nuevas terminales con capacidad para gestionar hasta 35 millones de pasajeros al año, además de otras infraestructuras asociadas (aparcamiento público de cinco plantas, accesos y viales de circulación interna, calles de rodaje, túnel de servicios aeroportuarios, soterramiento de la carretera M-111, centrales eléctricas...). La segunda fase, ejecutada por las principales constructoras españolas entre los años 2000 y 2005, supuso prácticamente la construcción de un nuevo aeropuerto situado unos 3 kilómetros al norte de las terminales 1, 2 y 3, con una superficie total cercana a los 750 000 m², más del doble que el existente, y que es lo que ha permitido poner en marcha la estrategia *hub*.

Terminales singulares

Desde su puesta en servicio y hasta nuestros días, la principal seña de identidad del NAT son dos edificios independientes de forma rectangular que se miran cara a cara: la terminal T4 (para vuelos nacionales y de países Schengen, con una superficie de 470 000 m², estructurada en seis niveles y con 38 puertas de embarque) y la terminal satélite o T4S (para vuelos internacionales no Schengen, con 272 000 m², tres niveles sobre rasante y 28 puertas de embarque). Están separadas unos 2 kilómetros entre sí y conectadas por un túnel que discurre bajo una pista de vuelo y la plataforma de estacionamiento. Proyectadas por los estudios de arquitectura de Richard Rogers y Antonio Lamela, estas dos terminales, que figuran entre los edificios públicos más reconocibles de la arquitectura contemporánea española y también entre los más premiados,

Vista de la terminal T4S desde una calle de rodadura.



han sido elevadas a la categoría de iconos arquitectónicos y se han convertido en un símbolo identitario del Madrid del siglo XXI, sin que el paso del tiempo les haya hecho mella.

Ambos edificios, gemelos y de estética vanguardista, se concibieron como un proyecto centrado en el pasajero, con el objetivo de hacer más sencillo y comprensible el recorrido, reducir el estrés propio del viaje y mejorar la experiencia desde la llegada hasta el embarque. Para ello, sus creadores apostaron por espacios amplios, zonas de descanso, itinerarios intuitivos y una organización sencilla para afrontar las diferentes etapas que recorre un pasajero en un aeropuerto (facturación, control de seguridad, paso de la aduana y embarque). Los recorridos se han estratificado en altura para evitar interferencias en los flujos (en la T4, el nivel 0 aloja las llegadas, el nivel 1 el embarque



Pasajeros en el dique de embarque de la T4.

y el nivel 2 la facturación y los controles de seguridad). El entorno de esta disposición de espacios está caracterizado por ondulantes cubiertas de madera de bambú,

grandes cañones de luz e inmensas cristalerías en las paredes exteriores que contribuyen a crear un ambiente cálido y sereno. A estas características hay que unir el



singular coloreado de las columnas que soportan la cubierta, con un degradado cromático que, en el caso de la T4, va desde el azul (zona norte) al rojo (zona sur), y que ayuda a los pasajeros a identificar las puertas de embarque de una forma intuitiva. Otra característica reseñable es que ambos edificios se proyectaron para asumir sin traumas ampliaciones futuras.

Tecnologías de vanguardia

A la singularidad arquitectónica de ambos edificios se añadió una importante componente tecnológica que permite el tratamiento ágil de un gran volumen de operaciones y garantizar al pasajero unos tiempos mínimos de tránsito,

algo básico en una estrategia *hub*. Con ese fin se implementaron dos soluciones, entonces pioneras en España, para la gestión eficiente de pasajeros y maletas. Por un lado, el Automatic People Mover (APM), un tren automático que recorre durante 24 horas y 365 días al año los 2100 metros existentes entre la T4 y la T4S. Lo hace a través de un túnel multiservicios bajo el campo de vuelos y transporta grandes volúmenes de viajeros a cerca de 60 km/h. Y por otro, el Sistema Automático de Tratamiento de Equipajes (SATE) que, con el apoyo de decenas de kilómetros de cintas, permite el tratamiento de alrededor de 16 500 equipajes a la hora, centrando sus funciones en el transporte y clasificación automática de

los equipajes de llegada y de salida, así como de todos los equipajes en tránsito. En sus dos décadas de operación, ambos sistemas han puesto de manifiesto una elevada eficiencia.

Como singularidad añadida, toda la actividad en la T4 y la T4S, y por extensión la de todo el aeropuerto, es gobernada las 24 horas del día desde el Centro de Gestión Aeroportuaria (CGA), un 'cerebro' situado en la T4 que aporta inteligencia a todo el conjunto. Operado por cerca de un centenar de técnicos, con el apoyo de unas 6000 cámaras que registran el tránsito diario de 250 000 personas por el recinto aeroportuario, el centro supervisa y controla en tiempo real todos los procesos y operaciones aéreas y

Cintas transportadoras del Sistema Automático de Tratamiento de Equipajes (SATE).



terrestres que se realizan en el aeropuerto (seguridad, operaciones, servicio al pasajero y mantenimiento de instalaciones). De esta manera, asegura la operación conjunta de todos los sistemas aeroportuarios, además de ejercer como centro de análisis, decisión y mando. Desde el CGA, ubicado en una alargada sala de unos 1500 m² rodeada de *videowalls*, se controlan en tiempo real la seguridad de las instalaciones, la asignación de puertas de embarque, las operaciones en las plataformas de aeronaves, la actividad en los filtros de seguridad, el funcionamiento de 20 kilómetros de túneles, el APM, el SATE, la atención médica y los servicios de *handling* o limpieza, entre otros cometidos. La filosofía de este centro

supervisor y coordinador de procesos y sistemas, único en la red de Aena, ha sido replicada en grandes aeropuertos de otros países.

En evolución continua

En las dos últimas décadas, el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas ha servido a cerca de 980 millones de pasajeros, según datos de Aena. De ellos, algo más del 50 % han pasado por la T4 y la T4S, teniendo en cuenta que, desde su inauguración, estas terminales han asumido algo más de la mitad de los pasajeros y las operaciones registrados cada año en el aeropuerto, particularmente de vuelos internacionales. En el primer año de servicio gestionaron el 57 % de los vuelos y de los pasajeros; en

2015 trataron al 53,5 % de los pasajeros y al 53,3 % de los vuelos; y en 2025 constituyeron el 53,4 % de los 68,2 millones de pasajeros contabilizados y el 51 % de las 430 616 operaciones registradas, según datos estadísticos de la web del gestor aeroportuario. Estas cifras ponen de manifiesto la decisiva contribución de ambas terminales a la operativa del aeropuerto durante estos años.

Como parte central de esta operativa, la evolución del tráfico aéreo en la T4 y la T4S ha corrido en paralelo a la registrada por el conjunto del aeropuerto, con periodos de gran expansión como el actual, culminado el pasado año con el récord histórico de pasajeros tras un crecimiento muy importante desde

Pasajeros accediendo al tren automático (Automatic People Mover-APM) que conecta ambas terminales.



Aparcamiento de la T4 con seis módulos y capacidad para más de 9000 vehículos.





2022. También ha habido momentos de menos actividad y de caída en las cifras de pasajeros, como los registrados durante la crisis económica de la pasada década y, sobre todo, durante la pandemia del coronavirus, que desplomó el número de vuelos y obligó a Aena a concentrar todas las operaciones en la T4, cerrando al tráfico la T4S durante más de tres meses –entre abril y junio de 2020–. En este pasado se inscribe la jornada más negra en la historia de la T4. Tuvo lugar en septiembre de 2006, cuando un atentado terrorista mató a dos personas y destruyó un módulo completo del aparcamiento de la terminal.

Algo más de un tercio de las 80 compañías que operan en el aeropuerto lo hacen desde la T4. Desde esta terminal despegan o aterrizan los vuelos de Iberia –en 2006 trasladó sus operaciones y personal a la nueva terminal, según la distribución de espacios decidida por Aena– y de las otras compañías que forman el *holding* IAG, más una decena de socios de la alianza Oneworld y otras aerolíneas que se trasladaron en 2014. La compañía de bandera española ha hecho de la T4 la base para su estrategia de *hub*, organizando sus operaciones en franjas horarias para ofrecer a sus clientes el mayor número posible de conexiones de larga y media-corta distancia –propias y de sus socios– en el plazo más corto posible. Esta estrategia, replicada por otras compañías en la T1, T2 y T3, es fundamental para el crecimiento del tráfico en el aeropuerto, particularmente el internacional, y genera un importante flujo adicional de pasajeros de conexión (más de un tercio de los pasajeros utiliza el aeropuerto como lugar de tránsito, no como origen o destino).

En el ámbito de la conectividad terrestre, factor clave para

La primera empresa de Madrid

Los aeropuertos son infraestructuras con una gran trascendencia sobre las ciudades y el territorio donde están implantados. Son la gran puerta de entrada a la ciudad para los negocios, la inversión y el turismo, con una fuerte capacidad de creación de empleo y de arrastre sobre otros sectores que suponen un estímulo para la economía local.

En el caso del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, su principal actividad es el transporte aéreo de pasajeros –en 2025 batió el récord histórico con 68,3 millones, más de la mitad de los cuales pasaron por la T4 y la T4S–, a la que hay que añadir otras cuatro: la explotación del aeropuerto, el transporte aéreo de carga, la actividad comercial y la actividad industrial. El conjunto de estas actividades genera un elevado impacto en la economía regional que en términos de empleo se calcula en unos 350 000 puestos de trabajo, de ellos alrededor de 48 000 directos, además de albergar unas 700 empresas.

Si se equiparara a una empresa, el aeropuerto sería la primera empresa de la Comunidad de Madrid por su actividad económica, con una aportación del 9,3 % al Producto Interior Bruto (PIB) de la región. Este porcentaje, según estimaciones oficiales, se elevará hasta el 12 % con el proyecto de ampliación previsto por Aena.

cualquier aeropuerto, la conexión entre la T4 y la ciudad de Madrid estuvo inicialmente limitada a los autobuses urbanos y al vehículo privado, para lo cual se construyeron nuevas autovías de acceso y



Tren de Cercanías en la estación Aeropuerto T4.

un aparcamiento de 9000 plazas adosado a la T4, con una singular arquitectura de seis módulos identificados por letras de colores que es una de las imágenes más reconocibles del aeropuerto. Con el paso del tiempo llegaron al aeropuerto ampliado modos de transporte masivo y más sostenibles, multiplicando las posibilidades de acceso con el centro de Madrid. Así, desde mayo de 2007 se puede acceder en metro a la estación T4, donde

finaliza la línea 8 que tiene su origen en Nuevos Ministerios. Y desde septiembre de 2011, se puede viajar por la línea C1 de Cercanías, que cubre el trayecto en tren entre la T4 y la estación Madrid-Chamartín-Clara Campoamor (8,8 kilómetros) en 11 minutos. Más recientemente, y como parte de los planes de ampliación, en octubre de 2022, se inauguró una nueva terminal de autobuses dotada de 30 dársenas y conectada al aparcamiento de la



T4 por una pasarela con servicios urbanos e interurbanos que mejoran la accesibilidad al aeropuerto y promueven la intermodalidad.

Servicios al pasajero

Durante estas dos décadas, Aena ha modernizado las instalaciones en la T4 y la T4S, adaptándolas a los cambios registrados en la aviación para aumentar la calidad de los servicios ofrecidos. Con el fin de agilizar los procesos

aeroportuarios y mejorar los tiempos de conexión, en estos años se han implementado, en combinación con las aerolíneas, avances tecnológicos como la automatización de la facturación, los asistentes virtuales de información, las aplicaciones móviles para atención del cliente o, más recientemente, la conducción en remoto de pasarelas de embarque. Para mejorar el tránsito de los pasajeros se han implementado medidas

como la optimización del paso por los filtros de seguridad o una nueva señalización, así como servicios para pasajeros con niños y con mascotas. En la T4, por ejemplo, existen nueve áreas infantiles con juegos y tres zonas para mascotas (una en la T4S). En la mejora de la calidad del servicio se inscribe también la modernización y ampliación de las salas VIP de Aena (dos en la T4 y una en la T4S, abierta las 24 horas), además de



Columnas con degradado de colores para facilitar la ubicación del pasajero en la T4.



otros servicios exclusivos como la sala Premium o el *fast track*.

Esta evolución continua en busca de la mejor experiencia para el pasajero se ha trasladado también a los servicios comerciales y de restauración, uno de los puntos fuertes de los aeropuertos y con importancia creciente en las cuentas de resultados de los gestores aeroportuarios. En los últimos años, Aena y los concesionarios (tiendas libres de impuestos, de moda y de restauración) han ampliado el espacio

comercial en la T4 y la T4S e implantado nuevos conceptos de venta y una oferta más actual y atractiva, desarrollada en torno a plazas de descanso (con pantallas gigantes, wifi ilimitado) y con tiendas *duty free* pasantes (integradas en el recorrido del pasajero hasta su puerta de embarque), un concepto muy extendido en grandes aeropuertos. Al término de esta renovación, existen más de un centenar de tiendas y locales de restauración distribuidos por ambas terminales que abarcan desde

enseñas de moda de alta gama y tiendas multimarca hasta restaurantes de lujo y de comida rápida, con una oferta para todos los gustos y bolsillos.

El proceso de transformación en estas dos terminales ha traído también nuevos servicios al pasajero, como el Air Rooms inaugurado en 2014 en la planta inferior de la T4 (22 habitaciones que permiten la pernocta, estancias por horas o un servicio de duchas, y que constituye el primer servicio



Plaza comercial en la terminal T4.

de habitaciones en un aeropuerto de Aena); o, más recientemente, el servicio GettSleep en la T4S (32 cápsulas, con duchas y área de *coworking*). Ambas iniciativas para el descanso están enfocadas, principalmente, a pasajeros de vuelos transatlánticos o de conexión y responden al desarrollo del aeropuerto como *hub* internacional.

El futuro

En sus 20 años de vida, las terminales T4 y T4S han realizado desde el

primer día una decisiva aportación al aeropuerto madrileño en términos de capacidad, eficiencia operativa y calidad del servicio, contribuyendo en gran medida a afianzar a Madrid-Barajas como un aeropuerto de referencia en Europa (está situado entre los cinco mayores aeropuertos europeos por volumen de pasajeros) y a consolidar su privilegiada posición como *hub* intercontinental entre Europa y Latinoamérica (actualmente concentra el 33 % de los pasajeros entre ambas

regiones). A partir de este presente, Aena ya tiene planificado el futuro de estas instalaciones y del aeropuerto en su conjunto.

En los próximos años está prevista la expansión de ambas terminales como parte de un proyecto de ampliación de capacidad del aeropuerto destinado a hacer frente al crecimiento del tráfico aéreo y a la demanda actual y futura de las instalaciones, que permitirá pasar de los 70 millones de pasajeros al año previstos –y que se superarán previsiblemente este mismo año– hasta 90 millones. Con ello se pretende potenciar aún más su posición como puerta principal de entrada de Latinoamérica al continente europeo y atraer a compañías asiáticas con las que abrir nuevas rutas hacia la región de Asia-Pacífico, además de reforzar su carácter de centro logístico. El proyecto, con una inversión prevista de más de 4000 M€, se desarrollará en gran medida durante la vigencia del tercer Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA III, 2027-2031) que fue aprobado por el Consejo de Administración de Aena el pasado 20 de febrero y remitido a la Dirección General de Aviación Civil y a la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia para continuar su tramitación.

El proyecto de ampliación tiene por objeto incrementar la capacidad de atención al pasajero y dotar de una mayor eficacia a la operativa aeroportuaria mediante la prolongación de las terminales T4 y T4S y la construcción de un nuevo edificio procesador para las terminales T1, T2, T3, así como la remodelación de estas, manteniendo la configuración actual de cuatro pistas. En el caso de la T4 y la T4S, las actuaciones contemplan la ampliación de sus respectivos edificios procesadores y diques de



La ampliación de la T4 y la T4S incrementará la capacidad de atención al pasajero.

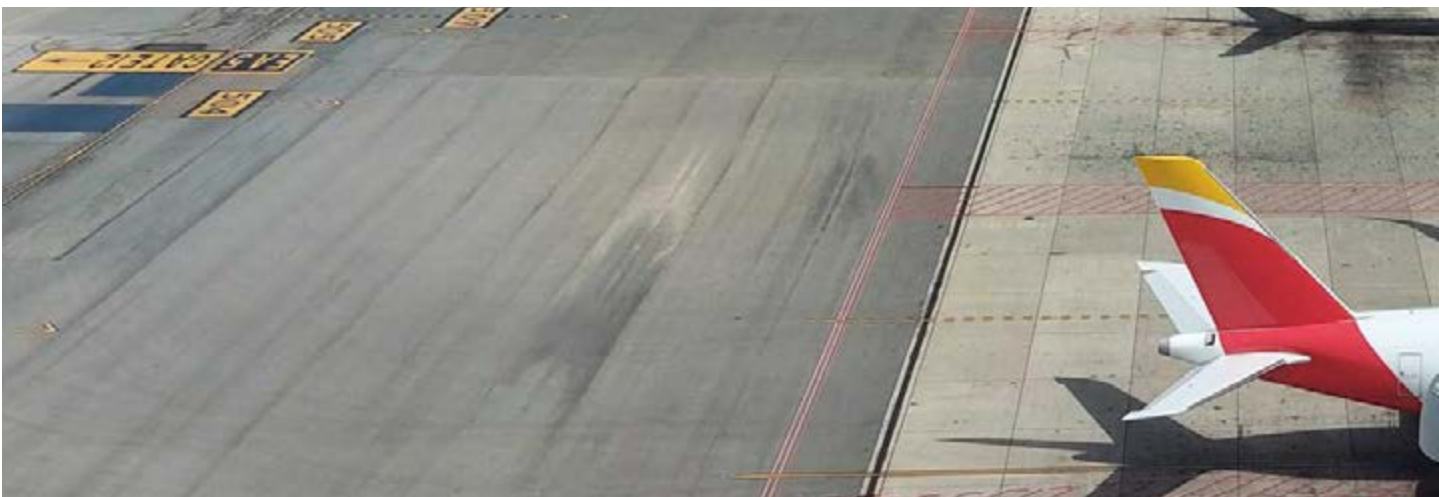
embarque y plataformas asociadas, que crecerán en superficie y generarán nuevas posiciones de estacionamiento de aeronaves. El grueso de las actuaciones se llevará a cabo durante el periodo de vigencia del DORA III, aunque alguna obra ya ha comenzado, como la ampliación de los filtros de seguridad de la T4 que ya se está realizando por fases. Esta actuación contempla no solo la ampliación del número de líneas de inspección, sino también

la renovación de su aspecto y la introducción de nuevas máquinas de inspección.

Como parte de esta ampliación, y en línea con la apuesta de Aena por la sostenibilidad energética basada en tecnologías limpias y eficientes para lograr el autoabastecimiento energético a partir de fuentes de origen renovable, se está construyendo un parque solar fotovoltaico para dar servicio a todo el aeropuerto.

La ampliación y mejora de las terminales aeroportuarias se solapará en el tiempo con otras actuaciones, ya en marcha, destinadas a potenciar la conectividad del aeropuerto y convertirlo en un gran intercambiador intermodal de transportes en el norte de Madrid. La más relevante es el proyecto de Adif AV, actualmente en ejecución, para conectar la T4 con la red de Alta Velocidad, lo que mejorará su conexión con el resto de España

Plataformas de estacionamiento de aeronaves de la T4 y calles de rodadura asociadas.





Exterior de la terminal T4 con su ondulante cubierta de bambú.

y permitirá fomentar la intermodalidad aéreo-ferroviaria para los viajes de media y larga distancia. Para este acceso directo se está construyendo, en una primera fase, un tramo en ancho estándar de 3,5 kilómetros entre la estación Madrid-Chamartín-Clara Campoamor y el túnel de acceso al aeropuerto, aprovechando parte de la plataforma de Cercanías ya existente entre la terminal ferroviaria y la T4. Este acceso permitirá la próxima llegada

a la terminal aeroportuaria de trenes de Alta Velocidad de los principales corredores españoles, una demanda histórica de aerolíneas y operadores ferroviarios, y que es un estándar en los grandes aeropuertos europeos. En una segunda fase se construirá un enlace independiente en ancho estándar, con un nuevo túnel y una nueva estación al oeste del aparcamiento de la T4.

Otra actuación destacada en curso es la prolongación de la línea

11 del metro hasta el nuevo desarrollo urbano de Valdebebas, lo que permitirá la llegada de una segunda línea hasta la terminal T4 y su interconexión con la línea 8, que es la única que actualmente conecta el aeropuerto con la ciudad de Madrid. El proyecto contempla la construcción de un túnel y una estación subterránea al oeste de la T4. Está previsto que las obras se inicien en 2027 y sean puestas en servicio hacia el año 2030. ■





PORT-EOLMAR, una iniciativa pionera para convertir los puertos en plataformas de la eólica marina



Entre los pasados 3 y 5 de marzo, y bajo el título *Los retos de un sector estratégico para España*, tuvo lugar en Valencia el I Congreso Nacional del Sector Portuario con la asistencia de 650 personas. Durante el encuentro, el ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, destacó el impulso inversor en Puertos del Estado con una inyección de 7000 millones de euros previstos hasta el año 2029. Se trata de poder adaptarse y afrontar los nuevos desafíos ante el cambio climático y de crear un marco normativo para reforzar la competitividad, sostenibilidad y conectividad de estas infraestructuras estratégicas.

Sobresale el programa PORT-EOLMAR, una iniciativa pionera que movilizará 212 millones de dinero público para adaptar los puertos estatales como centros logísticos integrales. Este proyecto permitirá adecuar las infraestructuras portuarias para que dispongan de líneas de atraque y explanadas capaces de servir a los nuevos desarrollos de energía eólica marina y otras energías del mar. Asimismo, se refuerza el papel de España en la cadena de valor de las energías renovables y de su almacenamiento. Además, durante 2026 se emprenderán, entre otros proyectos, la segunda fase de los accesos ferroviarios al puerto de Sagunto y la finalización del segundo tramo del acceso ferroviario al puerto de Castellón. Igualmente, se realizará la conectividad a los puertos exteriores de A Coruña y El Ferrol, la segunda fase de la terminal de contenedores del puerto de Cádiz y la duplicación de la carretera hacia la dársena de Escombreras en el puerto de Cartagena. También entrará en servicio durante este año 2026 la nueva terminal de carga intermodal de Vicálvaro, un nodo logístico que ampliará la conectividad de los puertos españoles.

Plan para modernizar y aumentar la capacidad de la línea C-5 de Cercanías de Madrid

El ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, ha presentado un plan para modernizar la línea C-5 de Cercanías Madrid con el fin de aumentar su capacidad en un 60 % y de mejorar la accesibilidad en trenes y estaciones. Con más de 72 millones de pasajeros, la línea que transcurre entre Móstoles-El Soto y Fuenlabrada-Humanes absorbe el 29 % del tráfico de Cercanías de Madrid. Hasta 2031, el plan contempla un conjunto de 28 actuaciones previstas en infraestructuras, material, nuevos trenes y talleres. Así, se adaptará la línea con la ampliación de mangos de vía para evitar cuellos de botella y se prolongarán los andenes entre 40 y 50 metros adicionales para poder recibir trenes de mayor longitud. Además, se instalará el sistema de señalización europeo ERTMS Nivel 2 que permitirá aumentar la capacidad, la seguridad y la viabilidad en los servicios. También se construirá una nueva base de mantenimiento en Móstoles para atender el mantenimiento de trenes de más de 200 metros de longitud, al mismo tiempo que se modernizarán los talleres de este municipio y del de Humanes. El proyecto contempla también la construcción de una nueva estación en Móstoles-El Soto, mejoras de accesibilidad en todas las estaciones y otras actuaciones en túneles y subterráneos. Además, se adquirirán 35 nuevos trenes Stadler de alta capacidad. En total se realizará una inversión de 1350 millones.



Lanzamiento oficial del proyecto europeo BoostEDIC M&L en Madrid

Mejorar la información en tiempo real, la coordinación entre modos de transporte y la eficiencia de los servicios públicos son los objetivos del proyecto europeo BoostEDIC M&L (European Digital Infrastructure Consortium for Mobility & Logistics Data Support Project). El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha acogido en Madrid el lanzamiento oficial de este proyecto destinado a acelerar la creación de un espacio común europeo de datos de movilidad y logística. Se trata de facilitar el intercambio seguro y estandarizado de datos entre administraciones y operadores para impulsar la interoperabilidad en Europa. El uso inteligente de los datos permitirá ofrecer información más precisa y en tiempo real, mejorar la coordinación entre diferentes modos de transporte y optimizar la planificación de los desplazamientos para seguir avanzando hacia un sistema más conectado, eficiente y sostenible.

Con una duración de cuatro años, BoostEDIC M&L reúne a seis Estados miembros de la UE y a una amplia red de organismos públicos, organizaciones de investigación y



tecnología, asociaciones industriales y líderes en innovación. La iniciativa, dotada con 15 millones de euros, cuenta con la financiación del Programa Europa Digital y está alineada con las prioridades de la UE para la digitalización y la sostenibilidad en el transporte. 🌍

La base de montaje del ramal guipuzcoano de la 'Y' vasca se construirá en Martutene

La base de montaje del ramal guipuzcoano de la Línea de Alta Velocidad Vitoria/Gasteiz-Bilbao-Donostia/San Sebastián-frontera francesa se levantará en Martutene. Contará con dos losas principales, una para transferencia de carriles y otra para desvíos, y tres vías operativas que facilitarán la llegada, carga y distribución de materiales. También se instalarán pórticos para las operaciones logísticas de acopio, gestión y suministro del material destinado al montaje de la vía. Además, se establecerán puntos de acopio en el Puesto de Adelantamiento y Estacionamiento de Trenes (PAET) de Exkioltsaso y a lo largo del trayecto Bergara-Astigarraga. El contrato para construir la base de Martutene ha sido adjudicado por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, a través de Adif Alta Velocidad, por un importe de 18 millones de euros (IVA incluido).

Tal y como avanzó el ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, en el III Foro Capital en Vitoria-Gasteiz «en menos de un año veremos concluida la plataforma ferroviaria de toda la 'Y' vasca». Una infraestructura que ha visitado recientemente para comprobar los últimos avances. Actualmente, el ministerio impulsa diferentes trabajos en este eje estratégico del Corredor Atlántico. Así, contempla la plataforma del ramal Vitoria-Bilbao, donde ya se han finalizado quince de los tramos. Asimismo, se avanza en el despliegue del tercer carril en el tramo de 19 kilómetros Astigarraga-Irún para adaptarlo a circulaciones de ancho ibérico y ancho

estándar hasta la frontera. Ya ha culminado la primera fase de las obras de la renovación de la estación de Irún. También se trabaja en los proyectos del acceso a la capital vizcaína y en la remodelación de la estación de Bilbao Abando. Finalmente, ya se ha encargado la redacción del proyecto de construcción de la primera fase de las obras de integración ferroviaria que permitirán adelantar la llegada de la Alta Velocidad a Vitoria/Gasteiz. 🌍





Aena propone **13 000 millones de euros de inversiones** para todos los aeropuertos de la red en España

El Consejo de Administración de Aena ha aprobado en una reunión extraordinaria la propuesta de Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA) para el periodo 2027-2031. Para este quinquenio, la compañía plantea un gran ciclo inversor tras dos periodos regulatorios en los que la inversión ha estado limitada legalmente y orientada, principalmente, a actuaciones de carácter normativo y de reposición, lo que ha permitido también la reducción de las tarifas aeroportuarias. El objetivo es dotar a los aeropuertos de la capacidad necesaria para atender la demanda de tráfico futura para garantizar que se cumplan los más elevados requisitos de seguridad y mantenimiento, los mejores índices de calidad para pasajeros y aerolíneas, así como un alto nivel de sostenibilidad para el medioambiente. Todo al mismo tiempo que se mantienen tarifas competitivas y no se obstaculiza ni la movilidad ni el crecimiento económico de los territorios que albergan los aeropuertos. 🌱

En marcha el montaje de la vía de la LAV Murcia-Almería

Tras la adjudicación de los tramos Nonduermas-Lorca y Vera-Almería, Adif Alta Velocidad ya tiene en marcha el montaje de toda la vía de la futura Línea de Alta Velocidad Murcia-Almería. Supone el despliegue e instalación de todos los elementos que componen la vía en este tramo de 61,5 kilómetros y que comprende las estaciones de Puerto Lumbreras, Almendricos, Pulpí y Vera-Almanzora. Adif impulsa más actuaciones para completar el desarrollo de la LAV, como la plataforma o la redacción del proyecto de conexión Pulpí-Águilas. También progresa en la electrificación del tramo Murcia-Lorca donde se construye la subestación de Totana y los diferentes centros de autotransformación. Tiene también contratados el despliegue de los equipos y sistemas de comunicaciones con las más avanzadas tecnologías de comunicaciones ferroviarias (GSM-R) y de señalización (ERTMS). 🌱



Transportes suscribe con la FEMP un acuerdo para el aprovechamiento de la información geoespacial

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha suscrito un Protocolo General de Actuación con la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) para colaborar en materia de observación del territorio e información geográfica y su publicación.

El acuerdo lo ha firmado el subsecretario de Transportes y Movilidad Sostenible, Rafael Guerra Posadas, con la presidenta del Organismo Autónomo el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), Laura Barbas Calvo, y el secretario general de la FEMP, Luis Antonio Martínez-Sicluna Sepúlveda, con el objetivo de facilitar a las entidades locales la toma de decisiones a través del análisis y aprovechamiento de los datos geoespaciales proporcionados.

Por medio de este Protocolo, los centros dependientes de la Subsecretaría –la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y su Organismo Autónomo el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)– facilitarán a las entidades locales el aprovechamiento de la información geoespacial capturada y generada a través del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT) y de los conjuntos de datos de información geográfica producidos. Dichos datos podrán ser publicados por las entidades públicas a través de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) y la IDE Local.

Rafael Guerra Posadas subrayó en su intervención que esta colaboración proporcionará a la FEMP un beneficio



de alto valor para la mejor gestión de políticas públicas locales en materias esenciales como: la afección del cambio climático, el desarrollo sostenible, la desplazación y el reto demográfico, la movilidad sostenible, el desarrollo económico, la vivienda, el turismo o el urbanismo.

Además, subrayó el valor estratégico y la singularidad de esta colaboración, basada en la economía del dato, que contribuirá a la mejora de la eficiencia operativa de ayuntamientos, diputaciones y cabildos en la toma de decisiones. Destacó asimismo los beneficios en términos de transformación digital, innovación y competitividad para los organismos que lo suscriben y, también, para la sociedad en su conjunto, puesto que un aprovechamiento más eficiente de la información geográfica permitirá a las entidades locales ofrecer mejores servicios públicos a la ciudadanía. 🌐

Finaliza la restauración del trazado original de la A-7 en Valencia tras la DANA

Con la extensión de la capa de rodadura y pintado de la calzada sentido Alicante, el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ultima los trabajos de las obras de restitución de las estructuras colapsadas sobre el barranco del Poyo, a la altura del kilómetro 336,8 de la A-7, a causa de la DANA del pasado 29 de octubre de 2024 en la provincia de Valencia. Una vez finalicen los trabajos de demolición del desvío provisional para conectar con la A-3 en Quart de Poblet se ejecutará el extendido de la capa de rodadura de la calzada sentido Barcelona. Las obras han contado con un presupuesto total de 17,3 millones de euros (IVA incluido). 🌐





IRINA y SPATIO, dos proyectos claves para la integración de drones

Ineco participa en los proyectos IRINA y SPATIO, dos iniciativas claves para avanzar en la integración segura de drones y el desarrollo de servicios avanzados U-Space en el espacio aéreo europeo. Durante los últimos tres años, Ineco ha liderado una de las dos líneas de investigación del proyecto IRINA: la inserción de RPAS en espacio aéreo controlado (clases A a C). En el IRINA Stakeholder Workshop 2026, celebrado en Bruselas, se han presentado los resultados del análisis de seguridad operacional desarrollado por Ineco. El trabajo realizado se ha centrado en el enlace de mando y control (C2L) y el sistema Detect and Avoid (DAA), dos

elementos esenciales para evitar colisiones en vuelo. Estos resultados servirán de base para la próxima fase del proyecto IRINA2.

Paralelamente, Ineco ha contribuido a acelerar la integración de drones en Europa con la validación final de la Solución 2A del proyecto SPATIO, una iniciativa de SESAR 3 orientada al despliegue de servicios avanzados U-Space. Las pruebas, realizadas en el Aeródromo de Loring (Madrid), son un paso decisivo hacia un modelo de gestión del tráfico aéreo que suma drones y aviación tripulada de forma segura y eficiente. 🌱

Recta final de las obras en el aparcamiento modular de la estación de Atocha

Adif Alta Velocidad encara el final de las obras del nuevo aparcamiento modular, desmontable y reutilizable de la estación de Madrid-Puerta de Atocha Almudena Grandes. Con una inversión de 26 millones de euros, consta de dos estructuras independientes

y sostenibles –P3A y P3B–, ya que en las cubiertas de ambas edificaciones se ha instalado un parque fotovoltaico que proporciona alimentación eléctrica para los 60 puntos de recarga del aparcamiento y para el autoconsumo. Además, todos sus elementos han sido prefabricados y montados en obra sin necesidad de soldaduras, son fácilmente desmontables y pueden reutilizarse. El primer aparcamiento, el P3A, operativo desde el pasado año 2025, está destinado actualmente a abonados y servicios de alquiler de coches. Una vez concluidas las obras estarán disponibles 1283 plazas de aparcamiento distribuidas entre los dos módulos. 🌱



Ineco supervisará la construcción del primer corredor urbano de Perú

Ineco ha sido seleccionada para supervisar el diseño y construcción del Anillo Vial Periférico, el mayor corredor urbano proyectado en Perú. Se trata de una nueva autopista urbana de peaje de 34,8 kilómetros que conectará 11 distritos de Lima Metropolitana y uno del Callao. El nuevo corredor dispondrá de dos túneles dobles, once viaductos, dieciséis pasos inferiores, dieciocho pasos superiores, tres estaciones de peaje troncales y dos laterales, así como pasos peatonales cada 500 metros. El contrato de 110 meses de duración ha sido adjudicado a un consorcio integrado por Cesel, Ineco y MAB Ingeniería de Valor. Ineco controlará disciplinas clave como la ingeniería vial, las estructuras y obras de drenaje, así como el componente medioambiental. Además, se encargará de coordinar tanto los aspectos técnicos como los administrativos de la supervisión, garantizará



el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales, vigilará la seguridad en obra, verificará la calidad de materiales y controlará el avance físico y financiero de los trabajos.

Nuevo plan estratégico CEDEX 2026-2028

Reforzar la actividad con las necesidades de la sociedad; consolidar su papel como referente nacional e internacional en ingeniería civil y medio ambiente; y fortalecer la organización para mejorar su eficiencia y sostenibilidad son los principales objetivos del nuevo plan estratégico del CEDEX 2026-2028. La nueva hoja de ruta para los próximos tres años de la entidad está marcada por la aceleración tecnológica, la digitalización y la irrupción de la inteligencia artificial generativa. También incorpora las tendencias globales asociadas a la sostenibilidad y la resiliencia que se desarrollan en metas específicas y líneas de acción concretas y evaluables y adaptadas a un entorno cambiante. Paralelamente, se ha elaborado la Agenda Temática CEDEX 2026-2028, que recoge los principales retos científicos y técnicos para el trienio.



Renfe lanza una web para conocer en tiempo real la posición de sus trenes

Renfe estrena una página web que permite a las personas usuarias de los trenes de Alta Velocidad, Larga y Media Distancia conocer el estado de la red en cada momento. A través de [Renfe-Visor Tiempo Real-Largo Recorrido](#) es posible consultar, entre otras funcionalidades, el estado del mapa completo de la red en tiempo real con todos los trenes en movimiento en ese instante; seleccionar un convoy determinado; o elegir una estación para obtener más información. Para facilitar el acceso a la nueva aplicación, Renfe incorporará en algunos de sus trenes un código QR.





Nueva app sobre Emilio Herrera

La fundación ENAIRE ha lanzado la primera versión de la [aplicación 'Imperdibles: Emilio Herrera'](#), una app accesible mediante código QR destinada a dar a conocer al gran pionero de la aeronáutica en España coincidiendo con el 147º aniversario de su nacimiento. Se trata de un nuevo recurso para recuperar el legado de Herrera, creador de la escafandra que anticipó los trajes espaciales modernos. Esta primera versión incorpora un podcast –con audios grabados por su familia–, realidad aumentada (AR), vídeos y varios recursos de inteligencia artificial aplicada que forman parte de la Exposición *Flying lovers*. Esta muestra se puede visitar en el Centro de Arte Navas de Gamazo de Santander hasta el próximo 14 de junio.



Salvamento Marítimo prestó auxilio a 41 387 personas en 2025

Durante el pasado año 2025, Salvamento Marítimo, a través de la Dirección General de Marina Mercante, ha asistido a 41 387 personas y un total de 7347 emergencias. Una vez más las incidencias se han concentrado en la náutica de recreo con 3021 actuaciones. También ha rescatado a 13 952 personas. Con sus aviones y satélites, Salvamento Marítimo ha vigilado más de 226 millones de km² de mar donde se realizaron, además, 394 actuaciones para proteger el medio ambiente marino.



Las ingenieras representan el 20,3 % del sector ferroviario español

Las ingenieras representan el 20,3 % del sector ferroviario español, según el IV informe *MujerES en el Ferrocarril* de la Fundación de Ferrocarriles Españoles. De acuerdo con este informe, la presencia de mujeres en los equipos de mando de las compañías ferroviarias ha alcanzado el 18,4 % en 2025, lo que implica un ligero aumento del 0,9 % frente a 2024. En la alta dirección, la participación femenina es menor en las áreas de carácter técnico, donde sólo el 22,1% de las mujeres ocupa puestos de responsabilidad vinculados a la tecnología. El documento recopila un total de 82 buenas prácticas e iniciativas impulsadas por diferentes entidades del sector orientadas a promover la igualdad de oportunidades entre mujeres y hombres dentro del ámbito ferroviario.



Documento: *MujerES en el Ferrocarril*, IV edición marzo 2026. 'Proyecto Banco de Conocimiento de la FFE' Informes Dimensión social del ferrocarril.

CEDEX regresa a la Antártida

El pasado 6 de febrero ha arrancado la segunda y última campaña del proyecto MERIDIAN que se desarrolla en la península Byers y en la base antártica española Juan Carlos I en la isla Livingston. Durante esta nueva campaña, se recuperarán los datos registrados a lo largo del invierno austral por los sensores instalados hace un año en lagos y cuencas. También se van a volver a tomar muestras de las comunidades microbianas del

suelo para analizar su respuesta al cambio climático y a las variaciones del manto de nieve. Asimismo, se completará el estudio morfométrico de los principales lagos de la península Byers, una de las zonas con mayor concentración de lagos de toda la Antártida, y en los ubicados en la cercanía de la base española. Por último, se extraerán testigos de sedimento para reconstruir cambios ambientales recientes mediante el análisis de ADN subfósil. 🌍



Nace el grupo de trabajo para impulsar el transporte ferroviario de mercancías

El Palacio de Fernán Núñez ha sido la sede elegida para la sesión de constitución del grupo de trabajo para el impulso del transporte ferroviario de mercancías. Es una nueva iniciativa promovida por la Oficina del Comisionado del Corredor Atlántico, la Plataforma Tecnológica Ferroviaria-Fundación de los Ferrocarriles Españoles (PTFE-FFE) y el Centro Español de Logística (CEL). Se trata de convertirse en un nuevo punto de encuentro entre administración, usuarios, fabricantes y operadores para reforzar el papel del tren en el sistema de transporte de mercancías y avanzar en una intermodalidad más eficiente. 🌍



Así es el nuevo visor ambiental de Puertos del Estado



Vista panorámica del puerto de Málaga.

El mapa vivo de la biodiversidad portuaria

La sostenibilidad se ha convertido en un eje estratégico del sistema portuario español. Dentro de ese compromiso con el entorno, Puertos del Estado y el CEDEX presentan un visor ambiental que unifica, por primera vez, información esencial sobre biodiversidad en el entorno portuario. Una herramienta que contribuye a la forma de planificar, evaluar y ejecutar actuaciones en el litoral.

● Texto: Comunicación CEDEX

Los puertos

de interés general son una infraestructura estratégica para España. Con casi 8000 kilómetros de costa, cifra que incluye la península, las islas Baleares y Canarias y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, y una posición geográfica clave en las principales rutas marítimas mundiales, España depende de sus puertos para garantizar el comercio, la movilidad y la competitividad económica. Estos nodos logísticos mueven mercancías, impulsan el comercio exterior del país, conectan territorios, generan empleo y son centros de innovación y sostenibilidad.

En este marco, el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), a través de varios de sus centros —el Centro

de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), el Laboratorio de Geotecnia (LG), el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM) y el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA)— desempeña un papel fundamental. Entre ellos, la especialización del CEPYC en ingeniería marítima, seguridad y planificación portuaria y los aspectos ambientales del medio marino convierte a este organismo en un referente técnico en la gestión del entorno portuario.

La necesidad de herramientas digitales avanzadas

La complejidad ambiental de los puertos de interés general españoles gestionados por 28 autoridades portuarias coordinadas por Puertos del Estado —donde convergen espacios de gran valor ecológico,

hábitats sensibles, actividades logísticas y dinámicas costeras— exige herramientas digitales que permitan integrar información fiable, actualizada y procedente de múltiples fuentes. De esta forma, se facilita la evaluación de alternativas de diseño con criterios de sostenibilidad, garantizando la mínima afección sobre el entorno marino y terrestre.

Para cubrir esta necesidad surge el trabajo conjunto entre Puertos del Estado y el CEDEX, cristalizado en una plataforma innovadora: el visor ambiental del sistema portuario estatal.

El visor de Puertos del Estado desarrollado por el CEPYC: qué es y para qué sirve

El nuevo visor ambiental es una herramienta digital de información



Presentación de la interfaz del visor ambiental de Puertos del Estado.

geográfica diseñada para visualizar, analizar y descargar información sobre los valores naturales protegidos en el entorno de los puertos de titularidad estatal. Concebido fundamentalmente para su uso por parte de los técnicos de Puertos del Estado y las diversas autoridades portuarias, el visor está abierto al público para permitir su consulta por parte de otras administraciones, técnicos e investigadores.

Así nace el visor ambiental de Puertos del Estado, una plataforma geoespacial que centraliza información sobre los valores naturales del entorno portuario, aglutina datos de origen diverso y ofrece herramientas de exploración pensadas para el trabajo técnico y la consulta institucional. Su propósito es doble: facilitar diagnósticos rápidos y fundamentados, y estandarizar el acceso a contenidos

clave para estudios, proyectos y operaciones.

El visor integra datos sobre espacios protegidos (internacionales, nacionales y autonómicos), hábitats de interés y especies protegidas por normativa europea y española, y sobre el estado ecológico y químico de las masas de agua portuarias y circundantes.

La herramienta define un área de interés de 10 kilómetros alrededor de cada puerto, ofreciendo así una visión completa de su interacción potencial con el entorno. Se trata de un visor ambicioso: para cada uno de los puertos del sistema estatal se han integrado alrededor de 800 capas de información ambiental, procedentes de diversas fuentes oficiales y científicas y, en su defecto, de ciencia ciudadana.

Su objetivo es facilitar el estudio de alternativas y su evaluación

ambiental mediante la identificación a priori de potenciales receptores de los impactos, destacando las especies y/o hábitats protegidos.

El visor puede consultarse en:

<https://visorPdE.cedex.es/>

Cómo funciona el visor de puertos

El visor ambiental de Puertos del Estado se construye con un propósito claro: ordenar un mundo disperso para revelar el paisaje oculto de la biodiversidad portuaria y de su entorno. Su funcionamiento descansa sobre un sistema concebido para dar respuesta a un reto complejo: ofrecer, en un único espacio, toda la información relevante sobre los valores naturales que conviven con la actividad marítimo-portuaria.

En la práctica, el visor se despliega como una puerta de entrada a 28 entornos digitales, uno por



Área circundante del puerto de Barcelona.

cada Autoridad Portuaria. Desde su página inicial, el usuario accede a visores particulares donde la información se organiza por puerto de interés general. Cada uno muestra su zona terrestre, las zonas I y II definidas por la normativa portuaria y un amplio entorno circundante de diez kilómetros, pensado para abarcar tanto las actuaciones habituales como aquellas que se extienden mar adentro. Sobre este soporte espacial se superpone un conjunto de datos ambientales depurados, actualizados y seleccionados con criterio técnico.

El visor integra la llamada *cartografía general* —desde líneas de costa y dominios públicos hasta ortofotos y naturaleza del fondo marino— y la combina con los

espacios protegidos designados por normativas internacionales, estatales y autonómicas. No se limita a mostrar polígonos: cada capa es el resultado de un proceso de selección, recorte y revisión que particulariza la información para cada puerto y su entorno. Algo semejante ocurre con los hábitats. Al no existir una cartografía que cubra todas las aguas marinas españolas es necesario recopilar la información disponible de diversas fuentes: el *reporting* europeo de la Directiva Hábitats, estudios de hábitats o áreas específicas, las ecocartografías provinciales, o productos de armonización como *EUSeaMap*. El sistema identifica únicamente los tipos presentes en cada puerto, evitando saturar la visualización y

ofreciendo solo lo que es realmente pertinente.

La información sobre especies constituye, quizá, la parte más dinámica del visor. Las distribuciones oficiales procedentes del *reporting* de las Directivas Hábitats y Aves se han enriquecido con nombres comunes mediante consultas automatizadas a la base de datos EIDOS. A esa visión estructural se suma otra más viva: los avistamientos reales registrados en los últimos cinco años a través de plataformas científicas y de ciencia ciudadana internacionales como OBIS (Ocean Biodiversity Information System) y GBIF (Global Biodiversity Information Facility). Para cada especie marina o marítimo-terrestre protegida en España por



Bosque portuario. Puerto de Málaga.

instrumentos de ámbito internacional o nacional, el visor muestra si se ha identificado en el área terrestre, en la Zona I, en la Zona II o en el entorno ampliado del puerto, revelando patrones de presencia que complementan a las figuras de protección.

El sistema incorpora también el estado ecológico y químico de las masas de agua, tal y como se establecen en los planes hidrológicos vigentes. De esta forma, el usuario dispone, en un mismo marco, no solo de qué hay y dónde está, sino también en qué condiciones se encuentra el medio.

Toda esta información se alimenta a través de una arquitectura tecnológica diseñada para perdurar: bases de datos espaciales,

servicios de publicación seguros, un árbol de contenidos claro para cada Autoridad Portuaria y un proceso de mantenimiento que permite incorporar nuevos datos o sustituir los existentes con facilidad. Así, el visor no es una fotografía fija, sino un sistema vivo que evoluciona al ritmo de la ciencia, la normativa y los proyectos portuarios.

El visor ambiental actúa como un hilo conductor entre estudios preliminares, proyectos, evaluaciones ambientales y toma de decisiones, facilitando que cada actuación en el puerto dialogue con el territorio que la rodea. Allí donde antes había que rastrear múltiples fuentes, ahora existe un punto de acceso común, ordenado y coherente, que transforma la manera de mirar

–y de cuidar– el entorno portuario español.

Retos y mejoras

Los principales retos abordados por el proyecto se han centrado en transformar un mosaico de fuentes heterogéneas en un sistema coherente y operativo. En primer lugar, se ha afrontado la unificación de repositorios dispersos, consolidando información procedente de múltiples administraciones y plataformas en una plataforma de acceso común que facilita la consulta y reduce la duplicidad de esfuerzos.

Paralelamente, se ha reforzado la calidad y trazabilidad de los datos, aplicando criterios unificados de edición cartográfica, asegurando un control de versiones, de



Club náutico y marismas. Puerto de Huelva.



Espacios protegidos del puerto de Cádiz.

modo que cada actualización pueda ser rastreada y validada. A ello se suma la mejora de la usabilidad técnica, basada en el diseño de una interfaz que prioriza la claridad, la estabilidad y la experiencia del usuario frente a la complejidad inherente a los contenidos ambientales. Finalmente, se ha garantizado la interoperabilidad del sistema, estructurándolo para dialogar con otras herramientas del CEDEX y de la administración pública, tanto en la consulta como en el enriquecimiento de datos.

El resultado de todo este trabajo es una mejora tangible en la consistencia de la información de partida y en la velocidad de respuesta ante consultas técnicas recurrentes, lo que incrementa la eficiencia y fiabilidad del visor como herramienta de referencia para la toma de decisiones.

¿Por qué ahora? Renovación y crecimiento del visor

La base del firme compromiso del sistema portuario español con la

sostenibilidad es el conocimiento de la actividad portuaria y del medio marino y terrestre en el que llevan a cabo esa actividad. Ese es el motor del Sistema de Información Ambiental de Puertos del Estado, un visor web que reúne, organiza y presenta la mejor información espacial disponible sobre hábitats y especies protegidas (internacionales y estatales), espacios protegidos, y el estado ecológico y químico de las masas de agua costeras procedente de los planes hidrológicos.

Tras la buena acogida que se ha dispensado a esta herramienta, Puertos del Estado impulsa su renovación y crecimiento. Así, el proyecto entra en una nueva fase que también desarrollará el CEDEX: actualizar y ampliar los contenidos marinos, incorporar información sobre el medio terrestre y el acuático continental, y blindar la infraestructura tecnológica que lo hace posible.

España tendrá, por tanto, una visión integrada y permanentemente actualizada de los valores naturales

que conviven con la actividad portuaria. Un salto cualitativo hacia los 'Puertos ambientalmente sostenibles' para asegurar seguridad, continuidad y rendimiento.

Para sostener el salto de escala, el CEDEX desplegará un servidor que centralice el almacenamiento de datos ambientales (existentes y de nueva generación), el despliegue del visor y del gestor de contenidos, con los estándares de seguridad requeridos y un mantenimiento proactivo. El objetivo: eficiencia en el procesamiento, estabilidad en el servicio y trazabilidad en la gestión de la información.

¿Qué cambia en el mar? Datos más actuales, más completos y mejor servidos

Para que esta herramienta resulte útil es imprescindible mantener el visor al día con la mejor versión disponible de cada conjunto de datos marinos. Para ello, se revisarán las fuentes previsiblemente cada tres trimestres (o bajo solicitud de Puertos del Estado o



Área de estudio del estudio biológico básico del puerto de Valencia.

autoridades portuarias). Además, se ampliará el listado de especies marinas protegidas por instrumentos autonómicos.

Al igual que ya se ha realizado en la primera versión, cuando no exista distribución espacial de las especies en fuentes oficiales se recurrirá a las plataformas GBIF y OBIS antes mencionadas, para actualizar el ámbito temporal e incorporar las observaciones de los últimos 5 años, acorde con el periodo de referencia establecido por el órgano ambiental.

La gran novedad: entra en juego el medio terrestre y el agua dulce

Extender el alcance del visor más allá de la lámina de agua marina al medio terrestre será otra gran novedad del visor ambiental. El siguiente desafío es la incorporación sistemática del medio terrestre y de las aguas continentales,

una dimensión imprescindible para comprender la realidad ecológica de los puertos.

Estas infraestructuras no son únicamente puertas marítimas, sino nodos intermodales donde confluyen líneas de ferrocarril, carreteras o cauces fluviales que transportan mercancías, personas y flujos hídricos hacia el litoral. En estos espacios, la interacción entre hábitats terrestres, zonas húmedas, cursos de agua dulce y áreas logísticas resulta especialmente intensa y compleja.

La incorporación de esta dimensión al visor permitirá identificar con precisión los valores naturales en el ámbito terrestre de influencia de los puertos y sus riesgos asociados, aportando así una visión completa del entorno portuario. Este enfoque ampliado no solo mejora la planificación y la prevención de impactos en el mar, sino que también refuerza la capacidad de los

puertos para actuar de forma sostenible en todos los ámbitos que los rodean.

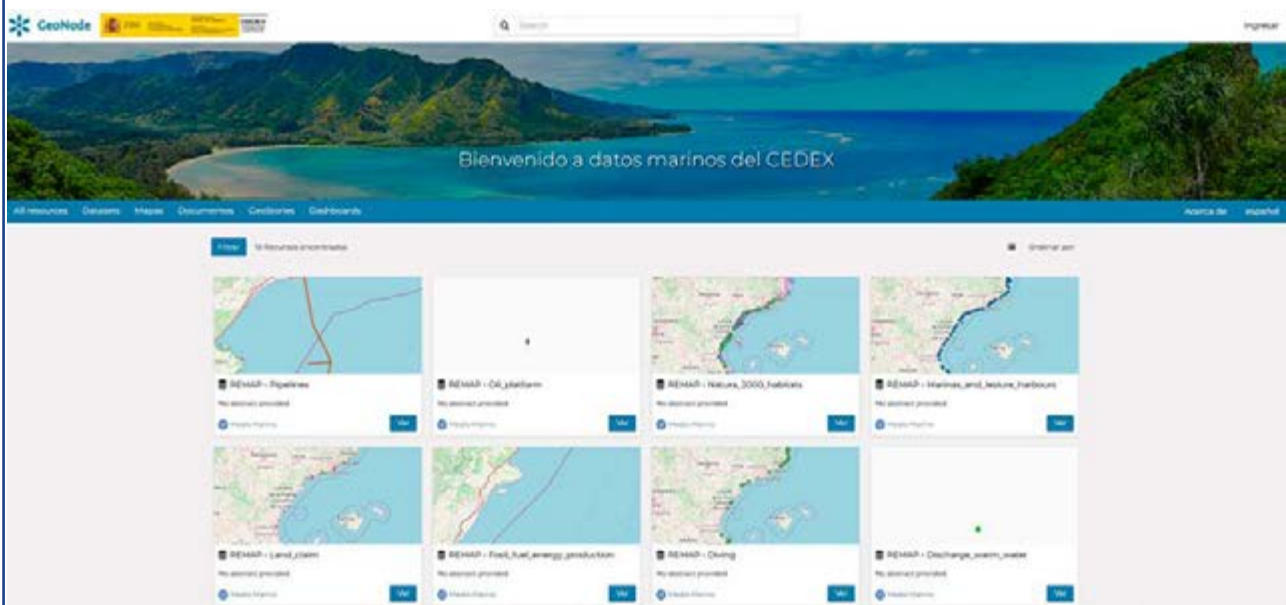
Entre las capas que se incorporarán próximamente se encuentran los hábitats de interés comunitario, que añadirán tipos de hábitats terrestres y de agua dulce hasta ahora ausentes; las especies de interés comunitario (EIC), tanto de fauna como de flora; y las especies protegidas incluidas en la normativa estatal y autonómica y su categoría de protección. También se integrarán datos sobre especies exóticas invasoras, tanto terrestres como acuáticas, y el Dominio Público Hidráulico, que se sumará a la cartografía ya existente del Dominio Público Marítimo-Terrestre. En el actual escenario de eventos extremos, también resulta de interés incluir las zonas inundables, representadas mediante capas correspondientes a periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años, de



Vista área de la confluencia de medio marino, terrestre y aguas continentales en Huelva.

Cómo se alimenta el visor: fuentes de confianza

- **Fuentes primarias:** datos abiertos publicados por administraciones públicas.
- **Complementos contrastados:** plataformas que integran proyectos de investigación y ciencia ciudadana (con un periodo de análisis de 5 años).
- **Gobernanza de la actualización:** monitorización periódica de fuentes de información de ministerios, comunidades/ ciudades autónomas y OPIs; solicitud de actualizaciones puntuales por parte de Puertos del Estado y autoridades portuarias.
- **Calidad y coherencia:** controles de calidad, estandarización y una base de datos estructurada que garantiza trazabilidad y reutilización.



Ejemplo de archivos publicados en el gestor de contenido del Visor. Datos marinos.

acuerdo con lo establecido por la Directiva de Inundaciones.

La combinación de todas estas capas permitirá anticipar y planificar con mayor precisión obras, usos y medidas preventivas. Los resultados que se obtendrán van a incluir: datos marinos más completos y actualizados con la mejor información disponible; la integración de la biodiversidad terrestre y de agua dulce en el contexto portuario; un visor en mejora continua, con mantenimiento activo, resolución de incidencias; y un servidor dedicado que integra tanto la visualización como el almacenamiento de información.

Impacto: decisiones con contexto, obras con garantías

El visor aporta a las autoridades portuarias mayor capacidad para

planificar con anticipación al permitir identificar con exactitud dónde se localizan los hábitats y las especies protegidas, bajo qué figura normativa están amparados y qué riesgos pueden estar presentes, incluyendo los asociados a inundaciones, que condicionan cualquier actuación.

Este enfoque se traduce también en una mayor eficiencia administrativa, porque los estudios ambientales se alinean desde el inicio con los requerimientos del órgano ambiental, reduciendo iteraciones y acortando plazos. Además, el visor se concibe como una herramienta de gestión adaptativa, capaz de evolucionar a medida que se actualizan los datos y que servirá de ayuda también para perfeccionar la metodología de caracterización de la biodiversidad en los entornos portuarios gracias a las lecciones

aprendidas durante su aplicación en puertos piloto.

Todo ello supondrá una visión integral del entorno portuario en la que mar, tierra y agua dulce se representan de forma conjunta en un único visor, facilitando tanto la planificación de infraestructuras como la gestión operativa.

Como consecuencia, el visor ambiental de Puertos del Estado no es solo un mapa: es una política de datos aplicada a la sostenibilidad portuaria. Con una infraestructura sólida, una metodología consensuada y una actualización constante, la herramienta convierte la complejidad ambiental en decisiones informadas. El resultado: puertos más resilientes, procedimientos más ágiles y una convivencia más armónica entre la actividad económica y el patrimonio natural que la rodea. ■

Espigón del puerto de Valencia.



Derribando fronteras: la historia de la colaboración europea para escudriñar el universo en radio



Imagen de la Tierra con los radiotelescopios que forman parte de la EVN en 2026. Los telescopios rusos formaban parte de la red hasta 2021. Crédito: Bob Campbell. JIVE y NASA (globo terráqueo).

EVN: la Red Europea de VLBI

La Red Europea de VLBI, conocida internacionalmente por sus siglas EVN, no es un telescopio convencional, es una gran infraestructura científica que conecta antenas por todo el planeta para funcionar como un único ojo gigante. Al observar el universo con radiotelescopios en diferentes lugares de la Tierra de forma simultánea, esta red logra un nivel de detalle asombroso, muy superior al de los telescopios ópticos más potentes. España desempeña un papel clave en esta «superred» astronómica a través del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Desde el Observatorio de Yebes, el radiotelescopio de 40 metros aporta su enorme sensibilidad para descifrar los secretos que el cosmos oculta en las ondas de radio, complementando así lo que vemos a través de la luz visible.

- Texto: Pablo de Vicente Abad, director del Centro de Desarrollos Tecnológicos del Observatorio de Yebes. IGN

VLBI: el ojo gigante que escruta el universo

Las siglas VLBI corresponden a *Very Long Baseline Interferometry* (Interferometría de muy Larga Línea de Base). Esta técnica permite que radiotelescopios separados por miles de kilómetros observen simultáneamente el mismo objeto celeste, funcionando como si fueran piezas de un único espejo gigante. Las observaciones en la EVN se realizan en ondas de radio de entre 23 cm y 1,3 cm (frecuencias de 1,2 a 22 GHz).

Para que este «telescopio virtual» funcione, la coordinación debe ser perfecta: todos los telescopios siguen un plan estricto, sincronizados mediante relojes atómicos de altísima precisión. Los datos se capturan a una velocidad vertiginosa y se almacenan en discos de gran capacidad para luego viajar por internet hacia un centro de supercomputación llamado correlador.

En el correlador, donde probablemente reside el mayor reto tecnológico, se realiza un tratamiento casi mágico de los datos. Debido a que la señal del astro no llega a todos los telescopios al mismo tiempo (por su localización y por la curvatura y rotación de la Tierra), es necesario alinear las señales con una precisión de nanosegundos. Es como intentar que dos grabaciones de una misma orquesta, hechas desde distintos puntos del auditorio, suenen perfectamente acompañadas: si una se desfasa lo más mínimo, la música se convierte en ruido.

Una vez alineadas, las señales se combinan matemáticamente para extraer la información. Este proceso genera una función compleja que, tras un laborioso trabajo de calibración y «limpieza» por



Concepto de funcionamiento de la técnica VLBI. Las señales recibidas en cada antena se digitalizan, se marcan temporalmente y se multiplican en un correlador después de alinearlas. 2026. Crédito: P. de Vicente y NASA (imagen de fondo de la Tierra).

parte de los científicos, se transforma finalmente en una imagen nítida del cielo. Se trata de un trabajo minucioso e intrincado que puede requerir meses de análisis antes de obtener una imagen definitiva y fiable.

Todo lo descrito refleja el estado actual de la Red Europea de VLBI, pero el camino hasta aquí fue una auténtica proeza tecnológica y un ejemplo del espíritu de

superación y la imaginación de los científicos.

La interferometría radio, merecedora de un Nobel

La radio-interferometría nació en Cambridge (Reino Unido) en 1946. Su pionero, Martin Ryle, perfeccionó la técnica en 1952 mediante un ingenioso sistema: desplazaba varias antenas sobre raíles para



Antena perteneciente al interferómetro de «Una Milla» en Cambridge, Reino Unido. Las antenas del fondo y de la derecha formaron parte de otros proyectos (interferómetro de «Media Milla» y parte del interferómetro del catálogo 4C, respectivamente). Crédito: CmgLee. 2014-2022.

simular un telescopio mucho mayor, técnica conocida como síntesis de apertura. En 1964, Ryle dio un paso más con el «Telescopio de Una Milla», que utilizaba el propio giro de la Tierra para completar la observación. Estos trabajos, que cambiaron para siempre nuestra forma de ver el cosmos, le valieron el Premio Nobel de Física en 1974.

Sin embargo, mientras Ryle conectaba sus antenas con cables, otros científicos soñaban con algo más ambicioso. Los soviéticos Leonid Matveenko, Nikolai Kardashev y Gennady Sholomitskii propusieron una idea revolucionaria: utilizar radiotelescopios separados por miles de kilómetros, sin ninguna conexión física entre ellos, para crear un

telescopio virtual del tamaño de la Tierra.

Casi al mismo tiempo, equipos de Canadá y EE. UU. —liderados por James Locke, Marshall Cohen y Kenneth Kellermann— llegaron a la misma conclusión. En 1967 lograron la primera observación de VLBI entre una antena canadiense y otra estadounidense. El desafío era monumental: sin cables que unieran las antenas, la sincronización debía ser perfecta, algo que solo fue posible gracias a los primeros relojes atómicos y a grabadoras de cinta magnética capaces de almacenar volúmenes ingentes de datos. Había nacido la astronomía sin fronteras. El VLBI se convirtió así en uno de los campos científicos que demuestran más explícitamente

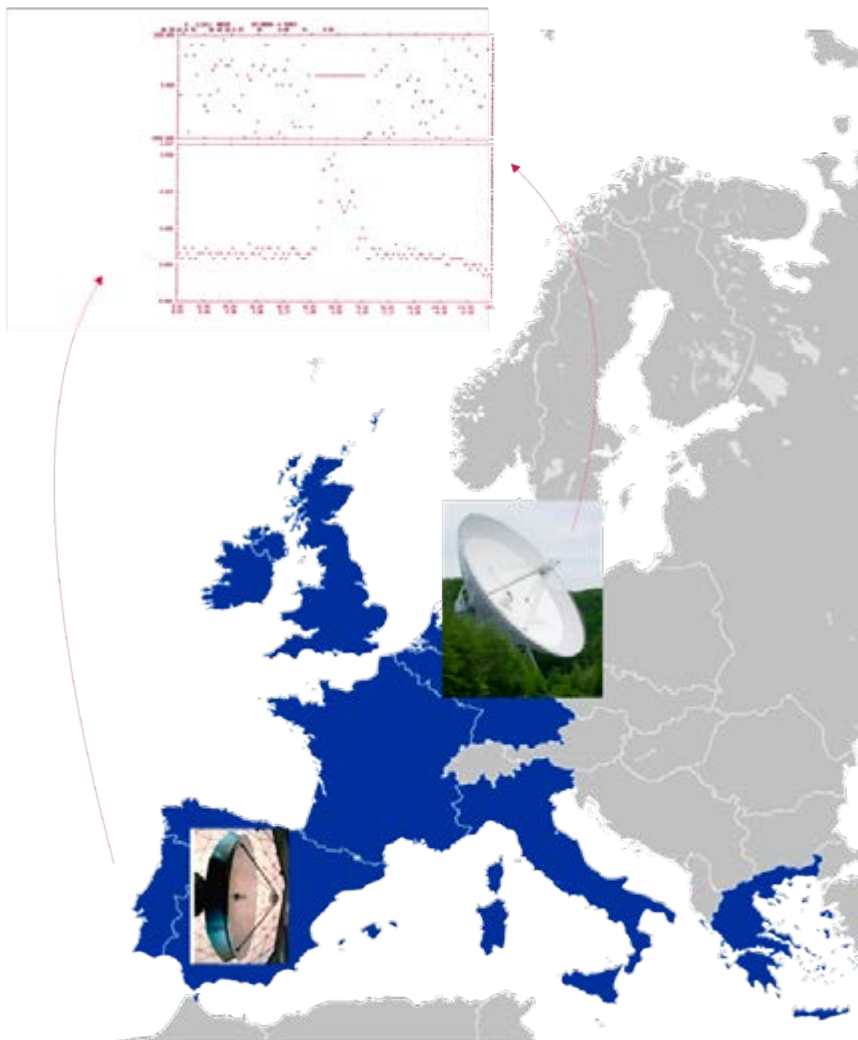
la importancia y la necesidad de la colaboración entre países para comprender mejor el universo.

El nacimiento de la EVN: de una cafetería en Bonn a la red global

En el efervescente ambiente tecnológico de los años 60 y 70, Europa comenzó a consolidar sus propios centros de radioastronomía. En 1975, mientras los telescopios de Effelsberg (Alemania) y Onsala (Suecia) daban sus primeros pasos colaborando con redes estadounidenses, ocurrió un encuentro clave. En la cafetería del Instituto Max Planck de Radioastronomía (MPIfR) en Bonn, cuatro científicos —dos alemanes, un sueco y un irlandés afincado en Países



La primera reunión del comité de dirección de la EVN se celebró en Bonn, Alemania, en 1985. Crédito: imagen cedida por R. Porcas, MPIfR, Bonn.



Primer resultado interferométrico de VLBI entre el radiotelescopio de 14 m del Observatorio de Yebes y el radiotelescopio de 100 m de Effelsberg en 1990. La correlación de las señales se hizo en Bonn, Alemania. Crédito: P. de Vicente (2026) y Reigenerok (mapa de Europa, 2006).

Bajos— dibujaron sobre el papel la posibilidad de crear una red exclusivamente europea.

Aquella idea seminal fructificó rápidamente: en 1976 se realizó el primer experimento VLBI europeo y, en 1978, Bonn ya albergaba el primer correlador del continente. El gran hito llegó el 5 de marzo de 1980, cuando directores de observatorios de cinco países se reunieron en Jodrell Bank (Reino Unido) para formalizar un acuerdo histórico: reservar tres periodos anuales para observar el cielo al unísono. La primera reunión del comité de dirección de la EVN tuvo lugar unos años después, en 1985, en Bonn.

Así nació un sistema de acceso abierto y competitivo que perdura hasta hoy. Cualquier científico del mundo puede presentar su proyecto, el cual es evaluado por un comité independiente por su interés y viabilidad. Una vez aprobado, se programa la compleja coreografía que involucra a todos los observatorios de la red.

Es fascinante recordar que esta red de alta tecnología se gestó en un mundo sin ordenadores personales, sin correo electrónico y ni siquiera fax. La coordinación de estos «relojes atómicos» se hacía,

literalmente, mediante cartas y encuentros personales, demostrando que la voluntad de colaboración científica siempre va un paso por delante de las herramientas disponibles.

El papel de España: una pieza clave en el suroeste europeo

La contribución española a esta red global tiene nombre propio: el Observatorio de Yebes. El Instituto Geográfico Nacional (IGN) comenzó la construcción de este centro pionero en 1975. Su primer radiotelescopio, de 14 metros, entró en servicio en 1979, pero fue en 1990 cuando marcó un hito al realizar su primera observación interferométrica junto a Alemania y Suecia. Este éxito permitió que España se integrara como miembro de pleno derecho en la EVN en 1993.

Desde entonces, la influencia del IGN en la EVN no ha dejado de crecer, asumiendo el liderazgo en los comités técnicos y de dirección de la red durante algunos años. Sin embargo, el gran salto cualitativo ocurrió en 2007 con la inauguración del radiotelescopio de 40 metros.

Con este gran instrumento en Guadalajara, la EVN ganó en sensibilidad y fiabilidad y extendió sus brazos hacia el sur. Al aumentar la distancia entre las antenas (la línea de base), la red mejoró significativamente su resolución angular, permitiendo ver detalles antes desapercibidos y que mejoran la calidad de las imágenes obtenidas. Hoy, el radiotelescopio de 40 metros es un elemento fundamental de la red; es el instrumento de referencia que sostiene la red cuando otros grandes telescopios europeos, como el de Effelsberg (100 m), no están disponibles.

Una democracia científica: ¿cómo funciona la EVN?

Gestionar un «ojo» compuesto por 19 radiotelescopios en 15 países — incluyendo antenas fuera de Europa— requiere una organización metódica. La EVN no es una entidad única, sino un consorcio de 12 institutos miembros y 5 asociados que colaboran bajo un modelo de acceso abierto y excelencia técnica.

En el corazón de esta estructura se encuentra el JIVE (*Joint Institute for VLBI in Europe*), ubicado en los Países Bajos. Si los telescopios son los ojos, el JIVE es el «cerebro»: alberga el centro de supercomputación encargado de procesar y combinar (correlar) la avalancha de datos que llega de todo el mundo. Además, este instituto actúa como guía para los investigadores, ayudándoles a



**16 European VLBI Network
Symposium & Users Meeting
Bonn, September 2 - 6 2024**

The EVN Symposium is the primary platform for discussing the latest scientific findings, technical advancements, and technological developments in Very Long Baseline Interferometry within EVN member countries.

Topics

- Active galactic nuclei and supermassive black holes
- Starburst galaxies, extragalactic masers, and supernovae
- Stellar evolution and stellar masers
- Transient sources and pulsars
- Astrometric, geodetic and space applications
- VLBI technology developments
- EVN users meeting
- Current and future VLBI facilities and international cooperation

Invited Speakers: Markus Ackermann, Bia Boccardi, Roger Deane, Simon Garrington, Giancarlo Ghislandi, Preeti Kharb, Michela Mapelli, Benito Marcote, James Miller-Jones, Suma Murthy, Alexander Pavlin, Eduardo Ros, Gabriele Surcis, Kiyooki Wajima, Benjamin Winkel, Simona Vegetti, and Jun Yang

SOC: Tao An, Pilyu An, Paola Castangia, Teivikki Havatta, Marcin Gawroński, Michael Lindqvist, Andrei Lobanov (chair), Sara Motta, Tom Muxlow, Zsolt Paragi, and Kazi Rzygl

LOC: Siân Adey, Veri Bartolini, Petra Benke, Lena Debbrecht, Sergio Dzib, Jongseo Kim, Galina Lipunova, Aleksei Nikonov, Jan Röder, Eduardo Ros (chair), Izabela Rottmann, and Saurabh

Abstract submission deadline: June 10

Contact email: evn2024@mpifr.de
Venue: CJD, Bonn, Castell <https://shorturl.at/tqILU>





ICRF-2/CRF2.0 project received funding from the European Research Council (ERC) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (grant agreement No 101017667), CRF has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101054713.

Póster anunciando el último simposio de la EVN en 2024 en Bonn, Alemania. Crédito: MPIfR, Bonn (2024).

transformar números complejos en descubrimientos astronómicos.

JIVE fue fundado en 1993 por los principales institutos de VLBI en Europa tras años de conversaciones para cubrir la imperiosa necesidad de contar con un correlador potente y escalable. En 2015 JIVE se convirtió en un Consorcio Europeo de Infraestructura de Investigación (ERIC) y recibe financiación de 7 países europeos y 3 institutos asociados.

Para que este engranaje formado por la EVN y JIVE no se detenga, la red se organiza en tres pilares fundamentales:

- **Dirección (CBD):** Formado por los directores de los centros (incluido el IGN), define el rumbo estratégico y las inversiones tecnológicas.
- **Técnica y Operaciones (TOG):** Los ingenieros y técnicos que aseguran que cada antena hable el mismo «idioma» tecnológico

y que los desarrollos estén a la vanguardia.

- **Evaluación Científica (PC):** Un panel de expertos que selecciona, de forma objetiva, qué proyectos merecen utilizar la red basándose exclusivamente en su calidad científica.

Esta colaboración se mantiene viva gracias a reuniones periódicas entre los cuerpos que lo componen y simposios bianuales donde la comunidad internacional comparte sus hallazgos. Cada instituto financia sus propios equipos y personal, pero es el esfuerzo coordinado lo que permite que, varias veces al año (tres bloques de tres semanas y 10 días distribuidos regularmente), todas las antenas de esta red apunten al mismo punto del cielo en una perfecta coreografía científica.

Hacia la autonomía tecnológica europea

En sus inicios, la EVN dependía de equipos diseñados en Estados

Unidos para digitalizar y registrar los datos en cintas magnéticas. Sin embargo, el ingenio europeo no tardó en tomar la iniciativa. Los ingenieros de la red lideraron las primeras mejoras críticas en los sistemas de registro, permitiendo duplicar la capacidad de observación y marcando el inicio de un camino propio.

Uno de los grandes hitos de la EVN y el JIVE ha sido la observación en tiempo real (e-VLBI) a través de internet. Lo que en 2009 fue una prueba pionera, hoy es una realidad cotidiana que exige redes de fibra óptica de altísima velocidad (hasta 100 Gb/s en las antenas). Esta necesidad ha convertido a los centros de radioastronomía en motores tecnológicos; en España, por ejemplo, el Observatorio de Yebes es uno de los nodos que más ancho de banda demanda a RedIris, la red científica nacional.

Pero el mayor éxito de autonomía ha sido el desarrollo del propio

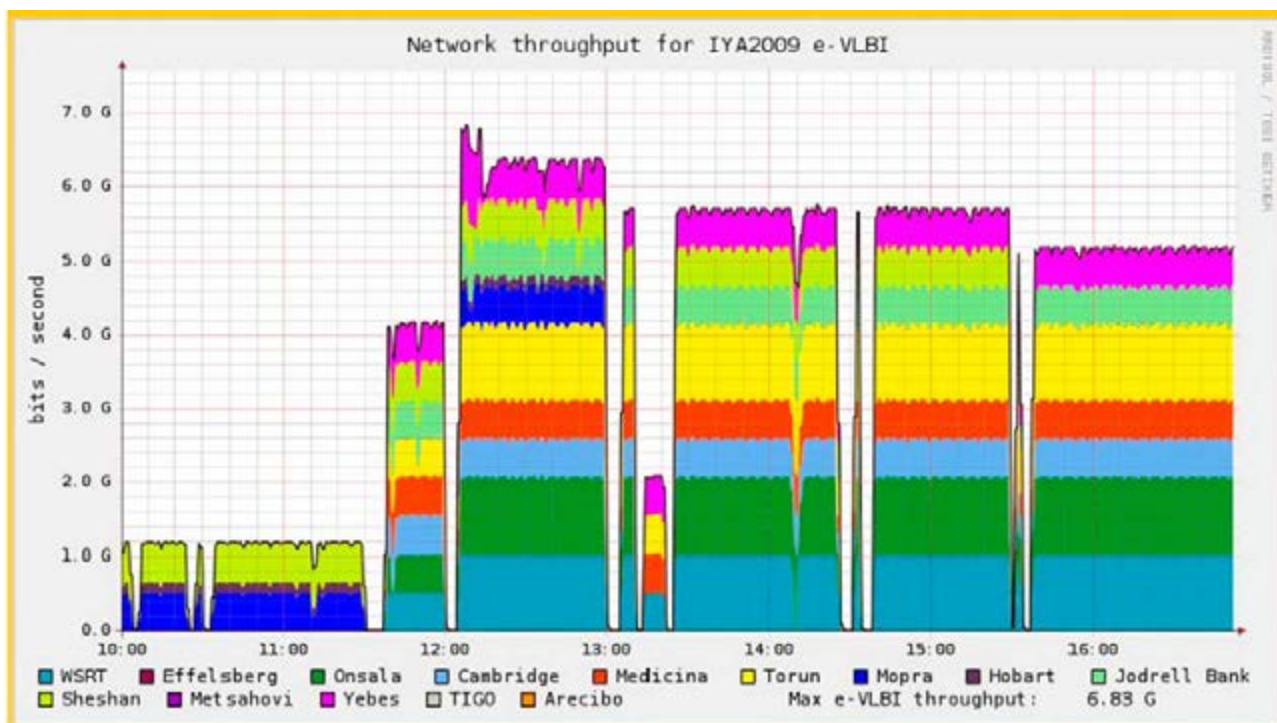


Imagen que representa el flujo de datos del primer experimento de e-VLBI (transmisión de datos en tiempo real) desde los radiotelescopios hasta el correlador de Países Bajos (2009). Crédito: P. Boven, JIVE (2009).

«backend» de VLBI europeo. Este sofisticado equipo, que digitaliza y organiza los datos a velocidades de vértigo, se ha convertido en un estándar mundial. Financiado con fondos de la Unión Europea, su tecnología es tan puntera que hoy se comercializa globalmente a través de una empresa surgida de los propios institutos de la red.

El reto final es el almacenamiento. Un solo experimento de la EVN puede generar decenas de terabytes en apenas 24 horas por cada telescopio. Para gestionar este «tsunami» de información, el JIVE ha desarrollado un software especializado que coordina tanto el flujo de datos en tiempo real como su escritura en unidades de disco de capacidad masiva. Es, en definitiva, una infraestructura de datos sin parangón en el mundo científico.

Hitos científicos: de las ráfagas rápidas al corazón de las galaxias

Desde su fundación, la EVN ha generado cientos de artículos en las revistas científicas más prestigiosas del mundo. Sus hallazgos suelen estar vinculados a los fenómenos más violentos y compactos del universo: desde el nacimiento de estrellas hasta el entorno de agujeros negros supermasivos.

Uno de sus logros más recientes fue «cazar» los misteriosos susurros del cosmos, conocidos como Ráfagas Rápidas de Radio (FRB). En 2020, la red localizó con una precisión de milisegundos de arco una de estas señales en una galaxia espiral cercana. Dado que estas ráfagas duran apenas milisegundos, la capacidad de la EVN para señalar exactamente de qué

«barrio» galáctico procedían fue una auténtica proeza de detective espacial.

Pero la red también sabe mirar hacia el interior de las nubes de polvo, donde nacen las estrellas. Allí ha captado el «baile» de los máseres de metanol (láseres naturales de microondas emitidos por moléculas). Gracias a la resolución de la EVN, hoy podemos ver cómo el gas gira y cae hacia la estrella en formación, un proceso invisible para los telescopios ópticos.

En el ámbito extragaláctico, la red ha sido fundamental para cartografiar los chorros relativistas expulsados a velocidades extremas desde el corazón de galaxias activas. Aunque la famosa imagen del agujero negro M87* fue obra del *Event Horizon Telescope* (EHT), la EVN ha estudiado durante años el chorro de plasma que nace de su centro, revelando cómo se estrecha y acelera al alejarse del «monstruo» central.

Además, la EVN ha capturado imágenes sorprendentes de anillos de Einstein —anillos de luz casi perfectos creados por lentes gravitacionales— y ha participado en hitos históricos como la detección de la primera radiación electromagnética tras la fusión de un agujero negro y una estrella de neutrones. Por último, su colaboración con el satélite ruso RadioAstron permitió crear un telescopio mayor que la propia Tierra, logrando las imágenes con mayor resolución angular jamás obtenidas en ondas centimétricas.

El futuro: SKA y más allá de la astronomía convencional

El mañana de la radioastronomía pasa por la colaboración con el Square Kilometre Array (SKA), el futuro gigante de la interferometría

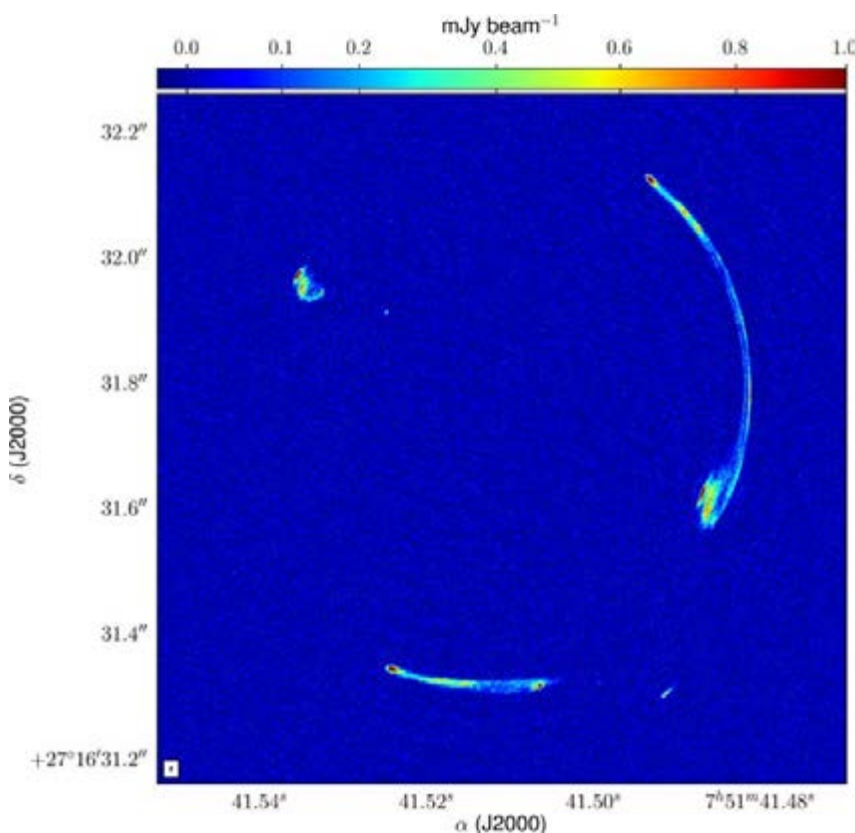


Imagen de la radiofuente MG J0751+2716, un anillo parcial de Einstein producido por una lente gravitacional cercana al centro e invisible a esta longitud de onda. Crédito: C. Spingola (2018).



Fotocomposición de la combinación de la red EVN y los telescopios de Meerkat, precursores de SKA en Sudáfrica. A la izquierda el resultado obtenido en 2025. Créditos: B. Marcote, JIVE, SARAO, P. Boven, NASA.

en Sudáfrica y Australia. Mientras el SKA ofrecerá una sensibilidad sin precedentes en el hemisferio sur en ondas centimétricas, la EVN aportará su «brazo» hacia el norte, incrementando drásticamente la resolución angular para ver el cosmos con un detalle nunca visto. En 2025, las primeras pruebas entre la EVN y MeerKAT (el precursor del SKA) arrojaron resultados preliminares muy prometedores, confirmando que la unión de estas redes cambiará las reglas del juego.

Sin embargo, la EVN también se embarcará en proyectos menos convencionales, ligados a desafíos vitales para nuestra civilización tecnológica: la navegación interplanetaria y la defensa planetaria y radar.

La red está consolidando una técnica crítica para el seguimiento de sondas espaciales. Ya en 2005, la EVN fue protagonista en la misión *Cassini-Huygens*, reconstruyendo la trayectoria de descenso de la sonda *Huygens* en Titán (luna de Saturno). Fue una hazaña sin precedentes: localizar un objeto con precisión de un kilómetro a 1200 millones de kilómetros de distancia. Esta experiencia

convierte a la EVN en un «faro» capaz de guiar futuras misiones a Marte, Júpiter o incluso hacia los límites del espacio interestelar. En este momento la EVN ya cuenta con la experiencia y la capacidad para llevarlo a cabo.

Uno de los proyectos más ambiciosos es el estudio de los NEOs (*Near-Earth Objects*). Mediante técnicas de radar, se emiten señales desde grandes antenas para que reboten en asteroides cercanos a la Tierra. La EVN capta estos «ecos», permitiendo reconstruir la forma del asteroide, su rotación y, lo más importante, refinar su trayectoria para evaluar riesgos de impacto. En 2025, se demostró la viabilidad de este «escudo espacial» en una prueba histórica: la antena de 64 metros de Robledo de Chavela (Madrid) emitió la señal y varios radiotelescopios de la EVN detectaron el eco con éxito.

Con estos avances, la Red Europea de VLBI deja de ser solo una ventana a la Vía Láctea y a galaxias lejanas para convertirse en una herramienta activa de exploración y protección de nuestro rincón en el universo.

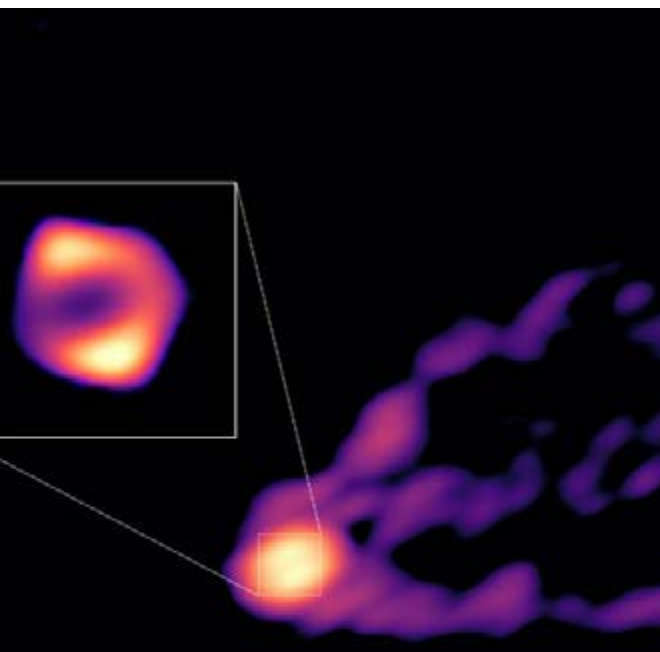
Lo que comenzó en 1980 como un acuerdo entre cinco observatorios europeos es hoy una infraestructura global, multidisciplinar y con un horizonte lleno de posibilidades. La Red Europea de VLBI no solo ha demostrado ser esencial para descifrar misterios como el corazón de los agujeros negros o el origen de las ráfagas rápidas de radio; también se sitúa ahora en la vanguardia de la protección y exploración de nuestra frontera final: el espacio profundo. En este ambicioso viaje, el Instituto Geográfico Nacional, a través del Observatorio de Yebes, seguirá siendo un pilar fundamental para garantizar que Europa mantenga un papel de liderazgo en este campo. ■



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL



50 AÑOS ESCUCHANDO EL UNIVERSO



Más allá del coste: una forma de desigualdad en el acceso de oportunidades

La pobreza en el transporte



Foto de Karl Hansen en *Tribune*.

La pobreza de transporte puede definirse como la situación en la que personas y hogares presentan una incapacidad o serias dificultades para asumir los costes asociados al uso del transporte público o privado, o bien como la falta de acceso o de un acceso limitado a los medios de transporte necesarios para llegar a servicios y actividades socioeconómicas esenciales.

Lejos de limitarse a una cuestión económica, se trata de un fenómeno multidimensional que combina disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad y adecuación del sistema de movilidad. En el actual contexto de transición ecológica y encarecimiento progresivo de los

combustibles, esta realidad adquiere una dimensión estratégica: la descarbonización del transporte solo será viable si no amplía las desigualdades existentes.

Este artículo examina la evolución conceptual e institucional de la pobreza de transporte en Europa, analiza su manifestación en España y subraya la necesidad de contar con indicadores claros y comparables que permitan orientar políticas públicas más justas, eficaces y territorialmente adaptadas.

- Texto: Mar González Ormeño, Ineco. Gabinete técnico, Secretaría General de Movilidad Sostenible

La movilidad

es el resultado de los hábitos y dinámicas sociales vinculados a la necesidad de acceder a oportunidades esenciales como el empleo, la educación, la sanidad o los servicios básicos, dentro de un marco determinado por el modelo de ciudad, territorial y económico. Más allá del simple hecho de desplazarse, la capacidad de llegar al lugar de trabajo, acudir a una cita médica, llevar a los hijos al colegio o mantener vínculos sociales condiciona directamente la inclusión, la autonomía y la calidad de vida de las personas.

Sin embargo, para una parte de la población europea, también en España, desplazarse no es tan sencillo. Cuando dicha capacidad se ve limitada por la falta de opciones de transporte, por costes y tiempo excesivos de viaje o por condiciones inadecuadas del servicio, emergen restricciones que se han conceptualizado como pobreza de transporte.

La construcción de un concepto: cómo nació y evolucionó la pobreza de transporte

El término *pobreza del transporte* es relativamente reciente en el ámbito académico y político. Su desarrollo no ha sido inmediato ni lineal, sino que ha evolucionado progresivamente desde aproximaciones simples, centradas casi exclusivamente en el coste, hacia una visión más amplia y estructural del problema.

En sus primeras formulaciones, la pobreza de transporte relacionada casi exclusivamente con la *pobreza monetaria*, era definida como la situación en la que determinados hogares no podían asumir el coste

de los desplazamientos necesarios para acceder al empleo, la educación o los servicios básicos.

Durante años, el debate se movió principalmente en ese marco interpretativo, identificando la movilidad como un problema de asequibilidad individual.

El giro conceptual: de coste económico a fenómeno social

El punto de inflexión para esta evolución conceptual se produjo en el ámbito académico con los trabajos de Karen Lucas *et al.* (2016) *Transport poverty and its adverse social consequences* que demostraron empíricamente las consecuencias sociales adversas de la carencia de movilidad, entre ellas la pérdida de oportunidades laborales, aislamiento social y efectos acumulativos sobre salud y bienestar.

Asimismo, el tiempo deja de entenderse como una variable técnica y pasa a ser un mecanismo de desigualdad social. No solo importa cuánto cuesta desplazarse, sino cuánto tiempo exige hacerlo.

Este fenómeno, conocido como *pobreza de tiempo*, está vinculado a la falta de accesibilidad territorial y afecta especialmente a quienes residen en áreas rurales o periféricas, y también a quienes residen en zonas urbanas donde se suman problemas de congestión y saturación de servicios. En este sentido, la forma en que se planifica el territorio también influye directamente en la aparición de situaciones de exclusión, donde factores como la dispersión urbana, la deslocalización de empleos o la concentración de servicios en nodos específicos incrementan la vulnerabilidad.

Este cambio de perspectiva implica que la pobreza de transporte no puede identificarse

exclusivamente con la pobreza monetaria. Sino que puede también manifestarse en hogares de renta moderada si la oferta de transporte es insuficiente o inadecuada para determinados colectivos, o si los tiempos de desplazamiento son excesivos, limitando la posibilidad de realizar otras actividades esenciales.

La institucionalización del concepto en Europa

Paralelamente al desarrollo académico, el concepto ha ido adquiriendo relevancia en el ámbito institucional europeo.

En los últimos años, la necesidad de acceso a los servicios esenciales se ha situado en el primer plano de la agenda política de la UE y, a finales de 2022, el Parlamento Europeo manifestó a través del informe *Understanding Transport Poverty* la necesidad de avanzar en la definición de un concepto común de pobreza de transporte, así como en el desarrollo de una serie de indicadores para su medición.

El informe identifica varias situaciones que pueden generar pobreza de transporte:

- No hay transporte disponible o su frecuencia es muy baja.
- El transporte existe, pero no es accesible (por ejemplo, para personas con discapacidad).
- El coste es demasiado elevado para el nivel de ingresos del hogar.
- Los tiempos de desplazamiento son excesivos.
- Las condiciones del viaje son inseguras o inadecuadas.

En 2024, la Comisión Europea, a través del documento *Transport poverty: Definitions, indicators, determinants and mitigation strategies*, profundiza en el análisis del fenómeno y en las herramientas para abordarlo, y concluye que la

pobreza de transporte no puede explicarse mediante un único factor ni ser tratada desde una única dimensión analítica. Se configura, por tanto, como un fenómeno multidimensional, estrechamente vinculado a cuestiones de accesibilidad territorial, desigualdad social y funcionamiento del sistema de movilidad.

En la actualidad la pobreza de transporte se articula principalmente en torno a tres dimensiones fundamentales:

- **Disponibilidad:** existencia y frecuencia de servicios de transporte adecuados.
- **Accesibilidad:** capacidad real de llegar a destinos esenciales.
- **Asequibilidad:** relación entre costes y renta disponible.

A estas se añade una dimensión transversal de adecuación o aceptabilidad que engloba aspectos como la seguridad, la facilidad de uso, la accesibilidad universal y la capacidad del sistema para responder a necesidades diversas.

La disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad y aceptabilidad como dimensiones clave

La consolidación jurídica: primera definición oficial europea

El concepto se consolidó con carácter normativo vinculado a derechos sociales y calidad de vida.

El Parlamento Europeo, el Consejo y la Comisión a través del Reglamento (UE) 2023/955, establecen la primera definición oficial a escala europea de la pobreza en el transporte que sirve como referencia común para el desarrollo de indicadores y conjuntos de políticas públicas encaminadas a paliar la pobreza de transporte:

La pobreza de transporte se entiende como la incapacidad o dificultad de las personas y los hogares para hacer frente a los costes

del transporte público o privado, o su falta de acceso o su acceso limitado al transporte necesario para acceder a servicios y actividades socioeconómicas esenciales, teniendo en cuenta el contexto nacional y espacial.

En conjunto, el desarrollo del concepto refleja una evolución significativa en la forma de entender la movilidad no como un fin en sí mismo, sino como condición necesaria para acceder a oportunidades de forma equitativa y sostenible. En apenas una década, lo que inicialmente se concebía como una preocupación vinculada casi exclusivamente al nivel de renta, se reconoce hoy como un fenómeno complejo, multidimensional y profundamente ligado a la estructura



Dimensiones de la pobreza de transporte.

territorial y al diseño de los sistemas de transporte.

Aunque el término es relativamente reciente, la realidad que describe no lo es

Garantizar la movilidad es fundamental para el acceso al empleo, la educación o la sanidad, pero en los últimos años este objetivo se ha vuelto más complejo. No solo por las transformaciones socioeconómicas o demográficas, sino también por la propia estructura territorial.

España ha experimentado una expansión urbana caracterizada por la dispersión del tejido residencial y empresarial hacia zonas periféricas. Además, el encarecimiento de la vivienda en los centros urbanos, impulsado por la presión inmobiliaria y la concentración de actividad económica, está desplazando a hogares de renta media y baja hacia zonas cada vez más alejadas.

La población periurbana y rural enfrenta mayores desafíos de movilidad

Esta dinámica ha incrementado la dependencia del vehículo privado y generado un modelo de movilidad dual entre los centros de las grandes ciudades y el ámbito periurbano y rural.

Estos grandes núcleos urbanos, donde la densidad de población es mayor y se concentran servicios, infraestructuras y oferta de transporte multimodales, contrastan con las zonas rurales, barrios periféricos, así como territorios insulares, montañosos o remotos donde la cobertura de transporte público es menor. En estos casos, el automóvil deja de ser una alternativa y pasa a convertirse en una necesidad para acceder a servicios esenciales, lo que obliga a realizar desplazamientos más largos y menos directos y,

a menudo, más costosos en tiempo y dinero.

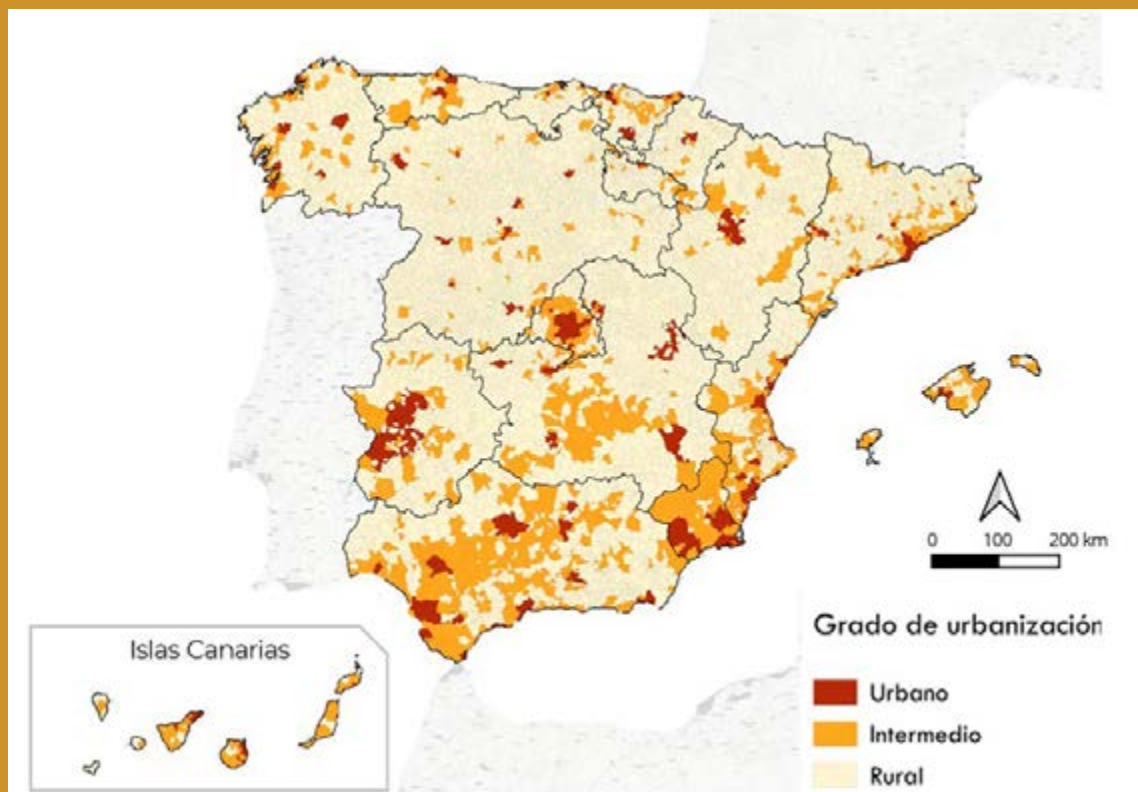
En 2024 el índice medio de motorización en España se sitúa en 520 turismos por cada 1000 habitantes, pero asciende a 703 en los municipios rurales, frente a 548 en los ámbitos intermedios y 458 en los urbanos.

Además, las zonas rurales concentran mayor proporción de personas mayores debido a la migración de jóvenes hacia áreas urbanas, lo que agrava la vulnerabilidad en movilidad y aumenta la dependencia de terceros o del vehículo privado.

El diagnóstico territorial español muestra con claridad esta realidad. El país presenta una fuerte concentración de población en áreas urbanas: solo 217 municipios ocupan el



Foto de Angela Curl en *Public Health Association of New Zealand*.



Grado de urbanización en España. Elaboración propia a partir de Eurostat.

5 % del territorio, pero concentran el 53,8 % de la población, mientras que 6804 municipios rurales, el 83,7 % del total, abarcan el 73,3 % de la superficie y reúnen apenas el 13,1 % de los habitantes.

En este contexto, la movilidad puede convertirse en un factor de desigualdad, generando situaciones de especial vulnerabilidad especialmente para aquellas personas que no disponen de vehículo propio o que no pueden asumir los costes asociados a su uso.

Como ejemplo, la COVID-19 dejó al descubierto muchas de estas desigualdades. En materia de movilidad, el miedo al contagio redujo el uso del transporte público y aumentó el recurso al coche privado o a la bicicleta. Pero no todo el mundo tenía acceso a esas alternativas. Quienes no podían permitirse un vehículo, o vivían demasiado lejos para desplazarse a pie o en bicicleta, vieron cómo se ampliaba la brecha.

Hoy en día, superada la crisis derivada de la COVID-19, el automóvil continúa siendo el modo

predominante de desplazamiento en gran parte del territorio. Aunque esta posición presenta importantes contrapartidas en materia socio-territorial y medioambiental.

Desde una perspectiva social y territorial, la dependencia del coche introduce barreras de acceso para determinados colectivos, ya sea por limitaciones económicas, físicas o de edad. Desde el punto de vista ambiental, el transporte es responsable de un 32 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del total en España y entre el 25 %-29 % en la Unión Europea (UE-27), lo que lo convierte en un sector clave para la consecución de los compromisos climáticos europeos, entre ellos, alcanzar los objetivos de neutralidad climática en 2050.

La incorporación del transporte por carretera al nuevo régimen europeo de comercio de derechos de emisión (ETS2) previsto para 2028, supondrá un incremento progresivo del precio de los combustibles fósiles. Sin alternativas de movilidad adecuadas, este encarecimiento puede afectar de manera

desproporcionada a los hogares y usuarios de transporte con menor renta y mayor dependencia del vehículo privado.

El impulso hacia una movilidad justa

Con el fin de mitigar los efectos distributivos negativos de la transición ecológica, la Unión Europea ha diseñado instrumentos específicos, como el Fondo Social para el Clima, destinado a financiar medidas de apoyo en hogares, usuarios y microempresas vulnerables en transporte y edificación, así como inversiones estructurales en transporte público y movilidad sostenible, de forma que evite que las políticas climáticas amplíen desigualdades existentes.

Este Fondo, financiado con los ingresos del ETS2, no solo permitirá apoyar a quienes se vean más afectados por la pobreza de transporte, sino que también brinda una oportunidad estratégica para transformar el actual sistema de movilidad, mediante la reducción de emisiones, la eficiencia energética

Colectivos más afectados



Hogares con bajos ingresos

Destinan una mayor proporción de su presupuesto a la movilidad y tienen vehículos más antiguos y costosos de mantener.



Residentes en zonas rurales y periurbanas

Sufren la falta de alternativas al coche y recorren mayores distancias para acceder a servicios básicos.



Mujeres

Realizan más viajes ligados a los cuidados, utilizan más el transporte público y perciben mayor inseguridad.



Jóvenes y personas mayores

Dependen más del transporte público y las personas mayores enfrentan una brecha digital para acceder a nuevos servicios.



Personas con Movilidad Reducida (PMR)

Encuentran barreras en su accesibilidad, aunque modos como el autobús urbano o metro son mayoritariamente accesibles.

y la transición hacia una movilidad más limpia.

Pero y, ¿cuáles son estos usuarios de transporte vulnerables?

En los últimos años se ha hecho un creciente esfuerzo identificando a grupos vulnerables a la pobreza energética, definida como uno de los grandes retos sociales de la transición ecológica.

Sin embargo, la investigación y la política climática aún no han hecho suficiente hincapié en otra dimensión de la vulnerabilidad y de la pobreza, que es y será clave en los próximos años, la asociada al transporte o la movilidad.

Los estudios recientes europeos y nacionales, coinciden en que los usuarios de transporte vulnerables son aquellos que encuentran barreras económicas, físicas, sociales o

informativas para desplazarse de manera segura, asequible y eficiente, y que además cuentan con una menor capacidad de adaptación ante cambios en el sistema de movilidad.

En consonancia con este impulso europeo, España, mediante la aprobación de la Ley de Movilidad Sostenible, reconoce por primera vez la movilidad como un derecho que los poderes públicos deben garantizar «en condiciones de igualdad y sostenibilidad».

La norma establece de forma explícita la obligación de elaborar en un plazo máximo de dos años desde su entrada en vigor una Estrategia Estatal contra la Pobreza de Transporte. Esta Estrategia tiene el objetivo de diseñar y promover soluciones de movilidad inclusivas,

accesibles y sostenibles que respondan a las necesidades de toda la población, con independencia de su situación económica, edad, capacidades físicas o cognitivas o lugar de residencia.

En este marco, el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible se encuentra trabajando en su elaboración, fundamentada en un diagnóstico riguroso de las vulnerabilidades existentes, la identificación de colectivos y territorios afectados y la definición de indicadores que permitan dimensionar el fenómeno y orientar la acción y política pública.

Cómo medimos la pobreza de transporte

El análisis realizado en el marco de la Estrategia contra la Pobreza de



Firma: MEEP

Construyendo un transporte justo e inclusivo.

Transporte pone en relieve que la pobreza de transporte rara vez responde a una sola causa.

Lo habitual es que se produzca por la combinación de factores individuales y territoriales: una persona mayor con ingresos bajos que vive en un municipio poco conectado enfrenta un riesgo mucho mayor que alguien con las mismas características en una ciudad bien comunicada.

No se trata solo de cuánto cuesta desplazarse, sino también de si existen alternativas disponibles, de cuánto tiempo requieren y de si el servicio se adapta a las necesidades reales de las personas.

Este enfoque parte de una pregunta sencilla: ¿puede una persona desplazarse cuando lo necesita y en condiciones razonables?

Para responderla, desde el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, en coordinación con la Universidad Complutense de Madrid (UCM), se examinan las dimensiones principales anteriormente definidas que, juntas, permiten identificar y evaluar la vulnerabilidad de los hogares e individuos en materia de transporte.

Disponibilidad: cuando el transporte existe, pero no siempre funciona

El primer aspecto es comprobar si hay opciones de transporte accesibles en el lugar donde vive una persona. La cobertura territorial del transporte público presenta contrastes importantes. Según el estudio de la UCM:

- Aproximadamente el 70 % de las personas tienen una parada de autobús a menos de 7,5 minutos a pie, y el 80 % a menos de 15 minutos.
- La red ferroviaria es mucho menos accesible: alrededor de un

Cobertura y frecuencia definen la disponibilidad del transporte

tercio de la población tiene estación cerca en tiempos razonables, y la cobertura se concentra en grandes áreas urbanas.

Además, fuera de los principales núcleos urbanos existe un problema de frecuencia: muchas paradas tienen servicios muy escasos, lo que limita su utilidad real. En muchos territorios, especialmente en zonas rurales o dispersas, la oferta puede ser escasa o irregular, lo que limita las alternativas reales de desplazamiento.

Accesibilidad: cuánto cuesta en tiempo llegar a lo importante

La segunda dimensión analiza la accesibilidad efectiva, entendida como la capacidad real de acceso a oportunidades en función de las condiciones de transporte, tiempo y coste.

A diferencia del término de movilidad, que se refiere al movimiento de viajeros o mercancías sobre el espacio, la accesibilidad expresa la facilidad con la que, tanto los individuos como las empresas, desde una localización dada y utilizando un determinado sistema de transporte, pueden alcanzar los lugares donde realizar actividades que son importantes para ellos.

La accesibilidad refleja el papel de la ubicación geográfica en el reflejo de desigualdades territoriales: las áreas centrales presentan

mayores niveles de acceso a actividades y servicios, mientras que las zonas periféricas muestran desventajas sistemáticas asociadas a su posición relativa en el territorio.

No obstante, no depende solo de la posición geográfica, sino también de la calidad y estructura de las redes de transporte y de la localización de las actividades. Los territorios bien conectados y próximos a polos de actividad presentan mayores niveles de accesibilidad, mientras que aquellos alejados de infraestructuras principales o de centros de oportunidades registran niveles significativamente menores.

Los indicadores de accesibilidad medidos muestran que España no tiene un problema generalizado de acceso, sino bolsas territoriales donde el tiempo de desplazamiento a servicios de interés social o bien el acceso a población u «oportunidades», se convierte en una barrera real.

Este patrón varía según el tipo de territorio: en las ciudades y periferias urbanas influyen la congestión y la saturación, donde los tiempos y costes de desplazamiento se han disparado, generando desigualdad en el acceso al empleo. En contraste, en las zonas rurales, conviven situaciones muy distintas: tiempos a destinos frecuentes (trabajo/estudios) muy bajos y muy altos por proximidad local o largas

El tiempo de desplazamiento condiciona el acceso a oportunidades

distancias, y una mayor vulnerabilidad en oportunidades de acceso a población.

Asequibilidad: el coste invisible de moverse

El tercer aspecto es el coste. En muchos casos, el problema no es la inexistencia de transporte, sino la imposibilidad de utilizarlo de forma regular sin comprometer otros gastos básicos.

En este sentido, la asequibilidad mide si una persona puede permitirse desplazarse sin que el coste del transporte comprometa su economía doméstica:

- Los hogares con menos recursos a menudo no pueden pagar opciones cómodas o rápidas.
- En ausencia de transporte público eficiente, muchas familias se ven obligadas a comprar un coche, lo que aumenta sus gastos.
- Además, los costes de transporte están ligados a los de la vivienda: vivir en zonas más baratas suele implicar mayores costes y tiempos de desplazamiento.

De acuerdo con la Encuesta de Presupuestos Familiares (INE), el transporte representa más del 10 % del gasto total de las familias, siendo el tercer gasto más importante en 2024, después de vivienda y alimentación en España.

El género influye, pero con matices. Los hombres tienden a realizar mayores gastos extraordinarios en transporte, lo que puede situarlos temporalmente en situaciones de vulnerabilidad económica. Sin embargo, estas suelen ser menos persistentes. En cambio, los estudios cualitativos muestran que las mujeres afrontan patrones de movilidad diferentes y más condicionados por la oferta de transporte.

Como resultado, entre 1 y casi 7 millones de personas en España

El transporte, tercer gasto de los hogares españoles

podrían encontrarse en situación de vulnerabilidad debido al transporte (ECODES, 2024), excluidas por tanto del derecho básico a moverse libremente. Entre 350 y 550 mil hogares podrían encontrarse en situación de vulnerabilidad severa, lo que equivale a 1,3 y 1,8 millones de personas. Esto no es solo un dato: es una situación que se debe combatir.

A su vez hay unos 2 millones de hogares, más del 10 % de la población, para los cuales su gasto en transporte supone una carga excesiva. Analizando el fenómeno desde distintos prismas socioeconómicos, muestran que los hogares de zonas rurales, por la mayor dependencia del coche al disponer escasos servicios y sistemas de transporte público, tienen una mayor probabilidad de vulnerabilidad.

Lecciones internacionales

Por último, resulta fundamental considerar las enseñanzas que se extraen de la experiencia comparada de otros países que han avanzado en la identificación y abordaje de las desigualdades en movilidad. Este análisis internacional permite situar el fenómeno en perspectiva, contrastar enfoques y reconocer patrones en el diseño de políticas públicas eficaces.

Una primera lección es que los países que han logrado avances más consistentes son aquellos que han adoptado estrategias integrales y coordinadas.

En segundo lugar, la evidencia señala que la acción multinivel es determinante. Las

administraciones locales y regionales suelen ser las más eficaces en el diseño de soluciones adaptadas a las necesidades reales de la población, ya que conocen mejor las características territoriales y sociales de sus áreas de actuación.

En Europa, varios Estados miembros han desarrollado instrumentos que abordan distintas dimensiones de la vulnerabilidad en movilidad, aunque no siempre bajo una estrategia formalmente denominada «pobreza de transporte».

- Alemania, por ejemplo, ha impulsado medidas de asequibilidad mediante abonos nacionales de transporte público a tarifa reducida, combinadas con financiación federal a los Länder para reforzar redes regionales.



- Francia ha desarrollado políticas tarifarias sociales y mecanismos de apoyo a hogares con bajos ingresos, además de integrar la dimensión territorial en su planificación de servicios públicos de transporte.
- En Italia, distintas regiones han implantado descuentos específicos para colectivos vulnerables, personas mayores, estudiantes o personas con discapacidad, junto con programas de refuerzo del transporte local en áreas menos densas.
- Países Bajos y Bélgica han avanzado en la coordinación multinivel y en sistemas integrados de transporte público que priorizan la accesibilidad territorial, incorporando también soluciones flexibles en entornos rurales.
- Los países nórdicos, como Suecia y Finlandia, destacan por integrar la movilidad en marcos más amplios de bienestar social, garantizando servicios básicos

en territorios dispersos mediante subsidios estructurales.

- En Irlanda, se han reforzado servicios rurales y se han desarrollado programas específicos para mejorar la conectividad de comunidades periféricas.
- Modelos como transporte comunitario en el Reino Unido, EE. UU. y Australia, orientados a personas mayores, con discapacidades o en territorios remotos, muestran beneficios sociales y son ejemplos de medidas que conectan movilidad con inclusión social.

Reflexión final

La pobreza de transporte pone de manifiesto una realidad ineludible: la capacidad de desplazarse no está distribuida de forma equitativa en el territorio ni entre los distintos grupos sociales. Allí donde la movilidad depende casi exclusivamente del vehículo privado, donde los tiempos de desplazamiento se alargan o donde el coste del

transporte absorbe una parte significativa del presupuesto familiar, el acceso a oportunidades se ve limitado.

El diagnóstico para el caso español apunta a que no se trata de un problema puntual ni coyuntural, sino estructural. Surge de la interacción entre modelo territorial, configuración del sistema de transporte y desigualdades socioeconómicas.

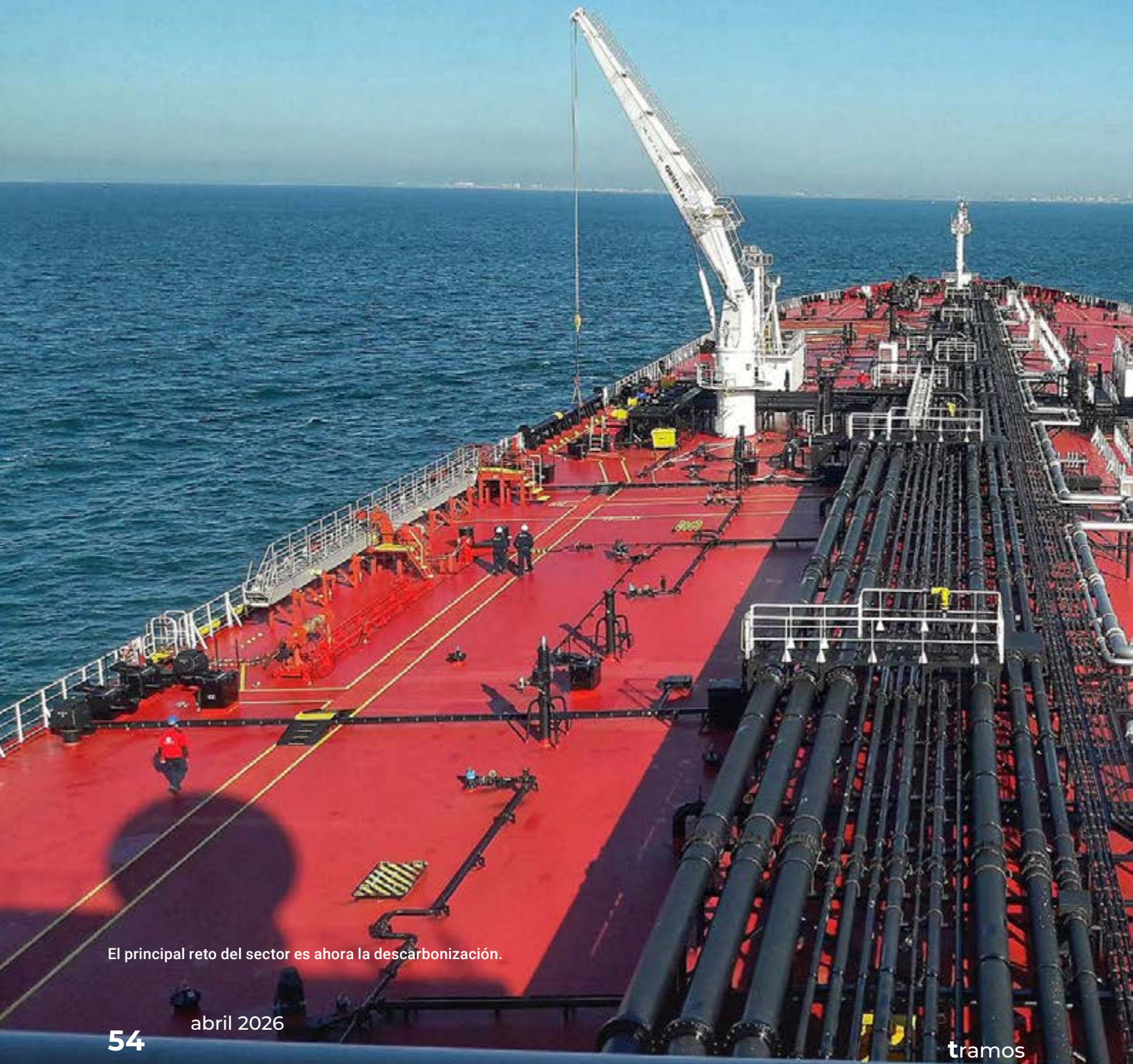
En el actual contexto de transición ecológica, esta cuestión adquiere una relevancia estratégica adicional. La descarbonización del transporte constituye un objetivo imprescindible desde el punto de vista ambiental, pero su implementación debe ir acompañada de medidas que garanticen la equidad social. De lo contrario, existe el riesgo de que los costes de la transformación recaigan de manera desproporcionada sobre los colectivos y territorios más vulnerables. ■

Conectividad rural en Irlanda. Fuente: Local Link Network Transport for Ireland.



La larga historia de la propulsión marítima
y el desafío de un futuro sin carbono

Navegando la transición



El principal reto del sector es ahora la descarbonización.



La navegación ha evolucionado desde las primeras embarcaciones sumerias hasta la propulsión diésel actual, permitiendo el desarrollo del comercio global. Hoy el sector afronta su mayor reto: la descarbonización antes de 2050. Aunque se estudian combustibles alternativos como hidrógeno, amoniaco o metanol, su madurez tecnológica es limitada, por lo que el gas natural emerge como solución transitoria. España, y en particular Tenerife, han avanzado en este suministro. Pese a la incertidumbre sobre la tecnología futura, el sector trabaja para garantizar un transporte marítimo sostenible, seguro y eficiente.

- **Texto:** José Antonio Conde González, capitán marítimo de Tenerife, DGMM

Cuando la humanidad

comenzó a registrar mediante lenguaje escrito transacciones comerciales, esto es en los albores de nuestra historia, una persona en la antigua Sumeria escribía el poema *La epopeya de Gilgamesh* —primer texto literario conocido, cuya referencia más antigua data del III milenio a.C.— y decidió introducir un capítulo en el que se hacía referencia a un diluvio y una tarea asignada a Utnapshtim, construir una nave en la que resguardar a su familia y ganado. El mandato divino que recibió el sumerio incluía referencias claras sobre el tamaño de la nave y el proceso constructivo, así como para su propulsión mediante el uso de pértigas.

La inclusión de una embarcación como elemento salvavidas para la humanidad en un texto literario tan antiguo da una idea de la importancia que aquella sociedad otorgaba a estos vehículos. No solo les servían de instrumentos para facilitar el comercio con otras sociedades, sino que, ya desde tan antiguo, los barcos eran vistos como objetos en los que se producían fascinantes aventuras y, desde entonces, esta conexión ha sido una constante literaria. Hoy el sector marítimo pone su proa, una vez más, a un mar de procelosas aguas y cubierto por una niebla de incertidumbre que parece desvelarse tenuemente.

El arca del sumerio utilizaba la fuerza humana para propulsar la embarcación mediante el uso de pértigas. Esta tecnología limitaba mucho su autonomía y capacidad

de carga. El primer salto tecnológico importante se produjo siglos después de la escritura de este texto. En el Egipto gobernado por los faraones, sobre el año 2500 a. C., se introdujo la vela como sistema de aprovechamiento de la fuerza del viento para la propulsión de buques. Utilizando esta innovación, combinada aún con la propulsión humana, se navegó el Mediterráneo en la antigüedad e, incluso, se trascendió de sus límites geográficos durante la Edad Media. Ulteriormente, la vela fue la propulsión que permitió la Era de los Descubrimientos de los siglos XIV y XV, lideradas por portugueses y españoles. Permitted el comercio —y la guerra— entre sociedades más distantes y, con ello, el intercambio cultural y tecnológico que hizo avanzar drásticamente a las sociedades.



La navegación ha sufrido una importante evolución, lo que ha permitido el comercio global.

La vela como medio de propulsión de buques perduró más de 40 siglos, pero lo más sorprendente es que convivió con la propulsión humana hasta el siglo XVI aproximadamente. Es muy popular la frase de «mandar a alguien a galeras» que proviene del castigo impuesto a los galeotes, delincuentes condenados a servir como remeros en las galeras (barcos de vela y remo), un tipo de buques que se utilizaron en la batalla de Lepanto (1571).

La Revolución Industrial conllevó la mejora de la tecnología del vapor pasando a ser fuente de energía para las distintas industrias. Al sector marítimo llegó a mediados del siglo XIX con los primeros buques que utilizaban carbón para alimentar las calderas que generaban el vapor requerido por las máquinas. La introducción de esta innovación propulsiva conllevó la aparición de nuevos mercados dominados por los 'buques de línea-*liner ships*', que combinaban la carga de mercancías con el transporte de pasaje, surcando mares y océanos. La fiabilidad de esta tecnología que permitía conocer la duración de la travesía con un alto grado de certidumbre supuso un impulso para el comercio internacional, pasando de los 20 millones de toneladas transportadas en 1840 a los 140 millones en 1887 —*Maritime Economics*, Stopford, Martin. 2009—.

En el año 1912 se botaban dos buques de línea trascendentales en la historia del transporte marítimo. El primero de ellos el célebrísimo Titanic que en su primera travesía de Europa a América colisionó con un iceberg, hundiéndose en mitad del océano. Más allá de la relevancia que en el imaginario colectivo tuvo este hecho, bien reflejado en la literatura y en el cine, supuso el espolero necesario para la producción de normativa

en materia de seguridad marítima en el ámbito internacional. Ese mismo año, la naviera danesa East Asiático Company ponía en servicio el buque Selandia propulsado por motores diésel, considerado el primer buque de navegación oceánica en montar esta nueva propulsión. Este salto tecnológico

permitía un aumento de la capacidad de carga y una mayor fiabilidad en el transporte marítimo. Se podría pensar que estas ventajas permitirían sustituir rápidamente a las anteriores tecnologías, pero los barcos de vela surcaron los mares hasta principios del siglo XX y el vapor se utilizó en buques de línea



El gas natural se presenta como una solución, al menos, transitoria.

hasta la década de los 60 de modo más o menos común.

Cabe remarcar que más del 80 % del comercio internacional se realiza por vía marítima, pero, sin embargo, solo produce un 2,5 % de las emisiones totales antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI), propulsándose principalmente por motores diésel. Pero una introducción histórica facilita el contexto del reto que afronta el sector marítimo y que, por ahora, no se ha resuelto.

No resulta sorprendente que el principal reto que afronta el sector sea la descarbonización, puesto que es el mismo que transversalmente afrontan todos los sectores industriales. A pesar de la gran eficiencia del transporte marítimo, el legislador europeo e internacional ha marcado una senda para la neutralidad de emisiones compleja y con un candelario estricto, incluyendo la desincentivación económica del uso de combustibles fósiles. El objetivo es conseguir la neutralidad de emisiones para el año 2050, con importantes reducciones

de emisiones como hitos intermedios. Esta tarea resulta imposible de alcanzar manteniendo el uso de combustibles fósiles y aplicando sistemas de mejora de eficiencia energética, por lo que la única alternativa es el uso de nuevos combustibles cuya intensidad carbónica, desde la producción hasta su uso —*well-to-wake*, del pozo a la estela—, sea neutro o mínimo. Esto es, el sector afronta un nuevo salto tecnológico para su propulsión y el plazo es tremendamente más exigente que los anteriores.

La industria contempla ya varias alternativas de combustibles que le permitirían cumplir con los retos impuestos, entre ellos destacan el hidrógeno, el amoníaco, el metanol, los biocombustibles y los combustibles renovables de origen no biológico (RFNBO). Dependiendo del método de producción, todas estas alternativas ayudarían a alcanzar el objetivo marcado. Si bien, estos combustibles alternativos presentan importantes inconvenientes: elevadas emisiones durante su producción —salvo que se utilicen

fuentes renovables para ello—; baja densidad energética que provocaría un detrimento en la autonomía o en la capacidad de carga; escasa madurez tecnológica para su uso a bordo; y falta de normativa internacional que permita su uso seguro. Además, algunos de estos combustibles presentan elevados riesgos en su manipulación. Un claro ejemplo de esto es la elevada toxicidad del amoníaco, por lo que se requiere experiencia para producir una norma que permita su uso de modo seguro y económicamente aceptable.

A pesar de que el 'estado del arte' está en una fase inicial aún, no han cambiado el rigor de los plazos marcados, ni se aliviará la penalización por la no disminución de la intensidad carbónica. Sin embargo, el sector no ha dado la espalda al reto y plantea una solución de transición, el uso del gas natural como combustible. Este combustible permite utilizar un recurso fósil abundante que con su uso se reduce en torno al 25 % la intensidad carbónica —ya hay disponibilidad



El objetivo es garantizar un transporte marítimo sostenible, seguro y eficiente.

bioGNL con un impacto menor de emisiones—. Además, dispone de un marco normativo establecido claro y su tecnología tiene un grado de madurez suficiente.

Hoy la flota mundial que utiliza el GNL como combustible apenas supera el 1 % del total (unos 1400 buques), pero atendiendo a las nuevas construcciones que están ya contratadas o en fase constructiva, casi el 25 % de éstas prevén el uso de combustibles alternativos y la mitad de ellas usarán GNL. En España, según publica GASNAM —plataforma que impulsa el transporte sostenible—, el suministro de GNL se ha cuadruplicado en los últimos dos años. Solo en 2025 se suministraron casi 900 000 m³ de este producto en puertos españoles a buques para su propulsión, y todas las tendencias indican que seguirá su crecimiento.

En la España peninsular todos los puertos están a unos 300 kilómetros de una planta regasificadora, facilitando así enormemente la operativa al disponer del recurso y el almacenamiento a distancias

relativamente cortas. Por tanto, los puertos españoles están especialmente bien posicionados para dar este servicio. El caso de Canarias es particular, puesto que no hay ninguna planta cercana, ni capacidad de almacenaje. Aun así, en el puerto de Santa Cruz de Tenerife se dio el primer suministro de GNL buque a buque (*ship-to-ship* o STS) comercial de España, en diciembre de 2018. ¿Cómo pudo ser esto posible? Gracias al impulso que el sector del crucero dio para mejorar su huella ambiental, a la determinación y valentía de la Autoridad Portuaria y a la garantía de seguridad que la Capitanía Marítima de Tenerife impuso en el procedimiento. Fue un trabajo arduo y complejo, puesto que estos nuevos combustibles suponen nuevos riesgos a evaluar, pero fue un caso de éxito. En el año 2025, se suministraron cerca de 37 000 m³ de GNL a cruceros en el puerto de Santa Cruz de Tenerife.

Resulta evidente que el futuro del avituallamiento de combustible a buques no debe ser un épico proceso que deje exhausto tanto

al sector privado como público poniendo en riesgo de rotura la imprescindible puntualidad de la cadena logística. Para vencer posibles renuencias y trabas administrativas, desde la Secretaría General de Transporte Aéreo y Marítimo se ha encomendado la redacción de un pliego modelo para facilitar el suministro de nuevos combustibles, empezando por el GNL. En este proyecto participan Puertos del Estado, la Dirección General de la Marina Mercante y el sector privado representado por GASNAM. Gracias a la experiencia acumulada, los puertos de Tenerife, Barcelona y Algeciras y sus respectivas capitanías marítimas han liderado la redacción de las bases que concierne al suministro STS.

La resistencia del armador a no reducir la intensidad carbónica de su servicio conllevará una penalización económica. La Organización Marítima Internacional no ha podido avanzar aún en esta vía, se ha dado de plazo hasta el 2026, pero la Unión Europea previó que desde el 2025 el tráfico marítimo que opere en Europa participe de un comercio de derechos de emisión, los conocidos ETS. España, como primer país por escalas de buques de Europa, recaudará una buena parte de dichos derechos y, de acuerdo con el plan de descarbonización aprobado el pasado noviembre, se repercutirá al sector con subvenciones por un importe de 250 millones de euros para financiar su descarbonización, controlándose por la Dirección General de la Marina Mercante y Puertos del Estado.

En concreto, en un ámbito más doméstico como es el transporte marítimo interinsular canario, existe un sector muy dependiente del combustible fósil y con escasas posibilidades de cambios debido a la realidad insular. No existen plantas



de regasificación cercanas y hay nula capacidad de almacenaje, por lo que a los armadores no les resultará sencillo cumplir con el objetivo. Ciertamente es que Canarias disfruta de una moratoria de cumplimiento de determinadas normas hasta 2030, pero el transcurrir del tiempo es inexorable y la descarbonización es imprescindible. Como también lo es garantizar un transporte que cohesione el archipiélago dentro de unos costes asumibles. Es un lugar en el que hay mucho trabajo por hacer, lo que requiere de un impulso de todos los que participan en el sector.

El ámbito del transporte marítimo vive un momento de enorme incertidumbre debido a este cambio sustancial que debe afrontar desconociendo cual será la tecnología que acabe imponiéndose. Algunos expertos apuestan por un futuro de diversidad de productos, algo que choca con la historia del sector. Al final, siempre acaba triunfando una solución sobre las demás cuando esta alcanza un grado de madurez adecuado y los operadores comprueban la mejora de la eficiencia. Admitiendo la imposibilidad de conocer el futuro, parece evidente que habrá un periodo de transición donde coexistan multitud de combustibles con la consiguiente complicación en las cadenas de suministro y la necesidad de ocupación de territorio para el almacenaje.

Es seguro que el sector marítimo, siguiendo el camino marcado por Utnapshtim, tendrá éxito en cumplir con el mandato recibido. La trascendencia para la economía mundial, para la conectividad de los territorios aislados, así como la gran resiliencia que siempre ha demostrado permitirá que se aclare el futuro de la propulsión cumpliendo con los objetivos de descarbonización. ■



España ha avanzado en los últimos años en el suministro de gas natural a los buques.



Comprometidos con el Cielo Digital Europeo

ENAIRE, líder en investigación industrial

The screenshot displays a complex air traffic control interface. At the top, a digital clock shows the time 17:09:28. Below it is a table of flight information with columns for STNO, EOBT, E, TOBT, CTOT, TSAC, ASRT, DEST, PD, SID, CFL, CSSR, S, R, and TTOT. The table lists various flights with their respective details. Below the table is a map of the airport layout with various taxiways and runways. A small window in the bottom right of the map area contains the text 'INDICATIVO ORIG DEST' and a 'BORRAR' button. The background of the interface is a blurred view of the airport at night.

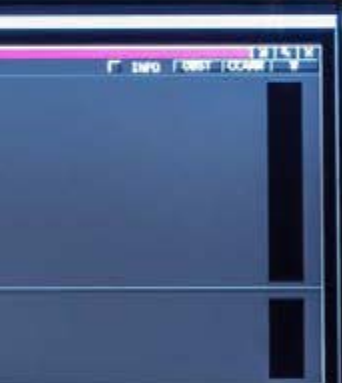
STNO	EOBT	E	TOBT	CTOT	TSAC	ASRT	DEST	PD	SID	CFL	CSSR	S	R	TTOT
276	1700	M	1710		1713		LFPG	25L	OKABI3Q	060	5374	I		1724
412	1715	M	1707		1714	1714	LEPA	25L	LARPA4Q	060	4454	I		1722
256	1715	M	1715		1715		EDDM	25L	AGENA4Q	060	5376	I		1725
254	1720	C	1720		1720		LKPR	25L	AGENA4Q	060	5540	I		1730
120	1705	C	1725		1725		EGSS	25L	NATPI1Q	060	5362	I		1742
236	1725	C	1725		1725		EGKK	25L	NATPI1Q	060	5373	I		1735
210	1725	C	1725		1725		GMMX	25L	LOTOS4Q	060	0432	I		1738
103	1700	C	1730		1730		EGSS	25L	NATPI1Q	060	5371	I		1747
200	1735	C	1735		1737		LEMD	25L	SENTA4Q	060	6347	I		1749
220	1745	E	1735		1738		GMMX	25L	LOTOS4Q	060				1750
272	1745	P					LEPA	25L	LARPA4Q	060				
268	1745	P					EDDF	25L	DALIN3Q	060				
24	1745	P					LFSB	25L	DALIN3Q	060				
224	1740	P					LEAL	25L	LOTOS4Q	060				
258	1745	P					EBBR	25L	OKABI3Q	060				
24	1745	P					LROP	25L	VERSO4Q	060				

Torre de control del Aeropuerto Josep Tarradellas Barcelona-El Prat.

ENAIRE continúa en 2026 trabajando por la modernización del espacio aéreo europeo a través de una gestión más digital con la participación en 12 proyectos de los que liderará dos. El programa de investigación en gestión de tráfico aéreo SESAR, pilar de la Unión Europea para desarrollar el Plan Maestro ATM, con apoyo de

la industria y los países miembro, impulsa el trabajo de los proveedores de servicios de navegación aérea como ENAIRE. La entidad, socia fundadora de la empresa común SESAR 3 JU que articula estos proyectos, renueva su compromiso con la colaboración y el avance del Cielo Digital Europeo.

- Texto: Alejandro Muñiz Delgado, periodista de ENAIRE



¿Qué es el programa SESAR?

El programa SESAR, del inglés *Single European Sky ATM Research*, es la iniciativa tecnológica clave de la Unión Europea para modernizar la gestión del tráfico aéreo (ATM). Su objetivo es desarrollar soluciones que permitan un cielo europeo:

- Más seguro.
- Más eficiente.
- Más sostenible.
- Más digitalizado.
- Capaz de integrar nuevas formas de movilidad aérea (drones, eVTOL, U-Space).

SESAR se articula en fases sucesivas de investigación, validación y despliegue, alineadas con el Plan Maestro Europeo de ATM, la hoja de ruta que guía la transformación del sistema de navegación aérea en Europa.

Desde 2021, la iniciativa se desarrolla bajo la estructura SESAR 3 Joint Undertaking, la empresa común que impulsa el concepto de Digital European Sky, un ecosistema donde la automatización,

la virtualización y la inteligencia digital permiten gestionar un tráfico aéreo más complejo y diverso.

En 2026, la transformación digital del espacio aéreo europeo sigue avanzando con paso firme. La convocatoria 2025 del programa Digital European Sky, gestionado por la SESAR 3 Joint Undertaking (SESAR 3 JU), anunció la selección de 42 nuevos proyectos de investigación e innovación en el marco de este programa, con una inversión total de más de 350 millones de euros aportados por la Unión Europea y la industria aeronáutica. Esta financiación impulsará una actualización digital del espacio aéreo europeo y reforzará la competitividad, la soberanía tecnológica y el desempeño ambiental del sector, así como una aceleración de la innovación en la gestión del tráfico aéreo.

El apoyo financiero procede de la UE a través del programa *Horizon Europe* y de contribuciones de la industria, y constituye uno de los primeros pasos para ejecutar el Plan

Maestro Europeo de Gestión del Tráfico Aéreo (ATM), la hoja de ruta adoptada en diciembre de 2024 para transformar el sistema aéreo europeo. Los proyectos seleccionados reúnen a entidades de 26 estados miembros de la UE y ocho países asociados, lo que subraya el carácter paneuropeo del programa y la diversidad de enfoques operativos, industriales y científicos implicados.

De ellos, 17 proyectos de investigación exploratoria (casi 24 millones de euros) analizarán conceptos innovadores como:

- Computación cuántica para optimizar trayectorias en tiempo real.
- Sensores cuánticos para navegación precisa.
- Modelos climáticos basados en inteligencia artificial.
- Sistemas automatizados de apoyo a la decisión e IA explicable para operaciones seguras.

También se abordará la integración de flotas mixtas integrando aeronaves convencionales, híbridas



Torre de control del Aeropuerto Seve Ballesteros-Santander.

y eléctricas, y el desarrollo de nuevas reglas de vuelo digitales para gestionar operaciones simultáneas de drones en el entorno U-Space.

Por su parte, 25 proyectos de investigación industrial (326 millones de euros) impulsarán elementos clave de la transformación del tráfico aéreo:

- Operaciones basadas en trayectorias.
- Automatización avanzada.
- Nuevos modelos de provisión de servicios ATM.
- Mayor resiliencia frente a interferencias GNSS.
- Mejora del rendimiento climático y la detección de conflictos entre drones.

Las iniciativas se seleccionaron tras una convocatoria en 2025 y una evaluación independiente, y su lanzamiento oficial se producirá una vez finalice la preparación de las subvenciones.

Los proyectos de investigación de ENAIRE

ENAIRE, entidad que es socia fundadora de la asociación público-privada SESAR 3 Joint Undertaking, mantiene firme su compromiso con la colaboración y el avance del Cielo Digital Europeo a través del programa de investigación e innovación SESAR, orientado a impulsar la transición hacia una Europa

más verde, climáticamente neutra y digital, así como a fortalecer la resiliencia y competitividad de la industria europea, generando un valor significativo para todos los participantes de la cadena de valor de la aviación.

En esta última convocatoria, ENAIRE ha sido adjudicataria de 12 proyectos, de los cuales liderará dos: RAXUS y SPARK. Esta selección la consolida como el proveedor de servicios de navegación europeo con mayor número de proyectos concedidos en la categoría de Industrial Research 2 (IR2). En el contexto del programa SESAR, 'IR2' se refiere a HORIZON-SESAR-2025-DES-IR-02, una convocatoria



Validación en instalaciones de CRIDA-ENAIRE.

de propuestas específica centrada en la investigación y validación industrial (IR) para la conectividad aire-tierra.

Estos proyectos, que está previsto arranquen a partir de junio de 2026, representan una parte sustancial del trabajo en investigación que ENAIRE llevará a cabo en los próximos años junto a sus socios de referencia como su filial de I+D+i CRIDA e Ineco. CRIDA participa con ENAIRE en nueve de las doce propuestas e Ineco en dos de ellas.

ENAIRE ha obtenido una financiación por valor de 3,5 millones de euros para esta adjudicación. Estos resultados refuerzan el papel de ENAIRE como actor clave en la modernización del cielo europeo y en la construcción del Digital European Sky.

La adjudicación de estos doce proyectos a ENAIRE en la

convocatoria 2025 del Digital European Sky confirma su liderazgo en innovación ATM y su compromiso con un espacio aéreo más digital, sostenible y preparado para los desafíos de la movilidad aérea del futuro. Con RAXUS y SPARK como proyectos emblemáticos, contribuye de forma decisiva a la evolución del programa SESAR y al desarrollo del cielo europeo del mañana.

Avanzando en detalle sobre los proyectos liderados por ENAIRE:

- **RAXUS:** digitalización avanzada para operaciones de drones RAXUS (*Risk-based Authorisation and eXecution in U-Space airSpaces*) se centra en transformar la forma en que se gestionan las autorizaciones de vuelo y las evaluaciones de riesgo SORA (*Specific Operational Risk Assessment*), tanto dentro como fuera del U-Space.

SORA es el método estandarizado de evaluación de riesgos operacionales que se utiliza en drones para determinar qué medidas de mitigación y nivel de seguridad son necesarios antes de autorizar una operación aérea específica. Por su parte, U-Space, es el conjunto de servicios digitales y procedimientos diseñados para gestionar de forma segura, eficiente y automatizada las operaciones de drones en espacio aéreo urbano y de baja altitud.

RAXUS tiene como objetivo desarrollar soluciones digitales para agilizar las operaciones de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) dentro y fuera de U-Space, mediante la automatización de las autorizaciones de vuelo y la integración de evaluaciones de riesgo alineadas con

Plataforma y torre de control del Aeropuerto de Tenerife Sur.



los estándares SORA y de evaluación de riesgos por área.

Permite flujos de trabajo casi automatizados desde la declaración de intención hasta la presentación del U-Plan, proporcionando evidencias estandarizadas y cuantificables para la aprobación regulatoria y ampliando la evaluación de riesgos a aspectos como la aceptación social, el ruido y el impacto visual en el ámbito de la movilidad aérea innovadora (IAM).

RAXUS también moderniza el proceso de planificación de vuelos en U-Space, sustituyendo la lógica de «primero en llegar, primero en ser atendido» por un sistema de autorización por fases basado en criterios de equidad, que concede permisos de forma progresiva y se adapta a las condiciones reales. Diseñado

para un despliegue rápido, el sistema da soporte a autoridades, proveedores de servicios U-Space (USSP) y operadores, facilitando operaciones U-Space eficientes, escalables y seguras.

Sus principales aportaciones contemplan:

- La digitalización y automatización de procesos críticos.
- Un nuevo modelo de planificación basado en equidad, no en orden de llegada.
- Inclusión de métricas de impacto social y ambiental.
- Facilitar la aceptación pública de la movilidad aérea innovadora.
- Aportar una solución escalable y de rápido despliegue para autoridades y proveedores USSP.

Estamos ante un proyecto clave para acelerar la integración

segura y eficiente de drones en el espacio aéreo europeo.

- **SPARK:** coherencia en la evaluación de prestaciones SESAR SPARK (*SESAR Performance Assessment, Reporting and Knowledgebase*) apoyará a la SESAR Joint Undertaking en la implementación del proceso de gestión del rendimiento de SESAR, garantizando la alineación entre las evaluaciones de desempeño procedentes de los proyectos de investigación e innovación y el Plan Maestro Europeo de ATM. Se asegurará que:
 - Las evaluaciones de los proyectos de I+D sean coherentes.
 - Los resultados se alineen con el Plan Maestro Europeo de ATM.
 - Se mantenga una visión integrada del rendimiento del sistema ATM europeo.

Dron en la sede corporativa de ENAIRE en Madrid.





Detalle de una pantalla de control aéreo.

Es un proyecto estratégico para garantizar que la innovación se traduzca en mejoras reales y medibles. Sus actividades incluyen, entre otros aspectos, la orientación y el aseguramiento de la calidad a través de comunidades de práctica en rendimiento operativo, seguridad, ciberseguridad, factor humano, medio ambiente, análisis coste-beneficio, digitalización,

experiencia del pasajero y U-Space.

Un poco de historia de SESAR

Echando la vista atrás al programa europeo de modernización de la gestión del tráfico aéreo, este ha evolucionado durante casi dos décadas hasta convertirse en una de las iniciativas tecnológicas clave de

la aviación en Europa. Impulsado por la Comisión Europea, el ecosistema SESAR articula la investigación, la validación y el despliegue operativo de soluciones destinadas a transformar el sistema ATM hacia un modelo plenamente digital, sostenible y resiliente.

En este marco, el programa SESAR se apoya en dos estructuras principales. Por un lado, la SESAR Joint Undertaking coordina la investigación y la innovación mediante partenariados público-privados que desarrollan tecnologías, conceptos operativos y estándares. Por otro, el SESAR Deployment Manager se encarga de trasladar esos avances al entorno operativo, gestionando la implementación coordinada en la red europea de navegación aérea. Ambas entidades funcionan como agencias instrumentales de la Comisión Europea para asegurar que la innovación se traduzca en beneficios reales para aerolíneas, proveedores de

Imagen desde la torre de control del Aeropuerto Seve Ballesteros-Santander.



servicios de navegación aérea, aeropuertos e industria.

De SESAR 1 al Digital European Sky, la evolución del programa puede dividirse en tres grandes fases:

- SESAR 1 (2008-2016)

Esta primera etapa estuvo centrada en la investigación y el desarrollo de los conceptos fundamentales que sentarían las bases del nuevo ATM europeo. Durante este periodo se trabajó en la gestión 4D de trayectorias, las torres remotas, la automatización avanzada y nuevos modelos de predicción y planificación del tráfico aéreo.

- SESAR 2020 (2016-2021)

La segunda fase estaba orientada a la validación y madurez operacional de las soluciones. Se avanzó en la integración inicial de drones, la optimización de rutas y eficiencia de vuelo, y en el desarrollo de la interoperabilidad y la digitalización del sistema.

- SESAR 3: Digital European Sky (2021-2031)

La etapa actual, conocida como Digital European Sky, representa el salto más ambicioso en la modernización del tráfico aéreo europeo. Su objetivo es avanzar hacia un cielo totalmente digital, conectado e interoperable que permita optimizar la gestión del espacio aéreo, aumentar la capacidad operativa, reducir emisiones y reforzar la seguridad y resiliencia del sistema ATM. Esta iniciativa se alinea con la estrategia del *Single European Sky*, orientada a superar la fragmentación del control aéreo en Europa mediante la digitalización y la coordinación entre estados.

Para lograrlo, el programa impulsa la integración de la movilidad aérea avanzada y de las operaciones tripuladas y no tripuladas, junto con el despliegue de tecnologías clave como la inteligencia artificial,

la automatización y los servicios virtualizados. Entre sus principales líneas de actuación destacan la virtualización de servicios ATM, el desarrollo de plataformas digitales comunes, redes de datos seguras, la integración de U-Space para el tráfico de drones y proyectos de investigación centrados en ciberseguridad, interoperabilidad y coordinación operativa entre proveedores de servicios de navegación aérea.

La convocatoria de proyectos de 2025 se enmarca en esta última fase y prevé el inicio de nuevas iniciativas a partir de junio de 2026, condicionado a la firma de los acuerdos de financiación, conocidos como *Grant Agreements*. Con ello, Europa continúa consolidando una hoja de ruta que combina investigación, despliegue y regulación para liderar la transformación global de la gestión del tráfico aéreo. ■

Plataforma del Aeropuerto de Valencia.



**La protección de los
profesionales aeronáuticos frente a las
medidas contrarias a la Cultura Justa**

Por un cielo justo

La modificación del artículo 50 de la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea, llevada a cabo por la Ley 8/2025, de 29 de septiembre, junto a la modificación de la misma ley en 2011, sitúa a nuestro país a la vanguardia de la protección de los profesionales aeronáuticos en la aplicación de los principios de Cultura Justa.

- **Texto: Alejandro Roldán Aguilar,**
coordinador de Ordenación
y Normativa Aeronáutica, DGA

¿Qué es la Cultura Justa?

El concepto de Cultura Justa o Just Culture se utiliza en factores humanos en relación con el funcionamiento interno de las organizaciones y sus empleados. Su origen no está en el seno de las instituciones u organismos públicos o privados relacionados con la Administración de Justicia o cualesquiera otras áreas de práctica del derecho, sino que nació en el ámbito de la aviación civil.

Su punto de partida suele situarse en los trabajos del profesor británico de psicología de la Universidad de Manchester James Tootle Reason (1 de mayo de 1938–4 de febrero de 2025), por su publicación en 1997 de su obra titulada *Managing the Risks of Organizational Accidents*, donde ahondó en una perspectiva sistémica de la gestión de la seguridad operacional.

Reason planteó que la mayoría de los errores humanos o «errores honestos», es decir, aquellos en los que no se despliega una

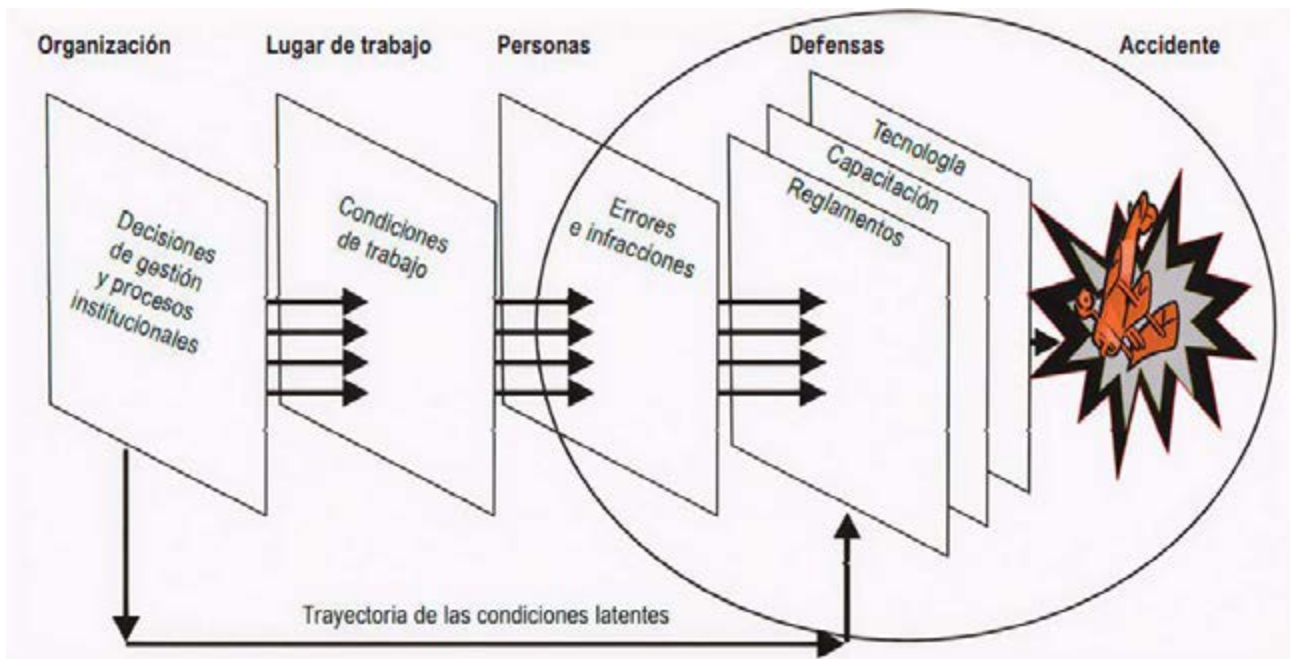
negligencia grave (lo que en la Roma antigua se conocía como «culpa lata») o una voluntad destructiva, y que se cometen en la aviación civil, no siempre traen como causa única y exclusiva el error de quien ejecuta materialmente la acción, omisión o decisión errónea –y que da como resultado un accidente o incidente–, sino que la mayoría de los accidentes e incidentes se pueden remontar a uno o más de los siguientes dominios:

- **Influencias de la organización:** como decisiones empresariales o de los órganos de dirección tales como el incremento de la carga de trabajo, la adecuación de los recursos humanos, su selección, formación y bienestar social.
- **Carencias en la supervisión.**
- **Encuentro de condiciones previas:** como fallo de los sistemas de funcionamiento principales, personal de vuelo fatigado –incluso por causas ajenas al trabajo–, prácticas de comunicación inadecuados, condiciones visuales o atmosféricas adversas, etc.

- **Actos humanos específicos.**
- **Fallos en las defensas o sistemas de prevención de errores.**

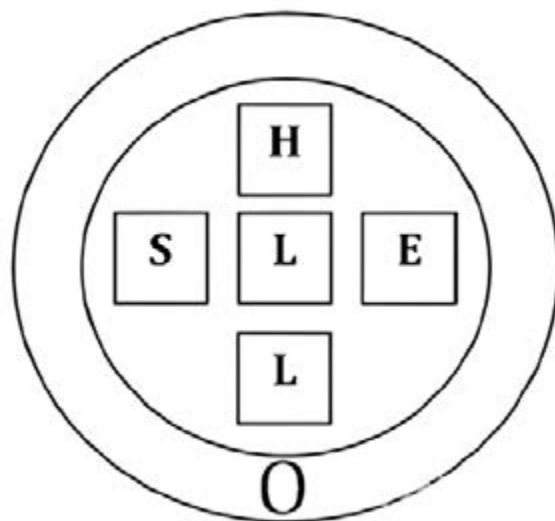
Por lo que, quien finalmente ha llevado a cabo la acción, omisión o decisión errónea y que ha resultado en un accidente o incidente, normalmente vendrá precedido de una serie de circunstancias previas y ajenas a su función que, silenciosamente –esto es, sin producir aún el resultado–, han contribuido necesariamente en su producción. Estas dinámicas suelen ser representadas con las rebanadas de un queso suizo agujereadas puestas unas sobre otras: las circunstancias que producen el accidente van pasando por los agujeros de cada una de las rebanadas de seguridad, hasta que finalmente queda una mínima porción no cubierta por ninguna, lo que resulta en la producción del accidente o incidente.

Siendo así, no parecía muy lógico descargar toda la atribución del accidente o incidente de aviación única y exclusivamente en la persona que realizó la acción, omisión o que tomó la decisión final, cuando



Modelo de «queso suizo» de James Reason (1997).

S = Software – Soporte lógico (procedimientos)
 H = Hardware – Soporte físico (sistemas técnicos)
 E = Environment – Entorno
 L = Liveware – Elemento Humano
 O = Organization – Organización



Modelo SHELL-O.

esta actuó acorde con su experiencia y capacitación, máxime si le precedieron fallas en las decisiones o hechos anteriores que estaban fuera de su control.

Por otra parte, James Reason observó que el descargar toda la atribución en el empleado impediría una mejora significativa de la seguridad aérea, pues el personal aeronáutico llamado a notificar (pilotos, controladores aéreos, técnicos de fabricación o de mantenimiento de aeronaves o de componentes, etc.) preferirían –lógicamente– no comunicar ningún error, aun cuando no hubiera causado aún un accidente, para no ser reprendido por ello por su organización. Un hecho que impediría la identificación de eventuales problemas de seguridad de forma anticipada a la producción del futuro accidente.

Ante eso, James Reason propuso la introducción en las organizaciones de aviación civil de una cultura en la que no se castigase a los operadores y demás personal de primera línea por sus acciones, omisiones o decisiones cuando éstas fueran acordes con su experiencia y capacitación, pero en la cual no se tolerasen las negligencias graves, las infracciones intencionadas, ni los actos destructivos.

Esta idea surgió como una actitud proactiva, dirigida a empoderar al personal empleado para que

proceda a reportar errores honestos. Así, y por un bajo coste, se produce un incremento considerable en la seguridad de los servicios, enfocada al sistema (no a la persona) y sobre la que se pueden obtener las mejores prácticas.

No obstante, hay que señalar que James Reason no partió de cero a la hora de hacer su análisis. Ya en 1972, Elwyn Edward había planteado el **modelo SHELL** (Software, Hardware, Environment, Liveware). Un modelo conceptual de factores humanos que ayuda a aclarar la ubicación y la causa del error humano dentro de un entorno de aviación, poniendo énfasis en el ser humano y sus interfaces con otros componentes del sistema de aviación. De este modo, el modelo SHELL ya diseñó una perspectiva de sistemas que sugiere que el ser humano rara vez es la única causa de un accidente.

Así, este modelo fue propuesto formalmente como modelo conceptual de Factores Humanos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) en su Circular 216-AN31 (*Compendio sobre Factores Humanos n.º 1: Conceptos fundamentales sobre Factores Humanos*) publicada en 1989 y que incluye una serie de documentos técnicos destinados a mejorar la seguridad operacional mediante el estudio del comportamiento

humano para evaluar las interacciones complejas entre el componente humano de un sistema y su entorno operacional. Una versión actualizada de este modelo incluye también los factores relativos a la organización como parte del sistema (SHELL-O).

Asimismo, también se han concebido otras aproximaciones a esta problemática, como el modelo de análisis de errores humanos de Jens Rasmussen o **modelo SRK**, centrado en analizar las causas del error humano. En concreto, diferenciando entre errores basados en habilidades (Skills), errores basados en reglas (Rules), o errores basados en conocimiento (Knowledge). Lógicamente, estos planteamientos sobre Factores Humanos van íntimamente unidos al Sistema de Gestión de Seguridad aérea que deben tener implantadas buena parte de las organizaciones que operan en el ámbito de la aviación civil (operadores aéreos, organizaciones de producción y de mantenimiento, proveedores de servicios de navegación aérea, etc.), ya que permite al personal de primera línea notificar los errores que detecten.

Hoy en día, el concepto de Cultura Justa viene recogido expresamente en la normativa de la Unión Europea desde el año 2014 (Reglamento n.º 376/2014, relativo a la

notificación, análisis y seguimiento de sucesos en la aviación civil), definiéndola en los siguientes términos:

12) «Cultura Justa»: aquella en la que no se castigue a los operadores y demás personal de primera línea por sus acciones, omisiones o decisiones cuando sean acordes con su experiencia y capacitación, pero en la cual no se toleren la negligencia grave, las infracciones intencionadas ni los actos destructivos.

Tras su éxito en el sector aéreo, el concepto de Cultura Justa y su enfoque está siendo paulatinamente implantado en otros ámbitos, como en el de la seguridad nuclear, la seguridad ferroviaria o en relación con la praxis sanitaria.

La protección de la Cultura Justa en la normativa española

A nivel normativo y, en particular, en el ámbito administrativo, los principios de la Cultura Justa están protegidos tras la entrada en vigor de la Ley 8/2025, de 29 de septiembre, que ha modificado la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea (LSA), en particular su artículo 50, para «reforzar la protección de los profesionales aeronáuticos frente a medidas contrarias a la Cultura Justa y atender a lo previsto en la normativa europea», como figura en su exposición de motivos.

Esta propuesta normativa tuvo su origen en el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, en concreto, en la Agencia Estatal de Seguridad Aérea y en la Dirección General de Aviación Civil, y para cuya tramitación se llevaron a cabo varios procesos de consultas con el sector. Tras su aprobación, se procedió a modificar el artículo 50 de la Ley 21/2003 de modo que con ello ha quedado garantizada la



Sede de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA).



Fachada del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

máxima protección de los profesionales aeronáuticos frente a medidas contrarias a la Cultura Justa de cuya vigilancia se encarga la Dirección General de Aviación Civil.

Pero, además, no solo se garantiza a nivel normativo una fuerte

protección de los principios de la Cultura Justa del personal aeronáutico (pilotos, controladores aéreos, personal de producción, de mantenimiento o de formación, etc.), sino que esa misma protección también dotará a dicho personal de



Operario en pista.

confianza a la hora de actuar como héroes silenciosos que advierten de agujeros, fallas, errores y demás circunstancias, brindando una valiosa información para la mejorar la seguridad aérea y evitando así futuros accidentes de aviación y salvando vidas humanas.

Participación en el 9º Workshop sobre Just Culture

Con la finalidad de divulgar las medidas para la protección de la Cultura Justa y, en particular, las de ámbito

administrativo tras la entrada en vigor de la Ley 8/2025, la Dirección General de Aviación Civil ha participado en el 9º 'Workshop sobre Cultura Justa, Mundo judicial & aviación & Safety' organizado por la Asociación Profesional de Controladores de Tránsito Aéreo (APROCTA), junto con ENAIRE y el Colegio Oficial de Pilotos de la Aviación Comercial, (COPAC), y con la colaboración de otras entidades del sector. Tuvo lugar en el Centro de control de tránsito aéreo de ENAIRE en Las Palmas de Gran Canaria en noviembre



Cartel de las 9.ª Jornadas de Cultura Justa.

de 2025, y tuvo como objetivo analizar y compartir visiones sobre los «Retos de la Cultura Justa en la nueva Ley de Seguridad Aérea».

En la apertura se destacó la importancia de la Cultura Justa en el desarrollo de la aviación, y como un error pueda convertirse en una enseñanza que se puede compartir a nivel internacional. Se señaló también que la última frontera para la aplicación de la Cultura Justa está en el mundo judicial, en donde hay que dar a conocer esta materia, ya que la Cultura Justa protege y cultiva la confianza colectiva.

Asimismo, se recordó que ENAIRE aprobó sus normas internas en materia de Cultura Justa hace diez años y que esa política ha cambiado la forma de trabajar en la entidad. Además, se hizo hincapié en que la confianza de los trabajadores es fundamental porque la seguridad no se decreta, si no que se construye entre todos, algo para lo que la Cultura Justa es una brújula imprescindible.

También se puso de relieve como de los errores propios o ajenos se pueden obtener contribuciones a la seguridad operacional desde cualquier lugar de mundo para fomentar el carácter preventivo en la seguridad aérea. Asimismo, se destacó que cuando se notifica un suceso se está ejerciendo un acto de responsabilidad al mismo tiempo que se instó a la autoridad aeronáutica a actuar contra los incumplimientos de la Cultura Justa y a proteger al personal aeronáutico que notifica los sucesos.

Cabe destacar la intervención de la Dirección General de Aviación Civil con la exposición de las novedades en materia de Cultura Justa tras la entrada en vigor de la Ley 8/2025. Se mostraron comparativas de distintas partes del artículo reformado resaltando los cambios



Apertura de las Jornadas con el presidente de APROCTA, el director de Servicios de Navegación Aérea de ENAIRE y el decano del COPAC (de izquierda a derecha).



Momento de la presentación por parte de la Dirección General de Aviación Civil.

introducidos y cómo dichos cambios incrementan la protección de los profesionales aeronáuticos en relación con la Cultura Justa.

Por otra parte, la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, quien gestiona y centraliza el Sistema de Notificación de Sucesos, pudo poner de manifiesto mediante sus datos el incremento de seguridad que se produce como consecuencia de recibir miles de notificaciones de sucesos cada año.

Además, se expusieron casos reales por parte del personal técnico de ENAIRE y por el de COPAC; se ofrecieron propuestas para lograr una mejor implementación efectiva de la Cultura Justa; y, desde la propia APROCTA, se pusieron de relieve algunas de las medidas que están llevando a cabo para su promoción como: la organización de las propias jornadas, su participación en las tareas de Eurocontrol sobre la materia, su participación con el cuerpo de peritos, la realización de peritajes sobre sucesos, su participación en el curso de experto en Cultura Justa de Eurocontrol, así como la disposición del sistema APRONS para la notificación de sucesos –accesible a través de la página web de APROCTA–. Por último, expusieron

también las líneas generales sobre cómo se desarrollan los procesos internos tras la recepción de la notificación de un suceso: hechos, análisis, conclusiones y recomendaciones.

En definitiva, se pudo sentir la importancia de la Cultura Justa en todo el espectro sectorial aeronáutico, la estrecha colaboración existente entre organismos y la voluntad de seguir trabajando juntos para mantener un cielo seguro para todos, así como para garantizar un trato justo para los profesionales aeronáuticos. ■



Momento de la presentación por parte de Eurocontrol.



Momento de la presentación por parte de APROCTA.



Organizaciones y colaboradores participantes en las 9.ª Jornadas de Cultura Justa.

Conocimiento geográfico y cartografía en el Atlas Nacional de España

Mapas generales:



Mapa físico-político de España formado a escala 1:3 000 000.

pasado, presente y futuro



El Atlas Nacional de España (ANE) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), en colaboración con la Red ANEXXI, actualiza de manera periódica los temas que integran la obra *España en mapas: Una síntesis geográfica*. Recientemente se ha publicado el libro impreso correspondiente a la sección I, *Conocimiento geográfico y cartografía*. En su primer tema se presenta un recorrido histórico por las principales formas de representación de España y su territorio, desde las imágenes medievales hasta la cartografía digital contemporánea, junto con una visión del contexto institucional que sostiene la producción de información geográfica oficial. En un segundo tema se muestran cartografías generales de referencia a pequeña escala —de España y del ámbito supranacional— y cuestiones relacionadas con la toponimia y la normalización de nombres geográficos.

- Texto: Irene Calvo Alonso y Sergio Vera Trujillo, Atlas Nacional de España. Instituto Geográfico Nacional

La representación cartográfica

del territorio constituye una expresión fundamental del conocimiento geográfico de una sociedad en cada momento histórico. Los mapas no solo muestran espacios, límites o elementos físicos, sino que también reflejan avances técnicos, intereses políticos, necesidades económicas y formas de comprender el mundo.

El tema 1 de *España en mapas: Una síntesis geográfica* ofrece una panorámica histórica de las representaciones de España, desde la Edad Media hasta la actualidad, destacando la evolución técnica de la cartografía y el papel de las instituciones responsables de la información geográfica oficial.

Las primeras imágenes de la península ibérica se enmarcan en la tradición clásica transmitida por la *Geographia* de Ptolomeo. Durante la Edad Media convivieron estas herencias con representaciones simbólicas en las que la precisión geométrica era secundaria frente a su función didáctica o religiosa. A partir del siglo XIII, las cartas portulanas supusieron un avance decisivo en la representación del litoral mediterráneo, como la *Descriptio Secundae Tabulae Europae* o la carta portulana de Gabriel de Vallseca, gracias a la experiencia directa de los navegantes y al intercambio de información entre talleres cartográficos.

A partir del siglo XVI, la expansión marítima europea y el desarrollo de la imprenta transformaron la cartografía. La difusión de mapas impresos favoreció la estandarización de las representaciones y la circulación del conocimiento. Atlas



Tabula Moderna Hispanie. En: Claudio Ptolomeo, *Geografía*, Ulm, 1482. Biblioteca del Instituto Geográfico Nacional (IGN-0082845).



Hieronymus Cock, *Nova Descriptio Hispaniae*, Amberes, 1553. Biblioteca Nacional de España, MV/3.

elaborados por Ortelius, Mercator o Hondius, en los principales centros cartográficos europeos, incorporaron mapas de Hispania basados en fuentes anteriores, pero con mejoras en la forma y la orientación de la península y en la representación de la red hidrográfica y de los principales núcleos urbanos.

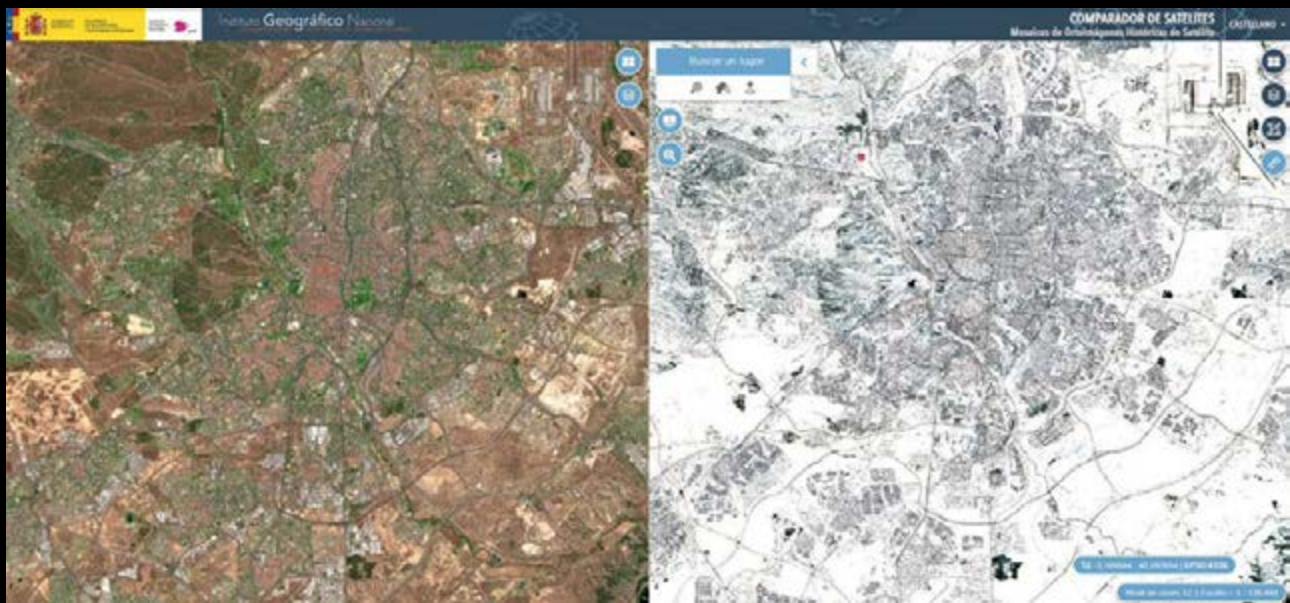
Durante los siglos XVII y XVIII, la Ilustración impulsó la elaboración de cartografía más científica, con mayor exactitud, no solo con fines militares o administrativos, sino también económicos y científicos. Destaca la figura de Tomás López, uno de los principales cartógrafos españoles del siglo XVIII, cuyos mapas, producidos a partir de



Jodocus Hondius, Hispaniae Nova Descriptio. En: Atlas sive Cosmographicae Meditationes de Fabrica Mundi. Ed. por Jodocus Hondius y Cornelis Claesz, Amsterdam, 1606, Biblioteca Nacional de España, MV/3.



Instituto Geográfico y Catastral. Escala 1:50 000, año 1968. Con esta hoja de San Nicolás de Tolentino (Gran Canaria) se completó la cobertura de España de la primera edición del Mapa Topográfico Nacional, casi un siglo después del comienzo de este proyecto en 1870. Biblioteca del Instituto Geográfico Nacional (A-17-1125a - ed1968nss-).



Comparador de imágenes de satélites; en la imagen de la derecha se muestra la borrasca Filomena (enero de 2021) en Madrid, 2024.

cuestionarios enviados a autoridades locales y de recopilación sistemática de información, supusieron un avance notable por mejorar la precisión del conocimiento territorial pese a la ausencia de una base geodésica consolidada.

El gran punto de inflexión llegó en el siglo XIX con la institucionalización de la cartografía en España. La creación en 1870 del Instituto Geográfico —antecedente del actual IGN— respondió a la necesidad de disponer de una cartografía homogénea y precisa. Su principal labor fue el levantamiento del Mapa Topográfico Nacional (MTN) a escala 1:50 000, desarrollado entre 1875 y 1968, que inauguró la cartografía moderna en España.

El MTN supuso la primera representación sistemática y homogénea de todo el territorio español apoyada en una red geodésica y en métodos de levantamiento rigurosos. Su elaboración permitió no solo mejorar el conocimiento del relieve, la hidrografía y las comunicaciones, sino también proporcionar un soporte fundamental para la

planificación de infraestructuras, la ordenación del territorio y la gestión administrativa.

La incorporación de la fotografía aérea en el siglo XX transformó de manera radical la producción cartográfica al acelerar los trabajos de actualización y mejorar notablemente la precisión de los mapas. Gracias a esta técnica se desarrollaron nuevas series, como el MTN a escala 1:25 000, que ofrece un mayor nivel de detalle y se ha convertido en una referencia esencial para numerosos usos técnicos y científicos. La cartografía pasó así a ser un producto dinámico, sometido a revisiones periódicas y capaz de reflejar los cambios en el territorio.

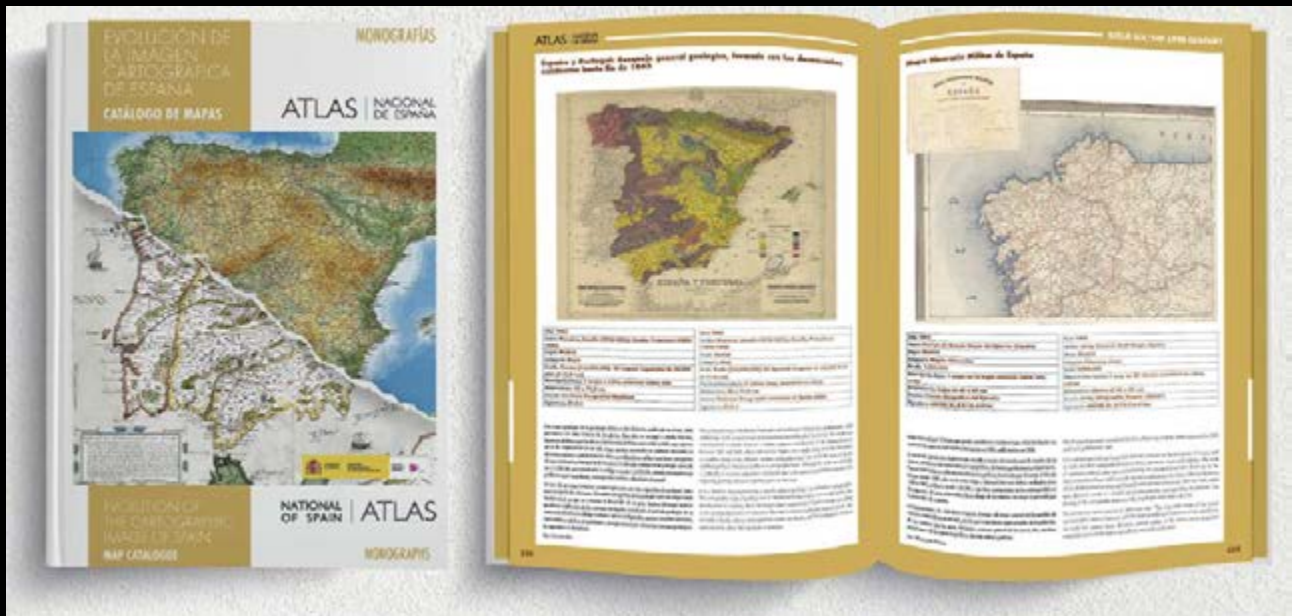
La llegada del siglo XXI introdujo nuevas transformaciones: geodesia espacial, sistemas globales de navegación por satélite, cartografía digital, imágenes de satélite, modelos digitales del terreno y visualizadores web, entre otros, que han generado nuevas formas de producir y difundir la información geográfica. Los mapas dejaron de

ser exclusivamente documentos impresos para convertirse en bases de datos geográficos accesibles en línea.

El ANE se integra plenamente en este nuevo paradigma. Junto a sus ediciones impresas, ofrece contenidos digitales y se conecta a visualizadores cartográficos. El IGN y el Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) actualizan de forma continua sus productos y los ponen a disposición pública de forma gratuita a través de servicios web y de un centro de descarga de datos.

Este conjunto de actividades se articula dentro del Sistema Cartográfico Nacional, que coordina la producción de cartografía oficial y garantiza la coherencia e interoperabilidad mediante estándares comunes. El Consejo Superior Geográfico ejerce una función esencial de coordinación técnica entre las distintas administraciones.

En la actualidad, múltiples organismos públicos producen información geográfica y elaboran cartografía especializada en función de



Portada e interior de la monografía *Evolución de la imagen cartográfica de España* del ANE (IGN, 2025).

sus competencias: medio ambiente, infraestructuras, riesgos naturales, planificación territorial, etc.

Además de los contenidos de la sección I, el ANE ha publicado la monografía *Evolución de la imagen cartográfica de España* que ofrece un análisis más detallado de las distintas etapas, técnicas y enfoques que han configurado la representación cartográfica del territorio nacional.

Del contexto mundial al marco continental

Dentro del ANE se elaboran diversas cartografías generales —a pequeña escala— que abarcan desde el ámbito mundial hasta el nacional. Estas cartografías se adaptan a distintos formatos y canales de difusión: documentos impresos, en soporte electrónico o a través de visualizadores web.

El tema *Cartografía general de referencia y toponimia* reúne mapas físicos y políticos del mundo y de Europa. Para los mapas mundiales se utiliza la proyección de Van der Grinten, complementada



Extracto del mapa físico del mundo formado a escala 1:82 350 000.



Extracto del mapa político del mundo formado a escala 1:82 350 000.

con proyecciones acimutales para las zonas polares. Está previsto adoptar la proyección Winkel-Tripel en próximas ediciones para lograr deformaciones más homogéneas. En los mapas de Europa se emplea la proyección cónica conforme de Lambert.

Los mapas físicos del mundo y de Europa representan las principales unidades del relieve continental, oceánico y costero, junto con las masas de agua continentales y marítimas. A ello se suma la representación de otras áreas geográficas, como regiones fisiográficas, zonas pantanosas y barreras de hielo.

En el mapa político del mundo se representan todos los países reconocidos por Naciones Unidas, junto con sus capitales, clasificadas en dos grupos según su población: aquellas que superan el millón de habitantes y las que no. En Europa, la mayor escala permite añadir ciudades de más de quinientos mil habitantes, por lo que se organizan en tres categorías: capitales hasta quinientos mil habitantes, ciudades o capitales hasta un millón de habitantes, y aquellas que superan el millón de habitantes.

Mapas generales en la página del Centro de Descargas.



Centro de Descargas

Instituto Geográfico Nacional
Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica

Español

Inicio
Catálogo
Buscador
Publicaciones
Ayuda
Noticias
Fecha 2024

🏠 Catálogo Productos / Mapas de España y del mundo / Mapas generales edición impresa



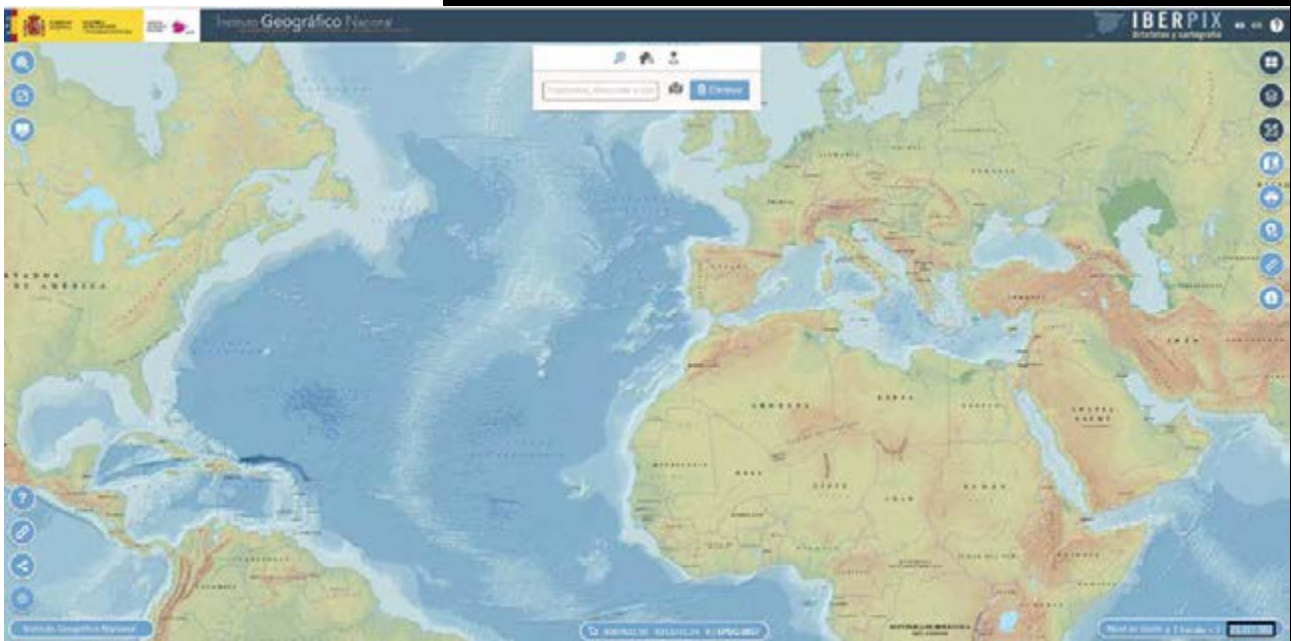


4.4 ★★★★☆ Valoraciones

Mapas que representan diversas regiones (principalmente España, Europa y el Mundo) a diversas escalas. Contienen información general sobre la ubicación y las características físicas y políticas de áreas geográficas. Suelen incluir elementos como fronteras políticas, ciudades principales, masas de agua, cadenas montañosas y otros detalles geográficos relevantes. Permiten obtener una visión global de las regiones representadas sin centrarse en un tema específico.

Algunos de los mapas que ofrecemos se sirven en la red del Activo Nacional de España.

Sistema de Referencia Geodésico:	ETRS89 y RECGANT5 en España, ETRS89 en Europa, y diversos sistemas compatibles con WGS84 y ETRS89 en el resto del mundo. Coordenadas geográficas longitud y latitud. Proyecciones diversas: las más habituales, Lambert, UTM y Van der Grinten. Algunos ficheros no tienen georreferenciación.
Unidad de descarga:	España, Europa, el mundo u otras áreas.
Formato:	Con georreferenciación (ECW, PRJ) o TFWS, sin georreferenciación (PDF, JPG).

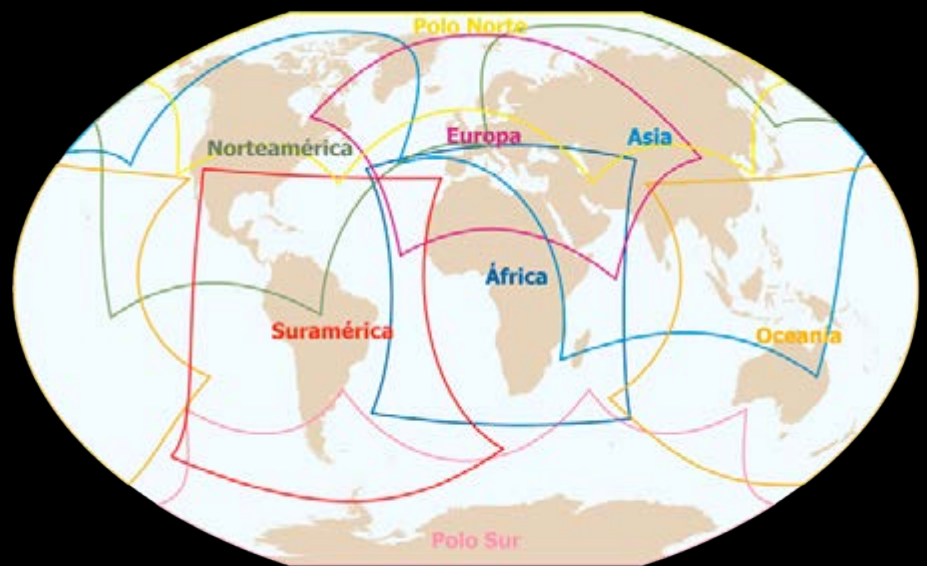


Cartografía del ANE en el servicio de cartografía ráster del visualizador IBERPIX.

Los mapas del tema 2 están disponibles para su descarga en el Centro de Descargas (<https://centrodedescargas.cnig.es>) del CNIG, dentro de los apartados *Mapas físicos y políticos de España* y *Mapas físicos y políticos del mundo*, donde se pueden encontrar también ampliaciones y otras versiones. También se pueden adquirir en los puntos de venta físicos o a través de la tienda virtual del CNIG (<https://www.cnig.es/home>).

El ANE produce asimismo cartografías híbridas físico-políticas diseñadas para visualizadores web, como las que se muestran en los primeros niveles de los servicios web de visualización de cartografía ráster del IGN (<https://www.ign.es/wmts/mapa-raster>), consultables a través del visualizador IBERPIX (<https://www.ign.es/iberpixmap/visor/>), cuya vista inicial es la de un mapa formado a escala 1:10 000 000 que se sustituye por un mapa de España formado a escala 1:3 000 000 a medida que se aumenta la escala de visualización.

Para la elaboración de cartografías supranacionales, se parte de una base de datos geográfica a escala 1:10 000 000 que sirve para producir varios mapas. Así, se está elaborando una serie de ocho



Distribución de las láminas continentales del ANE (proyecto cartográfico en ejecución).

láminas continentales que integran información física y política, adaptando tanto la proyección como el formato al tamaño y forma de cada continente en dicha escala. Además, los márgenes de cada lámina incorporan fichas con información complementaria de los países representados, lo que aporta un contexto geográfico adicional al contenido cartográfico.

España, país de contrastes

La representación cartográfica de España a escalas menores de 1:3 000 000 compete al ANE. El tema 2 incluye los mapas físico y político de España a dicha escala, elaborados con proyección cónica conforme de Lambert y sistema de referencia ETRS89 (Península y Baleares) y REGCAN95 (Canarias).



Extracto del mapa político de España formado a escala 1:3 000 000.

El mapa físico representa la orografía mediante tintas hipsométricas, sombreado del relieve, picos más destacados, rotulación de las unidades del relieve, ríos principales y embalses de más de 300 hm³. También incluye otra información de interés como son los parques nacionales y las principales comarcas geográficas tradicionales. Los fenómenos representados permiten percibir la complejidad de la orografía nacional: en la Península, las dos grandes mesetas ‘emergen’ junto con las diferentes cadenas montañosas y los grandes ríos describen valles y depresiones; en el archipiélago balear, el relieve se percibe como una prolongación del sistema Bético; y el archipiélago canario, de origen volcánico, presenta el pico más alto de España, el Teide, con 3715 metros de altitud.

El mapa político representa la estructura administrativa, los

Página de acceso al servicio de Información Geográfica Destacada (InfoGEO).

Datos generales nacionales	Localización geográfica	
	Principales islas	
	Comunidades autónomas o ciudades con estatuto de autonomía	
	Provincias	
	Municipios	
Unidades administrativas y agregaciones	Andalucía Aragón Canarias Cantabria Castilla y León Castilla-La Mancha Cataluña/Catalunya Ciudad Autónoma de Ceuta Ciudad Autónoma de Melilla Comunidad de Madrid Comunidad Foral de Navarra Comunitat Valenciana Extremadura Galicia Illes Balears La Rioja País Vasco/Euskadi Principado de Asturias Región de Murcia	
	Todos los municipios (listado extenso)	
	Principales entidades administrativas	
	Comunidades jurisdiccionales	
	Fronteras	
Hidrografía	Principales ríos	
	Principales masas de agua	
Orografía	Principales cumbres montañosas	
	Principales sistemas montañosos	
Vías de comunicación	Principales puertos de carretera	
Datos del mundo	Países y capitales	



asentamientos humanos y las principales vías de comunicación. Se muestran con diferentes simbologías los límites de nación, comunidad autónoma y provincia, añadiendo los rótulos de provincias y comunidades o ciudades autónomas para identificar cada recinto. También se indica la capitalidad de dichas unidades administrativas mediante rótulos de diferentes estilos.

Los asentamientos incluidos son capitales de municipio con más de 10 000 habitantes. No obstante, debido a los contrastes de densidad de asentamientos, ha sido necesario establecer algunas excepciones: en las áreas metropolitanas de Madrid, Barcelona, Bilbao, Valencia y Sevilla se ha aumentado el umbral a partir del cual se representan las capitales de municipio, mientras que, en zonas con menor densidad, se han añadido las cabeceras de partido judicial. Gracias a estos criterios se consigue mantener la percepción de las zonas con mayor concentración de núcleos y población (zonas litorales y grandes áreas metropolitanas), al tiempo que se evitan solapes entre rótulos.

La red de carreteras y ferrocarriles completa la información del mapa político, lo que permite ver cómo están conectadas unas poblaciones con otras. Se representan los ferrocarriles distinguiendo los trazados cuyo uso principal es para Alta Velocidad de los destinados a un uso convencional y, además, se indican los tramos que están en construcción. En cuanto a carreteras aparecen autopistas, autovías, carreteras multicarril, carreteras convencionales principales y las secundarias más destacadas. En el caso de las tres primeras categorías también se distingue si el tramo está en uso o en construcción.

Al igual que con las cartografías del mundo y de Europa, los mapas de España del compendio no son los únicos elaborados por el ANE. En el centro de descargas hay otras versiones como, por ejemplo, el mapa físico-político de España a escala 1:3 000 000, que combina ambos tipos de información y cuida la ubicación y el contraste de los rótulos sobre el fondo para facilitar su lectura en un mapa en relieve.

Como complemento a las diferentes cartografías generales y con el fin de facilitar la consulta y comparación de datos geográficos entre los diferentes territorios, se ha creado una página web de Información Geográfica Destacada (InfoGEO). Presenta, en forma de tablas, la información más destacable de localización de puntos extremos, unidades administrativas, hidrografía, orografía y vías de comunicación dentro del territorio español, así como datos de países y capitales del mundo (<https://www.ign.es/web/ign/portal/ane-datos-geograficos>).

La toponimia, reflejo de un mundo diverso

Un topónimo es un nombre propio que designa un accidente geográfico. Suele constar de un término genérico —que identifica el tipo o categoría del fenómeno geográfico— y un término específico, que actúa como nombre propio y lo distingue de forma única. En ocasiones, el topónimo puede ser una forma simple, compuesta únicamente por el término específico.

Además, según el contexto lingüístico en el que nos encontremos, el término genérico puede adaptarse a la lengua que se esté utilizando. Esto permite clasificar los topónimos en dos grandes grupos: los endónimos, cuando el nombre está expresado en

la lengua hablada en el territorio donde se ubica el fenómeno geográfico; y los exónimos, cuando el topónimo se expresa en una lengua diferente de la que se habla en ese territorio.

En España coexisten varias lenguas oficiales, junto con otras lenguas minoritarias reconocidas legalmente y diversas modalidades lingüísticas protegidas. Esta diversidad convierte al país en un espacio especialmente rico en endónimos que reflejan su pluralidad cultural y lingüística, valor a preservar según la Carta Europea de Lenguas Regionales y Minoritarias.

Toda esta riqueza lingüística queda recogida en los distintos nomenclátors gestionados por los organismos responsables de su normalización. En España, dicha labor recae en la Administración General del Estado, en lo relativo a los nombres oficiales de entidades de interés general; en el Instituto Geográfico Nacional, encargado de la toponimia supraautonómica; y en las comunidades autónomas, que actúan dentro de su ámbito competencial en coordinación con diputaciones forales, cabildos, consejos insulares y ayuntamientos.

En particular, el Nomenclátor Geográfico Básico de España (NGBE) —cuya elaboración y mantenimiento corresponden al Registro Central de Cartografía del IGN— constituye la fuente de referencia en materia de toponimia para la información geográfica de España incluida en la cartografía producida por el ANE. El NGBE reúne todas las denominaciones oficiales o normalizadas del territorio español, lo que garantiza la coherencia y uniformidad en su representación cartográfica.

La toponimia está viva, y su dinamismo resulta especialmente evidente cuando se estudian los



Mapa de lenguas oficiales.



Mapa de lenguas minoritarias con reconocimiento legal.

exónimos que deben incluirse en mapas que representan territorios extranjeros. Aunque las Conferencias de las Naciones Unidas sobre la Normalización de los Nombres Geográficos recomiendan armonizar criterios y fomentar el uso de endónimos en la cartografía, los exónimos y los nombres tradicionales continúan teniendo una presencia destacada en los mapas elaborados por cada autoridad cartográfica, ya que forman parte del léxico propio de cada lengua y su uso está profundamente arraigado en las distintas comunidades lingüísticas.

Por este motivo, el ANE trata de emplear endónimos en sus mapas, pero también debe garantizar la legibilidad y comprensión por parte del lector y el mantenimiento de esa riqueza lingüística. Así, el uso de exónimos sigue siendo imprescindible en numerosos casos. Para determinar los nombres de países y sus capitales, las fuentes principales son el Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, el Grupo de Expertos de las Naciones Unidas en Nombres Geográficos y la Real Academia Española.

En cuanto a la forma de escritura del resto de exónimos, resulta fundamental recurrir a métodos de transliteración, que permiten

ENDÓNIMO	EXÓNIMO	RÓTULO
Basel/Bâle	Basilea	Basel/Bâle (Basilea)
Brussel/Bruxelles	Bruselas	Brussel/Bruxelles (Bruselas)
Wien	Viena	Wien (Viena)

ENDÓNIMO	EXÓNIMO	RÓTULO
Ağn Dağı/Masis	Monte Ararat	Ağn Dağı/Masis (Monte Ararat)
Mys Pitsunda	Cabo Pitsunda	Cabo Pitsunda
Orman Qoş/Roman Kosh		Orman Qoş/Roman Kosh

Ejemplos del uso de endónimos y exónimos en la cartografía del ANE.

convertir a alfabeto latino nombres procedentes de otras escrituras. Estos procesos posibilitan la creación de exónimos híbridos, compuestos por un término específico transliterado al que se añade el término genérico equivalente en la lengua del mapa, lo que facilita identificar con claridad la naturaleza del fenómeno geográfico representado.

Además, en determinados casos, el uso simultáneo del endónimo y el exónimo para una misma entidad resulta útil para mostrar la forma original del nombre en su lengua de origen, sin renunciar al exónimo tradicional empleado en la lengua del mapa. Esta práctica enriquece la cartografía y refleja de manera más completa la diversidad toponímica.

Los topónimos pueden clasificarse en función de su origen etimológico, es decir, podemos encontrar un significado común en el origen del topónimo y plasmar cartográficamente la distribución del uso de nombres asociados a un fenómeno concreto.

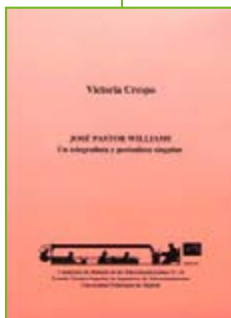
En base a ello, y sirviendo como fuente de datos el NGBE, se recogen en el subtema de toponimia varios ejemplos de distribución de topónimos en función de la terminología usada. Se han cartografiado la toponimia de construcciones ganaderas, topónimos relacionados con el lobo, topónimos relacionados con el género *Quercus*, nombres que hacen alusión a actividad volcánica en Canarias y topónimos en relación

con la toba en la Península. Con ello se pretende ilustrar casos particulares tocando diferentes ramas de la toponimia como son la zootoponimia, fitotoponimia o litotoponimia.

Los dos temas que conforman la sección I *Conocimiento geográfico y cartografía* se encuentran disponibles para su consulta y descarga en el Geoportal de Atlas Nacional de España (<https://atlas-nacional.ign.es>), junto con el resto de los temas que conforman la publicación *España en mapas: Una síntesis geográfica*, y que se actualizan periódicamente. Además, la sección I completa estará disponible próximamente como libro impreso en los diferentes canales de venta del CNIG. ■



Mapa de la toba en la toponimia peninsular.



Autora: Victoria Crespo
Edita: Fundación Rogelio Segovia para el Desarrollo de las Telecomunicaciones

José Pastor Williams. Un telegrafista y periodista singular

Victoria Crespo rinde homenaje a José Pastor Williams, una figura clave en la historia de las comunicaciones en España en la que sobresale como telegrafista, periodista, reportero y escritor. Pastor Williams ingresó por oposición con tan solo 18 años en el Cuerpo de Telégrafos en 1908. Fue uno de los redactores del Proyecto Nacional de Telefonía de 1917. Bajo la administración de Telégrafos, defendió la integración de la telefonía y la radio con el fin de asegurar que las comunicaciones radioeléctricas llegaran a cualquier rincón del país. La autora repasa una trayectoria de más de 30 años como telegrafista, así como la desempeñada en el ámbito del periodismo, con una exhaustiva documentación en la que retrata a un visionario que vaticinó muchos años antes las comunicaciones por teléfono móvil y videollamada. En un mundo en constante evolución tecnológica sus enseñanzas sobre la importancia del compromiso y la innovación siguen siendo válidas.

BIM. Desarrollo de proyectos reales

La metodología BIM (*Building Information Modeling*) es una herramienta de trabajo colaborativa que se emplea, entre otras disciplinas, en arquitectura, ingeniería y en construcción para gestionar de forma eficiente la información y los datos de un proyecto dentro de un modelo digital. Un manual creado para ayudar a dominar el programa Revit y comprender paso a paso cómo se desarrolla un proyecto completo desde su planteamiento inicial hasta la documentación de ejecución. Con más de 15 000 horas de formación, Moret Colomer proporciona a través de sus 31 capítulos acciones concretas y como aprender a dominar los flujos de trabajo del programa. Una obra ideal para ingenieros, delineantes, diseñadores y arquitectos, tanto estudiantes como profesionales que quieran disponer de una guía de apoyo para implementar proyectos reales.



Autor: Salvador Moret Colomer
Edita: Anaya Multimedia



Autor: Antoni Papell
Edita: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Los ingenieros de caminos y el progreso de España

Coincidiendo con el bicentenario del nacimiento de Práxedes Mateo Sagasta, se reflexiona sobre el papel desempeñado por el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos del Estado, un colectivo fundado por Agustín de Betancourt. Dos de ellos, el propio Sagasta junto a Calvo Sotelo, han llegado a ser presidentes del Gobierno. También se encuentran numerosos ministros, decenas de diputados y senadores, así como números alcaldes. Un cuerpo que ha ayudado a forjar un tejido empresarial en el sector de las obras públicas. Papell repasa la contribución de todos ellos a la historia de nuestro país y su labor en entidades como la Institución Libre de Enseñanza, la Revista de Obras Públicas o las Fundaciones Culturales. El último capítulo está dedicado al sector español de las Obras Públicas y los ingenieros de caminos en el siglo XX.

¡Visítanos!



Centro de Publicaciones (librería)

Horario de 9 a 14 h

Paseo de la Castellana, 67
28046, Madrid

Tel: 915 975 396

cpublic@transportes.gob.es

<https://publicaciones.transportes.gob.es/>



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

2026

Mapa Oficial de Carreteras[®] ESPAÑA

DISERUTA DEL VIAJE

Incluye PLANOS DE CIUDADES Y SUS ACCESOS, mapas de FRANCIA, MARRUECOS Y PORTUGAL, ÍNDICE de POBLACIONES, PLAYAS de España, los CAMINOS DE SANTIAGO, ALOJAMIENTOS RURALES, ESPACIOS PROTEGIDOS, RUTAS TURÍSTICAS Y VÍAS VERDES, además de información complementaria de interés.

Diseño conmemorativo del centenario del fallecimiento de Antoni Gaudí.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE