

trams

nº 773 / octubre 2026

Revista del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible

Vías de consumo



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

Grupo Transportes



*Sostenibles
para ti*



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

Contenido

nº 773 / octubre 2026

- 2 El tren del gran consumo
- 14 Nuevos tramos
- 24 Encaje de vías
- 38 La A-11 crece en Valladolid
- 50 IA operacional en la Red de Transporte de Alta Definición
- 60 ENAIRE y la transformación del papel a los datos digitales
- 70 I Semana del Tren
- 78 IRAM: dos observatorios para explorar el universo invisible
- 92 El legado documental de Lucio del Valle
- 102 En tramos anteriores... 1959
- 104 Tramos ejemplares

Créditos

Edición y coordinación de contenidos:

Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

Página web: www.transportes.gob.es

Colaboran en este número: Sandra Lorente; Javier Rodríguez-Ventosa; Manuel Miñambres Vidal; Alberto Vilariño Fernández; María Cristina Calvo Guinea; Alicia González Jiménez; Alejandro Muñoz Delgado; Fundación de los Ferrocarriles Españoles; Rafael Bachiller García y Cecilia Martín Alhambra.

Fotografía: Adif AV; DCE en Castilla y León Occidental; Fundación de los Ferrocarriles Españoles; IRAM; NASA; ESA; HST y Archivo General del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y Shutterstock.

Comité de Redacción: Presidencia: Rafael Guerra Posadas (Subsecretario). Vicepresidencia: Alejandra González Madrid (Secretaría General Técnica).

Vocales: Pere Rostoll Fernández (Director de Comunicación); Ainhoa Morondo Quintano (Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado); Aida Joaquín Acosta (Jefa del Gabinete de la Subsecretaría); Mónica Marín Díaz (Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transporte Terrestre); 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. Centro de Publicaciones.

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://hemeroteca.transportes.gob.es/>

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.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE





La Oficina del Comisionado del Corredor Atlántico, Aecoc e Ineco desarrollan un estándar intermodal para acercar el ferrocarril a fabricantes y distribuidores

El tren del gran consumo

El sector del gran consumo afronta un momento decisivo para revisar el reparto modal de sus cadenas de suministro. La presión sobre los costes, la escasez de conductores y los objetivos de sostenibilidad refuerzan el papel del ferrocarril como complemento de la carretera. Para adaptar la oferta ferroviaria a las exigencias de un mercado

de alta rotación, la Oficina del Comisionado del Corredor Atlántico, en colaboración con Aecoc y con la elaboración técnica de Ineco, ha impulsado el Plan de Transporte Intermodal del Gran Consumo 2026, un estudio que define el Tren Maestro, un nuevo estándar orientado a facilitar la incorporación del ferrocarril a las cadenas logísticas del sector.

- Texto: Sandra Lorente, periodista, jefa de Gabinete y Comunicación de la Oficina del Comisionado del Corredor Atlántico

El objetivo del Plan de Transporte Intermodal del Gran Consumo 2026 es facilitar la incorporación de nuevos flujos de la gran distribución al ferrocarril. «El gran consumo es el termómetro real de

nuestra economía. Es un sector de flujo tenso que no puede permitirse fallos», explica José Antonio Sebastián, comisionado del Corredor Atlántico. «Este plan no es un ejercicio académico, es una respuesta para asegurar que el tren

sea la solución de resiliencia que el mercado demanda hoy», añade.

La logística del gran consumo en España se define por la inmediatez. En un entorno de inventarios reducidos, alta rotación y ventanas de entrega estrictas, el sector ha



El desarrollo de servicios regulares y competitivos será determinante para incorporar el ferrocarril a las cadenas logísticas del gran consumo. Renfe.

encontrado en la carretera su aliado natural debido a su flexibilidad y capilaridad. El cada vez mayor desafío de encontrar conductores profesionales, el aumento de los costes y la necesidad de incrementar la sostenibilidad de las cadenas de suministro posicionan al ferrocarril como un aliado perfecto para crear, en combinación con la carretera, una cadena más eficiente y sostenible.

Antonio Momblán, uno de los autores del estudio y consultor de Ineco especializado en transporte, confirma que las entrevistas realizadas para elaborar el plan revelaron interés empresarial, aunque también cierto escepticismo derivado de experiencias negativas y del

Los tráficos interregionales por carretera suman 167 millones de toneladas anuales y tienen un gran potencial de trasvase al ferrocarril

desajuste entre la oferta ferroviaria y las necesidades del mercado. «La oportunidad para la intermodalidad existe y es ampliamente reconocida», señala. «El mensaje que nos trasladan es claro: sí existe interés por el ferrocarril, pero es necesario avanzar hacia un nuevo modelo que ajuste mejor la oferta a las necesidades reales del mercado y que supere una serie de barre-

ras». Y concluye: «La demanda existe, el reto ahora es construir una oferta capaz de responder a ella».

El cambio modal no será inmediato ni masivo, sino progresivo. La incorporación del ferrocarril a las cadenas de suministro deberá plantearse en combinación con la carretera y mediante una estrategia a medio plazo. Para ello, la oferta ferroviaria tendrá que adaptarse a



El ferrocarril se perfila como aliado de la carretera en los tráficos de larga distancia del gran consumo.

las exigencias operativas del gran consumo, garantizando la continuidad del abastecimiento.

El estudio identifica una masa crítica de 511 millones de toneladas anuales vinculadas al gran consumo y transportadas por carretera. De ese volumen, 167 millones corresponden a tráficos interregionales entre comunidades autónomas, el ámbito con mayor potencial para el trasvase modal, especialmente en distancias superiores a 400 kilómetros, donde la cadena intermodal comienza a ser competitiva en costes. A ello se suman 40,5 millones de toneladas anuales de tráficos internacionales por carretera.

El sector del gran consumo genera un volumen de negocio en

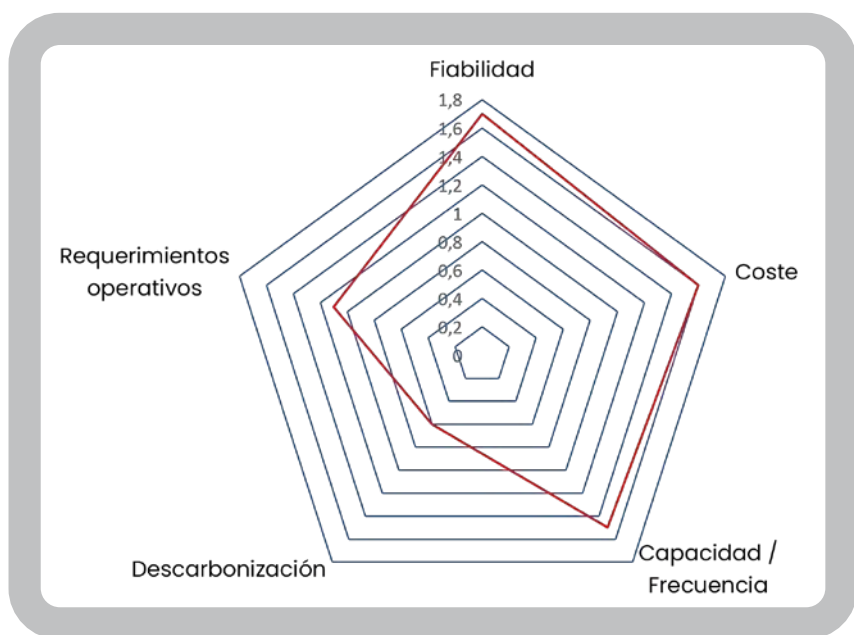
España de 842 000 millones de euros y aporta 2,8 millones de empleos, es decir, el 13 % del total de la población ocupada. Pese a este potencial, el uso del tren en el gran consumo continúa siendo marginal, por debajo del 5 %. Los análisis de Aecoc, la Asociación de Fabricantes y Distribuidores, indican que un 39 % de los cargadores trasladaría al ferrocarril sus flujos troncales de larga distancia, de entre 300 y 500 kilómetros, si se eliminasen las barreras operativas. «El gran reto técnico es cómo garantizar la estabilidad de carga que el tren necesita en un mercado de consumo intrínsecamente volátil», señala María Tena, directora de Logística y Transporte de Aecoc.

Los flujos logísticos que presentan un potencial para convertirse en intermodales son aquellos de aprovisionamiento propio y reequilibrio entre instalaciones de empresas, que requieren estabilidad operativa y capacidad de adaptación; las rutas internacionales o de larga distancia con volúmenes significativos que podrían beneficiarse de la consolidación de cargas y la cooperación entre distintos cargadores, y los tráficos de mercancías especiales donde ciertos elementos podrían aumentar la eficiencia y la fiabilidad del servicio.

El Plan de Transporte Intermodal del Gran Consumo incluye un Índice de Competitividad Ferroviaria que permite cuantificar la



El Tren Maestro define un estándar para la intermodalidad en el gran consumo basado en fiabilidad, frecuencia, competitividad, sostenibilidad y transparencia.



Representación del Índice de Competitividad Ferroviaria, que permite visualizar las prioridades del sector del gran consumo respecto al ferrocarril. Plan de Transporte Intermodal del Gran Consumo 2026.

resistencia al cambio modal de las empresas del gran consumo. Se trata de una métrica que pondera las cinco prioridades del sector para subir sus productos al tren: fiabilidad, coste, capacidad y frecuencia, descarbonización y requerimientos operativos específicos. «La fiabilidad –incide Antonio Momblán– es el factor más relevante para las compañías. No obstante, una de las principales conclusiones del diagnóstico es que la competitividad del sistema no depende de maximizar un único aspecto de forma aislada, sino de lograr un equilibrio adecuado entre todos los factores que intervienen en la cadena logística». En términos prácticos, estos resultados servirán de guía para alinear la oferta intermodal con las necesidades reales del sector del gran consumo y orientar la toma de decisiones hacia un sistema ferroviario más competitivo y eficiente.

A partir de este diagnóstico, el plan define el Tren Maestro, un

estándar de referencia hacia el que debería evolucionar la oferta ferroviaria para captar volúmenes significativos del gran consumo. No se trata de un servicio concreto ni de un producto comercial cerrado, sino de un modelo basado en cinco características estratégicas: fiabilidad, competitividad económica, robustez, sostenibilidad y transparencia.

«El Tren Maestro es como una hoja de ruta estratégica. Su valor es que ya no hablamos de mejorar el tren en abstracto, sino de cumplir cinco palancas métricas: fiabilidad, coste, robustez, sostenibilidad y transparencia. Para la Administración, esto sirve para priorizar: si el mercado nos dice que la fiabilidad es lo primero, nuestras inversiones en gálibos, apartaderos de 740 metros y terminales deben ir dirigidas a que ese estándar sea una realidad medible», afirma el comisionado del Corredor Atlántico.

Desde Ineco, Antonio Momblán incide en que el Tren Maestro no

constituye un modelo único que deba implantarse de manera literal. «Es un tren de referencia que sintetiza las condiciones operativas, económicas y estratégicas que las empresas consideran necesarias para que la intermodalidad sea una realidad. Más que una solución concreta, representa el estándar hacia el que debería evolucionar la oferta ferroviaria en los próximos años para responder de forma más eficaz a las demandas del mercado y mejorar la competitividad del transporte de mercancías». La directora de Logística y Transporte de Aecoc, María Tena, argumenta que el modelo de Tren Maestro responde a este desafío mediante una corresponsabilidad elástica basada en tres pilares:

- **Slots regulares flexibles:** una base contractual mínima garantizada para arrastres recurrentes, pero con gestión digital en tiempo real para ajustar capacidades.
- **Modelo multicargador:** la agrupación de la demanda de fabricantes y distribuidores compensa de forma agregada las fluctuaciones individuales, blindando la alta ocupación del tren.
- **Autopistas ferroviarias:** al utilizar este servicio, se elimina el riesgo de mercado, porque si la demanda cae, el camión regresa a la carretera de inmediato y sin penalizaciones por rigidez estructural.

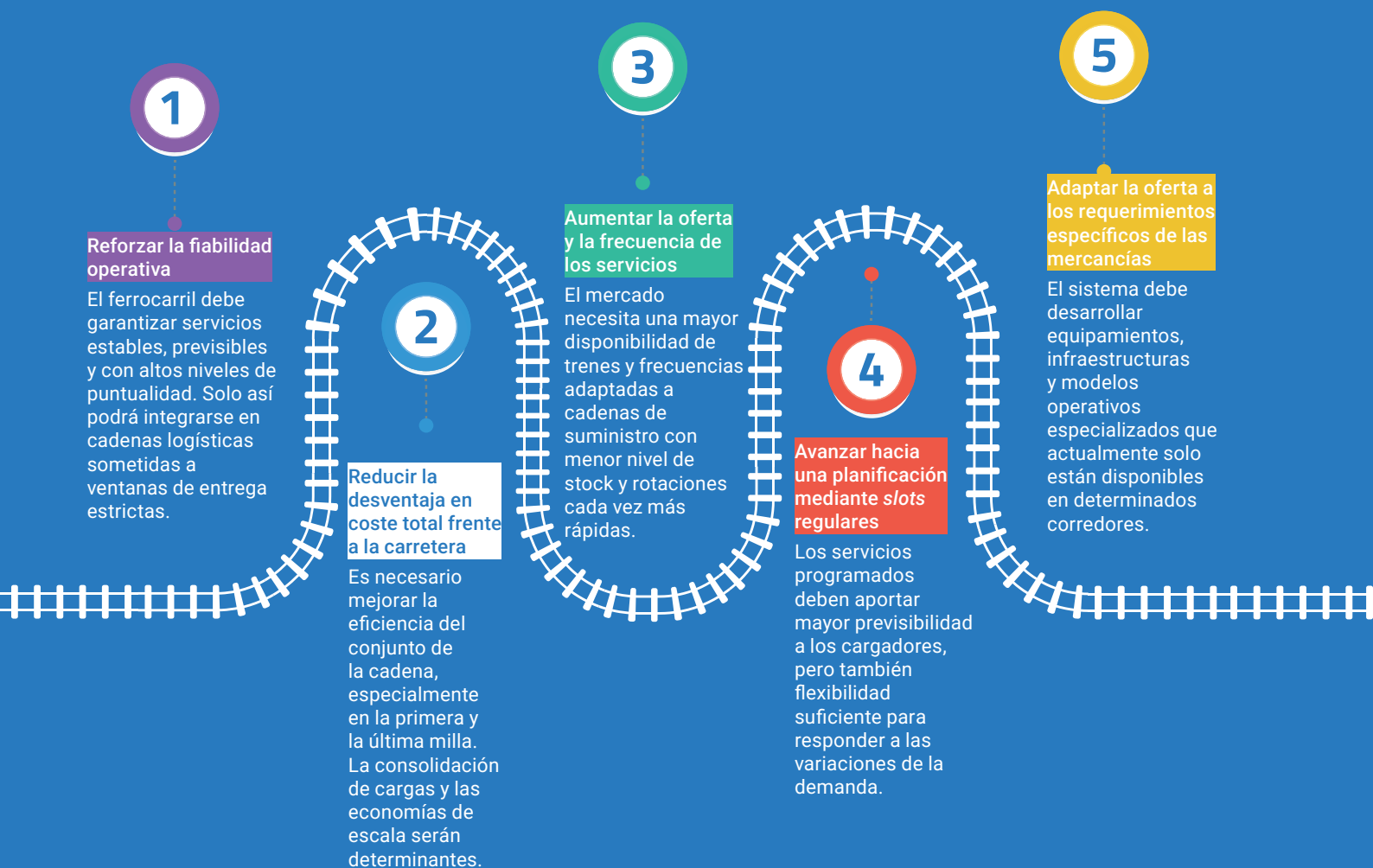
La puesta en marcha de este modelo exige anticipar decisiones y comenzar a preparar desde ahora los futuros tráficos ferroviarios. «Quien quiera subirse al tren en 2028 debe empezar a planificar hoy sus tráficos y prepararse, porque mañana los surcos y las locomotoras estarán ya comprometidos», concluye José Antonio Sebastián.

Los KPIs del Tren Maestro

Características	Requisitos operativos	Indicadores de seguimiento (kpis)	Impacto
Fiable	Garantía de servicios regulares y rutas fijas con una planificación de surcos consistente. Exige coordinación estrecha con el administrador de la infraestructura para minimizar cancelaciones y optimizar procesos en terminales (reducción de tiempos de espera).	- Nivel de puntualidad: % de trenes que llegan en el margen de tolerancia. - Tasa de cancelaciones: % de servicios programados no realizados por incidencias.	La fiabilidad es el 'umbral mínimo' para integrar el tren en cadenas de suministro de alta exigencia, reduciendo la incertidumbre operativa.
Económico	Evolución hacia un modelo multicliente que consolide volúmenes de distintos cargadores para alcanzar economías de escala. Fomenta el transporte colaborativo para completar retornos y maximizar la utilización de los activos ferroviarios.	Diferencial de coste: relación entre el coste total por toneladas-kilómetro ferroviario frente al equivalente por carretera para el mismo flujo.	Especialmente competitivo en media y larga distancia. Se prevé un entorno más favorable por la internalización de costes ambientales en la carretera.
Robusto	Oferta de servicios frecuentes con capacidad para absorber la alta rotación del sector. Utiliza la planificación mediante <i>slots</i> para adaptarse a variaciones de demanda, flujos de reequilibrio o mercancías especiales.	- Tasa de utilización de capacidad: % de ocupación real frente a la disponible. - Flexibilidad operativa: capacidad de respuesta ante solicitudes específicas de los cargadores.	Permite gestionar flujos de aprovisionamiento propio e inversos, ajustando la operativa a los calendarios de la gran distribución.
Sostenible	Configurado como un instrumento para la descarbonización real. Combina el trayecto ferroviario de baja huella con una última milla ejecutada por vehículos eléctricos o de energías alternativas.	Reducción de emisiones: medición cuantitativa de CO₂ ahorrado frente al transporte exclusivamente por carretera.	Es un factor determinante en la elección modal para empresas con objetivos de sostenibilidad y reputación corporativa.
Transparente	Conectado a herramientas digitales para la visualización de la oferta disponible y trazabilidad en tiempo real. Utiliza plataformas colaborativas para compartir información operativa y de costes.	- Disponibilidad de información: acceso transparente a <i>slots</i> y capacidad. - Visibilidad de envíos: seguimiento digital continuo de la carga.	Facilita la integración de cargadores con volúmenes menores y permite la anticipación de incidencias en la cadena logística.

Decálogo para impulsar el transporte ferroviario de mercancías

El Plan de Transporte Intermodal del Gran Consumo 2026 recoge diez recomendaciones estratégicas para aumentar la penetración de la intermodalidad en el sector:



Pero... ¿por dónde empezar?

El Plan de Transporte Intermodal del Gran Consumo 2026 propone cinco líneas de actuación para trasladar el diagnóstico a la operativa y comenzar a activar nuevos tráfico intermodales:

1

Identificar rutas y tráfico con potencial ferroviario

El primer paso consiste en localizar los flujos de mercancías que presentan condiciones adecuadas para su traslado al ferrocarril. Para ello, será necesario mantener un catálogo dinámico de rutas y actualizarlo conforme evolucionen la demanda y las capacidades disponibles.

2

Consolidar cargas de diferentes empresas

La coordinación entre compañías de distintos tamaños y sectores permitirá agrupar mercancías en trenes multicliente. Este modelo contribuirá a aprovechar mejor la capacidad disponible, reducir los costes unitarios y reforzar la viabilidad económica de los servicios.

6

Extender los modelos multicliente

La consolidación de volúmenes de distintos cargadores permitirá mejorar la ocupación de los trenes y generar economías de escala. Para ello, será necesaria una mayor participación de operadores públicos y privados.

8

Reforzar la coordinación entre los actores del sistema

Deben desarrollarse estructuras y herramientas que faciliten la colaboración, la consolidación de cargas y la puesta en marcha de nuevos servicios intermodales.

10

Impulsar una planificación integral

Las decisiones deben responder de manera equilibrada a las necesidades de cargadores, operadores, gestores de infraestructuras y demás agentes implicados en la cadena logística.

7

Mejorar la transparencia y la información operativa

Los cargadores necesitan conocer con claridad la capacidad disponible, las rutas, los servicios y su planificación. Esta visibilidad resulta imprescindible para facilitar la toma de decisiones logísticas.

9

Agilizar los procesos en las terminales intermodales

La reducción de los tiempos de carga y descarga requiere procedimientos optimizados y una gestión más eficiente de las operaciones en las terminales.

3

Desarrollar plataformas digitales de información y trazabilidad

Estas herramientas deberán centralizar datos sobre capacidad, planificación de *slots*, disponibilidad de trenes y costes. El objetivo es facilitar a los cargadores información transparente y actualizada para incorporar el ferrocarril a sus decisiones logísticas.

4

Medir y evaluar el funcionamiento de los servicios

La monitorización continua de indicadores como la puntualidad, la ocupación, la flexibilidad operativa, la competitividad económica y la sostenibilidad permitirá detectar incidencias y oportunidades de mejora.

5

Impulsar nuevos servicios y modelos de colaboración

Será necesario promover nuevas rutas, estudiar la integración de flujos inversos o de reequilibrio y fomentar la cooperación entre empresas. Esta colaboración permitirá atender volúmenes menores y ampliar progresivamente la cobertura del Tren Maestro.



Antonio Momblán y Nuria Alarcón, consultores de Ineco, junto a Javier Jaso, responsable de Transporte de Aecoc, durante la presentación del Plan de Transporte Intermodal del Gran Consumo 2026.

La digitalización será una pieza central en este proceso. «A futuro, será imprescindible contar con una plataforma digital central de gestión ferroviaria intermodal en la que confluyan cargadores, operadores y administradores de infraestructura. Esta plataforma debería integrar en tiempo real información sobre capacidad disponible, disponibilidad de infraestructuras y servicios, *slots*, planificación de trenes, precios y oferta. Funcionaría como una única fuente compartida para todo el sistema», explica Antonio Momblán. Este entorno permitiría, además, consolidar datos históricos sobre puntualidad, cancelaciones y utilización de capacidad, alimentando cuadros de mando y modelos predictivos del funcionamiento del sistema.

La clave está en los modelos multicliente

La evolución hacia modelos multicliente es clave para mejorar la

eficiencia económica del ferrocarril, aunque también introduce una mayor complejidad operativa. Así lo explica Nuria Alarcón, una de las autoras del estudio y consultora de Ineco especializada en transporte intermodal: «La principal dificultad está en consolidar cargas heterogéneas: hablamos de mercancías de distintos cargadores, con requisitos diferentes -en peso, manipulación o tiempos- que no siempre son compatibles entre sí».

Esta operativa obliga a una planificación más sofisticada. «Gestionar el tren por *slots* implica asignar cada envío teniendo en cuenta capacidad, tipo de vagón y secuencia de carga y descarga, lo que añade complejidad tanto en la operación como en la coordinación entre actores», asegura Alarcón. Todo ello condiciona el diseño de las composiciones, que pasan de ser homogéneas a combinar distintos tipos de vagones y a adaptarse continuamente a la mezcla de cargas.

Pese a estas dificultades, considera que el desarrollo de trenes multicliente es factible y necesario para que el ferrocarril gane competitividad. La clave reside en crear las condiciones adecuadas: más digitalización, mayor visibilidad de la demanda y modelos de colaboración que permitan gestionar esta complejidad de forma eficiente y sostenida.

DESCARGA AQUÍ

PLAN INTERMODAL DEL GRAN CONSUMO



«Debemos evolucionar hacia un modelo similar al código compartido de la aviación»

La primera edición de este estudio se publicó en 2016. ¿Por qué era necesario actualizarlo ahora y qué mensaje principal traslada esta nueva edición al sector?

Diez años es mucho tiempo. Era necesario actualizar la visión de un sector que ha evolucionado notablemente desde entonces. El estudio es una ventana de esperanza, porque define el Tren Maestro, que es ponerle nombre a lo que las empresas realmente necesitan. Y también es un aviso a navegantes: o hacemos esto, o no tendremos cuota ni solución.

¿Cómo puede la Administración impulsar las herramientas digitales que propone el plan?

La intermodalidad será digital o no será. Necesitamos que el sector deje de operar en compartimentos estancos. Por eso, el plan propone plataformas que centralicen datos de capacidad y trazabilidad en tiempo real. Desde el Ministerio impulsamos programas como SIMPLE para digitalizar nodos logísticos, porque el cargador necesita la misma inmediatez de información que tiene con el camión para confiar en el tren.

El modelo multicliente es la gran apuesta para que las pymes suban sus mercancías al tren. ¿Qué papel debe desempeñar el operador ferroviario en esta nueva arquitectura de espacios compartidos?

Debemos evolucionar hacia un modelo similar al código compartido de la aviación. El operador ferroviario tiene



José Antonio Sebastián, comisionado del Corredor Atlántico.

que poner 'la música' a la 'letra' que hemos escrito en este estudio. No todos los cargadores pueden llenar un tren completo, por lo que necesitamos operadores logísticos especializados que consoliden esa carga fragmentada. De este modo, habrá muchos más usuarios del ferrocarril, incluidos aquellos que, por sí solos, no podrían acceder a él. Debemos hacer el transporte ferroviario de mercancías más cercano, con más terminales; más accesible, mediante modelos multicliente; más eficiente, con trenes más largos y pesados, y también más polivalente y diversificado, con material rodante adaptado a distintos tipos de transporte y servicios.

«El sector no puede adaptar su operativa a frecuencias ferroviarias semanales»



María Tena, directora de Logística y Transporte de Aecoc.

¿Cómo puede el ferrocarril integrarse en estas cadenas de suministro sin comprometer las necesidades del gran consumo?

Integrar el ferrocarril en los exigentes plazos de la gran distribución exige un cambio de paradigma: pasar del «volumen rígido» a un eslabón intermodal perfectamente sincronizado. La clave de esta evolución radica en la robustez del servicio: el tren no debe plantearse como un sustituto de la carretera, sino como su aliado estratégico en los arrastres de larga distancia, delegando la primera milla y la capilaridad final en los camiones. Para materializar este modelo, es imprescindible contar con terminales intermodales ágiles y una flexibilidad operativa capaz de absorber los picos de demanda mediante frecuencias estables.

¿Qué aportaría una plataforma digital centralizada que mostrase de forma transparente la oferta y la capacidad ferroviaria disponibles?

La visibilidad es el paso previo a la confianza. Una plataforma digital centralizada no solo solucionaría el déficit de información que denuncia el 70 % del sector, sino que democratizaría el acceso al tren, convirtiéndolo en un modo de transporte predecible, accesible y fácilmente integrable en la planificación diaria de las empresas. Sin embargo, el desarrollo de una plataforma digital centralizada no es un mero reto tecnológico, sino una transformación estructural profunda.

El sector ferroviario ha operado históricamente bajo un modelo de contratación rígido, basado en grandes volúmenes anuales y acuerdos bilaterales a largo plazo. Una plataforma de visibilidad compartida exige evolucionar hacia

un modelo de comercialización dinámico y flexible, similar al de la aviación comercial o el transporte por carretera. Esto implica que los operadores ferroviarios abran sus inventarios de slots y acepten la venta de capacidades fraccionadas o de última hora, permitiendo que el mercado del gran consumo compre espacio en el tren según sus necesidades elásticas de campaña.

El reto técnico radica en estandarizar el intercambio de datos en un sector tradicionalmente fragmentado y con sistemas muy personalizados, garantizando que la información sobre retrasos, cancelaciones o variaciones de capacidad fluya de manera instantánea y fiable. Esta transformación —comercial, tecnológica y cultural— es precisamente el núcleo del modelo del Tren Maestro.



La consolidación de cargas de distintos clientes permitirá mejorar la ocupación de los trenes y generar economías de escala. Renfe.

El objetivo nacional es elevar la cuota ferroviaria del 4 % al 10 % en 2030. ¿Qué medidas consideran prioritarias para que el gran consumo incorpore el tren a su operativa habitual?

La decisión de incluir la intermodalidad en los planes operativos de las empresas de gran consumo pivota de manera irrenunciable sobre tres variables incluidas en el decálogo de recomendaciones estratégicas, la «regla de las tres efes»: fiabilidad, flexibilidad y frecuencia.

En el gran consumo, un retraso de pocas horas puede romper el stock de un lineal o paralizar una promoción. Para que el tren sea competitivo, es imperativo garantizar altos índices de puntualidad y un estricto cumplimiento de los tiempos de tránsito (*transit time*). Por ello, el transporte ferroviario no puede depender de servicios aislados, sino que necesita ofrecer servicios estables en los corredores logísticos prioritarios. ■



El Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas estrena el mayor parque fotovoltaico en un aeródromo europeo

El ministro de Transporte y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, y la ministra para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Sara Aagesen, visitaron el pasado mes la nueva instalación fotovoltaica del Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas. Con una superficie equivalente a 200 campos de fútbol y alrededor de 215 000 módulos solares, se trata del mayor complejo

de estas características en un recinto aeroportuario en Europa. Una vez completado, el parque generará energía renovable equivalente al 100 % de las necesidades de consumo eléctrico del aeropuerto y cubrirá el consumo medio equivalente a más de 100 000 hogares.

El proyecto está compuesto por tres instalaciones principales que suman una capacidad global estratégica. En la actualidad, ya se encuentra plenamente operativa la planta principal de 120 MWn de potencia nominal, capaz de producir 242,9 GWh anuales. A esta se suma una segunda planta de autoconsumo de 7,5 MWn en fase avanzada de ejecución, que abastecerá el 16 % de la demanda energética de las terminales T1, T2 y T3, y una tercera instalación de 45 MWn cuyo proyecto técnico está en fase de redacción para completar el suministro limpio de la infraestructura.

Para el ministro Puente estas instalaciones son «un ejemplo tangible del compromiso del sector aeroportuario con la transición energética y la descarbonización de sus operaciones, contribuyendo de forma directa a la generación de energía renovable, la reducción de emisiones y el avance hacia un modelo de movilidad más resiliente y sostenible». Por su parte, la vicepresidenta Aagesen destacó que «una de las vulnerabilidades más relevantes de nuestra economía es la adicción a los combustibles fósiles y esta instalación es un gran ejemplo del camino que hay que seguir para conseguir autonomía».



Renfe estrena en Madrid sus nuevos trenes de gran capacidad

Desde finales de agosto están en funcionamiento las dos primeras unidades de trenes de gran capacidad destinados a renovar el material rodante de Madrid. Se trata de un modelo T100 de 100 metros y un T200 de 200 metros Stadler que combinan coches de uno y dos pisos con el fin de incrementar hasta un 20 % respecto a los modelos Civia el número de personas que pueden viajar en él. Ambos ya están circulando por la línea C-7 y próximamente lo harán por otras líneas del núcleo madrileño.

Esta puesta en marcha, a la cual ha asistido el ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, supone el inicio de una renovación progresiva destinada a absorber el alto volumen de usuarios en la Comunidad de Madrid, donde se registran una media de 730 000 viajeros diarios. Esta medida forma parte de un contrato de más de 1306 millones de euros suscrito con Stadler para la adquisición de 79 trenes que se enmarca en un plan de renovación de la flota de Renfe para Cercanías y Rodalies. Este plan contempla una inversión aproximada de 3500 millones de euros, lo que supone la mayor transformación de trenes de OSP (Obligaciones de Servicio Público).

Diseñados para agilizar el flujo de pasajeros y reducir los tiempos de parada, los nuevos convoyes, que pueden llegar a alcanzar una velocidad máxima de 140 km/h, disponen de accesos a nivel de andén, espacios para personas con movilidad reducida y zonas multifuncionales para bicicletas, cochecitos y equipaje. Además, cuentan con conectividad wifi, tomas USB y de 220 V, videovigilancia integral y tecnologías de eficiencia energética. 🌱





Transportes incrementa un 30 % la capacidad en las líneas C1, C2 y C6 de Cercanías Valencia con la modernización de su flota

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, a través de Renfe, renovará la flota del núcleo de Cercanías de Valencia para incrementar en un 30 % la oferta de plazas de las líneas electrificadas C1 (València-Gandia), C2 (València-Xàtiva-Moixent) y C6 (València-Castelló). La actuación supone la incorporación progresiva de 41 unidades de la serie Civia 465, los vehículos más avanzados del servicio de Cercanías, que sustituirán a los 34 trenes de la Serie 447 y a los 7 de la Serie 464 que operan actualmente en la red.

Los nuevos convoyes, compuestos por cinco coches modulares frente a los tres que forman la serie 447, permitirán alcanzar una capacidad de hasta 748 viajeros por tren. Tras el proceso de puesta a punto de los vehículos para optimizar el confort del usuario, se prevé que 22 de estas composiciones estén plenamente operativas a finales de este año, incorporando las 19 unidades restantes a lo largo de 2027.

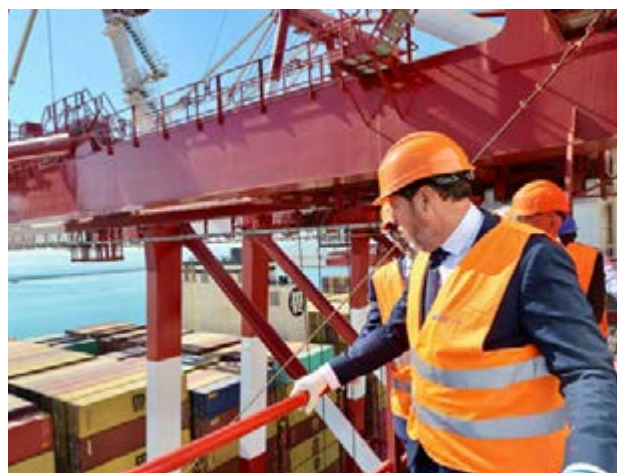
Además del importante aumento de plazas disponibles en el área metropolitana valenciana, este rejuvenecimiento de la flota supondrá una mejora sustancial en materia de fiabilidad técnica y accesibilidad. Los trenes Civia 465 cuentan con coches de piso bajo a la altura del andén que facilitan el acceso a personas con movilidad reducida, reafirmando el compromiso público por un transporte ferroviario más accesible, cómodo y sostenible. 

El Port de Barcelona refuerza su capacidad operativa con la puesta en servicio de dos nuevas grúas gigantes

El ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, asistió a la puesta en marcha de dos nuevas grúas de muelle *Ship-to-Shore* en la terminal Hutchison Ports BEST del Port de Barcelona. Estos equipamientos, considerados los más grandes del mundo con diseño *goose neck*, permiten operar buques portacontenedores de hasta 24 000 TEUs –los de mayor dimensión que navegan actualmente– al alcanzar una capacidad de trabajo con barcos de hasta 26 contenedores de manga y una altura bajo *spreader* de 55 metros.

Con estas dos incorporaciones, la terminal de contenedores incrementa su dotación hasta las 15 grúas de muelle *Super Post-Panamax*, 68 grúas automatizadas y 40 *Shuttle Carriers* sobre una línea de atraque de 1500 metros. Esta ampliación responde a la necesidad de aumentar la eficiencia, flexibilidad y productividad en las operaciones de carga y descarga, consolidando la posición del enclave catalán como una puerta de entrada estratégica para el comercio marítimo internacional frente a los retos del mercado global. Para el ministro Puente «son mucho más que dos grúas, son la diferencia entre ser un puerto de paso y ser una puerta de entrada».

La inversión acompaña el crecimiento continuado del sistema portuario nacional, con Barcelona liderando el tráfico de mercancías al registrar un incremento del 2 % hasta julio y una subida del 8 % en el tráfico de tránsito. La actuación se alinea con el plan de inversiones de Puertos del Estado para el periodo 2026-2030, en el que el recinto barcelonés encabeza la financiación con 1216 millones de euros previstos, complementados con la redacción de los nuevos accesos viarios y ferroviarios para optimizar la intermodalidad. 



El Abono Único consolida el éxito del transporte público en España con 4,5 millones de viajes en 2026

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha alcanzado los 4,5 millones de desplazamientos registrados a través del Abono Único desde su implantación a mediados de enero. Este título de transporte integra en una tarifa plana mensual los servicios de Cercanías, Rodalies, Media Distancia de Renfe y las líneas de autobús interregional de titularidad estatal. Hasta la fecha, los trayectos en trenes de Media Distancia lideran la demanda al acaparar el 47,3 % de los usos, seguidos de cerca por el autobús interregional con un 44,3 %, mientras que los servicios de Cercanías y Rodalies concentran el 8,23 % restante.

Con una tarifa de 60 euros mensuales –reducida a 30 euros para menores de 26 años–, esta medida nominativa e intransferible fomenta la intermodalidad y la descarbonización en los desplazamientos frecuentes por todo el territorio nacional. La iniciativa convive con el resto de



las bonificaciones estatales y autonómicas vigentes en 2026, en la línea de la apuesta del Gobierno por una movilidad limpia y asequible que facilita el viaje recurrente de ciudadanos, jóvenes y trabajadores.🌍

Transportes invierte 19,3 millones de euros en rehabilitar el firme de la M-50 y la R-2 en la Comunidad de Madrid

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, a través de la empresa pública Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEITT), ha iniciado los trabajos de rehabilitación del firme en 27,3 kilómetros de la autovía M-50 y de la autopista R-2 interior. La intervención cuenta con un presupuesto de 19,3 millones de euros y ha arrancado en una primera fase en el tramo de la M-50 entre los kilómetros 12 y 17,5, a su paso por los

municipios de Paracuellos del Jarama y San Fernando de Henares. Para aminorar las afecciones al tráfico, las tareas de fresado, reasfaltado y renovación de señalización se ejecutan en horario nocturno con desvíos debidamente señalizados.

Esta campaña de asfaltado se encuadra en el plan global de inversiones de SEITT, dotado con 455 millones de euros hasta 2032, para modernizar y conservar en

estado óptimo la red de autopistas revertidas al Estado y sus tramos libres asociados. Las actuaciones de mejora de firme constituyen la partida principal de este programa, representando el 50,8 % del presupuesto total. Con esta renovación de pavimento, deteriorado por el incremento continuado del tráfico, se busca elevar los estándares de seguridad vial, confort y durabilidad en estas arterias clave del transporte madrileño.🌍





Transportes finaliza la **transformación urbana** de 4,5 km de la N-502A en **Talavera de la Reina**

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha completado la remodelación y adecuación urbana de 4,5 kilómetros de la antigua carretera N-502A a su paso por la localidad toledana de Talavera de la Reina. La obra ha contado con una inversión de 7 millones de euros financiados a través de los fondos europeos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Los trabajos han abarcado tramos clave del municipio como la avenida de Portugal, el paseo Padre Juan de Mariana, la avenida Real Fábrica de Sedas o la ronda del Cañillo.

Las actuaciones ejecutadas han permitido transformar la antigua carretera en un entorno plenamente integrado en la trama urbana, mediante la renovación integral de aceras, el calmado del tráfico, la instalación de nuevo mobiliario y la modernización del alumbrado público. Asimismo, la intervención ha incorporado carriles bici y vías ciclables compartidas en el marco de la Estrategia Estatal por la Bicicleta, priorizando los desplazamientos sostenibles y la seguridad de peatones y ciclistas junto a la margen del río Tajo. 🚲



Transportes **modernizará la iluminación** de la **A-5 en Badajoz** para reducir el consumo energético a la mitad

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha adjudicado por 589 740 euros la renovación de la iluminación de la autovía A-5 en Badajoz, desde el enlace 407 hasta la frontera con Portugal. La actuación supondrá la sustitución de las antiguas luminarias de vapor de sodio por tecnología LED eficiente tanto en el tronco de la autovía como en sus enlaces y viales anexos. Además de recortar el consumo eléctrico un 50 %, en línea con la Estrategia de Eficiencia Energética estatal de la Red de Carreteras del Estado, la obra reparará los daños sufridos en el cableado por robos y vandalismo, devolviendo el servicio nocturno a la infraestructura.

Esta intervención resulta clave al tratarse de un tramo transfronterizo fundamental del eje Madrid-Lisboa que se enmarca en la Red Transeuropea de Transporte. Con la puesta a punto de los

cuadros eléctricos y el sistema de alumbrado, el proyecto reforzará la seguridad vial, facilitará la vigilancia policial y mejorará la visibilidad del tráfico pesado nocturno. La iniciativa se suma a los más de 140 millones de euros invertidos por el ministerio en la conservación de las carreteras de la provincia de Badajoz desde junio de 2018. 🌞



Puertos del Estado lanza un indicador para conocer la temperatura media del agua del mar

Puertos del Estado ha lanzado un indicador que permite conocer la temperatura media diaria del agua del mar en las costas españolas, así como su evolución desde el año 2005. Se trata de un parámetro clave para el seguimiento de los efectos del cambio climático en los ecosistemas marinos y que se elabora a partir de los datos horarios registrados por sus cerca de treinta redes de boyas.

El nuevo indicador se añade así a los servicios que ya presta Puertos del Estado a través de sus sistemas de medida y previsión de parámetros relativos al medio marino, integrados por una Red Exterior de Boyas (o boyas de aguas profundas) con 15 posiciones de medida; una Red Costera de Boyas con 14 posiciones de medida; una Red de Mareógrafos, con 45 estaciones repartidos por toda la costa española, y una Red de Radares de Alta Frecuencia, que cuenta con nueve estaciones de titularidad y gestión compartida con otras instituciones.

Según los datos procesados hasta ahora, a nivel nacional el valor máximo del indicador corresponde al 25 de agosto de 2023, con 25,22 °C de temperatura registrada. En el año 2025, el último año con medición completa, el valor máximo fue de 24,15 °C, registrado el 13 de agosto.

En julio, además, el Gobierno aprobó la adhesión de España al proceso de constitución como organización intergubernamental del Centro Internacional Mercator para el Océano, que opera el servicio marítimo Copernicus, que proporciona datos y predicciones sobre los océanos utilizados para el análisis y la toma de decisiones.🌐



Transportes destina 9,6 millones de euros para ayudas a transportistas que cesan en su actividad profesional

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha publicado la resolución definitiva de la convocatoria 2026 de ayudas para el abandono de la actividad profesional en el sector del transporte público por carretera. Con un presupuesto total de 9,6 millones de euros, la medida otorga una subvención individual de 30 000 euros a 320 profesionales autónomos de edad avanzada o con incapacidad permanente declarada. La iniciativa busca facilitar el retiro a los titulares de microempresas que carecen de recursos suficientes para el cese y contribuir a paliar el envejecimiento progresivo del sector.

Para la asignación de las ayudas se ha priorizado a los solicitantes con incapacidad declarada y, posteriormente, se ha ordenado al resto de aspirantes en función de la edad, fijando el corte definitivo en los 67,2 años. Los transportistas seleccionados dispondrán hasta el 19 de octubre para presentar la documentación correspondiente y proceder al cobro de la prestación. La resolución completa y los enlaces para el trámite se encuentran ya disponibles a través de la sede electrónica del ministerio en <https://sede.transportes.gob.es/areas-actividad/transporte-terrestre/ayudas-subvenciones-sector-transporte-terrestre/ayudas-abandono-sector-transporte-carretera>.🌐

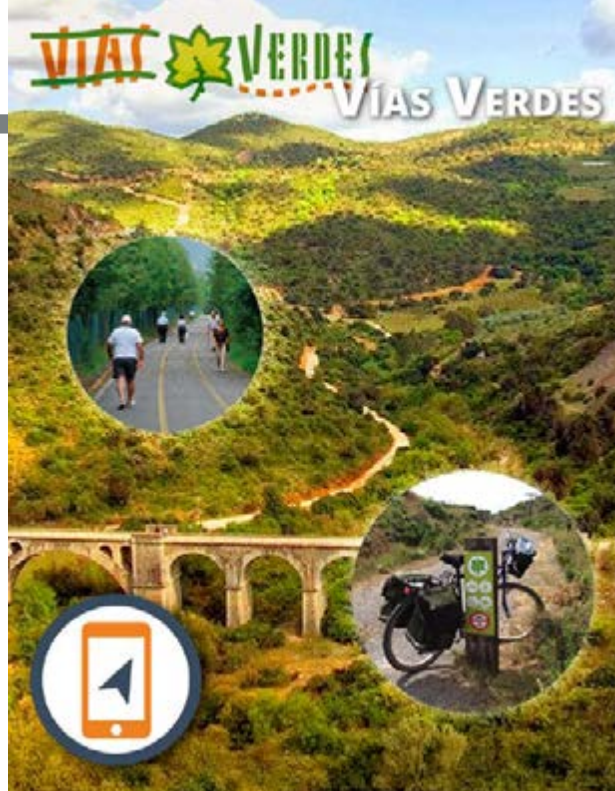




El Instituto Geográfico Nacional actualiza la red de Vías Verdes en su visualizador de Naturaleza, Cultura y Ocio

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) ha renovado la cartografía de las 'Vías Verdes' en su portal web mediante la mejora de trazados, el ajuste de geometrías y la incorporación de la nueva Vía Verde del Litoral. Este programa, gestionado por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, ha transformado desde 1993 más de 3500 kilómetros de antiguas infraestructuras ferroviarias en desuso y más de 140 edificios en itinerarios no motorizados, accesibles y dinamizadores del entorno rural.

Ahora se ha actualizado el visualizador [Naturaleza, Cultura y Ocio](https://nco.ign.es/VisorNCOConMarco/) (se puede consultar aquí: <https://nco.ign.es/VisorNCOConMarco/>), pestaña 'Naturaleza'. Este navegador web permite planificar una excursión visualizando los itinerarios y permitiendo la descarga individual de rutas haciendo clic en el mapa sobre cada trazado. La plataforma actualizada incluye recursos multimedia como vídeos en YouTube y pódcast en iVoox que mejoran la accesibilidad para personas con discapacidad. Asimismo, los itinerarios pueden descargarse en formatos KML, GPX y Shapefile desde el Centro de Descargas del CNIG para su uso en dispositivos móviles, GPS o aplicaciones de escritorio bajo licencia libre CC BY 4.0.



Para facilitar la planificación de excursiones, las Vías Verdes están también disponibles en aplicaciones móviles como 'Mapas de España', servicios de teselas vectoriales y la plataforma 'Experimenta Vías Verdes', un *marketplace* con paquetes de turismo activo, cultura y gastronomía. En la iniciativa participan el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Adif y diversas administraciones locales y autonómicas que colaboran para seguir promoviendo la movilidad sostenible y el ocio saludable.

Adif amplía su red de recarga eléctrica a 350 puntos en 30 estaciones tras activar la segunda fase del proyecto

Adif y Adif Alta Velocidad han culminado la segunda fase de su plan de electromovilidad con la puesta en servicio de 96 plazas de recarga eléctrica en 9 nuevas estaciones, entre las que se encuentran León, Zamora o Segovia-Guiomar. Sumadas a las 254 plazas activadas el pasado mes de julio, el parque operativo alcanza ya un total de 350 puntos repartidos en 30 estaciones de viajeros. El servicio, accesible mediante tarjeta bancaria o la aplicación Waylet, está disponible tanto para usuarios del ferrocarril como para el público general.

La actuación forma parte de un proyecto estratégico dotado con una inversión superior a los 18,2 millones de euros, financiado por los fondos europeos NextGenerationEU dentro del Plan de Lucha contra el Cambio Climático y el programa Ecomilla. El objetivo final de la entidad es instalar aproximadamente 900 puntos

de recarga en más de 60 estaciones de toda la red ferroviaria, una infraestructura que continuará desplegándose de forma progresiva en sucesivas fases a lo largo de 2026 y 2027 para transformar las estaciones en nodos intermodales sostenibles.



ENAIRE y el Colegio Oficial de Pilotos se alían para elevar la seguridad y la eficiencia en la navegación aérea

ENAIRE, el gestor estatal de navegación aérea en España, y el Colegio Oficial de Pilotos de la Aviación Comercial (COPAC) han firmado un protocolo general de actuación orientado a fortalecer la colaboración operativa entre controladores y pilotos y la seguridad en el espacio aéreo nacional. El acuerdo, rubricado por el director general de ENAIRE, Enrique Maurer, y el decano del COPAC, Carlos San José, fija un marco de trabajo conjunto con una vigencia inicial de dos años, prorrogable de forma automática hasta un máximo de ocho años.

El protocolo contempla la cooperación técnica y el intercambio de conocimientos en áreas clave como el análisis de riesgos, la investigación de incidentes, el diseño de procedimientos de vuelo y la revisión de la cartografía e información aeronáutica oficial (AIP). Asimismo, ambas entidades impulsarán la organización de jornadas formativas conjuntas y la emisión de informes de asesoría técnica especializada que aúnen las perspectivas tanto de los controladores aéreos como de las tripulaciones de vuelo.

Esta iniciativa refuerza una trayectoria de colaboración ya consolidada entre ambas instituciones, cuyo hito más destacado fue la creación en 2019 del Observatorio para la Seguridad, la Eficiencia y la Sostenibilidad de las operaciones aéreas. Con este nuevo paso, ENAIRE y COPAC buscan sumar sinergias para optimizar los servicios de tránsito aéreo y garantizar estándares cada vez más elevados de calidad y protección para los usuarios del transporte aéreo en España. 🌐



Estados Unidos se fija en el modelo ferroviario español para modernizar su red de transporte

Una delegación de alto nivel del Departamento de Transportes de Estados Unidos, encabezada por el administrador de la Federal Railroad Administration (FRA), David Armstrong Fink, visitó en el mes de septiembre la sede de Ineco en Madrid con el objetivo de conocer de primera mano la labor de la ingeniería pública española en materia ferroviaria.

El encuentro, guiado por el presidente de Ineco, Sergio Vázquez Torrón, reunió a representantes de Amtrak y de los departamentos de Transporte de distintos estados que buscaban tomar como referencia la experiencia de España en el desarrollo de la Alta Velocidad en un momento clave en el que el gobierno estadounidense ha confirmado 20 600 millones de dólares de financiación federal para el transporte público en 2026.

Así, durante la jornada, los profesionales de Ineco compartieron las claves de la planificación, diseño, mantenimiento e integración de proyectos ferroviarios, respaldados por los más de 4000 kilómetros de Alta Velocidad en servicio que convierten a España en la red más extensa de la Unión Europea y la segunda del mundo. Además de la capacidad técnica española, la visita se consolida en la presencia en el mercado estadounidense de Ineco, que lleva más de una década operando en este país con grandes proyectos como la línea de Alta Velocidad Dallas-Houston o la modernización de infraestructuras en Nueva York y Nueva Jersey. 🌐





AESA otorga al centro tecnológico CATEC el segundo Certificado de Operador Ligero de UAS en España

La Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) ha concedido al Centro Avanzado de Tecnologías Aeroespaciales (CATEC) el Certificado de Operador Ligero de UAS



(LUC), el segundo de esta naturaleza emitido en el país tras el otorgado en febrero de 2024. Este reconocimiento avala la madurez organizativa, la capacidad técnica y los elevados estándares en la gestión de la seguridad de la entidad. Gracias a esta acreditación, CATEC podrá autorizar y gestionar de forma autónoma determinadas operaciones con drones previamente evaluadas, agilizando la planificación y reduciendo las cargas administrativas sin necesidad de solicitar permisos individuales para cada vuelo.

La obtención del certificado LUC no solo dota al centro aeroespacial de mayor flexibilidad operativa en territorio nacional, sino que sus prerrogativas son plenamente válidas en todos los Estados miembros de la Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea (EASA). Con esta nueva resolución, AESA reafirma su compromiso con el desarrollo de la aviación no tripulada y la consolidación de la industria de los drones en España, consolidando al país como un referente europeo en innovación, seguridad y profesionalización del sector aeroespacial.

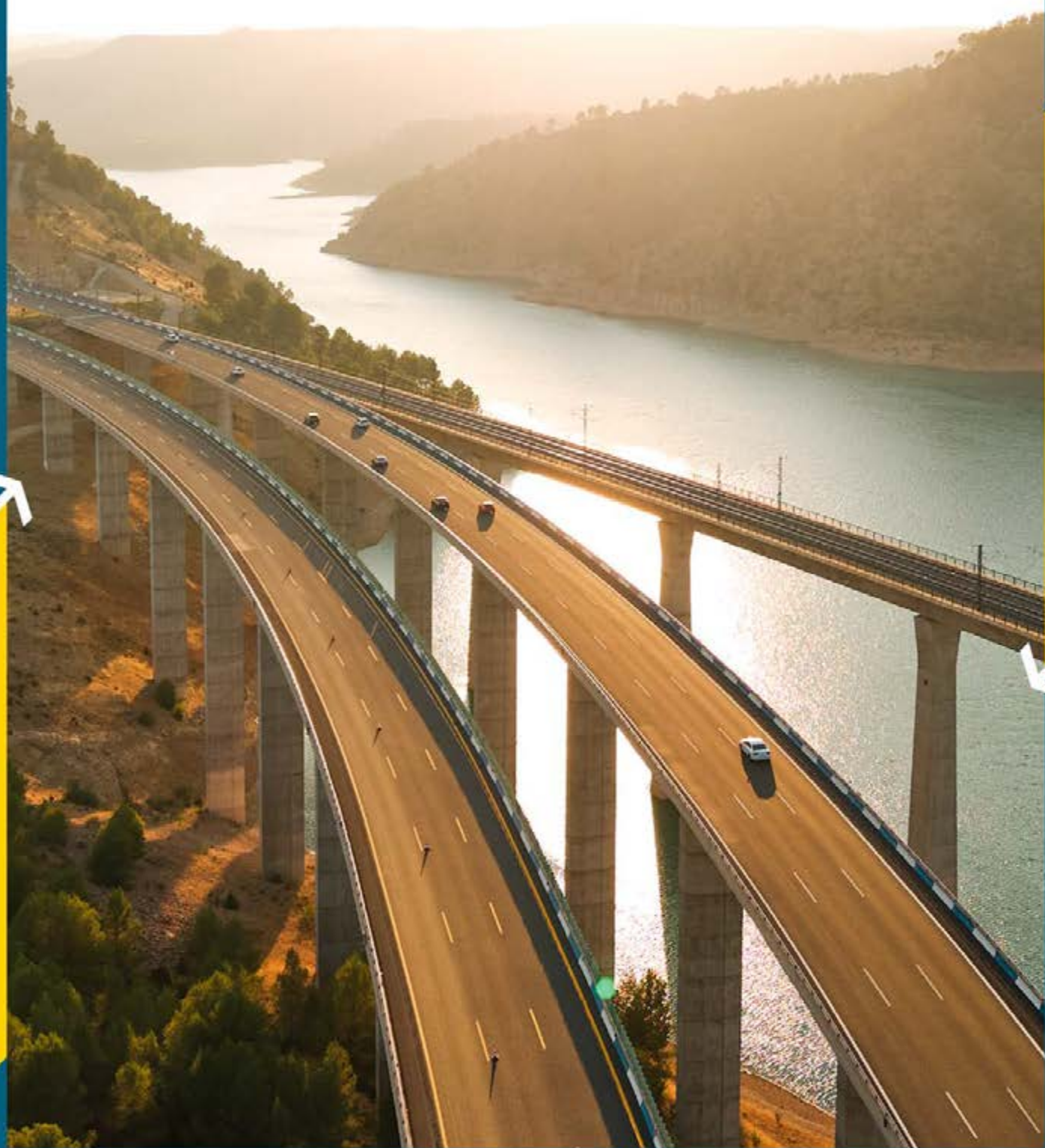
La Fundación Caminos abre la convocatoria para sus Premios 2026

La Fundación Caminos ha iniciado el plazo de recepción de candidaturas para sus galardones de 2026, una iniciativa concebida para impulsar la excelencia profesional y dar visibilidad al talento y la labor creativa en el ámbito de la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. En esta edición se contemplan ocho categorías emblemáticas que abarcan desde el reconocimiento a la trayectoria profesional y la innovación técnica, hasta proyectos de fin de máster, obras públicas sostenibles y el patrimonio de la

ingeniería. Como novedad destacada, la convocatoria estrena el Premio José Antonio Fernández Ordóñez de Construcción Industrializada.

Los profesionales y entidades interesados en participar disponen de un plazo único que finalizará el próximo 29 de enero de 2027. Para formalizar la solicitud, las propuestas deben enviarse a la dirección de correo electrónico premios@fundacioncaminos.es.





EL MINISTERIO DE UN PAÍS → *que se mueve.*

Desde 2019 se invierten más de 1.500 millones de euros al año para mantener y mejorar los 26.564 km de la Red de Carreteras del Estado, por donde se mueve más del 50% del tráfico del país.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

Avanza la ejecución del Canal de Acceso, tramo subterráneo inicial de la futura red pasante de Valencia

Encaje **de** vías



Valencia es desde hace tres años y medio escenario de una de las actuaciones de integración urbana del ferrocarril más complejas de las últimas décadas. Se trata del Canal de Acceso, infraestructura que encajará las vías de acceso a la ciudad –primero en la superficie y definitivamente en el subsuelo– y liberará terrenos para nuevos desarrollos urbanísticos. Esta actuación es la pieza inicial de una operación ferroviaria destinada a dotar a la capital levantina de servicios pasantes y eliminar el cuello de botella que las estaciones de Valencia suponen para el Corredor Mediterráneo y la red de Cercanías.

- Texto: Javier R. Ventosa
- Fotos: Adif AV

La configuración

de la Red Arterial Ferroviaria (RAF) de Valencia está determinada por la disposición en fondo de saco de las estaciones de Valencia Nord (tráfico convencional, con vías de ancho ibérico) y Joaquín Sorolla (Alta Velocidad, con vías de ancho estándar), a las cuales acceden los

trenes procedentes del sur y del norte a través de un único pasillo ferroviario de unos dos kilómetros de longitud. Esta disposición obliga a realizar inversiones de marcha en las dos estaciones a todos los servicios de carácter pasante, es decir, que paran en Valencia para continuar luego hacia el sur o el norte. Además, los trenes procedentes del norte deben dar un amplio ro-

deo por el sur y el este de la ciudad. Estas maniobras penalizan a todos los servicios con carácter pasante y generan pérdidas de tiempo a los usuarios, convirtiendo a Valencia en un cuello de botella para el Corredor Mediterráneo.

Para solucionar esta disfunción ferroviaria, la sociedad Valencia Parque Central (actualmente formada por el Ministerio de



Situación futura del acceso ferroviario a Valencia.



Entrada central al túnel.

Transportes y Movilidad Sostenible, Adif, Adif AV, Generalitat Valenciana y Ayuntamiento de Valencia) aprobó en 2003 un convenio para remodelar la RAF, que incluía la incorporación de la LAV Madrid-Valencia, las circulaciones pasantes sur-norte a través de la ciudad y la mejora de la capacidad de la red. El proyecto se articuló en torno a tres elementos: el soterramiento de las vías de acceso a las dos terminales de la ciudad, la futura Estación Central y el Túnel Pasante hasta el norte de la ciudad. Las fases I y II (Acceso Sur y Nudo Sur) operan desde la llegada de la Alta Velocidad en 2010, pero el resto se aplazó por la crisis. En 2022, un nuevo convenio reactivó la RAF con el Canal de Acceso Fase III, actuación que culminará el soterramiento de las vías y que es el paso previo para las otras dos grandes obras subterráneas que darán permeabilidad a la red metropolitana: la Estación Central y el Eje Pasante. Paralelamente, la integración de las vías en el subsuelo no solo se eliminará el efecto barrera, sino que desencadenará la mayor operación urbanística del siglo en Valencia.

Ocho actuaciones

La principal actuación del *Canal de Acceso. Fase III. Integración de la Alta Velocidad en la ciudad de Valencia*, proyecto adscrito al Corredor Mediterráneo, incluye ocho obras. Las tres principales son el Nuevo Canal de Acceso Fase III (obra civil, montaje de vía, electrificación e instalaciones ferroviarias y de seguridad), la remodelación de la estación Joaquín Sorolla y la ampliación del aparcamiento de esta terminal. Completan el proyecto otras cinco actuaciones que darán funcionalidad plena al nuevo esquema ferroviario: el despliegue de instalaciones de protección civil

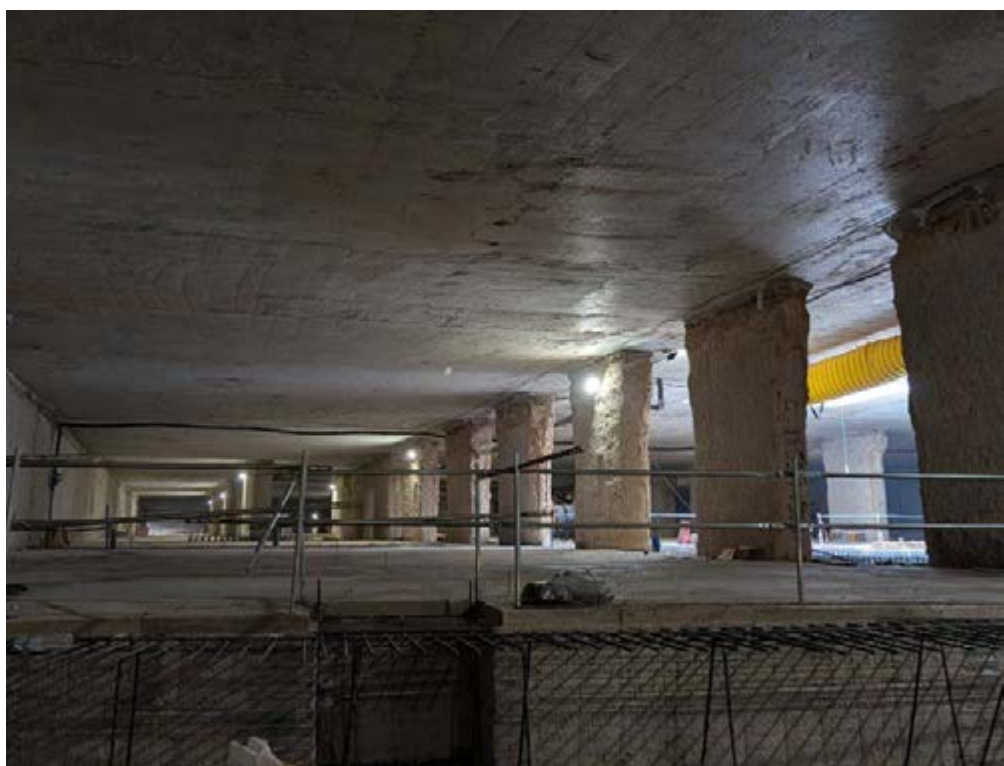


Ámbito de actuación del Canal de Acceso y estación Joaquín Sorolla.

y seguridad en los túneles de acceso a Valencia, la adecuación de los túneles de ancho convencional (ejecutados, pero aún no utilizados), la adecuación de las instalaciones de control, mando y señalización existentes a la nueva configuración de vías, una nueva instalación técnica de apoyo, con tres vías en ancho estándar, cerca del complejo de mercancías de Fuente de San

Luis y la implantación de un nuevo cambiador de ancho en el entorno del Nudo Sur y Fuente San Luis para las líneas de Barcelona, Xàtiva/Gandía y Alicante. De ellas, las cuatro primeras están en fase de redacción del proyecto y la quinta está en ejecución.

El Canal de Acceso Fase III tiene una inversión prevista de 506,1 millones de euros (IVA incluido), de



Losa intermedia ya ejecutada.

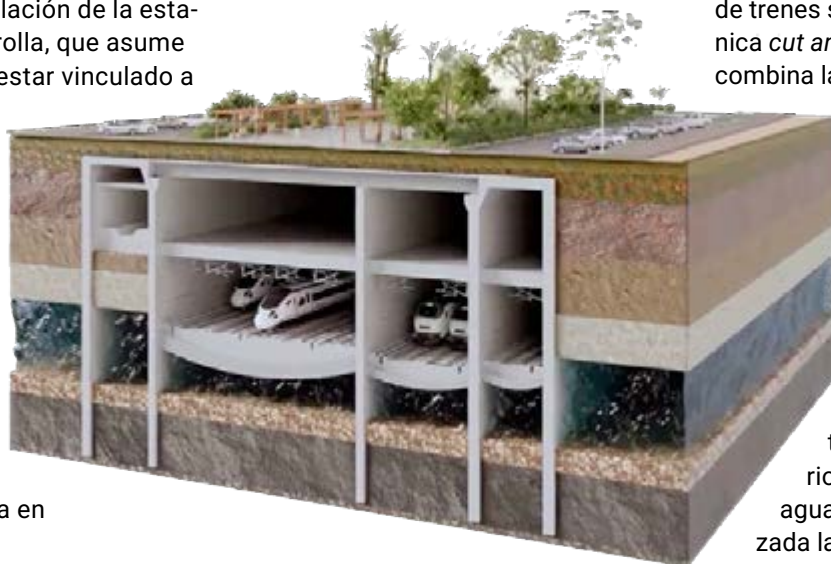
los cuales está contratado más del 75 %, y cuenta con financiación europea a través del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR). La inversión está siendo aportada por la sociedad Valencia Parque Central con el esquema de financiación previsto en el convenio: Adif AV (50 %), Generalitat Valenciana (25 %) y Ayuntamiento de Valencia (25 %), a excepción de una parte del proyecto de remodelación de la estación Joaquín Sorolla, que asume Adif al 100 %, al estar vinculado a dar respuesta al incremento de la demanda ferroviaria. Los trabajos, que arrancaron en febrero de 2023, avanzan a buen ritmo. El horizonte vigente de finalización de las obras se sitúa en 2028.

Obra «compleja»

El objetivo del Canal de Acceso es encajar las vías en superficie que dan acceso a Valencia Nord y Joaquín Sorolla en una estructura soterrada de 1,2 kilómetros de longitud, comprendida entre el Bulevar Sur y pasado el viaducto de Giorgeta, que se construye bajo el espacio ocupado por la plataforma ferroviaria. Desde el punto de vista de la ingeniería y la construcción, es una de las actuaciones urbanas de mayor complejidad y variedad ejecutadas por Adif AV en los últimos años, hasta el punto de que internamente se ha acuñado el término de obra «compleja» (completa y compleja) para referirse a la misma. Y es que los condicionantes que la rodean, tanto en el subsuelo

como en superficie, son auténticos retos en sí mismos y obligan a la dirección de obra y a las empresas contratistas a encontrar soluciones para superarlos. Estos condicionantes son los siguientes:

- **Hidrogeología y geotecnia.** La obra, que se ejecuta a una profundidad máxima de 22 metros, se desarrolla en el antiguo delta de Valencia, a través de suelos muy heterogéneos



Sección transversal del túnel.

(gravas, arcillas y limos) y con un nivel freático elevado (–7 metros), lo que garantiza el afloramiento de agua. Para dar con una solución estructural apta para suelos medios o flojos como los existentes e inmune al nivel freático se realizaron decenas de sondeos, un estudio hidrogeológico y geotécnico extraordinario y un modelo en 3D del terreno que arrojó luz definitiva sobre la permeabilidad del terreno, los flujos de agua y las condiciones para la cimentación. Este modelo 3D, combinado con las fases previstas de obra, ha sido la base para determinar el tipo de estructura a construir y

el volumen de agua a bombear, así como el procedimiento de ejecución. Como resultado, se está ejecutando una estructura soterrada y compartimentada, formada por una sucesión de cajones estancos de hormigón armado, por cuyo interior discurren las vías.

- **Procedimiento de ejecución.**

Para compatibilizar los trabajos subterráneos con la circulación de trenes se seleccionó la técnica *cut and cover*. Esta técnica combina la ejecución desde la superficie de muros pantalla laterales (de 9 a 38 metros de longitud y 80 a 100 centímetros de espesor) y pantallas provisionales transversales con la cubrición de losas de cubierta y la posterior excavación interior. Una vez extraído el agua del interior, y garantizada la estanqueidad del cajón, se puede trabajar en seco y ejecutar las losas intermedia e inferior que completan el cajón. Para apoyar la estructura en el subsuelo se emplean técnicas de consolidación del terreno. Estas actuaciones se realizan sin interrumpir el servicio ferroviario en la superficie. La ejecución simultánea de todas estas técnicas exige una planificación coordinada de todas las unidades de obra.

- **Reposición de servicios.** La traza del túnel intercepta más de 160 servicios públicos (redes de electricidad, agua, telecomunicaciones, gas, riego, alumbrado, señalización...), que es necesario desviar y reponer en otros lugares. Destaca, sobre todo, el colector sur, una infraestructura

hidráulica de grandes dimensiones, con un caudal de 100 metros cúbicos por segundo, que cruza bajo las vías. Para reponerlo se necesita desviar un tramo de 1900 metros y hacer pasar el nuevo conducto por el nivel superior del túnel hasta el otro lado del canal. La sección del desvío, que en su mayor parte discurrirá adosado por el este y en paralelo al canal, es de 6 por 4 metros. Dentro del Canal de Acceso, el desvío del colector es una obra en sí misma, con un presupuesto estimado en unos 30 millones de euros.

- **Actuaciones singulares.** Además del gran volumen de material excavado y a gestionar (más de 2 000 000 de metros cúbicos), la obra presenta tres retos estructurales relevantes: un salto de carnero en el interior del túnel para resolver el cruce de las vías con origen o destino en el Corredor Mediterráneo hacia la estación Joaquín Sorolla; la demolición del paso superior de Giorgeta, obra compleja a realizar sobre el túnel ya terminado que debe minimizar la afección al tráfico en la zona (65 000 vehículos/día); y la ejecución de pantallas prácticamente al pie de las fachadas de edificios en el angosto tramo final del canal, actuación que está sometida a auscultación y ensayos sísmicos.
- **Diversidad ferroviaria.** En el ámbito de la actuación coexisten vías con distintos tipos de ancho (estándar, ibérico y mixto), electrificación (3 kV cc, 25 kV ca y zonas de transición), señalización (ERTMS, ASFA, ASFA Digital), comunicaciones (GSM-R, tren-tierra), diferentes traviesas y aparatos de vía, además de un cambiador de ancho. El desmontaje, montaje e integración final de la infraestructura y



Hormigonado de la losa superior.



Tramo este del colector sur.

superestructura de las distintas líneas es un reto en sí mismo.

- **Plazos ajustados.** El cumplimiento de varios hitos constructivos antes del 26 de junio pasado, plazo marcado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia para desembolsar los fondos europeos del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia

(MRR) previstos para esta obra, ha obligado a acelerar los trabajos. Uno de estos hitos ha sido el reciclado en obra de al menos el 70 % de los residuos generados. Como dato relevante, el Canal de Acceso ha batido el récord de una obra en España de captación de fondos MRR, con 172 millones de euros.

Estación Central y eje pasante

Las otras dos grandes actuaciones subterráneas de la futura RAF de Valencia, proyectos independientes pero complementarios del Canal de Acceso, están en distintas fases:

Estación Central. El 5 de junio Adif AV adjudicó, por 6,1 millones de euros (IVA incluido), más 1,4 millones de euros en concepto de modificaciones previstas y un plazo de 18 meses, la elaboración del estudio funcional de la futura estación soterrada, que unificará todos los servicios ferroviarios de la ciudad y que está llamada a ser un nodo neurálgico del Corredor Mediterráneo. De ese estudio emanarán, en una segunda fase, la redacción de los proyectos básico y de construcción. Su configuración de pasante eliminará el actual esquema de fondo de saco de las dos estaciones, a las que sustituirá. Se construirá en el costado este de la Estación Joaquín Sorolla. Arquitectónicamente, destaca por una singular cubierta formada por cuatro contrabóvedas unidas entre sí por lucernarios que permiten llenar los espacios interiores de luz natural. Bajo la cubierta, el edificio se articulará en cuatro niveles: acceso a la calle, entresuelo o mezanine para el vestíbulo principal y el intercambio modal con el metro, nivel soterrado superior para servicios de Alta Velocidad (seis vías y tres andenes), más un aparcamiento de 1200 plazas y nivel soterrado inferior para servicios de ancho convencional (seis vías y tres andenes). En el exterior, la integración urbana se materializará con una nueva plaza entre esta estación y la del Nord, así como un corredor verde que articulará el entorno. La inversión estimada en esta actuación asciende a 1000 millones de euros.

Eje pasante sur-norte. Eje subterráneo de unos 9 kilómetros de longitud que cruzará Valencia de sur a norte conectando el nivel inferior de la Estación Central con la LAV Valencia-Castellón en superficie al norte de la ciudad. Posibilitará la continuidad sur-norte de las circulaciones de Alta Velocidad y Cercanías, evitando las actuales inversiones de marcha y mejorando la explotación tanto del Corredor Mediterráneo como de la red de Cercanías, a la que aportará dos estaciones soterradas (Aragón y Universidad). El estudio informativo del eje pasante, actualmente en fase de evaluación ambiental, incluye como estudio complementario la prolongación del túnel hasta Albuixech para evitar afecciones a la zona protegida de L'Horta Nord y facilitar la tramitación ambiental del tramo contiguo de la futura LAV Valencia-Castellón.



Render de la futura Estación Central.

El túnel

La obra civil del canal soterrado, una estructura singular por su gran complejidad técnica y fuertemente condicionada por los factores anteriores, es todo un reto para Adif AV, las ingenierías y las constructoras. La estructura subterránea que se está construyendo tiene una longitud aproximada de 1200 metros –en su parte final emerge a la superficie mediante rampas– y una anchura aproximada de 50 metros. Cuando se termine, estará formada por 11 cajones compartimentados de hormigón armado de 100 metros de longitud, situados uno a continuación del otro, en cuyo interior se construyen las estructuras para albergar y encaminar las vías hacia sus estaciones de destino.

El procedimiento de ejecución empleado es el denominado *cut and cover*. La secuencia constructiva de un cajón se inicia con la ejecución de las pantallas perimetrales de hormigón armado y las pantallas transversales como fondo –éstas, a base de mortero y bentonita, se demolerán al ejecutar el siguiente cajón–, seguidas de la losa superior de coronación. Para garantizar la estabilidad de la estructura, el tapón de fondo se debe apoyar en suelos impermeables que, o bien se encuentran naturalmente, o bien se generan artificialmente mediante técnicas de consolidación del terreno (*jet grouting*). Una vez bombeado al exterior el agua del cajón y garantizada su estanqueidad, se procede a trabajar en seco en su interior para continuar la excavación en profundidad y ejecutar las losas intermedia e inferior, que es donde se apoyarán las vías.

El Canal de Acceso no es un túnel al uso, con una sección y una cota constantes. La estructura está formada por distintas secciones para albergar las vías y

encaminarlas hacia sus respectivas estaciones, en ocasiones entrecruzándose entre sí, lo que da una idea de la complejidad técnica de su ejecución. En el tramo inicial se deben conectar los túneles del Nudo Sur con el nuevo canal, lo que supondrá juntar las seis vías de los corredores procedentes del sur y del norte (LAV Madrid-Valencia, líneas de Xàtiva/Gandía y Buñol y Corredor Mediterráneo) en la nueva estructura para reducir su anchura. Una vez en el interior, las vías se encajarán en función del ancho y la estación de destino, de manera que las cuatro de ancho estándar (dos del Corredor de Levante y dos del Corredor Mediterráneo) ocuparán el lado oeste del túnel, que emergerá en Joaquín Sorolla, mientras que las dos de ancho mixto (del Corredor Mediterráneo) y las dos de ancho ibérico (líneas de Xàtiva/Gandía y Buñol) se ubicarán en el este, que conducirá hasta la Estació del Nord. Para conseguir esta configuración se construyen, en función de cada tramo, secciones de dos, tres o cuatro tubos, siendo esta última la más común.

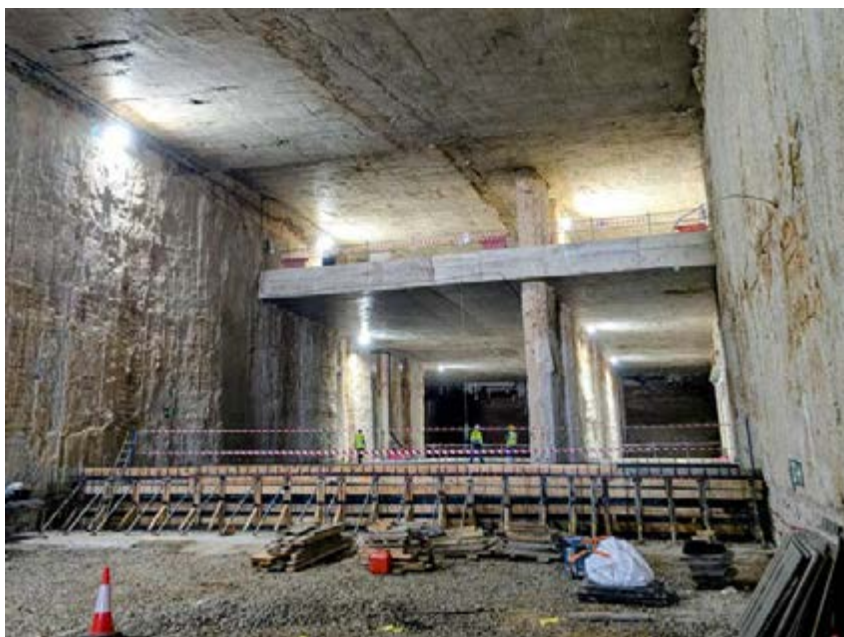
Además, el trazado discurre a distintas cotas para encajar las diferentes vías y el colector sur, siendo la profundidad media de unos 17 metros. Así, en la parte sur la traza se desarrolla inicialmente de forma deprimida para propiciar el cruce superior del colector sur sobre las vías, que luego recuperan la cota de los túneles del Nudo Sur. En la parte central se creará un nivel inferior, a una profundidad máxima de 22 metros, para propiciar el salto de carnero de las dos nuevas vías en ancho estándar surgidas de una bifurcación en la línea del Corredor Mediterráneo, que se alinearán en el lado oeste junto a las del Corredor de Levante. Este nivel inferior se dejará preparado para



El túnel tiene una anchura aproximada de unos 50 metros.



Excavación mediante medios mecánicos del frente central.



Tramo de túnel con dos niveles.

prolongarlo hasta los dos niveles subterráneos de la futura Estación Central. Ya en la parte final, el túnel se situará a la cota -12 metros, antes de conectar con las rampas de salida.

El Puzzle

La complejidad del proyecto encuentra su máxima expresión en la necesidad de compatibilizar la obra con el mantenimiento de 400 circulaciones diarias (300 de tráfico convencional y un centenar de Alta Velocidad), quizá el condicionante de mayor entidad, que exige un altísimo grado de planificación y coordinación. Con ese fin, en la fase de proyecto se definieron una serie de fases para ejecutar desvíos provisionales de las vías y construir a continuación en el espacio que dejan libre los diferentes tramos del túnel, como si se tratara de encajar las piezas de un rompecabezas, coordinando además estas actuaciones con la remodelación de la estación Joaquín Sorolla. El encaje de estas piezas o tramos de túnel, dada la complejidad y la precisión requeridas para compatibilizar la obra y los desvíos con el tráfico y la movilidad de los viajeros, es conocido como el Puzzle.

Originalmente se definieron nueve fases, que finalmente se han convertido en cinco. Esta reducción de fases se ha alcanzado mediante un modificación de obra que, frente a los tres desvíos de unos 10 metros previstos en el proyecto, autorizó a trasladar las vías a una mayor distancia -50 metros- en solo dos movimientos. Allí, en una antigua zona industrial degradada, han tenido cabida los desvíos provisionales previstos inicialmente en tres fases, que de esta forma se han agrupado en dos. Los desvíos han requerido el desmontaje y posterior montaje de la infraestructura y



Desvíos provisionales y accesos a los túneles, en la zona sur.



la superestructura ferroviaria para mantener la operatividad del corredor. Estos desvíos se completaron en diciembre de 2024 coincidiendo con las primeras semanas de recuperación tras la DANA que asoló Valencia a finales de octubre, lo que todavía dificultó más los trabajos.

En el espacio liberado por las vías, que comprende la mayor parte del canal, avanza a buen ritmo la ejecución de las pantallas y las losas de cubrimiento que forman los cajones de la estructura subterránea, que ya ha completado una longitud superior a 200 metros.

En su interior se construyen las estructuras internas para segregar las vías y albergar el colector sur. En el extremo sur se ha completado ya el tramo del desvío del colector que discurre en paralelo al Bulevar Sur. Con datos del mes de junio, se han ejecutado más del 75 % de las pantallas previstas en el proyecto (170 000 de 220 000 m²) y más de la mitad de los 60 000 m² de losas superiores, mientras que se ha construido cerca del 15 % de los 65 000 m² de losa inferior proyectada, una actuación secuencialmente posterior a las anteriores.

Al norte del canal avanza el movimiento de tierras, pantallas y losas en la margen este para preparar las fases siguientes que completarán el Puzzle. En esta zona, el corredor en superficie se estrecha por la presencia del residencial Iturbi y otros edificios al pie de las vías y está condicionado por el viaducto de Giorgeta, que sobrevuela las vías antes de su salida a superficie a la estación Joaquín Sorolla, lo que añadirá nuevas dificultades a los trabajos. En este tramo está previsto ejecutar en 2027 el tercer desvío provisional de vías, en primavera las de ancho



Nueva pasarela y ejecución de pilotes en la zona más estrecha del Canal de Acceso.

Transformación urbana

El Canal de Acceso tiene una trascendencia histórica para la ciudad de Valencia. La finalización de las obras en superficie permitirá anticipar la liberación de los terrenos hoy ocupados por las vías y su entrega al Ayuntamiento para iniciar la mayor transformación urbana que vivirá la capital valenciana desde la creación del Jardín del Turia. Su entrada en servicio, además, eliminará el efecto barrera de las vías que históricamente han separado los barrios del sur (Creu Coberta, Malilla y San Marcelino).

Sobre el futuro Canal de Acceso se generará un gran espacio urbano para hacer una ciudad más verde, saludable y sostenible, y que se estructura en dos actuaciones. Por un lado, la culminación del Parque Central sobre el terreno ocupado por la estación Joaquín Sorolla y el haz de vías de Valencia Nord, que desaparecerán con la futura Estación Central soterrada, creando un pulmón verde de 23 hectáreas en el centro de la ciudad. Y por otro, la implantación en los terrenos hoy ocupados por las vías del bulevar García Lorca, corredor verde de 80 000 m² de superficie que conectará el límite sur del casco urbano con el Parque Central. En el entorno de los nuevos espacios está prevista una gran expansión residencial, con más de 8000 viviendas y equipamientos para la ciudadanía.

Estado actual



Antes y después del pasillo ferroviario.

Proyecto de Marzo de 2023



convencional y mixto y en verano las de ancho estándar, lo que liberará espacio para completar los tramos restantes de pantallas y losas de la margen este del túnel, así como la ejecución de las del tramo norte. También permitirá construir las rampas de salida a las estaciones y finalizar el tramo del colector sur que discurrirá en paralelo al canal. En esta zona, en junio se habilitó una pasarela ciclopeatonal sobre el corredor para comunicar las calles Almudaina y Oltà, en sustitución de otra cercana al viaducto de Giorgeta, que fue demolida por las obras.

En la fase final, una vez completada la obra civil del túnel, está previsto el soterramiento de las vías por el nuevo canal, primero las de ancho convencional y mixto y luego las de ancho estándar, para, una vez montada la infraestructura y la superestructura y conectadas a las líneas existentes, dar de baja las vías en superficie e iniciar las

operaciones por el Canal de Acceso. La actuación que culminará toda la obra es la demolición del viaducto de Giorgeta y su sustitución por una avenida a nivel, ya apoyada sobre el Canal de Acceso terminado, que incluirá cuatro carriles de circulación, carril bus, carriles bici y aceras.

Remodelación de Joaquín Sorolla

Las otras dos actuaciones incluidas en la Fase III del Canal de Acceso (remodelación de la estación Joaquín Sorolla y ampliación del aparcamiento) están también en marcha desde el comienzo. Su objetivo es doble: por un lado, adecuar la playa de vías a la salida del canal y, por otro, incrementar la capacidad de las instalaciones para hacer frente al aumento de trenes y viajeros previsto en los corredores Mediterráneo y de Levante, tanto por la futura migración al ancho estándar de los tramos

Alicante-Valencia y Castellón-Taragona como por la liberalización del transporte de viajeros por ferrocarril, ya traducido en la presencia de dos nuevos operadores de Alta Velocidad en la estación desde 2022.

Para ello se ha diseñado un nuevo esquema de vías, formado por once vías de ancho estándar y seis andenes, que es el resultado de añadir cinco vías y tres andenes nuevos al haz de vías existente, así como un vestíbulo para dar servicio a las nuevas instalaciones. Con objeto de mejorar la explotación de la estación, se ha construido una vía adicional no prevista en el proyecto. De las nuevas vías, cuatro tienen 400 metros de longitud (suficientes para estacionar trenes de Alta Velocidad en doble composición) y otra mide 200 metros.

Las actuaciones se desarrollan en dos fases consecutivas. En la primera, en el lado este de la estación, se han ejecutado las nuevas vías (7, 8, 9, 10 y 11) y andenes (5,

6 y 7), previa demolición de dos naves existentes. Sobre las nuevas instalaciones ferroviarias se construye un vestíbulo elevado y una conexión con el vestíbulo actual. En la segunda fase, las actuaciones se trasladarán al lado oeste del complejo ferroviario. Previamente, y una vez dadas de baja las vías y andenes existentes, se procederá a su remodelación para adecuarlos al Canal de Acceso, incluido el recorte del andén de 400 metros hasta 200 metros. Esta fase comprenderá también la renovación integral del vestíbulo existente, la construcción de varios edificios (de instalaciones, comercial, de atención al cliente) y la reordenación del entorno. Como parte de estas obras, ya está en servicio una conexión peatonal entre esta terminal y la Estació del Nord.

La ampliación del aparcamiento, por su parte, se realizará sobre el espacio ocupado hasta ahora por el andén recortado en el oeste del complejo. Con esta ampliación, el aparcamiento pasará de las actuales 665 plazas a cerca de 900, con infraestructura de recarga para vehículos eléctricos. ■

Render de la futura estación Joaquín Sorolla.





Ejecución de nuevos andenes de la estación Joaquín Sorolla.

El eje del Duero suma el mayor tramo de autovía
abierto de una sola vez en la RCE en esta década

La A-11

crece en

Valladolid

Viaducto del Páramo, el de mayor longitud
de la red viaria de Valladolid.





La construcción de la autovía del Duero (A-11), eje transversal de gran capacidad que vertebrará la parte central de Castilla y León entre Soria y la frontera con Portugal, registró el pasado verano un importante hito con la puesta en servicio de más de 25 nuevos kilómetros de doble calzada junto a la ribera del Duero, que han elevado la seguridad vial en la Red de Carreteras del Estado (RCE). Con ellos se completa la mayor parte del trazado de la autovía en la provincia de Valladolid, mientras continúan las obras y proyectos del resto de tramos en las provincias de Soria, Burgos y Zamora.

- Texto: Javier R. Ventosa
- Fotos: DCE en Castilla y León Occidental

Con más de 12 000 kilómetros, la red de alta capacidad gestionada por la Dirección General de Carreteras conecta los principales núcleos urbanos españoles y soporta el mayor volumen del tráfico de personas y mercancías del país. Esta red, que inició su construcción hace cuatro décadas, presenta hoy una elevada cobertura territorial y se está completando con varios ejes que reforzarán la vertebración del territorio y aportarán una mayor densidad a la malla, mejorando la seguridad vial. Uno de estos ejes es la autovía del Duero (A-11), que atravesará la parte central de Castilla y León a través de las provincias de Soria, Burgos, Valladolid y Zamora siguiendo el curso del río Duero y como alternativa de alta capacidad a la carretera N-122, formando parte de un corredor este-oeste que conectará el litoral mediterráneo con el norte de Portugal. Este eje transversal, que con cerca de 350 kilómetros será uno

de los de mayor longitud de la red, tiene cerca de la mitad del trazado en servicio y el resto se encuentra en fase de obras o de proyecto.

El pasado verano se dio un nuevo paso en la construcción de este eje con una de las puestas en servicio de autovía con mayor kilometraje de los últimos años. En concreto, el 24 de agosto, en un acto presidido por el ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, se abrió al tráfico un nuevo tramo de la A-11 en la provincia de Valladolid comprendido entre los enlaces de San Bernardo (Valbuena de Duero) y Tudela de Duero, con 30,7 kilómetros operativos en sentido Valladolid y 25,3 kilómetros en sentido Soria. Este tramo supone la práctica totalidad de la conexión por autovía entre Quintanilla de Arriba y Tudela de Duero, cuya longitud total de 34,7 kilómetros se completará en la primera mitad de 2027, una vez se termine de ejecutar un viaducto singular sobre el río Duero. Hasta

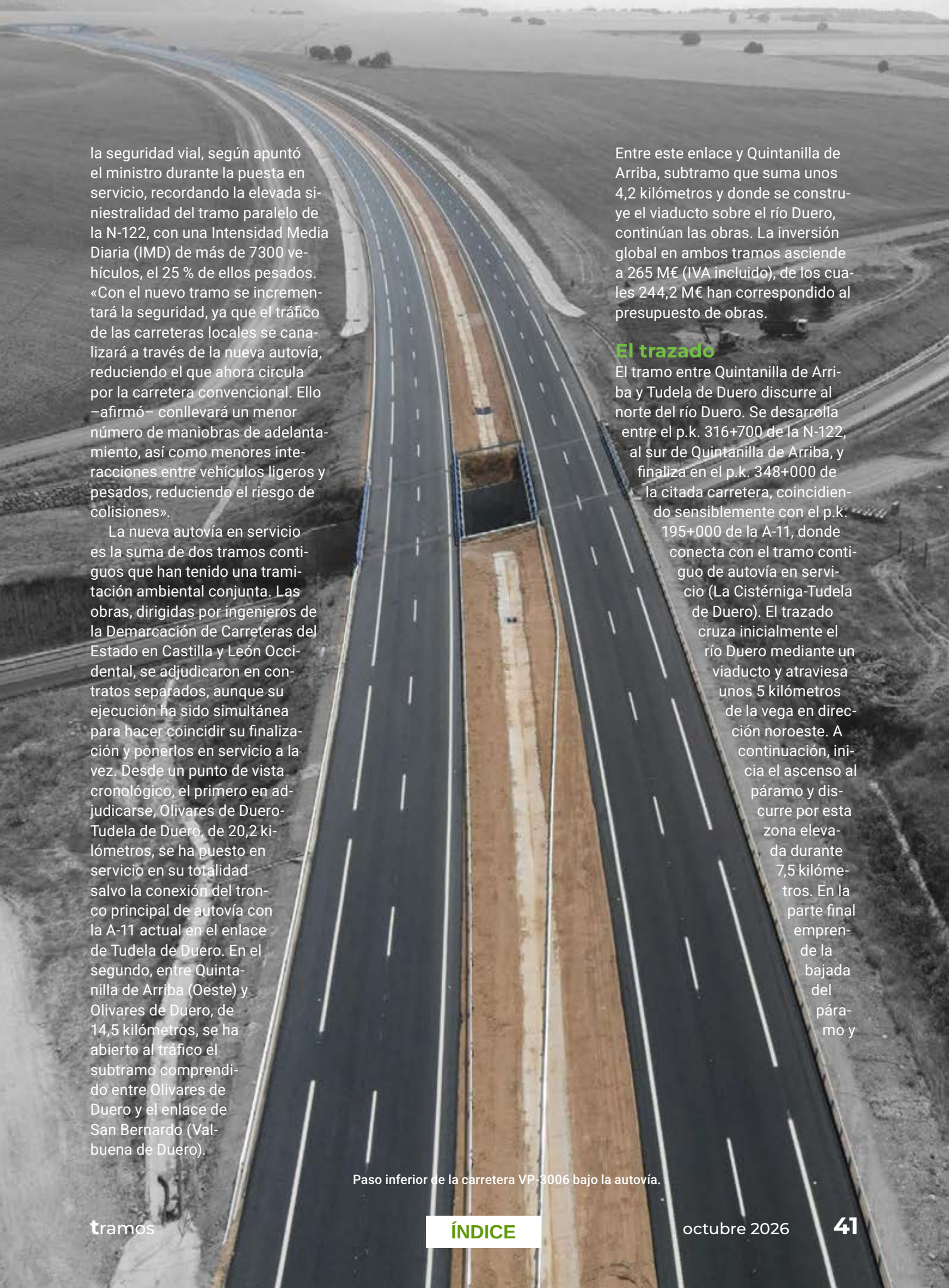
entonces, la N-122 seguirá siendo el itinerario principal del tráfico de largo recorrido, especialmente para los vehículos pesados –salvo aquellos con origen o destino en las localidades a las que da acceso la A-11–, pero esta vía será más segura y estará descargada de tráficos locales procedentes de las carreteras al norte del Duero. Para conectar la A-11 (enlace de San Bernardo) con la N-122 en Peñafiel existe un itinerario alternativo provisional al norte del Duero a través de las carreteras VP-3001 y VA-101, pasando por Pesquera de Duero.

Más seguridad

Entre los beneficios del nuevo tramo figuran la descongestión de la N-122, la reducción de los tiempos de viaje y la mejora del acceso a la Red de Carreteras del Estado (RCE) de varias poblaciones (Pesquera de Duero, Valbuena de Duero, Olivares de Duero, Villavaquerín y Tudela de Duero). Pero, sobre todo, mejora



Mapa del tramo.



la seguridad vial, según apuntó el ministro durante la puesta en servicio, recordando la elevada siniestralidad del tramo paralelo de la N-122, con una Intensidad Media Diaria (IMD) de más de 7300 vehículos, el 25 % de ellos pesados. «Con el nuevo tramo se incrementará la seguridad, ya que el tráfico de las carreteras locales se canalizará a través de la nueva autovía, reduciendo el que ahora circula por la carretera convencional. Ello –afirmó– conllevará un menor número de maniobras de adelantamiento, así como menores interacciones entre vehículos ligeros y pesados, reduciendo el riesgo de colisiones».

La nueva autovía en servicio es la suma de dos tramos contiguos que han tenido una tramitación ambiental conjunta. Las obras, dirigidas por ingenieros de la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental, se adjudicaron en contratos separados, aunque su ejecución ha sido simultánea para hacer coincidir su finalización y ponerlos en servicio a la vez. Desde un punto de vista cronológico, el primero en adjudicarse, Olivares de Duero-Tudela de Duero, de 20,2 kilómetros, se ha puesto en servicio en su totalidad salvo la conexión del tronco principal de autovía con la A-11 actual en el enlace de Tudela de Duero. En el segundo, entre Quintanilla de Arriba (Oeste) y Olivares de Duero, de 14,5 kilómetros, se ha abierto al tráfico el subtramo comprendido entre Olivares de Duero y el enlace de San Bernardo (Valbuena de Duero).

Entre este enlace y Quintanilla de Arriba, subtramo que suma unos 4,2 kilómetros y donde se construye el viaducto sobre el río Duero, continúan las obras. La inversión global en ambos tramos asciende a 265 M€ (IVA incluido), de los cuales 244,2 M€ han correspondido al presupuesto de obras.

El trazado

El tramo entre Quintanilla de Arriba y Tudela de Duero discurre al norte del río Duero. Se desarrolla entre el p.k. 316+700 de la N-122, al sur de Quintanilla de Arriba, y finaliza en el p.k. 348+000 de la citada carretera, coincidiendo sensiblemente con el p.k. 195+000 de la A-11, donde conecta con el tramo contiguo de autovía en servicio (La Cistérniga-Tudela de Duero). El trazado cruza inicialmente el río Duero mediante un viaducto y atraviesa unos 5 kilómetros de la vega en dirección noroeste. A continuación, inicia el ascenso al páramo y discurre por esta zona elevada durante 7,5 kilómetros. En la parte final emprende la bajada del páramo y

Paso inferior de la carretera VP-3006 bajo la autovía.



Enlace de San Bernardo, que conecta con la carretera VP-3001.

continúa por terrenos llanos hasta finalizar al noroeste de Tudela de Duero. El trazado, cuyo origen se sitúa a 755 metros sobre el nivel del mar, pasa de la cota de 875 metros en el páramo a otra de 706 metros al final. En su recorrido atraviesa, de este a oeste, los términos municipales de Quintanilla de Arriba, Valbuena de Duero, Olivares de Duero, Villavaquerín, Villabáñez y Tudela de Duero.

Este trazado se corresponde con la denominada alternativa Duero Norte, seleccionada por la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del anteproyecto del tramo como la más favorable respecto a la alternativa Duero Sur planteada por el estudio informativo, que preveía la duplicación de la carretera N-122, al sur del Duero. Entre las ventajas de situar el trazado en los páramos al norte del Duero

destaca que evita la mayor parte de las afecciones a los viñedos de la zona, principal fuente de riqueza de la Ribera del Duero, además de alejarlo de dos yacimientos arqueológicos y de un Bien de Interés Cultural (BIC). También supone un mayor aprovechamiento de la A-11 construida (unos 4 kilómetros respecto a la otra alternativa), una reducción de longitud de la nueva autovía a construir en 3,4 kilómetros,

Actuación puntual, gran beneficio

La construcción de la A-11 tuvo el pasado verano otro hito en la provincia de Burgos con la entrada en servicio, el 22 de junio, de un corto subtramo que conecta la Variante de

Aranda (A-11) con la carretera N-122. Hasta ahora, la variante finalizaba en su extremo oeste en la conexión con la carretera provincial BU-V-2031, que comunica con la N-122 cerca de Castrillo de la Vega. Por ello, el tráfico de largo recorrido de la carretera N-122 ha discurrido históricamente por el interior de esta localidad de 626 habitantes.

El nuevo subtramo prolonga la variante en dirección oeste hasta su conexión con la N-122, evitando así el paso obligado del tráfico de largo recorrido por Castrillo de la Vega. Con esta actuación se ha suprimido el paso de 5275 vehículos diarios por el municipio –el 33,4 % de ellos pesados (1762)–, que han sido absorbidos principalmente por la A-11, con lo que se mejora la seguridad y la calidad de vida de los vecinos.

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha invertido 18,7 M€ (IVA incluido) en este subtramo de 2,4 kilómetros de longitud. Sus principales elementos son una glorieta de conexión entre la N-122 y la A-11, el enlace de Castrillo de la Vega, que incluye un paso inferior bajo la carretera BU-V-2031, y varias obras de drenaje transversal.



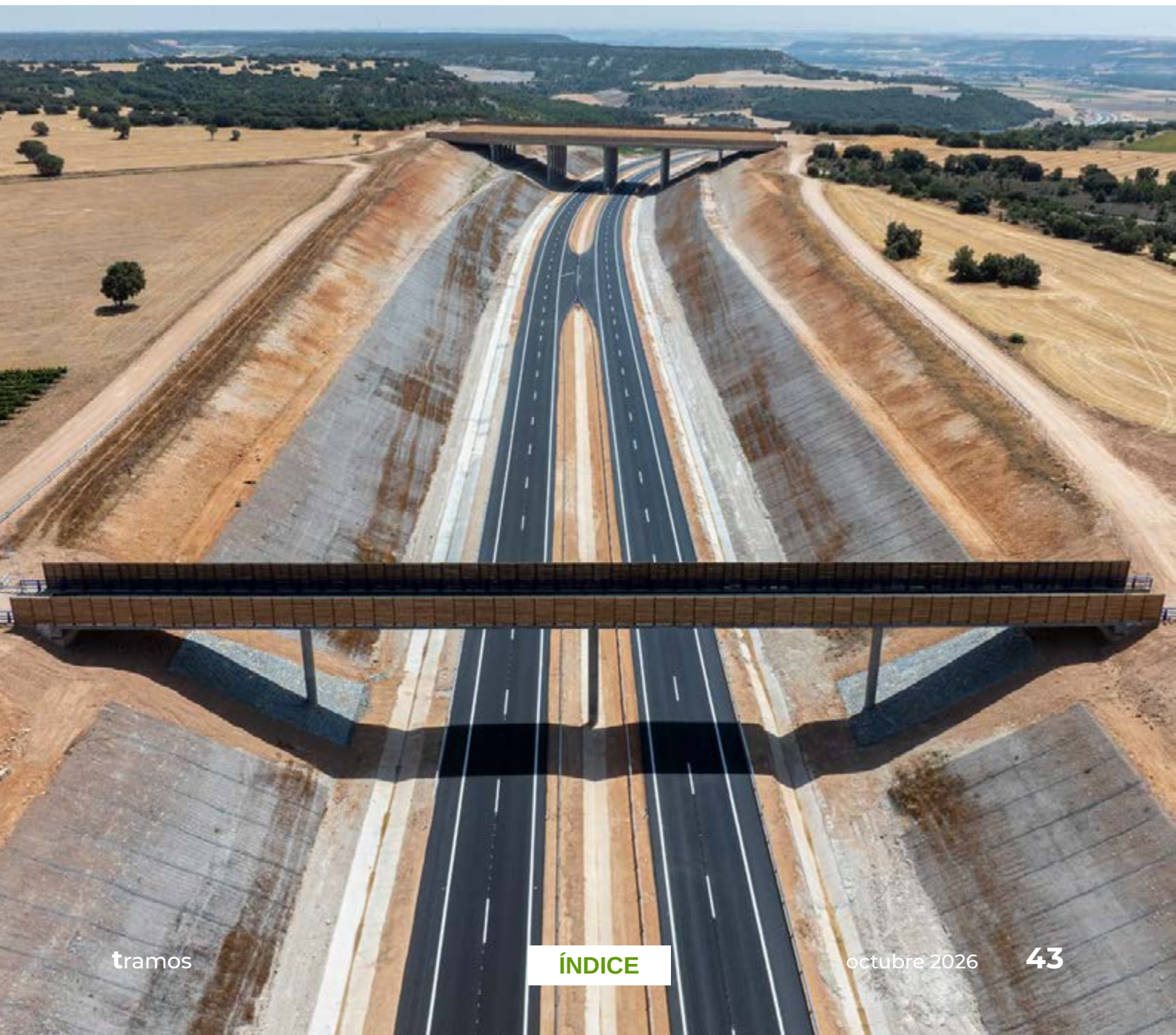
Glorieta de conexión entre la A-11 y la N-122.

y una mejor conectividad con el núcleo urbano de Tudela de Duero. Desde la óptica medioambiental, reduce la ocupación sobre espacios naturales protegidos o singulares. Como consecuencia de la elección de esa alternativa se modificaron algunos elementos previstos en el estudio informativo: se sustituyó un terraplén proyectado por un viaducto de más de 900 metros para comunicar el páramo con el valle del Duero, se amplió la longitud del viaducto sobre el río Duero y se proyectó un ecoducto de



Viaductos sobre el Canal del Duero (en primer plano) y sobre el canal supletorio del Duero.

Ecoducto y paso superior de camino en un tramo en trinchera.



grandes dimensiones para disminuir el efecto *barrera* sobre la fauna y la afección sobre la geomorfología y el paisaje.

La alternativa seleccionada ha supuesto la construcción de un nuevo trazado de autovía alejado del eje de la carretera N-122 y de las poblaciones situadas en su itinerario, lo que reducirá el volumen de tráfico en la travesía urbana de Sardón de Duero. Ambos tramos tienen algunas características comunes, entre ellas la sección del tronco, el tipo de firme y la velocidad de proyecto, establecida en 120 km/h. La sección del tronco está formada por dos calzadas de 7 metros de anchura que albergan dos carriles de 3,50 metros cada una, arcones exteriores de

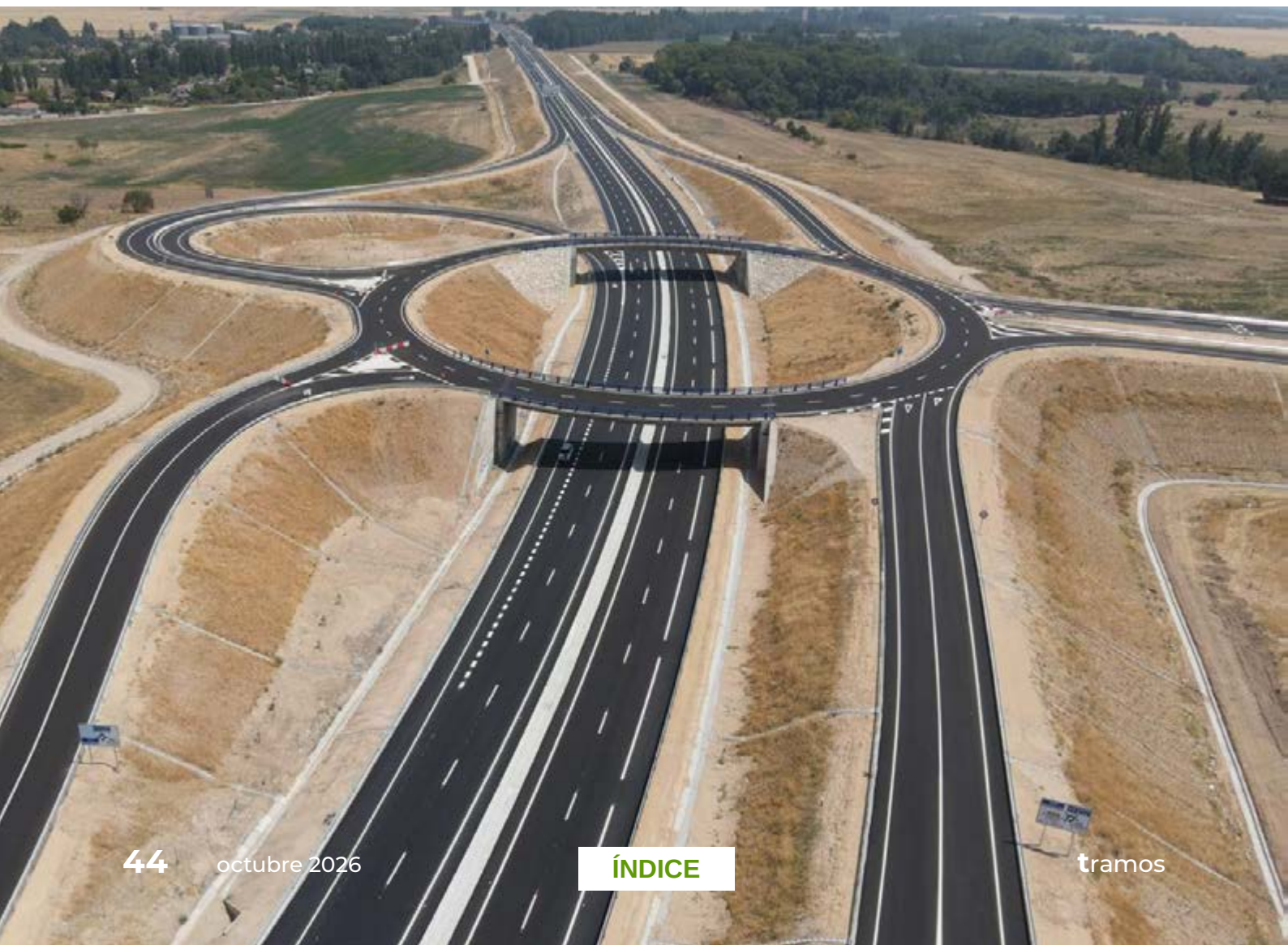
2,50 metros e interiores de 1,0 metro. La mediana tiene una anchura variable según los tramos, oscilando entre 10 y 2 metros. En el capítulo de firmes, en ambos tramos se ha adoptado la misma sección para la categoría de tráfico tipo T2 prevista, consistente en una capa de suelo cemento sobre explanada E3 y un paquete formado por 15 centímetros de mezclas bituminosas en caliente dispuestas en tres capas, aunque en el tramo inicial entre Tudela de Duero y el enlace de Villabáñez se ha adoptado una solución para tráfico T1, que amplía el grosor de la capa de mezclas hasta los 20 centímetros.

A continuación, se detallan las principales características de ambos tramos:

Olivares de Duero- Tudela de Duero

El tramo de mayor longitud inició las obras en diciembre de 2019. Tiene su origen al noroeste de Tudela de Duero y finaliza antes del enlace de Olivares de Duero, donde comienza el tramo contiguo de la A-11 Quintanilla de Arriba-Olivares de Duero. Discurre en su mayor parte por los páramos al norte del Duero. El trazado en planta presenta un radio mínimo de 875 metros, y en alzado la inclinación máxima es del 5 %, coincidente con el tramo de ascenso al páramo. Para la construcción del trazado se ha realizado un importante movimiento de tierras (más de 2 millones de metros cúbicos de desmontes y cerca de 4 millones de terraplén

Enlace con glorieta superior al inicio del tramo Olivares de Duero-Tudela de Duero.



y explanadas) debido a la existencia de una sucesión de tramos en desmonte (con profundidades de excavación de más de 20 metros) y terraplén (con rellenos superiores a 10 metros). El material para los terraplenes se ha estabilizado con cal para mejorar sus propiedades, mientras que en la parte más próxima al río Duero, en una zona afectable por las crecidas, se ha dispuesto un relleno de material adecuado protegido por escollera.

A lo largo del tramo se han construido dos enlaces que permiten la conexión de la A-11 con las carreteras locales. El enlace 1 (p.k. 194+700), al noreste de Tudela de Duero, es una glorieta superior a distinto nivel con cuatro ramales, que conecta con la A-11 existente y

con la carretera VP-3302 a Villabáñez. En agosto se puso en servicio solo para el tráfico sentido Valladolid a través de la conexión con la carretera provincial y las vías de servicio paralelas de la actual A-11. El enlace 2 (p.k. 190+350), al sur de Villabáñez, tiene tipología de diamante con pesas y un paso inferior bajo la traza, permitiendo la conexión con la VP-3302.

Para dar permeabilidad transversal al territorio, además de los dos enlaces, se han construido un total de 15 estructuras. Al principio del tramo se sitúan las dos de mayor entidad: el viaducto sobre el canal del Duero, estructura con un tablero de 240 metros de longitud divididos en siete vanos, construido con vigas artesas que se apoyan en

pilas y estribos sobre cimentación profunda mediante pilotes; y el viaducto sobre el canal supletorio del Duero, con un tablero de 346 metros en 14 vanos, construido con vigas doble 'T' que se apoyan en pilas y estribos sobre cimentación profunda. Ambas estructuras, muy próximas entre sí, cruzan los canales de forma muy esviada.

El resto de las estructuras en el tramo son tres pasos inferiores para el paso de carreteras, así como cinco pasos inferiores y cinco pasos superiores para caminos agrícolas. Las soluciones ejecutadas para los pasos inferiores son marcos de hormigón armado y estructuras con vigas doble 'T' y estribos de tierra armada. Para los pasos superiores se han ejecutado

Viaducto sobre el canal supletorio del Duero, de 346 metros de longitud.



tableros de losa postesada, con cimentación directa, salvo los dos tableros de los pasos superiores del enlace de Tudela de Duero, para cuya cimentación se han empleado pilotes.

En el capítulo de drenaje transversal se han construido un total de 29 obras, con soluciones a base de tuberías de 1,8 metros de diámetro y marcos de 2 x 2 metros, que también sirven como pasos de fauna.

Otros trabajos complementarios han incluido la integración ambiental de las obras, la reposición de los servicios afectados (redes de electricidad, telefonía y fibra óptica y tuberías de abastecimiento y riego) y la reposición de las vías pecuarias afectadas por las obras. En la parte final del tramo, al norte de Olivares de Duero, se ha preparado el terreno en ambas márgenes de la autovía para la futura construcción de un área de servicio.

Quintanilla de Arriba-Olivares de Duero

En este tramo de 14,5 kilómetros, cuyas obras se iniciaron en noviembre de 2020, se han abierto al tráfico 10,2 kilómetros del subtramo comprendido entre Olivares de Duero y el enlace de San Bernardo, mientras que en el subtramo final continúan las obras. El trazado discurre en sus primeros 6 kilómetros por terrenos llanos de los páramos y a continuación desciende en dirección sureste hacia el valle del Duero. Tras desarrollarse durante 5 kilómetros por la vega, evitando la afección a las bodegas situadas al norte de Valbuena de Duero y cruzando el canal de Riaza, salva el cauce del río Duero y rodea los viñedos de la margen izquierda sin afectarlos, para finalizar al sur de Quintanilla de Arriba, tras el enlace con la N-122. El trazado en planta del tramo tiene un radio mínimo de

1000 metros, y en alzado la inclinación máxima es del 5 %, que coincide con la bajada del páramo. Para construir el trazado se han movido 3,2 millones de metros cúbicos de excavación en desmonte –uno de ellos con una altura de excavación de 35 metros–, así como 2,3 millones de metros cúbicos en rellenos.

El tramo incluye tres enlaces, de los cuales dos ya están en servicio: el enlace de Olivares de Duero (p.k. 174+730), inicio del tramo, que enlaza con la VA-104 a Castrillo-Terjiego, y el enlace de San Bernardo (p.k. 165+200), final del tramo en servicio, que conecta la A-11 con la carretera VP-3001 de Renedo a Pesquera del Duero, al noroeste de Valbuena de Duero, del cual se han puesto en servicio tres ramales y dos glorietas. Ambos enlaces tienen tipología de diamante con pesas. El tercero, el enlace de Quintanilla de Arriba (p.k. 161+290), conectará con la carretera N-122 al

sur de esta localidad. Este enlace, también con tipología de diamante con pesas, será una remodelación del semienlace de acceso a Quintanilla.

A lo largo del trazado se han construido tres estructuras singulares. La de mayores dimensiones es el viaducto del Páramo, de 920 metros de longitud divididos en 16 vanos (47 + 14 x 59 + 47 metros), que salva la gran diferencia de cota topográfica entre la base del páramo y el fondo de valle y cauce del arroyo de la Vega, cruzando sobre la carretera VP-3011. Es el más largo de la red viaria en Valladolid. Está formado por un tablero con sección cajón de hormigón postesado y se ha construido por vanos sucesivos mediante autocimbra, siendo la cimentación profunda.

La segunda estructura singular, en construcción, es un viaducto que cruza el río Duero (p.k. 12+500). La solución proyectada se resuelve con

Ecoducto (en primer plano) y viaducto del Páramo.





El viaducto del Páramo salva la diferencia de cota entre el páramo y el valle.

De este a oeste de Castilla y León

La A-11 es un eje vertebrador de gran capacidad que recorre de este a oeste la zona central de Castilla y León desde el límite oriental en Soria hasta el límite occidental en Zamora. El objetivo de este corredor, con orígenes en el Plan Director de Infraestructuras 1993-2007, es establecer una nueva conexión entre el valle del Ebro y los centros generadores de transporte de Castilla y León en sustitución de la carretera N-122, siguiendo el curso del río Duero a través de las provincias de Soria, Burgos, Valladolid y Zamora hasta alcanzar la frontera con Portugal. Cuando esté terminado, este eje transversal de más de 350 kilómetros será uno de los de mayor longitud de la Red de Carreteras del Estado. Actualmente tiene en servicio cerca del 55 % del trazado.

Los primeros tramos del eje se desarrollaron al oeste de la ciudad de Valladolid. Inicialmente se conectó la capital con Tordesillas como parte de la autovía A-62 y, en la primera década del siglo, ya como A-11, con Zamora. Al este de la ciudad se construyeron tres variantes de población (Cistérniga, El Burgo de Osma y Aranda de Duero) y el tramo Cistérniga-Tudela de Duero.

A mediados de la pasada década arrancó la construcción del tramo Tudela de Duero-Soria, parte oriental de la A-11, que suma unos 210 kilómetros en las provincias de Soria, Burgos y Valladolid. Tras la puesta en servicio de cerca de una decena de tramos, la mayor parte a partir de 2018, actualmente están operativos algo más de 120 kilómetros, restando cinco tramos para su finalización. De ellos, dos están en obras (Langa de Duero-Aranda de Duero, en Burgos, que es el tramo en ejecución de mayor presupuesto de España, con 212 M€, y el subtramo del viaducto del río Duero cerca de Quintanilla de Arriba, en Valladolid) y el resto se encuentra en fase de redacción del proyecto (Los Rábanos-La Mallona, en Soria; Castrillo de la Vega-Límite Provincial Burgos/Valladolid, en Burgos; y Límite Provincial Valladolid/Burgos-Quintanilla de Arriba, en Valladolid). También se redacta el proyecto de remodelación del enlace de la A-11 con la ronda exterior de Valladolid (VA-30) junto al polígono de San Cristóbal, al suroeste de la capital pucelana, para mejorar la fluidez del tráfico en esta zona.

En el extremo más occidental de la A-11 se está desarrollando el tramo entre Zamora y la frontera portuguesa, que tendrá unos 78 kilómetros. El futuro trazado está formado por cuatro tramos, todos ellos con el proyecto de trazado terminado. Actualmente se construye el subtramo final entre San Martín del Pedroso y la frontera lusa.



un vano principal de 172 metros de luz y tablero único con tipología de arco de tablero inferior, tipo *bow-string*, y vanos de acceso con dos tableros de vigas prefabricadas pretensas tipo artesa, con luces de unos 43 metros, alcanzando así una longitud total de 433 metros, dividida en siete vanos con luces de $4 \times 43 + 44,6 + 172 + 44,6$ metros. Longitudinalmente, el tablero del vano sobre el cauce está formado por dos cajones metálicos con almas inclinadas, uno por calzada, de 5,60 metros de ancho superior y 3,10 metros inferior, con canto constante de 2,5 metros y losa superior de 0,25 metros de espesor, conformando así un tablero mixto de 2,75 metros de canto total. El arco central es único, con flecha máxima de 31 metros y planta recta con canto variable. Los estribos son abiertos de hormigón armado. Ubicado en el Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) Riberas del Duero, el viaducto ha sido diseñado para permitir una óptima restauración de la vegetación de ribera, por lo cual ni las pilas ni los estribos ocupan físicamente el espacio protegido.

La tercera estructura singular es un ecoducto construido sobre el tronco de autovía en una zona de trinchera (p.k. 169+950), de 186 metros de longitud y 80 de anchura, con tipología de losa, que permite el paso de la fauna local. Forma parte de uno de los corredores ecológicos más importantes de la zona.

Además de estas, en el tramo se ha construido otra decena de estructuras que garantizan la permeabilidad territorial. En concreto, son cinco pasos superiores, tres para reposición de caminos, uno de enlace y otro para reposición de la carretera VA-104, ejecutados con tablero a base de losa de hormigón *in situ* de cuatro vanos; y cinco pasos inferiores de caminos y de fauna,

construidos bien mediante vigas doble 'T', bien mediante marcos de hormigón. De ellos, uno salva el canal de Riaza y otro forma parte del enlace de San Bernardo.

El sistema de drenaje transversal está formado por 23 obras, la mayor parte adaptadas como pasos de fauna, que se han construido mediante marcos de hormigón de 2 x 2 metros y tubos de 1,5 a 1,8 metros de diámetro. Dos de estas obras están apoyadas por sendas balsas excavadas para permitir la acumulación de agua y su posterior infiltración al terreno. Para el drenaje longitudinal se han ejecutado cunetas, drenes, colectores, boquillas, arquetas, bajantes y bordillos.

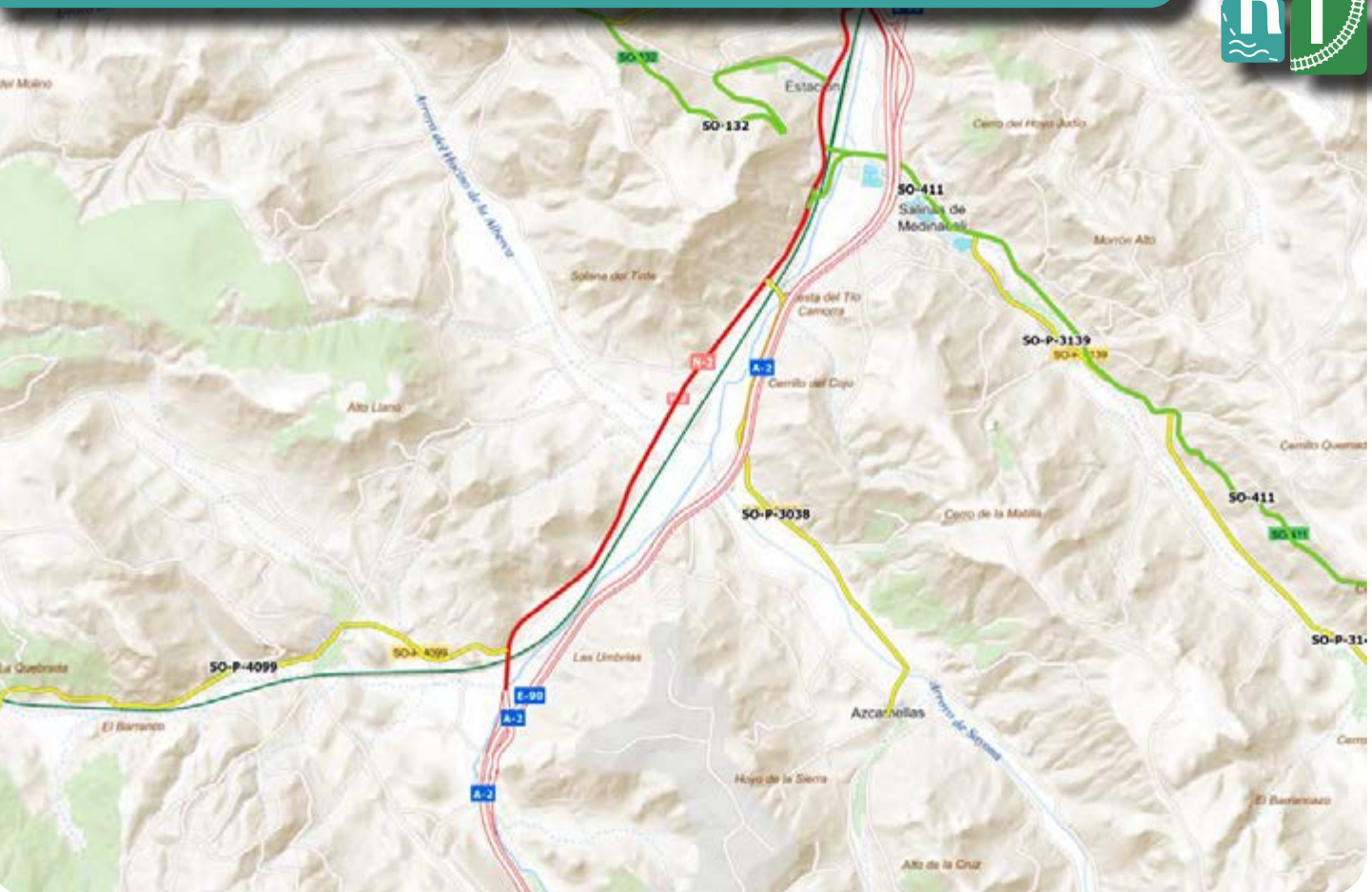
Las actuaciones medioambientales para prevenir y corregir el impacto de las obras sobre el suelo, la vegetación, la hidrología, la fauna y el patrimonio cultural han sido similares a las del tramo anterior, destacando, en el conjunto de los dos tramos, la puesta en marcha de programas de restauración paisajística que han incluido la plantación de cerca de 230 000 unidades de especies arbóreas y arbustivas y la hidrosiembra de una superficie de más de 1,1 millones de metros cuadrados en taludes, terraplenes y otros espacios junto a la autovía. Entre Quintanilla y Olivares de Duero se han realizado actuaciones para preservar tres yacimientos arqueológicos y, en el subtramo aún en obras, se ha dispuesto una pantalla vegetal de árboles y arbustos para reducir el impacto visual de la autovía sobre el monasterio de Santa María de Valbuena, protegido como Bien de Interés Cultural (BIC). Asimismo, se han repuesto más de 25 servicios públicos afectados por el trazado, entre líneas eléctricas y telefónicas y conducciones de riego del canal de Riaza. ■



Montaje de arco del viaducto del Duero.



IA operacional en la Red de Transporte de Alta Definición



Visualizador de Redes de Transporte.

La Red de Transporte de Alta Definición (RTAD) es el proyecto de evolución de la Información Geográfica de Referencia de Redes de Transporte (IGR-RT). Su objetivo principal es la generación automatizada de datos geoespaciales de alta resolución para la red viaria. Tras una primera fase enfocada en el entrenamiento de modelos de Deep Learning, presentada en mayo de 2025 en la revista *Tramos*, este proyecto aborda su transición hacia la producción operativa.

Este artículo describe el flujo metodológico completo para la puesta en producción de un modelo de inteligencia artificial, de segmentación semántica, que facilita la extracción automática de superficies de carreteras tras su aplicación sobre ortofotografías del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). El resultado permite obtener automáticamente atributos clave de la red, como el tipo de firme, y facilita la actualización continua de los datos geoespaciales.

- **Texto:** Manuel Miñambres Vidal, Alberto Vilariño Fernández, María Cristina Calvo Guinea y Alicia González Jiménez. Subdirección General de Cartografía y Observación del Territorio. Dirección General del Instituto Geográfico Nacional

La Información Geográfica de Referencia de Redes de Transporte (IGR-RT), producida en su cobertura nacional por el Instituto Geográfico Nacional en el marco del Sistema Cartográfico Nacional, es una red tridimensional multimodal de transporte que cubre todo el país. Por su completitud y alcance, se trata de uno de los conjuntos de datos geoespaciales de alto valor más importantes para el transporte y la movilidad.

La IGR-RT integra cinco modos de transporte (viario, ferroviario, marítimo, aéreo y por cable), junto a sus conexiones intermodales, en un único modelo continuo y topológicamente conectado, lo que conlleva la gestión de un volumen de información muy elevado y una complejidad técnica considerable.

La mejora, actualización y enriquecimiento de los datos de la IGR-RT persigue garantizar una respuesta adecuada y sostenible a la demanda creciente de este tipo de información para afrontar desafíos

como el cambio demográfico, la llegada del vehículo autónomo y el impacto del cambio climático.

Los métodos tradicionales de actualización de la red viaria, para un territorio tan extenso y complejo, exigen plazos y recursos considerablemente elevados. Esta situación limita la frecuencia de las actualizaciones y la evolución del modelo de datos (incorporación de nuevos elementos o modificación de los aspectos ya considerados), dado que cualquier cambio debe definirse y validarse de forma homogénea a nivel nacional, lo que ralentiza todo el proceso.

El reto de la automatización

El principal reto que presenta la actualización de esta base de datos por métodos tradicionales es que gran parte de sus atributos son deducidos por foteointerpretación, es decir, requieren que un técnico examine visualmente ortofotografías o imágenes de satélite de alta

resolución para identificar y registrar los cambios en la red. Efectuar esta tarea sobre la totalidad del territorio nacional exige una inversión de tiempo y recursos humanos que puede llegar a resultar insostenible.

Por ejemplo, la clasificación del atributo 'firme', que determina si un tramo de la red viaria está pavimentado o no, permite diferenciar carreteras asfaltadas de caminos de tierra, grava u otro tipo de tratamiento superficial, y debido a ello es vital para diversas aplicaciones (por ejemplo, cálculo de rutas). Dado que la IGR-RT contiene aproximadamente 1,2 millones de kilómetros de caminos y 300 000 kilómetros de carreteras, es obvio que la actualización de este aspecto con la frecuencia y fiabilidad necesarias es prácticamente inabordable mediante métodos de edición tradicionales. La irrupción de la Inteligencia Artificial en la ciencia de datos geoespaciales ofrece una vía innovadora y sostenible de abordar este problema, gracias a los modelos de

aprendizaje profundo (Deep Learning).

En este escenario nace la Red de Transporte de Alta Definición (RTAD), un proyecto de evolución de la IGR-RT cuyo objetivo principal es la generación automática de datos geoespaciales de alta resolución y la detección automatizada de atributos de la red viaria aplicando algoritmos de Deep Learning sobre fuentes imagen de referencia PNOA-MA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea de Máxima Actualidad) y PNOA LiDAR.

El proyecto se encuentra en su segunda fase, según la siguiente distribución:

- Primera Fase: llevada a cabo entre 2023 y 2025, se centró en el desarrollo inicial de modelos de detección de elementos específicos de la red viaria (líneas longitudinales, señalización horizontal puntual, rotondas y enlaces, puentes). Esta fase se presentó en mayo de 2025 en la revista *Tramos*.
- Segunda Fase: transición hacia la producción operativa. Su propósito es integrar los modelos ya entrenados en los flujos de trabajo del IGN y desarrollar nuevas

La irrupción de la inteligencia artificial en la ciencia de datos geoespaciales ofrece una vía innovadora y sostenible de abordar este problema, gracias a los modelos de aprendizaje profundo (Deep Learning)

soluciones basadas en aprendizaje profundo para la extracción automática de la superficie asfaltada de la calzada y la deducción del atributo 'firme'.

El presente artículo se centra en los desarrollos de esta segunda fase, orientados específicamente a la actualización automatizada del atributo 'firme'.

Desarrollo de modelo de superficie de calzada asfaltada

La automatización del proceso para la actualización del atributo 'firme' requiere un enfoque doble: en primer lugar, un modelo de visión artificial encargado de identificar y delimitar geométricamente la

superficie de la calzada asfaltada; en segundo lugar, un algoritmo de inferencia geoespacial que procese dicha superficie para determinar el estado del atributo 'firme' en los ejes de la red viaria.

Estado del arte

Antes de desarrollar un modelo propio desde cero, se evaluaron diversas soluciones existentes:

- Modelo FLAIR del IGN francés. Este modelo de segmentación semántica está diseñado para clasificar la cobertura del suelo a partir de imágenes aéreas. Permite predecir, sobre ortofotos, máscaras de coberturas como edificios, superficies permeables/impermeables o láminas de agua, entre otras. Dado que la categoría de 'superficie impermeable' se asemeja estructuralmente a la superficie asfaltada, se probó el modelo sobre las ortofotos del PNOA.

A pesar de que FLAIR fue entrenado en Francia, el entorno geográfico, las características de las coberturas y las especificaciones técnicas de las ortofotografías francesas y españolas son lo suficientemente parecidos como para que el modelo funcionase de forma aceptable. No obstante, los resultados no alcanzaron la precisión geométrica requerida y se descartaron para la inferencia del atributo 'firme'.



Resultado de la predicción con el modelo FLAIR.

- El modelo SROADEx (UPM). Desarrollado por el grupo Mercator de la Universidad Politécnica de Madrid, SROADEx es un modelo de segmentación semántica que predice la presencia de red viaria sobre ortofotos. El inconveniente principal de este modelo para el objetivo del proyecto es que clasifica toda la infraestructura vial en una categoría única denominada 'ROAD', sin discriminar entre caminos sin pavimentar y vías asfaltadas.

Desarrollo del modelo propio

Ante las limitaciones del estado del arte, el equipo técnico de la IGR-Redes de Transporte asumió internamente el diseño y entrenamiento de un modelo propio de segmentación semántica para identificar superficies asfaltadas sobre imágenes PNOA.

El ciclo de desarrollo de este modelo de IA se dividió en tres fases secuenciales: obtención de datos de entrenamiento, entrenamiento del modelo y aplicación de resultados.

Obtención de los datos de entrenamiento

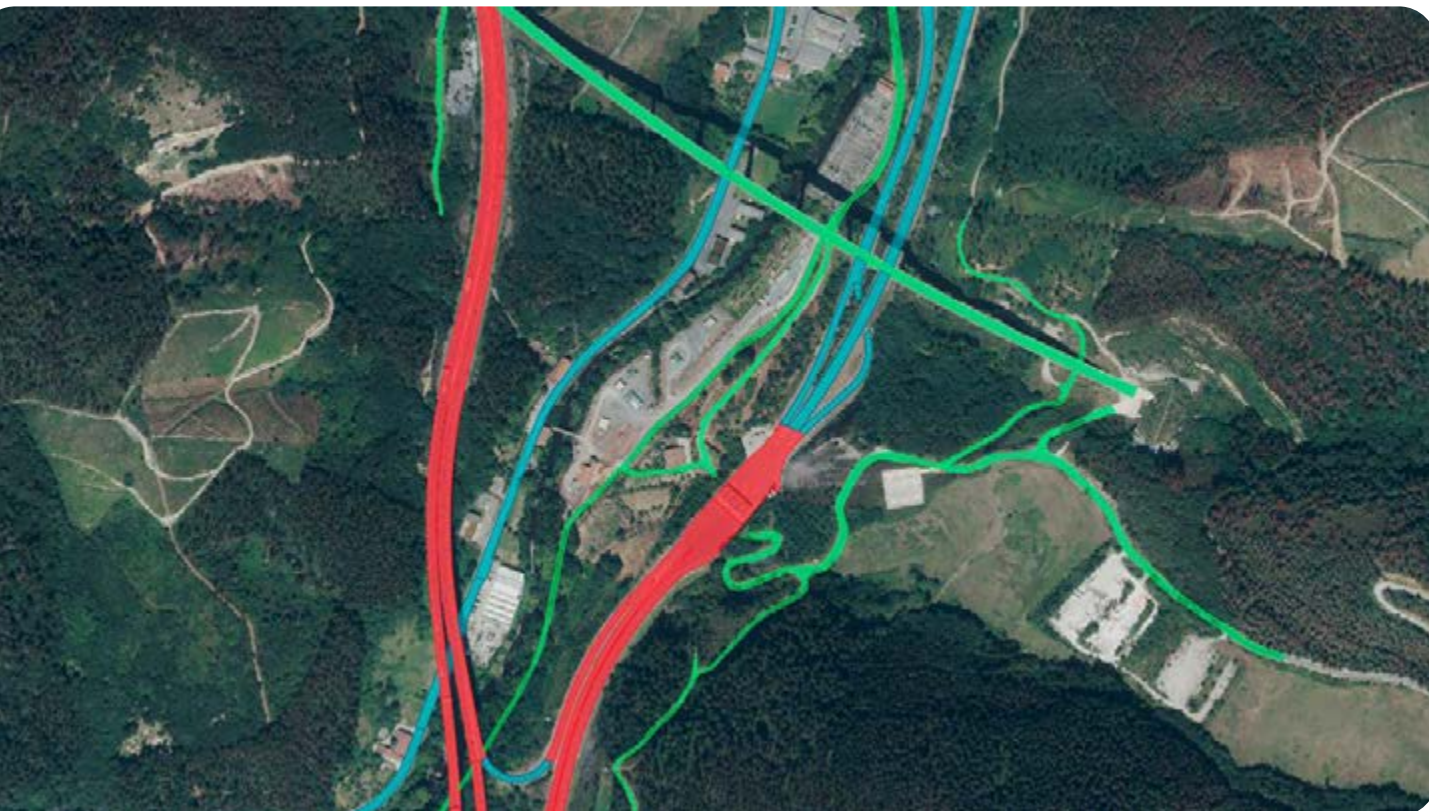
El primer paso en el desarrollo del modelo es la generación de ejemplos, un proceso manual en el que técnicos especializados digitalizan, sobre muestras seleccionadas, el resultado exacto que se espera que el modelo aprenda a predecir. Para desarrollar una inteligencia artificial capaz de responder con éxito a cualquier escenario del territorio nacional, es indispensable recopilar y etiquetar una cantidad suficiente de ejemplos que resulten estadísticamente representativos de toda la casuística geográfica.

En el contexto de la segmentación semántica, cada ejemplo se compone de un par de imágenes alineadas: una tesela y una máscara. La tesela es un recorte cuadrado de una ortofoto y la máscara es la representación en píxeles de las clases propuestas (el dibujo digitalizado sobre esa misma imagen).

Para este proyecto, los ejemplos se construyeron mediante la digitalización manual detallada de las superficies asfaltadas de calzada. Cada ejemplo delimita con precisión, a través de polígonos cerrados, los carriles y el arcén, excluyendo explícitamente elementos adyacentes como aceras, cunetas, medianas, zonas de aparcamiento y carriles bici. En total, para la extracción de estos ejemplos, se seleccionó y digitalizó una superficie muestral de 112,35 kilómetros cuadrados.



Resultado de la predicción con el modelo SROADEx.



Digitalización manual de superficies de calzada. En rojo, carreteras de calzada doble; en azul, carreteras con marcas longitudinales; y en verde, carreteras sin marcas longitudinales.

Con el objetivo de enriquecer el aprendizaje y mejorar la exactitud global del modelo, los ejemplos de superficie asfaltada no se trataron como un bloque único, sino que se discretizaron en cuatro clases diferenciadas: 1. calzada doble, 2. calzada simple con marcas longitudinales, 3. calzada simple sin marcas longitudinales y 4. vial en entorno urbano.

Al facilitar a la red neuronal ejemplos específicos y bien caracterizados de cada una de estas tipologías, el sistema logra discernir con mayor nitidez los límites y

propiedades de cada cubierta, lo que se traduce en un rendimiento global superior.

Finalmente, para que el modelo pueda procesar la información, todo el conjunto de ejemplos debe estructurarse en un formato homogéneo donde todas las teselas tengan idénticas dimensiones. Con el propósito de evaluar el impacto del contexto espacial y comprobar qué escala de aprendizaje ofrece mejores resultados, los datos de entrenamiento del proyecto se prepararon en tres tamaños de tesela distintos:

256x256 píxeles, 512x512 píxeles y 1024x1024 píxeles. A nivel técnico, esto implicó segmentar en cuadrículas las ortofotos originales y convertir los polígonos digitalizados manualmente en máscaras de píxeles correspondiente a cada imagen.

Entrenamiento del modelo

El conjunto de datos de entrenamiento se utiliza para entrenar, validar y probar el modelo. Con este propósito, los pares de teselas y máscaras resultantes de la fase de generación de ejemplos se dividen aleatoriamente en tres subconjuntos independientes, siguiendo una proporción del 80 % para entrenamiento, 10 % para validación y 10 % para test:

- Subconjunto de entrenamiento (80 %), es el bloque de datos a partir del cual el modelo aprende y ajusta sus parámetros.
- Subconjunto de validación (10 %), permite valorar de forma iterativa durante el proceso si la red



Recorte de teselas del conjunto de datos de entrenamiento en distintos tamaños.

Los resultados de las predicciones a escala nacional confirman la viabilidad del proyecto, logrando el objetivo fundamental: discernir con alta fiabilidad entre superficies de calzada asfaltadas y no asfaltadas

neural está mejorando o si comienza a sufrir sobreajuste.

- Subconjunto de test (10 %), al finalizar el entrenamiento, sirve para evaluar de manera objetiva el desempeño del modelo con datos que nunca ha visto, obteniendo métricas de rendimiento no sesgadas (como la matriz de confusión, el F1-score, entre otras).

Un factor crítico en el éxito del proyecto es la selección de la arquitectura más adecuada, la cual define las características concretas de las diferentes capas de la red neuronal. Se diseñó un plan de experimentación para identificar la combinación óptima de parámetros, creando y evaluando más de 300 modelos, resultantes de combinar 15 arquitecturas de redes neuronales, 4 redes base para la extracción de características (*backbones*) diferentes, 3 tamaños de tesela (256x256, 512x512 y 1024x1024 píxeles) y 2 opciones de solape entre teselas (15 % y 30 %).

Tras comparar las métricas de calidad obtenidas para cada uno de los modelos resultantes, se

seleccionó aquel que mostró los mejores resultados de precisión geométrica y semántica.

La validación del modelo se realizó a partir una matriz de confusión normalizada, en la que se enfrentan las predicciones del modelo con los datos de test, digitalizados manualmente para las cinco clases del proyecto: la clase fondo (0), que identifica cualquier superficie no asfaltada, y las cuatro clases de calzada (1. doble calzada, 2. calzada simple con marcas longitudinales, 3. calzada simple sin marcas longitudinales y 4. vial en entorno urbano).

Los valores situados en la diagonal principal de la matriz

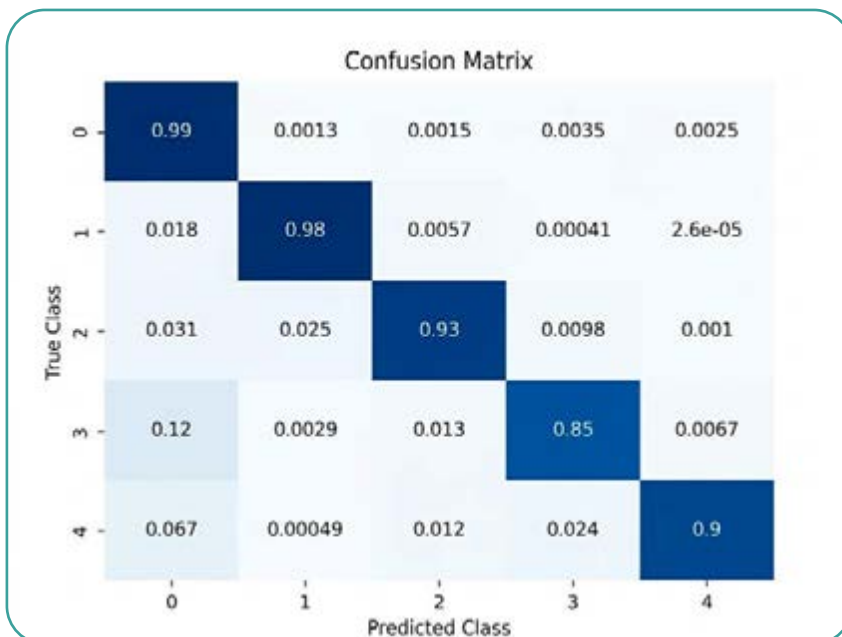
representan la tasa de aciertos del modelo (en tanto por uno) para cada categoría, arrojando los siguientes resultados de rendimiento: 98 %, 93 %, 85 % y 90 %, que representan el número de píxeles que están correctamente clasificados entre el total de píxeles.

Es fundamental subrayar que el fin último del modelo es delimitar con precisión la superficie asfaltada global para inferir el atributo 'firme', por lo que la segregación en cuatro clases no es un objetivo finalista, sino una herramienta metodológica para enriquecer el aprendizaje de la red neuronal. En consecuencia, las leves confusiones de clasificación cruzada entre las distintas tipologías de carretera no suponen un problema operativo para la explotación del dato.

Aplicación y resultados

Tras evaluar exhaustivamente los más de trescientos escenarios experimentales, se seleccionó el modelo con mejor rendimiento para su puesta en producción. Mientras que el entrenamiento se llevó a cabo utilizando un conjunto de datos controlado de poco más de 110 kilómetros cuadrados, la fase de predicción o inferencia se ejecuta de forma masiva sobre la totalidad de la superficie de España, escalando el modelo a nivel de país.

Los resultados de las predicciones a escala nacional confirman la viabilidad del proyecto, logrando el



Matriz de confusión que muestra los resultados del modelo.



Resultados de la predicción en entorno urbano. En rojo, carreteras de calzada doble; en azul, carreteras con marcas longitudinales; en verde, carreteras sin marcas longitudinales; y en púrpura, vial en entorno urbano.

objetivo fundamental: discernir con alta fiabilidad entre superficies de calzada asfaltadas y no asfaltadas. Cabe destacar el excelente comportamiento del modelo en el entorno urbano, uno de los escenarios

más complejos debido a la gran densidad de elementos adyacentes, existencia de sombras proyectadas por edificios y la diversidad de materiales en las calzadas y aceras.

Dado que el objetivo final es clasificar el atributo 'firme', para la fase de análisis y explotación se realiza un proceso de postprocesado donde las cuatro clases de asfalto inicialmente definidas



Resultados de la predicción unificando clases. En la imagen se pueden ver todas las clases de viales asfaltados que ha predicho el modelo, representadas indistintamente en color negro.

La automatización en la inferencia del atributo 'firme' garantiza una base de datos homogénea, precisa y preparada para dar respuesta a las exigencias de la movilidad del futuro

se unifican en una sola categoría global. Al unir estas clases en una única clase de 'superficie asfaltada', los errores de clasificación cruzada entre calzadas desaparecen por completo, simplificando los resultados a una representación binaria, asfalto frente a no asfalto.

Uno de los principales condicionantes técnicos que motivaron el desarrollo de este modelo propio fue la precisión geométrica de las delimitaciones. Como se puede apreciar en la imagen de 'Resultados en detalle de precisión', el modelo final se ajusta de manera precisa a las vías principales,

manteniendo libre de falsos positivos las zonas adyacentes y logrando que los caminos de tierra o grava queden correctamente excluidos de la máscara de superficie asfaltada.

Inferencia del atributo 'firme'

Una vez desarrollado el modelo y ejecutada la predicción, se aborda la consecución del objetivo principal: la inferencia automática del atributo 'firme' sobre la base de datos de la IGR-RT.

Para lograrlo, se ha diseñado un proceso de análisis espacial que compara los ejes de la red viaria

actual de la IGR-RT con los polígonos de asfalto generados por la inteligencia artificial. Así, se identifican automáticamente los tramos desactualizados o erróneos mediante análisis espacial, y se evalúa la conectividad de la red mediante operaciones lógicas. Por ejemplo, el sistema impide la existencia de un tramo pavimentado y aislado en mitad de una sucesión de caminos de tierra, garantizando la coherencia del modelo.

A partir de estos análisis, el proceso aplica un conjunto de reglas para confirmar o descartar el cambio de atributo. Si el cambio se valida, este se aplica directamente de forma automática sobre la base de datos de la IGR-RT.

Finalmente, con el objetivo de asegurar la calidad del dato y la fiabilidad del flujo operativo, tras completar el proceso automático en cada provincia se lleva a cabo un control de calidad mediante revisión manual. Técnicos de la IGR-RT



Resultados en detalle de la predicción.



Inferencia del atributo 'firme'.

examinan una muestra representativa de los resultados para confirmar el correcto funcionamiento de las reglas de inferencia antes de consolidar la base de datos definitiva.

Detección de caminos

Aunque el propósito inicial que impulsó el diseño de este modelo fue la inferencia del atributo 'firme', a lo largo de su desarrollo han surgido nuevas e interesantes aplicaciones operativas. La más destacada es la detección y catalogación de caminos. Como se adelantó al inicio de este artículo, la red de caminos de España es extremadamente densa, lo que convierte su mantenimiento y actualización en un proceso tradicionalmente costoso y complejo.

Por su propia naturaleza, el modelo de segmentación semántica de calzada asfaltada no es capaz de identificar caminos no pavimentados de manera directa. Sin embargo, este límite se ha superado mediante un enfoque híbrido que combina sus predicciones con las de SROADDEX (el modelo de la UPM analizado en el estado del arte que segmenta la red viaria en su totalidad sin discriminar tipologías).

Al realizar una operación de diferencia espacial (restando la máscara de calzada asfaltada del modelo propio de Redes de Transporte a la máscara de red global de SROADDEX), se obtiene de manera indirecta una nueva máscara que aísla exclusivamente los caminos de la red nacional.

Aunque esta integración requiere un proceso posterior de ajuste geométrico y refinamiento entre máscaras, los resultados de las primeras pruebas han sido muy positivos. Actualmente, con el objetivo de lograr una automatización integral de este flujo, se está trabajando en algoritmos de esqueletización sobre la máscara de caminos resultante. Esto permitirá extraer de forma automática sus líneas centrales (ejes vectoriales) para incorporarlos directamente como nuevos tramos conectados en el conjunto de datos de la red viaria.

Evolución e impacto operativo

El proyecto RTAD demuestra que la integración del aprendizaje profundo en los flujos de producción de

datos geoespaciales permite superar con éxito las limitaciones de recursos que supone la actualización a escala nacional. La automatización en la inferencia del atributo 'firme' no solo optimiza drásticamente los plazos y reduce los costes operativos de la fotointerpretación convencional, sino que garantiza una base de datos homogénea, precisa y preparada para dar respuesta a las exigencias de la movilidad del futuro.

En los próximos pasos, los esfuerzos se centrarán en consolidar la transición de estos modelos hacia un entorno de producción plenamente operativo en todas las provincias, en la reutilización de los modelos y procesos diseñados para otros usos y, en caso de ser necesario, en el desarrollo de nuevas soluciones que den respuesta a las futuras necesidades detectadas en la gestión de la red. Asimismo, se avanzará en la incorporación de mecanismos que permitan identificar aquellos datos que han sido generados o asistidos mediante técnicas de inteligencia artificial, reforzando así la trazabilidad de la información. ■

Instituto Geográfico Nacional

O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

www.ign.es

cartografía digital



Toda la Información Geográfica que
producimos disponible en
nuestro Centro de Descargas.

Instituto Geográfico Nacional
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

General Ibáñez de Ibero 3. Madrid, 28003
91 597 95 14 - consulta@cnig.es - www.ign.es



MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

INSTITUTO
GEOGRÁFICO
NACIONAL



AIS:
revolución de la información aeronáutica

ENAIRE y la transformación del papel a los datos digitales



La transformación digital de la navegación aérea está impulsando una evolución profunda del Servicio de Información Aeronáutica (AIS) hacia un modelo de Gestión de la Información Aeronáutica (AIM) basado en datos digitales, interoperabilidad y automatización. Como proveedor oficial de información aeronáutica en España, ENAIRE lleva más de una década desarrollando capacidades que hoy convergen en SWIM (System Wide Information Management), el marco europeo para el intercambio inteligente de información aeronáutica. Desde proyectos pioneros como Insignia hasta el despliegue de servicios SWIM dentro del proyecto europeo ACADIA, ENAIRE avanza hacia un ecosistema digital más seguro, eficiente y conectado.

- Texto: Alejandro Muñiz Delgado, periodista de ENAIRE

ENAIRE ha alcanzado un nuevo hito en la transformación digital de la información aeronáutica al registrar en el entorno SWIM (System Wide Information Management) sus nuevos servicios geoespaciales de información aeronáutica (AIS). SWIM es el marco para el intercambio inteligente de estos datos.

La incorporación de los servicios geoespaciales AIS de ENAI

RE a la información aeronáutica en España y refleja la evolución emprendida por la organización durante los últimos años. Veamos cómo hemos llegado hasta aquí.

Cada vuelo que despeg

a, aterriza o atraviesa el espacio aéreo español depende de un activo invisible para la mayoría de los ciudadanos: la información aeronáutica. Detrás de cada procedimiento de navegación, cada cambio en una pista, cada restricción temporal del espacio aéreo o cada nueva ruta, existen miles de datos que deben

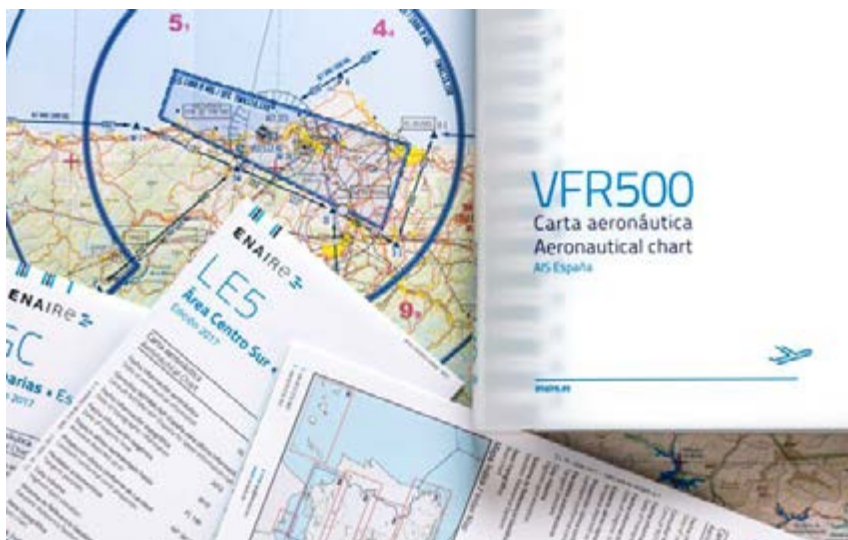
ser recopilados, verificados, publicados y distribuidos con los máximos niveles de calidad. Esta función corresponde a ENAI

RE en su condición de proveedor oficial del Servicio de Información Aeronáutica de España, responsable de poner a disposición de pilotos, compañías aéreas, aeropuertos, proveedores de servicios de navegación aérea y organismos internacionales la información necesaria para garantizar la seguridad, regularidad y eficiencia de las operaciones aéreas. Sin embargo, el sector aeronáutico se encuentra inmerso en una profunda transformación digital. La creciente complejidad del sistema ATM (Air Traffic Management), la necesidad de intercambiar información en tiempo real y la aparición de nuevos usuarios del espacio aéreo están impulsando una evolución que va mucho más allá de la digitalización de documentos. Este cambio se resume en tres siglas que marcan el futuro de la gestión de la información aeronáutica: AIS, AIM y SWIM.

Tradicionalmente, los Servicios de Información Aeronáutica (AIS) tuvieron como misión principal producir y distribuir publicaciones aeronáuticas como el AIP, las enmiendas AIRAC, los suplementos, las cartas aeronáuticas o los avisos aeronáuticos NOTAM. El modelo estaba orientado a la generación de productos documentales que servían como referencia oficial para la navegación aérea.

De publicar información a gestionar datos

Durante décadas, este enfoque resultó plenamente eficaz. Sin embargo, la creciente automatización de los sistemas aeronáuticos ha puesto de manifiesto una nueva realidad: los usuarios ya



Productos del Servicio de Información Aeronáutica de ENAI



Trazas de aviones cargando agua en El Atazar (Madrid) para el incendio de La Mierla (Guadalajara) del 19 al 22 julio de 2026, en la aplicación de Insignia.

no solo necesitaban documentos, sino datos digitales capaces de integrarse directamente en aplicaciones, sistemas de planificación de vuelo, herramientas de supervisión o plataformas de gestión operacional.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) respondió a este desafío promoviendo el concepto de Aeronautical Information Management, definido como la gestión dinámica e integrada de la información aeronáutica mediante

el intercambio de datos digitales de calidad asegurada.

La diferencia es más profunda de lo que parece. Mientras que el modelo AIS tradicional estaba centrado en la publicación de información, AIM sitúa el dato en el centro de todo el proceso. El objetivo deja de ser únicamente producir documentos para pasar a gestionar información digital que pueda ser utilizada por personas y sistemas de forma inmediata, interoperable y segura.

En otras palabras, la referencia ya no es únicamente el documento final, sino la calidad, estructura y trazabilidad del dato que lo genera.

El camino de ENAIRE hacia AIM

La transición hacia AIM no se produce de la noche a la mañana. Requiere una evolución tecnológica, organizativa y cultural. La experiencia de ENAIRE puede entenderse como una hoja de ruta progresiva que comenzó hace más de una



Torre de control del Aeropuerto Tenerife Norte-Ciudad de La Laguna.

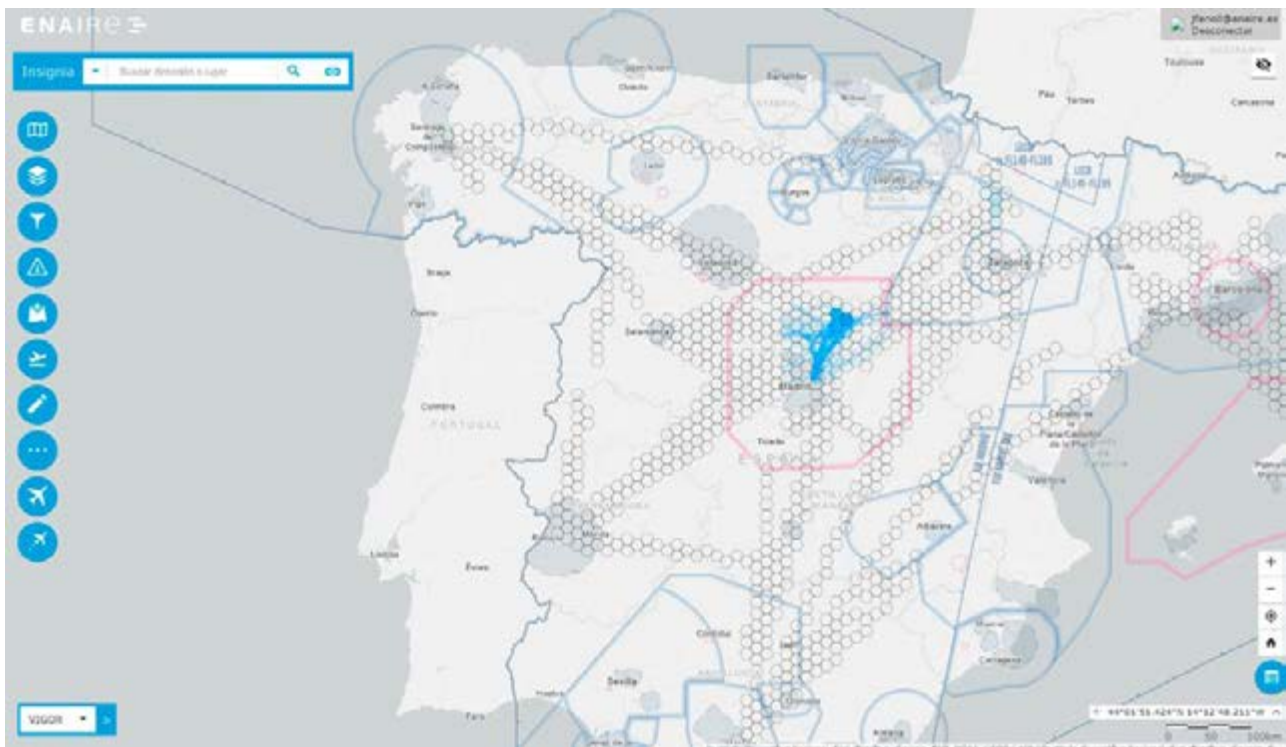


Imagen de insignia.enaire.es con vuelos en azul de aviones apagafuegos donde se observan sectores de espacios aéreos controlados.

década y que ha ido transformando la manera de gestionar la información aeronáutica.

Antes de 2010, gran parte de los procesos de la División AIS estaban orientados a la producción documental. Los cambios se analizaban directamente sobre las publicaciones, las cartas se editaban mediante herramientas de diseño gráfico y la publicación AIP constituía la referencia principal del sistema. La información procedía de múltiples formatos, desde hojas de cálculo hasta documentos PDF o planos CAD.

La primera gran transformación llegó con la implantación de la aplicación web Insignia y la incorporación de tecnología GIS (Sistemas de Información Geográfica) a los procesos AIS. Por primera vez, la información aeronáutica comenzó a residir en bases de datos estructuradas capaces de alimentar automáticamente productos cartográficos y publicaciones digitales. La automatización permitió reducir tareas manuales, incrementar la coherencia entre productos y mejorar

significativamente la calidad de los datos.

La base de datos como fuente

La consecuencia más relevante fue un cambio de perspectiva: la base de datos comenzó a convertirse en el principal activo de información. Uno de los hitos fundamentales de

esta evolución fue comprender que el verdadero valor no reside en los documentos publicados, sino en los datos que los generan.

A medida que las capacidades tecnológicas avanzaban, ENAIRE amplió progresivamente el número de conjuntos de datos digitales disponibles y desarrolló nuevas formas de acceso a la información



Aviones estacionados en el Aeropuerto de Valencia.



Maniobras de aproximación en Canarias en la aplicación Insignia de ENAIRE.

aeronáutica. Entre ellas destacan aplicaciones como Insignia, ENAIRE Drones o Insignia VFR, que permiten consultar la información oficial mediante interfaces gráficas, mapas interactivos y servicios digitales adaptados a distintos perfiles de usuario. Este proceso permitió constatar algo esencial: la demanda de información aeronáutica iba

mucho más allá de los usuarios tradicionales del AIS.

El caso de ENAIRE Drones, disponible en la web drones.enaire.es y para dispositivos iOS y Android, resultó especialmente significativo. La plataforma transformó la complejidad de la información aeronáutica oficial en una experiencia intuitiva para operadores de UAS,

integrando información geográfica, normativa y operacional en un único entorno digital. La iniciativa constituyó uno de los primeros ejemplos prácticos de reutilización avanzada de los datos aeronáuticos oficiales para un nuevo colectivo de usuarios del espacio aéreo.

Los datos comenzaron a ser utilizados por áreas dedicadas al diseño de procedimientos, simulación operacional, análisis de capacidad, gestión medioambiental, vigilancia, navegación, seguridad operacional o desarrollo de servicios para drones y U-Space. La información aeronáutica dejaba de ser un producto de consulta para convertirse en una infraestructura digital compartida.

Compartir información de forma inteligente

El crecimiento del uso de datos aeronáuticos planteó un nuevo desafío. Si cada unidad, aplicación o usuario necesitaba acceder a la información, no era viable construir soluciones específicas para cada necesidad. Era necesario



establecer un marco común de intercambio.

La respuesta fue el desarrollo de servicios de datos basados en arquitecturas orientadas a servicios, permitiendo que aplicaciones internas y externas pudieran consumir información aeronáutica directamente desde su fuente oficial mediante interfaces normalizadas. Este planteamiento representa un cambio fundamental respecto al modelo tradicional de distribución documental.

En lugar de descargar periódicamente productos estáticos, los usuarios pueden acceder a información actualizada, a través de servicios interoperables integrados en sus propios sistemas, que está viva y se refresca periódicamente. De este modo, la información se convierte en un recurso vivo, accesible y reutilizable.

SWIM: el siguiente paso

La evolución natural de AIM conduce a SWIM, acrónimo de System Wide Information Management. Según EUROCONTROL y la OACI, SWIM constituye el conjunto de estándares, infraestructuras y mecanismos de gobernanza que permiten gestionar e intercambiar información ATM de forma interoperable entre todas las partes autorizadas, como ENAIRE.

Su objetivo es sencillo de expresar pero complejo de implementar: que cualquier actor autorizado pueda acceder a la información que necesita, cuando la necesita y en el formato adecuado para integrarla inmediatamente en sus procesos.

SWIM aplica al sector aeronáutico conceptos ampliamente consolidados en el ámbito de las tecnologías de la información, como las arquitecturas orientadas

a servicios, el uso de estándares abiertos o las interfaces interoperables. La importancia de este enfoque resulta evidente cuando se analiza el carácter internacional de la aviación.

Las aeronaves no operan dentro de fronteras digitales nacionales. Una compañía aérea que vuela entre varios países europeos necesita información homogénea y accesible independientemente del proveedor que la genere. SWIM permite precisamente esa interoperabilidad entre organizaciones, sistemas y Estados.

La integración de ENAIRE en el ecosistema SWIM

La incorporación de ENAIRE al entorno SWIM no parte de cero. La experiencia acumulada durante años en gestión de datos geoespaciales,



Detalle de una pantalla con tráfico aéreo en el Centro de Control Aéreo de Madrid.

servicios digitales y automatización de procesos ha facilitado el salto hacia modelos plenamente conectados.

Un ejemplo significativo es el desarrollo de servicios geoespaciales aeronáuticos basados en estándares abiertos, capaces de proporcionar datos aeronáuticos directamente a aplicaciones externas mediante formatos normalizados y arquitecturas compatibles con los principios SWIM.

Asimismo, la integración progresiva del modelo de información aeronáutica AIRM (ATM Information Reference Model) y de los estándares impulsados por la comunidad europea SWIM permite que los datos españoles puedan ser comprendidos e intercambiados de forma consistente con otros proveedores europeos.

Este proceso se encuentra alineado con los objetivos del Reglamento Europeo 2021/116, conocido como Common Project One (CP1), que identifica el despliegue de SWIM como una de las capacidades clave para la modernización del sistema ATM europeo.

ACADIA: llevando AIM y SWIM de la teoría a la operación

La evolución hacia AIM y SWIM no se limita a una visión tecnológica de futuro. Actualmente se está materializando mediante proyectos europeos de despliegue que persiguen transformar la forma en la que la información aeronáutica se gestiona e intercambia en toda Europa.

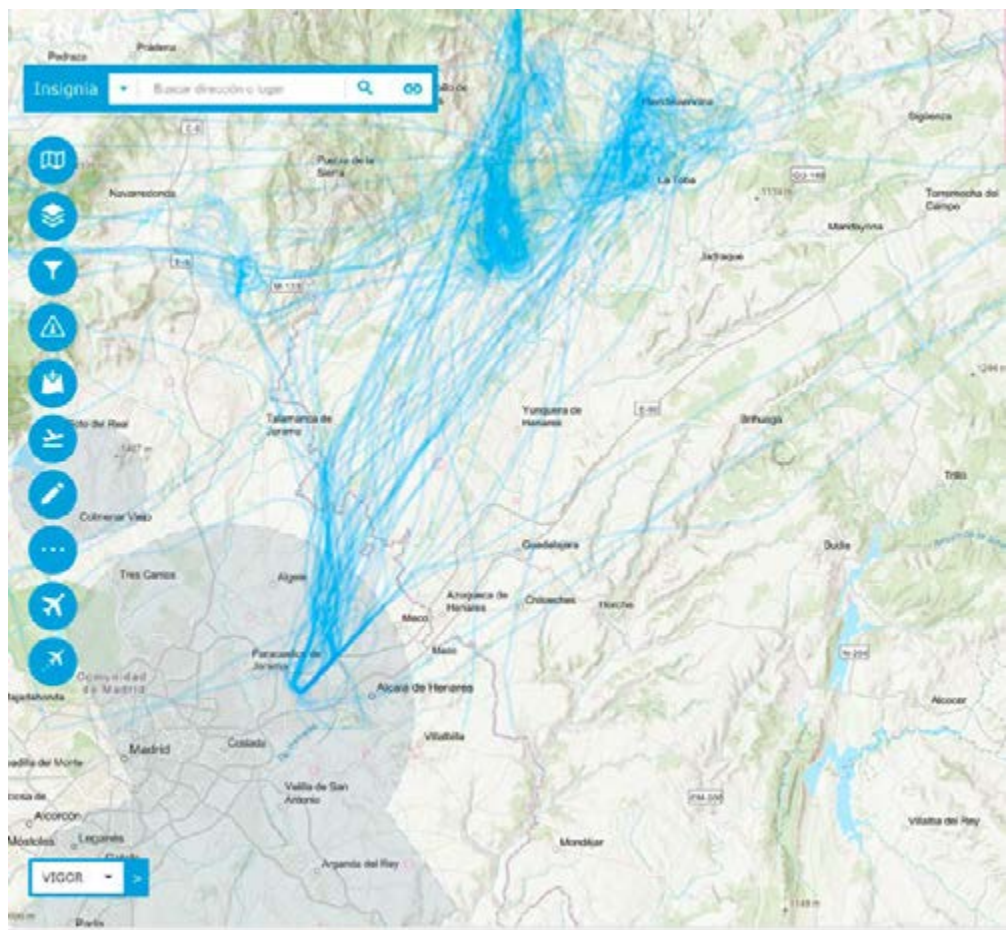
Uno de los más relevantes es ACADIA (Acceleration of Aeronautical Digital Information Availability), una iniciativa liderada por EUROCONTROL en la que participan más de veinte organizaciones europeas, entre ellas ENAIRE, Aena, ENAV,

NAV Portugal, AirNav Ireland, DSN y diversos aeropuertos y proveedores de navegación aérea europeos en el marco de actividad del Gestor del Despliegue de SESAR (SESAR Deployment Manager). El proyecto tiene como objetivo acelerar la disponibilidad de información aeronáutica digital y desplegar los servicios SWIM exigidos por el Reglamento de Ejecución (UE) 2021/116, conocido como Common Project One (CP1).

ACADIA constituye uno de los principales programas europeos para la implantación de la funcionalidad AF5 (System Wide Information Management) y, en particular, de los servicios de intercambio de información aeronáutica que deben

estar desplegados de forma armonizada en Europa. Su finalidad es garantizar que la información aeronáutica esté disponible en formato digital, con altos niveles de calidad e interoperabilidad, y pueda ser intercambiada mediante servicios normalizados entre proveedores AIS, aeropuertos, proveedores de navegación aérea y gestores de red.

Entre los elementos clave del proyecto destacan la implantación de los servicios de Aeronautical Information Features Service (AIFS), los servicios de Aerodrome Mapping, así como la evolución hacia el Digital NOTAM, permitiendo que la información aeronáutica pueda ser consumida directamente por



Trazas de aviones del 43 Grupo del Ejército del Aire y del Espacio contra incendios vistas en Insignia, correspondientes a julio de 2026.

sistemas automatizados y herramientas operativas avanzadas.

La relevancia de ACADIA radica en que transforma en realidad muchos de los principios que durante años han guiado la evolución de ENAIRE hacia AIM: digitalización de datos, automatización de procesos, interoperabilidad, reutilización de información y distribución basada en servicios. SWIM aporta ahora el marco común que permite que esas capacidades puedan extenderse a escala europea, independientemente del país, organización o sistema tecnológico utilizado por cada actor.

El futuro: datos digitales

La transformación continúa y, como mencionábamos, uno de los ámbitos con mayor potencial es la digitalización de los avisos NOTAM. Durante años, ENAIRE ha desarrollado mecanismos para enriquecer los avisos aeronáuticos con información geoespacial, facilitando su integración en sistemas operativos y mejorando la conciencia situacional tanto de controladores como de pilotos. Estos pueden ser consultados sobre mapas de Insignia o ENAIRE Drones.

En el caso del servicio AIS prestado por ENAIRE, esta evolución se ha apoyado en la experiencia adquirida durante años gestionando infraestructuras GIS, servicios web y plataformas de intercambio de datos.

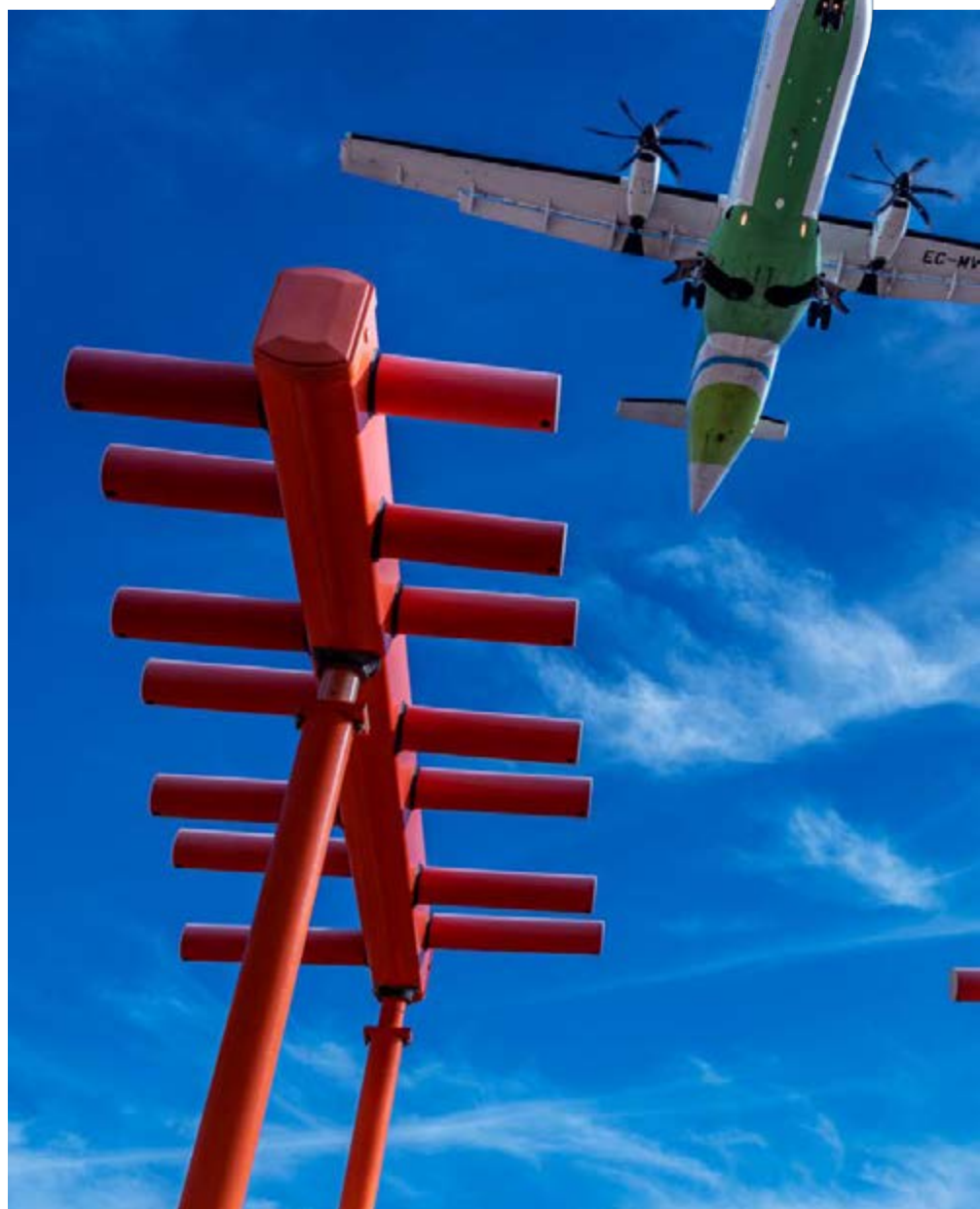
La adopción de tecnologías como OGC API Features, OpenAPI y GeoJSON permite facilitar el acceso interoperable a la información geoespacial aeronáutica y alinearse con las iniciativas internacionales impulsadas desde EUROCONTROL y OACI.

Asimismo, tenemos la evolución hacia los Digital NOTAM

(DNOTAM), basados en estándares AIXM (siglas en inglés de Modelo de Intercambio de Información Aeronáutica), permitirá que la información sea interpretada directamente por sistemas automatizados, reduciendo ambigüedades y aumentando las posibilidades de integración operacional.

De forma paralela, la publicación progresiva de conjuntos de datos digitales, la adopción de formatos interoperables, la

integración de nuevas fuentes de información y el despliegue de servicios SWIM abrirán la puerta a capacidades avanzadas de análisis, automatización e incluso apoyo mediante inteligencia artificial. El resultado será un ecosistema donde la información aeronáutica dejará de consultarse únicamente para convertirse en un elemento integrado dentro de la toma de decisiones operativas.



Localizador en el Aeropuerto de Gran Canaria.

Transformación tecnológica y humana

Aunque la tecnología suele ocupar el protagonismo, la experiencia de ENAIRE demuestra que la transformación de AIS a AIM y SWIM es, ante todo, una evolución de las personas y de las organizaciones. Nuevos perfiles profesionales, especialistas en datos, desarrolladores, analistas GIS, expertos en interoperabilidad y equipos multidisciplinares se han incorporado progresivamente para

responder a las necesidades de este nuevo entorno digital.

La gestión moderna de la información aeronáutica requiere competencias que combinan conocimiento operacional, capacidad tecnológica y visión estratégica. Por ello, el futuro de AIM no consiste únicamente en disponer de más datos, sino en saber gestionarlos, garantizar su calidad y convertirlos en conocimiento útil para la operación aérea.

Mirando al futuro

La transición de AIS a AIM representa una de las transformaciones más relevantes que está experimentando la navegación aérea mundial. Supone pasar de un modelo basado en publicaciones a otro centrado en datos digitales interoperables, accesibles y reutilizables. En este proceso, ENAIRE ha evolucionado desde la automatización de sus procesos de producción hasta la creación de un ecosistema digital en el que la información aeronáutica se convierte en un activo estratégico al servicio de toda la comunidad aeronáutica.

ENAIRE dispone hoy de una sólida infraestructura de gestión de datos aeronáuticos, una amplia experiencia en interoperabilidad y una posición privilegiada para afrontar los retos del presente. Porque el objetivo sigue siendo el mismo que inspiró el nacimiento del AIS: proporcionar información que contribuya a la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea.

La integración en SWIM constituye el siguiente paso lógico de esta evolución: una visión en la que la información fluye de manera segura y eficiente entre sistemas, organizaciones y países, contribuyendo a una aviación más conectada, más eficiente y más segura. La diferencia es que ahora esa información ya no viaja únicamente en publicaciones. Viaja también en datos, servicios, aplicaciones y ecosistemas interoperables que conectan personas, procesos y sistemas.

La evolución de AIS a AIM y SWIM no es únicamente una modernización tecnológica: es la base sobre la que se construirá el futuro de la navegación aérea. En definitiva, la evolución desde AIS hacia AIM y su integración en SWIM no es únicamente una historia de transformación tecnológica. ■



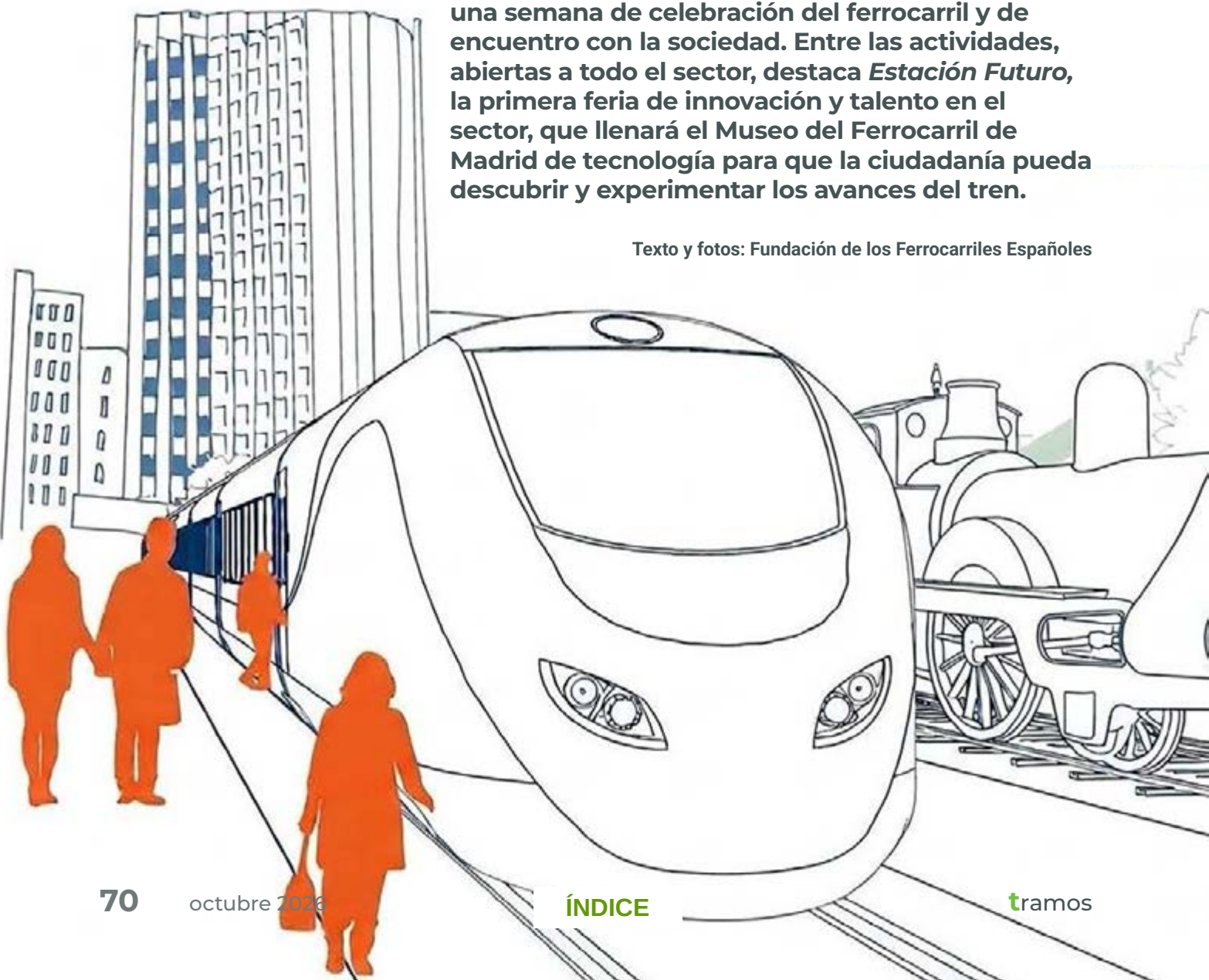
Una fiesta del ferrocarril y la ciudadanía
Del 21 al 28 de octubre de 2026

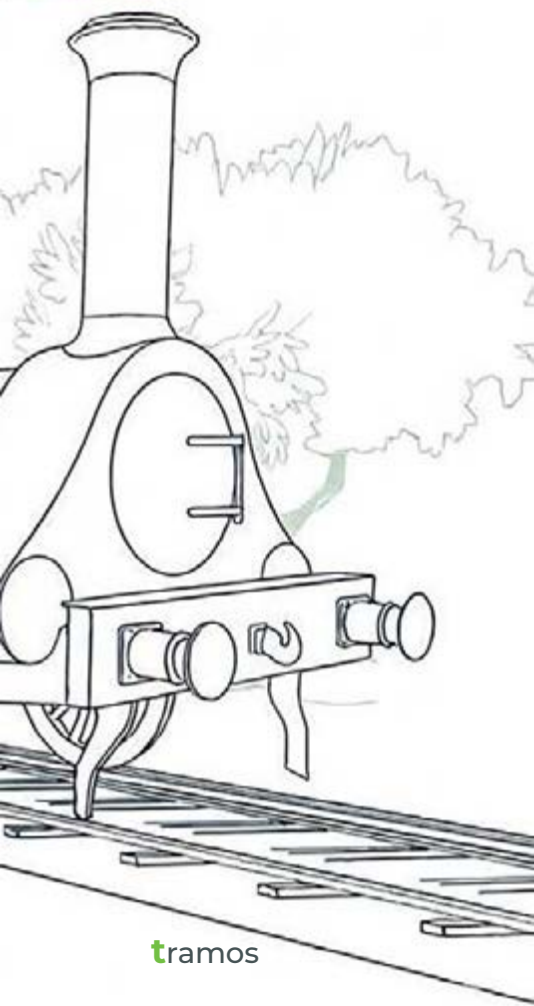
I Semana del Tren

Del patrimonio a la sostenibilidad y la innovación

Coincidiendo con el 178.º aniversario de la llegada del ferrocarril a la península, la Fundación de los Ferrocarriles Españoles pone en marcha la *I Semana del Tren*, una iniciativa que pretende reunir a todo el ecosistema ferroviario –empresas, instituciones, organizaciones y universidades– en una semana de celebración del ferrocarril y de encuentro con la sociedad. Entre las actividades, abiertas a todo el sector, destaca *Estación Futuro*, la primera feria de innovación y talento en el sector, que llenará el Museo del Ferrocarril de Madrid de tecnología para que la ciudadanía pueda descubrir y experimentar los avances del tren.

Texto y fotos: Fundación de los Ferrocarriles Españoles





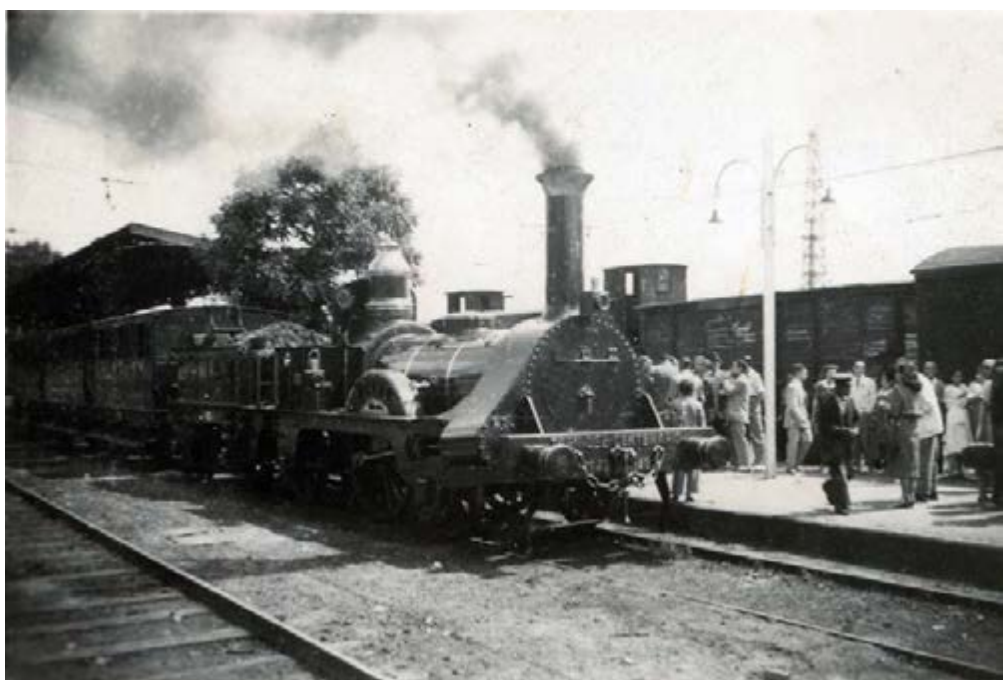
Celebrar la modernidad, la vertebración del Estado, la equidad, la sostenibilidad... es celebrar el tren. Desde su llegada a la península un 28 de octubre de hace 178 años, el ferrocarril ha sido punta de lanza de la innovación, nos ha acercado y ha favorecido nuestro desarrollo económico y social. Y hoy más que nunca, frente al desafío de la emergencia climática, el tren se ha convertido en el modelo ejemplar de transporte para garantizarnos un futuro mejor.

Por todo ello, es necesario festejar el ferrocarril. Es una obligación para la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, que por eso pone en marcha la *I Semana del Tren*. Serán siete días de ponencias, actividades culturales y de ocio, encuentros del sector y otras muchas actividades para poner en valor lo que el tren ha hecho por el país desde su nacimiento. Una forma de devolver al ferrocarril ese papel central del desarrollo y la transición ecológica.

Nace la Semana del Tren: una cita anual y descentralizada

Del 21 al 28 de octubre –día en que se conmemora el primer viaje peninsular sobre raíles entre Barcelona y Mataró– todo el ecosistema ferroviario está invitado a inscribirse en esta *I Semana del Tren* que nace con vocación de convertirse en una cita anual y descentralizada que alcance todos los rincones del Estado, y con un triple objetivo: visibilizar el papel estratégico del tren en la movilidad sostenible, tender puentes entre el tejido profesional y la ciudadanía, y divulgar tanto el patrimonio histórico como las últimas innovaciones tecnológicas del sector.

Para articular esta movilización sectorial, la Fundación de los Ferrocarriles Españoles ha creado la web de la Semana del Tren, alojada en www.ffe.es, que servirá de *hub* para todos los participantes, con una agenda única donde la ciudadanía pueda informarse de esta gran fiesta del ferrocarril y en la



Tren del Centenario. Gustavo Reder.



Museo del Ferrocarril de Madrid.

que cualquier institución, empresa, asociación o centro educativo pueda adherirse a la iniciativa. De momento, cada uno de los días de ese calendario festivo ya está marcado con una actividad organizada por la Fundación. La más destacada: *Estación Futuro*.

Estación Futuro: la primera feria de innovación y talento en el ferrocarril

Del 23 al 25 de octubre llega al Museo del Ferrocarril de Madrid *Estación Futuro*, el punto de encuentro de la ciudadanía con la innovación tecnológica del sector. Una feria que reunirá a las principales empresas, instituciones y centros educativos relacionados con el sector ferroviario, y acercará a la ciudadanía la tecnología, el empleo y las oportunidades formativas de uno de los sectores estratégicos para la movilidad sostenible.

Con todo el ecosistema ferroviario invitado, *Estación Futuro* tiene un objetivo doble: por un lado, pretende acercar al público de una manera lúdica, interactiva y didáctica, el esfuerzo innovador del ferrocarril; y, por otro, despertar el interés de jóvenes y estudiantes mostrándoles las oportunidades profesionales que ofrece un sector sostenible, digital y comprometido con el futuro.

Estación Futuro será una feria experiencial en la que los visitantes podrán conocer de primera mano la actividad de empresas, instituciones y entidades educativas vinculadas al ámbito ferroviario, así como las tecnologías que están transformando el presente y el futuro del ferrocarril.

Además, el programa incluirá paneles de debate, encuentros con profesionales de referencia, mesas redondas y espacios de diálogo

en los que se abordarán los principales retos y oportunidades del sector. La oferta se completará con talleres prácticos y actividades divulgativas diseñadas para fomentar el aprendizaje y el conocimiento.

Con entrada gratuita durante las tres jornadas, el viernes 23 estará especialmente orientado a estudiantes que buscan información sobre su futuro académico y profesional. Durante el sábado y el domingo, *Estación Futuro* abrirá sus puertas al público general, que podrá disfrutar tanto de la feria como de la colección permanente del Museo del Ferrocarril y de otras actividades complementarias. Entre las más destacadas figuran las circulaciones del histórico automotor 'Zaragoza' y del Tren de Jardín, pensado para los más pequeños. Además, los asistentes contarán

con una amplia zona de restauración al aire libre, con diferentes opciones de comida y bebida, así como con espacios habilitados para el descanso.

A lo largo de los tres andenes del museo, grandes empresas públicas de referencia, como Renfe y Adif, mostrarán su capacidad de generación de empleo, sus avances tecnológicos y su apuesta por el ferrocarril como uno de los medios de transporte más sostenibles y eficientes.

Estación Futuro reunirá a los ministerios de Transportes y Movilidad Sostenible, de Educación, Formación Profesional y Deportes, y de Ciencia, Innovación y Universidades, entre otros organismos. Todos ellos compartirán iniciativas y proyectos destinados a fortalecer el papel del ferrocarril como uno de los sectores estratégicos de España, impulsar la



Estación Futuro: la primera feria de innovación y talento en el ferrocarril, que se celebrará en el Museo del Ferrocarril del 23 al 25 de octubre.

excelencia en la formación especializada y fomentar la innovación como motor de progreso económico y social.

Asimismo, un amplio grupo de empresas privadas presentarán sus desarrollos más innovadores y sus avances en ámbitos como la digitalización, la movilidad inteligente, la ingeniería y la sostenibilidad.

Además, colegios profesionales, centros de formación profesional y universidades darán a conocer su oferta educativa, proporcionando información sobre titulaciones, itinerarios formativos, programas de prácticas y oportunidades de inserción laboral vinculadas al sector ferroviario.

Estación Futuro aspira, así, a convertirse en el gran escaparate de la innovación ferroviaria en España y en una oportunidad única para acercar a la sociedad un sector estratégico de la movilidad del futuro.

Con esta iniciativa, *Estación Futuro* nace con el deseo de consolidarse como el principal punto de encuentro de divulgación, innovación y talento entre el sector ferroviario en España y la ciudadanía, así como una oportunidad única para acercar a la sociedad a un sector estratégico para la movilidad del futuro.

Del 'renacer' de 'La Mataró' a los Premios del Tren

Ya es tradición que la Fundación de los Ferrocarriles Españoles organice en torno al **28 de octubre** una jornada de puertas abiertas en los dos museos del Ferrocarril que gestiona, el de Madrid y el de Cataluña, con entrada gratuita y muchas actividades para todos los públicos: visitas guiadas a vehículos que normalmente no se pueden visitar por dentro, exposición de

maquetas y de documentación de la Biblioteca y el Archivo Histórico Ferroviario, recorridos en vehículos históricos, trenes de jardín, juegos de pistas, talleres familiares y un montón de opciones más. Que el tren resulta atractivo para la ciudadanía es indudable: es un día en el que los dos museos registran cifras de visitantes muy altas, con récords como el de 2025 del Museo del Ferrocarril de Madrid, que esa jornada recibió 10 320 visitas.

Este año la Fundación va más allá y organiza la *I Semana del Tren*, siete días del **21 al 28 de octubre** para conocer el ferrocarril en sus diferentes facetas y en un año con numerosos hitos que podrían ser objeto de presentaciones o debates sectoriales. Entre ellos, el nuevo marco legal que consolida la movilidad –una movilidad limpia y saludable– como un derecho social en España: la ley de Movilidad Sostenible publicada en el BOE el 4 de diciembre de 2025, cuya aprobación supone un marco de seguridad jurídica, estabilidad y coherencia a las políticas de movilidad de nuestro país. Se erige como un pilar fundamental para la transformación del modelo de transportes en España, orientándolo hacia un sistema más justo, eficiente y sostenible que apuesta por el transporte multimodal, la digitalización, la innovación y la eficiencia inversora, asuntos clave en torno a los que girará la jornada.

De extraordinaria relevancia para la Fundación de los Ferrocarriles Españoles ha sido también la nueva Orden Ministerial TRM/367/2026, que designa a la Fundación de los Ferrocarriles Españoles como entidad de referencia para regular la circulación de trenes históricos y como institución que asume la responsabilidad de proteger el patrimonio

Asamblea de la Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española.



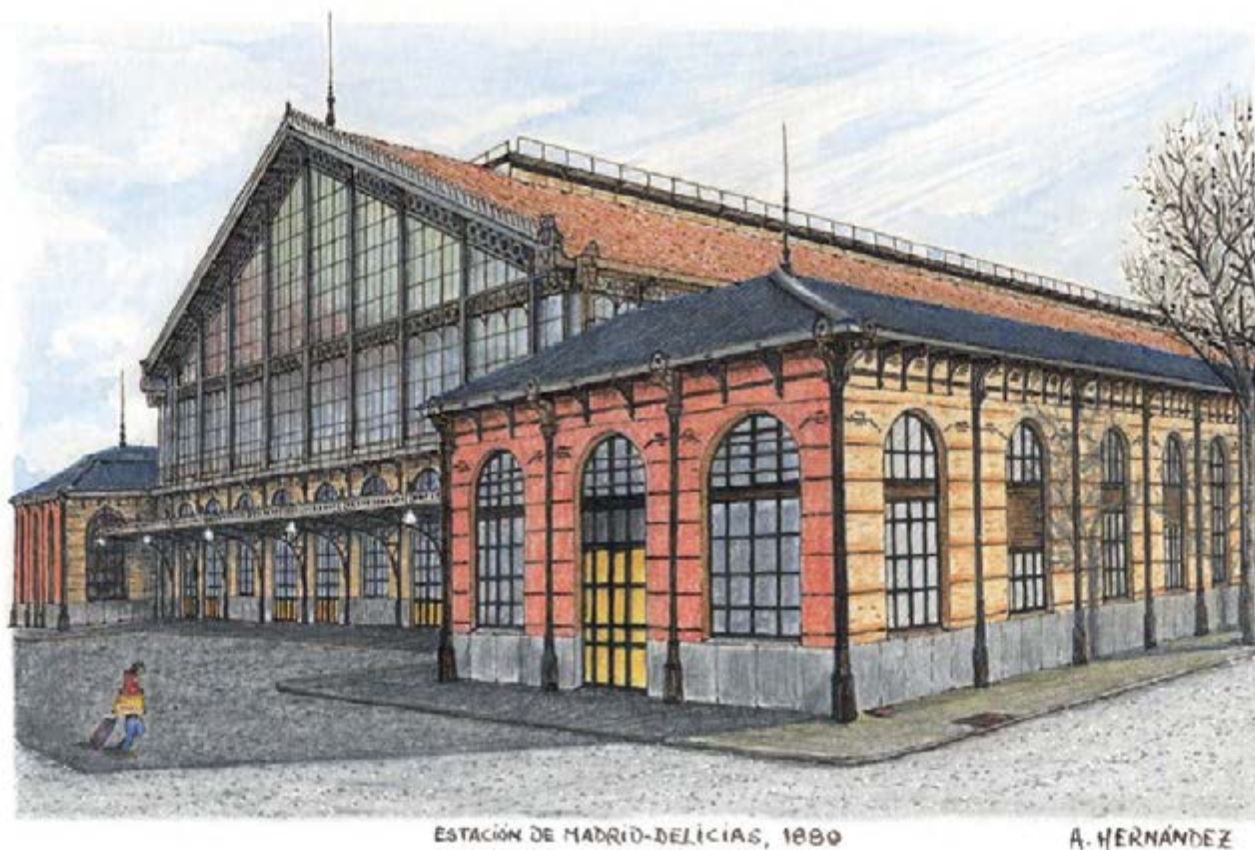


Encendido de la locomotora 'Mataró', en el Museu del Ferrocarril de Catalunya.

histórico rodante que circula por la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), mediante la evaluación y resolución de las solicitudes de catalogación que reciba. Es imprescindible, por tanto, profundizar

en el contenido de las tareas encomendadas a la Fundación, así como promover el diálogo entre los representantes del ámbito del patrimonio cultural e histórico ferroviario.

La Semana del Tren cuenta además con la mejor herramienta para el desarrollo de toda la actividad: la PTFE, cuya Secretaría Técnica desempeña la Fundación de los Ferrocarriles Españoles y que congrega



Estación de Delicias. *Estaciones con mucho arte*, Antonio Hernández-Revista *Vía Libre*.

a operadores, administradores ferroviarios, así como miembros de la industria y la Academia, todos ellos expertos de primer nivel.

La PTFE tiene a sus espaldas 20 años de avances tecnológicos que han impulsado y posicionado al sector ferroviario español como referente en el panorama internacional. Es una estructura público-privada de trabajo en equipo liderada por la industria, en la que los agentes del sistema español de ciencia, tecnología e innovación interesados en el ferrocarril trabajan de manera conjunta y coordinada para identificar y priorizar las necesidades tecnológicas, de investigación y de innovación a medio y largo plazo.

Desde su creación en 2005 por el entonces Ministerio de Educación y Ciencia, ha ido agrupando a un número creciente de entidades que actualmente alcanza la cifra de 524. De su tutela se encarga la Agencia Estatal de Investigación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Entre los días **23 y 25 de octubre** se desarrollará en el Museo del Ferrocarril la feria *Estación Futuro*, la primera feria de innovación y talento en el ferrocarril, de la que se ha incluido reseña aparte.

Los días **24 y 25 de octubre** serán dos jornadas de puertas abiertas y talleres sensoriales en el Museo del Ferrocarril de

Catalunya (Vilanova i la Geltrú,

Barcelona) con la histórica locomotora 'Mataró' como protagonista. El Museu celebrará el 'renacer' de la emblemática locomotora de vapor construida en 1948 con motivo del centenario de la primera línea de la península, el ferrocarril Barcelona-Mataró. La histórica locomotora volverá a encender su caldera para rememorar los 178 años de historia del ferrocarril peninsular tras un proceso de restauración llevado a cabo para asegurar su óptimo funcionamiento. Uno de los aspectos más importantes de esta rehabilitación ha sido la revisión exhaustiva de la caldera y la reparación de los cilindros y las bielas para preservar la potencia y eficiencia de la locomotora, aunque la intervención ha incluido también la revisión de algunos elementos estructurales y una recuperación estética de la locomotora y su tender,



que le han devuelto su esplendor original.

Durante la *I Semana del Tren*, el encendido de la locomotora ofrecerá a los visitantes la posibilidad de disfrutar del vapor junto a maquinista y fogonero, en el centro de la fiesta, así como de participar en los talleres TRENexperiencias que están concebidos con el objetivo de acercar la historia del ferrocarril a la ciudadanía.

El lunes **26 de octubre** se abrirá al público la exposición de acuarelas *Estaciones con mucho arte* que, por primera vez, reunirá la colección de láminas *Estaciones con mucho arte* que durante los últimos cinco años se han ido entregando con los números de la revista *Vía Libre* que edita la Fundación. Realizadas por el acuarelista Antonio Hernández, la muestra se podrá visitar en el Palacio de Fernán Núñez, sede de la Fundación.

Son 49 láminas de 49 estaciones de nuestro país, entre las que figuran auténticas 'catedrales del ferrocarril' como Delicias, Almería o Canfranc. Están realizadas a mano por el artista, que ha ido utilizando acuarela, tinta, lápiz y pastel en sus obras. Hernández fue alumno del Taller de Grabado del abulense Palacio de los Serrano y pos-



El Tren de la Fresa, gestionado por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles.



El ministro Óscar Puente en la gala de entrega de premios de la 43.ª edición de los Premios del Tren Antonio Machado de Poesía y Cuento.

teriormente se especializó en la técnica de pintura y dibujo trabajando fundamentalmente la tinta con plumilla y aguada. Además, ha participado en numerosas exposiciones, tanto colectivas como individuales, y ha trabajado como ilustrador en varias publicaciones.

El broche de oro literario

Y como colofón a una semana llena de actividad... la gala de entrega de premios del concurso literario de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles: los Premios del Tren Antonio Machado de Poesía y Cuento, que ya van por su edición número 45 y se han convertido en el certamen literario de temática ferroviaria de referencia, con innegable prestigio internacional. El miércoles **28 de octubre**, coincidiendo con el

aniversario del primer ferrocarril peninsular, se clausurará oficialmente la *I Semana del Tren* con la ceremonia de los premios literarios, una prueba de que el ferrocarril no es sólo un motor tecnológico y económico, sino también un pilar fundamental de la cultura.

En esta 45.ª edición se han presentado 1144 escritores y escritoras de 37 países, encabezados por Argentina, México, Colombia, Chile y Estados Unidos, entre los que se elegirán los galardonados en esa fecha. Los Premios tienen una dotación de 22 000 euros, 7000 para el primer premio de cada categoría (poesía y cuento), y el objetivo esencial de fomentar la literatura inspirada en el mundo ferroviario, un universo que ha dado origen a creaciones artísticas desde el siglo XIX, cuando el ferrocarril era ya un signo de la modernidad y del viaje. ■

Transportes, a través del Instituto Geográfico Nacional, es copartípe de IRAM, el Instituto de Radioastronomía Milimétrica más importante del hemisferio norte

IRAM: dos observatorios para explorar el universo invisible



Gran parte del universo permanece invisible para nuestros ojos, e incluso para los telescopios que trabajan con luz visible: las nubes frías de gas y polvo donde nacen las estrellas, los discos en los que se forman los planetas o las moléculas que enriquecen el espacio interestelar. Para estudiar este universo frío es necesario observar en longitudes de onda milimétricas, una tarea en la que España ocupa una posición destacada. El Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM), fruto de la colaboración

entre Francia, Alemania y España, dispone de dos grandes instalaciones consagradas al estudio de este universo invisible: el radiotelescopio de 30 metros de Pico Veleta, en Sierra Nevada, y el interferómetro NOEMA, en los Alpes franceses. A través del IGN, el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible participa activamente en esta infraestructura científica internacional que continúa proporcionando resultados esenciales para comprender el universo.

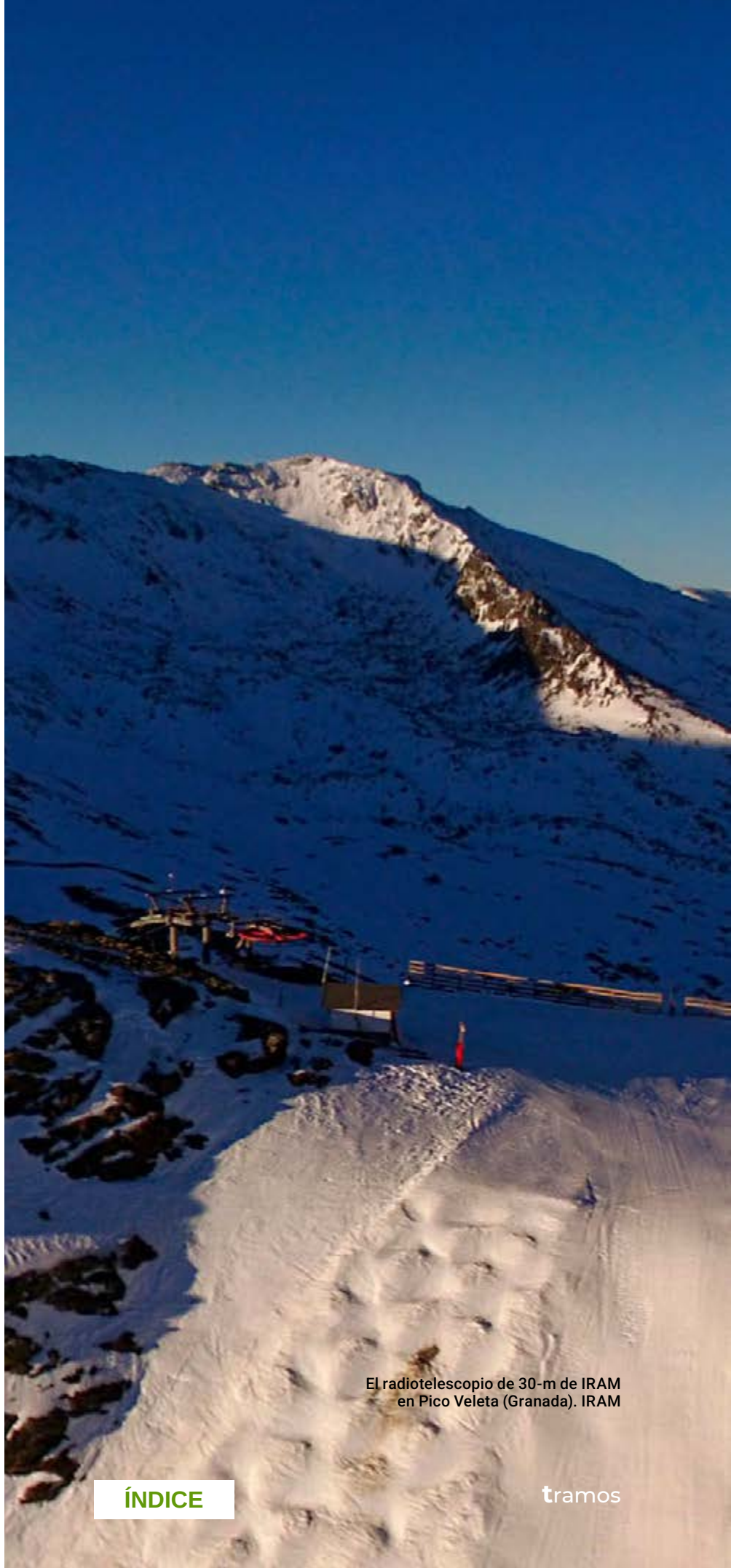
- Texto: Rafael Bachiller García, astrónomo y director del Observatorio Astronómico Nacional (IGN)
- Fotos: IRAM, NASA, ESA y HST

Panorámica del Observatorio NOEMA en los Alpes franceses. IRAM.

Cuando dirigimos nuestra mirada al cielo nocturno, la mayor parte de lo que vemos corresponde a la luz visible emitida por las estrellas. Sin embargo, el universo tiene mucho más que mostrarnos en otras regiones del espectro electromagnético. Entre ellas se encuentra la banda de las ondas milimétricas, especialmente valiosa para estudiar el gas y el polvo fríos que pueblan el espacio interestelar. Es precisamente en esas nubes oscuras donde se encuentra la materia prima de las estrellas y los planetas y donde tiene lugar buena parte de la compleja química que acompaña a su formación.

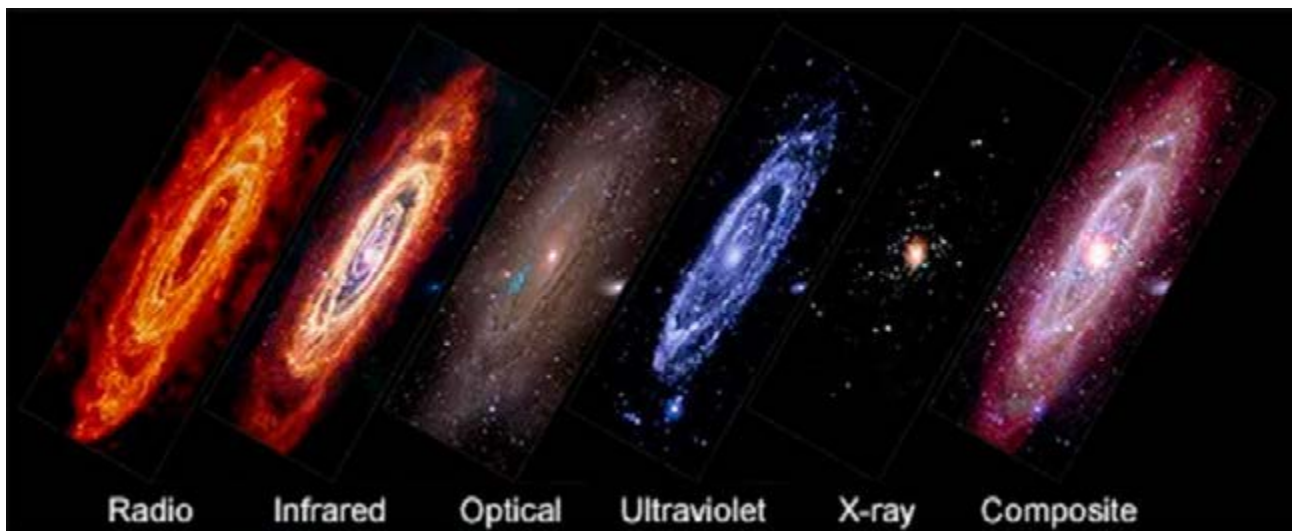
La radiación milimétrica permite, además, detectar las huellas espectrales de numerosas moléculas. Cada especie química deja un conjunto característico de líneas en el espectro, de modo que los astrónomos pueden identificar su presencia y, a partir de ellas, determinar propiedades físicas del gas, como su temperatura, densidad, composición o movimiento. La astronomía milimétrica proporciona así una herramienta excepcional para penetrar en regiones que resultan prácticamente invisibles para los telescopios ópticos y seguir la evolución de la materia cósmica desde las grandes nubes moleculares hasta los discos que rodean a las estrellas jóvenes.

El Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM) nació precisamente para explotar esta ventana del universo. Su actividad se articula en torno a dos grandes instalaciones: el radiotelescopio de 30 metros situado en Pico Veleta, en Sierra Nevada, y el interferómetro NOEMA, instalado en los Alpes franceses. Son instrumentos con características diferentes que fueron concebidos como perfectamente complementarios.



El radiotelescopio de 30-m de IRAM en Pico Veleta (Granada). IRAM





La galaxia de Andr6meda (M31) observada en diferentes longitudes de onda. NASA.

El primero destaca por su sensibilidad y por su capacidad para estudiar extensas regiones del cielo, mientras que el segundo combina las se1ales de doce antenas de alt6sima precisi6n para alcanzar una resoluci6n espacial extraordinaria.

Juntos constituyen una de las infraestructuras de referencia mundial para el estudio del universo fr6o. Sus observaciones han permitido investigar desde las primeras etapas de la formaci6n de estrellas y planetas hasta la evoluci6n de estrellas moribundas, la qu6mica del medio interestelar y las propiedades de galaxias muy lejanas.

En el IRAM trabajan hoy 120 cient6ficos, ingenieros y

t6cnicos que proceden de una decena de pa6ses. M6s de 5000 astr6nomos repartidos por todo el mundo utilizan sus dos observatorios y, con sus observaciones, producen anualmente unas 250 publicaciones cient6ficas de primer nivel.

Y detr6s de esta gran infraestructura internacional existe tambi6n una importante participaci6n espa1ola. El Instituto Geogr6fico Nacional (IGN) forma parte de IRAM junto con su socio franc6s y su socio alem6n, y su contribuci6n abarca tanto la investigaci6n cient6fica como el desarrollo tecnol6gico de los instrumentos. El IRAM es, por tanto, una instituci6n de colaboraci6n cient6fica y tecnol6gica en

la que el IGN desempe1a un papel de gran relevancia. Y, a su vez, una instituci6n de mucho 6xito.

IRAM: una cooperaci6n cient6fica con importante participaci6n espa1ola

El Instituto de Radioastronom6a Milim6trica naci6 en 1979 por iniciativa del Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) franc6s y la sociedad alemana Max-Planck-Gesellschaft (MPG). El Instituto Geogr6fico Nacional (IGN) espa1ol particip6 desde los primeros pasos del proyecto y se incorpor6 como miembro de pleno derecho en 1990. Desde entonces,



El interfer6metro NOEMA en el crep6sculo. IRAM.



Labores de mantenimiento sobre una de las doce antenas de NOEMA. IRAM.

esta cooperación se ha consolidado en torno a una infraestructura científica de referencia internacional, cuyo objetivo es desarrollar y explotar instalaciones capaces de observar el universo en longitudes de onda milimétricas y estudiar con ellas algunos de los procesos fundamentales de la astrofísica moderna.

El IGN participa en la gestión y en la toma de decisiones de IRAM en condiciones de igualdad con su socio francés y su socio alemán. Esta participación proporciona a los investigadores españoles acceso a una infraestructura de primer nivel, pero también implica responsabilidades en su funcionamiento, en la definición de sus líneas de desarrollo y en la evolución de sus capacidades científicas y tecnológicas.

La contribución española tiene, además, una característica especialmente significativa: no se limita a la explotación científica de los telescopios. El Observatorio Astronómico Nacional (OAN), perteneciente al IGN, cuenta con grupos de investigadores que utilizan regularmente las instalaciones de IRAM y participan en numerosos proyectos internacionales. Y, paralelamente,



Trabajos de microelectrónica en la sala limpia del IRAM en Grenoble. IRAM.

el Observatorio de Yebes ha desempeñado durante décadas un papel importante en el desarrollo de tecnologías para la radioastronomía milimétrica, especialmente en el ámbito de los receptores y de los amplificadores criogénicos de muy bajo ruido.

Estos dispositivos constituyen uno de los elementos más delicados de un radiotelescopio milimétrico. Las señales procedentes del espacio son extremadamente débiles y deben ser amplificadas sin introducir un ruido que pueda ocultarlas. Para conseguirlo, los receptores trabajan a temperaturas muy bajas y requieren tecnologías de una extraordinaria precisión. Ingenieros y técnicos del IGN han participado en el desarrollo de componentes que se han incorporado a los sistemas receptores de las instalaciones de IRAM, tanto en el radiotelescopio de 30 metros de

Pico Veleta como en el interferómetro NOEMA.

De este modo, la participación española se desarrolla en tres ámbitos estrechamente relacionados: la ciencia, la tecnología y la gestión de la infraestructura. Es una colaboración que permite a los investigadores del IGN acceder a algunas de las mejores instalaciones mundiales para la astronomía milimétrica y, al mismo tiempo, contribuye a que España disponga de conocimientos y capacidades tecnológicas propias en un campo estratégico de la instrumentación científica.

Esta combinación de cooperación internacional y participación nacional es una de las claves del éxito de IRAM. El resultado son dos instalaciones complementarias que, desde dos emplazamientos situados a miles de kilómetros de distancia, permiten explorar con una precisión extraordinaria un

universo que permanece oculto para los telescopios ópticos.

Pico Veleta: la parábola de 30-m más precisa del mundo

En lo alto de Sierra Nevada, a unos 2850 metros de altitud, se encuentra el primero de los dos grandes instrumentos de IRAM. El radiotelescopio de 30 metros de Pico Veleta (familiarmente 'el 30-m') comenzó sus operaciones científicas a mediados de la década de 1980 y, cuatro décadas después, continúa siendo una de las instalaciones más productivas del mundo para la observación astronómica en longitudes de onda milimétricas. Su emplazamiento no es casual: a estas frecuencias la atmósfera terrestre constituye uno de los principales obstáculos para la observación, y el vapor de agua absorbe parte de la radiación que llega desde el

El radiotelescopio de 30-m de IRAM en Pico Veleta (Granada). IRAM.



espacio. La elevada altitud y, sobre todo, la excepcional sequedad de la atmósfera de Sierra Nevada proporciona unas condiciones particularmente favorables para las observaciones.

La enorme antena parabólica, de 30 metros de diámetro, está diseñada para recoger las débiles señales procedentes de las regiones más frías del universo. Su reflector, formado por 420 paneles de aluminio, alcanza una precisión de aproximadamente 50 micras rms (desviación cuadrática media), una tolerancia extraordinariamente exigente cuando se trabaja con longitudes de onda milimétricas. El telescopio puede observar en un amplio intervalo de frecuencias, aproximadamente entre 80 y 350 GHz, lo que corresponde a longitudes de onda de unos 3,75 a 0,85 milímetros. Esta gran antena puede alcanzar una resolución

angular de alrededor de 7 segundos de arco (a las frecuencias de operación más altas), suficiente para distinguir estructuras relativamente pequeñas en regiones astronómicas situadas a enormes distancias.

Para hacerse una idea de lo que significan estas cifras, 50 micras son aproximadamente el grosor de un cabello humano: esta es la precisión con la que debe mantenerse la superficie de un reflector de 30 metros para trabajar correctamente a estas longitudes de onda.

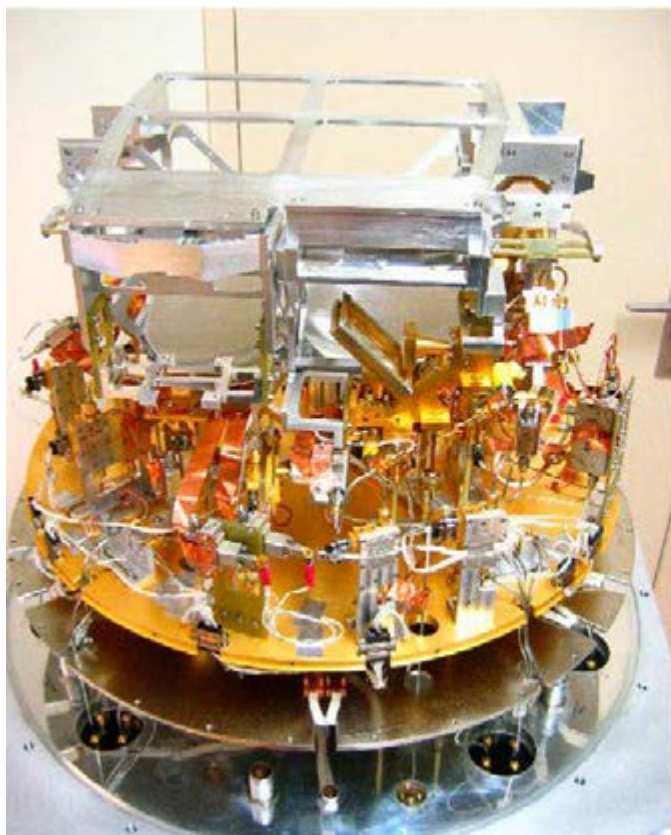
La capacidad espectroscópica del 30-m resulta especialmente valiosa para desentrañar la química del medio interestelar. Además, el estudio de las líneas espectrales emitidas por una nube interestelar permite conocer no solamente su composición química, sino también su temperatura, densidad y movimiento. De esta manera, el

30-m puede convertir una región aparentemente oscura del cielo en un auténtico laboratorio de física y química.

Las señales que llegan hasta el radiotelescopio de 30-m del IRAM en Pico Veleta son extraordinariamente débiles. Para recoger con esta antena suficiente energía procedente de una fuente cósmica como para encender una bombilla durante un solo segundo habría que esperar, en teoría, toda la edad del universo. Las señales radioastronómicas son tan poco energéticas que hacen necesaria la utilización de receptores extremadamente sensibles, enfriados criogénicamente hasta temperaturas próximas a -270°C .

Una de las grandes ventajas del 30-m es su capacidad para observar extensas regiones del cielo con una elevada sensibilidad. Esto lo convierte en una herramienta ideal

El espectrógrafo EMIR en el laboratorio y en el radiotelescopio de 30-m. IRAM.



para cartografiar grandes nubes moleculares, localizar regiones de formación estelar y estudiar la distribución de diferentes especies químicas. En muchas investigaciones, el 30-m desempeña además un papel complementario al de los interferómetros: permite obtener una visión amplia de una estructura que posteriormente puede estudiarse con mucha mayor resolución mediante NOEMA.

Obviamente, un instrumento científico de esta importancia no puede permanecer estático. A lo largo de su historia, el telescopio de Pico Veleta ha incorporado nuevos receptores y sistemas de detección que han ampliado considerablemente sus capacidades. Entre ellos destaca NIKA2, una cámara de gran formato que permite observar simultáneamente en dos bandas milimétricas y que ha abierto nuevas posibilidades para estudiar desde cúmulos de galaxias hasta la estructura del medio interestelar. Su capacidad ha permitido recientemente alcanzar récords

de sensibilidad y detectar galaxias masivas y ricas en polvo a más de 12 000 millones de años luz, cuando el universo apenas tenía unos mil millones de años.

La evolución continúa con proyectos destinados a mejorar todavía más la precisión de la antena y sus sistemas de control. El objetivo es mantener el 30-m en la vanguardia de la astronomía milimétrica durante las próximas décadas. Así, un radiotelescopio concebido hace más de cuarenta años sigue siendo una infraestructura científica plenamente actual, capaz de responder a preguntas que ni siquiera se habían planteado cuando comenzó a funcionar.

Y precisamente esa combinación de sensibilidad, cobertura y capacidad espectroscópica hace que el 30-m sea especialmente poderoso cuando se combina con otro tipo de instrumento: un interferómetro capaz de observar esas mismas estructuras con una resolución espacial

extraordinariamente elevada. Ese es el cometido de NOEMA.

NOEMA: doce antenas trabajando al unísono

El segundo gran observatorio de IRAM se encuentra en el Plateau de Bure, en los Alpes franceses, a unos 2550 metros de altitud. Se trata de NOEMA (Northern Extended Millimeter Array), un conjunto de doce antenas de 15 metros de diámetro que trabajan coordinadamente como un único instrumento. La incorporación de la duodécima antena, en septiembre de 2022, culminó una importante ampliación del observatorio y consolidó a NOEMA como el mayor interferómetro de ondas milimétricas del hemisferio norte.

La clave de NOEMA está precisamente en la interferometría. Las doce antenas observan simultáneamente una misma región del cielo y sus señales son combinadas digitalmente en un sofisticado

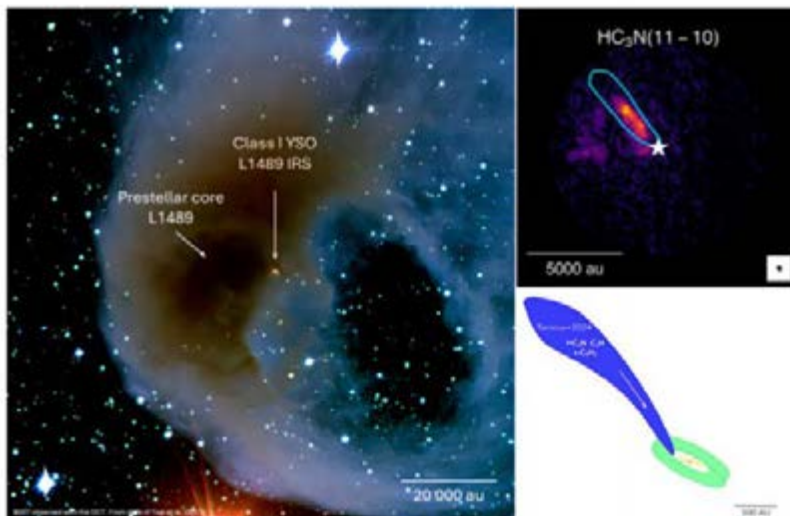
Una visión invernal del interferómetro NOEMA. IRAM.



Cuando el material interestelar alimenta los futuros planetas

Los discos de gas y polvo que rodean a las estrellas recién nacidas constituyen las cunas de los futuros sistemas planetarios. Pero ¿de dónde procede todo ese material? Observaciones realizadas con NOEMA y el radiotelescopio de 30 metros de IRAM han permitido seguir una corriente de gas, conocida como *streamer*, que conecta una joven estrella con una región de la nube molecular que la rodea. El objeto estudiado, L1489 IRS, se encuentra en una etapa temprana de su evolución.

Las observaciones han permitido caracterizar con gran detalle las propiedades físicas y químicas de esta corriente. Los resultados indican que contiene suficiente material para reponer varias veces el disco que rodea a la estrella y que, además, transporta material relativamente fresco desde el entorno donde nació la estrella. De esta manera, estas corrientes pueden modificar tanto la masa como la composición química del disco y, por tanto, las condiciones



en las que posteriormente se forman los planetas. El resultado establece un vínculo directo entre la materia interestelar y los sistemas planetarios en formación.

correlador. Las antenas pueden disponerse en diferentes configuraciones, desde unos cientos de metros hasta aproximadamente 1,7 kilómetros, lo que permite adaptar la resolución del conjunto a las características de cada objeto astronómico. El resultado equivale, en cierto sentido, a un gigantesco radiotelescopio virtual cuyo tamaño viene determinado por la máxima separación entre las antenas.

Esta capacidad proporciona a NOEMA una resolución espacial extraordinaria. Para hacerse una idea de su poder de observación, la máxima resolución alcanzable permitiría, en una comparación puramente ilustrativa, distinguir un teléfono móvil situado a más de 500 kilómetros de distancia. En astronomía, esta capacidad permite separar estructuras diminutas en nubes moleculares, discos proto-planetarios o galaxias situadas a enormes distancias.

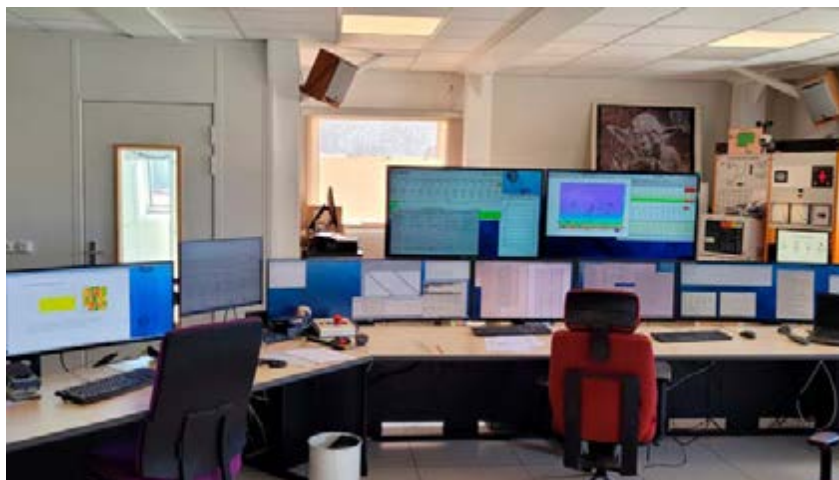
A esta resolución se suma una extraordinaria capacidad

espectroscópica. El correlador de NOEMA puede proporcionar hasta 128 000 canales espectrales, permitiendo analizar simultáneamente las emisiones características de diferentes especies moleculares. De este modo, el interferómetro no se limita a producir imágenes de gran nitidez: también permite estudiar la composición química, la temperatura, la densidad y los movimientos del gas. Sus receptores trabajan a

temperaturas criogénicas, próximas al cero absoluto, para reducir al mínimo el ruido electrónico generado por los propios sistemas de detección.

El resultado es una herramienta extraordinaria para adentrarse en las estructuras más pequeñas de las nubes moleculares y de los discos donde nacen los planetas, y también para alcanzar a galaxias situadas a miles de millones de

Sala de control del interferómetro NOEMA en Plateau de Bure. IRAM.



años luz. La radiación que reciben sus antenas puede haber viajado durante miles de millones de años antes de alcanzar la Tierra, convirtiendo a NOEMA en una auténtica máquina del tiempo.

De las nubes moleculares al nacimiento de estrellas y planetas

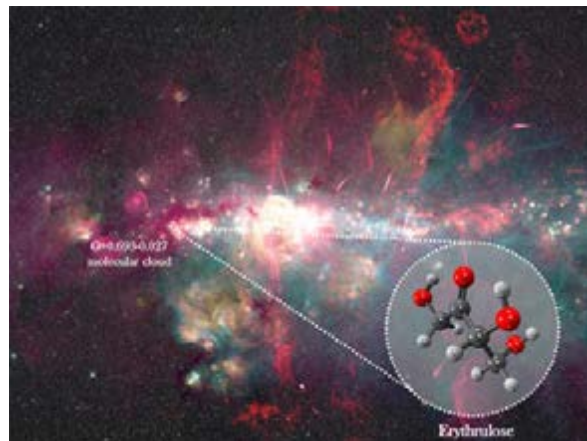
Una de las grandes ventajas de observar el universo en longitudes de onda milimétricas es que así se puede estudiar directamente la materia fría a partir de la cual se forman las estrellas y los sistemas planetarios. Las grandes nubes moleculares que abundan en los brazos de las galaxias espirales contienen gas y polvo a temperaturas muy bajas y, precisamente por ello, apenas son visibles en luz óptica. Para los radiotelescopios de IRAM, en cambio, estas nubes oscuras constituyen auténticos laboratorios astrofísicos.

Los receptores de IRAM facilitan el análisis de las ondas de radio procedentes de estas nubes mediante espectroscopía. De esta manera, se puede determinar no solo qué moléculas están presentes, sino también su abundancia, temperatura, densidad y movimiento. El monóxido de carbono, por ejemplo, uno de los principales trazadores del gas molecular, es fácilmente observable con los instrumentos del IRAM. Y las observaciones permiten, además, identificar una extraordinaria variedad de especies químicas, incluidas moléculas orgánicas relativamente complejas.

Esta información revela el proceso por el que una nube interestelar, sometida a su propia gravedad, comienza a colapsar, a fragmentarse, y da lugar a nuevas estrellas. El radiotelescopio de 30 metros de Pico Veleta puede cartografiar grandes

Azúcar en el espacio interestelar: el espacio no es lugar para diabéticos

En julio de 2026, un equipo internacional dirigido por la investigadora Izaskun Jiménez-Serra, del Centro de Astrobiología (CAB, CSIC-INTA) y con participación de astrónomos del IGN, anunció la primera detección de un azúcar en el medio interestelar: la eritrosa, una molécula de cuatro átomos de carbono. Fue localizada en la nube molecular G+0.693-0.027, cerca del centro de la Vía Láctea, mediante observaciones espectroscópicas ultrasensibles realizadas con el radiotelescopio de 40 metros de Yebes y el 30-m de IRAM.



La identificación se basa en la característica 'huella dactilar' espectral de cada molécula: en los datos se encontraron 12 líneas espectrales compatibles con la eritrosa. Los modelos químicos indican que puede formarse sobre los granos de polvo interestelar a partir de moléculas más sencillas. El hallazgo resulta especialmente interesante porque los azúcares desempeñan funciones esenciales en la biología y algunos, como la ribosa, forman parte del ARN. Esto no significa que la eritrosa llegase a la Tierra ni que participase en el origen de la vida, pero demuestra que moléculas de creciente complejidad pueden fabricarse en el espacio antes incluso de que nazcan las estrellas y los planetas.

extensiones de estas nubes y localizar las regiones donde se está produciendo formación estelar. NOEMA permite después concentrarse en las zonas más interesantes y estudiar con mucha mayor resolución su estructura interna.

La química desempeña un papel fundamental en el estudio del medio interestelar. En las regiones más densas y frías, átomos y moléculas pueden quedar adheridos a la superficie de diminutos granos de polvo, donde tienen lugar reacciones químicas que serían difíciles de producir en la fase gaseosa. Cuando las condiciones cambian, algunos de estos compuestos vuelven al gas y pueden incorporarse a los discos de



Nubes de Orión observadas en ondas milimétricas (arriba) y el óptico (abajo). IRAM/NASA/ESA/HST.



La galaxia del Remolino (M51) observada en el óptico con el telescopio espacial Hubble (izquierda) y con los instrumentos del IRAM en ondas milimétricas. NASA/ESA/HST/IRAM.

material que rodean a las estrellas jóvenes. En estos discos, a partir del gas y el polvo, terminarán formándose planetesimales y planetas.

Algunas de las moléculas detectadas en estas regiones son moléculas orgánicas, basadas en el carbono y esenciales para la química de los seres vivos. Su presencia no significa que exista vida en esas nubes, pero sí demuestra que una química relativamente compleja puede desarrollarse antes incluso del nacimiento de los planetas. Parte de este material puede acabar incorporándose a los cuerpos que se forman alrededor de las estrellas y, como muestran los estudios de meteoritos y cometas de nuestro propio Sistema Solar, conservarse durante miles de millones de años.

El estudio de estas regiones permite, por tanto, contemplar en otros lugares procesos que probablemente se produjeron hace unos 4600 millones de años en la nube molecular de la que nació el Sol. Las observaciones de IRAM ofrecen una ventana privilegiada a las primeras etapas de esta evolución: desde la materia interestelar fría hasta los discos que constituyen la materia prima de los futuros sistemas planetarios.

Y este laboratorio químico no se encuentra únicamente en nuestra galaxia, la Vía Láctea. Las extraordinarias capacidades de NOEMA permiten detectar moléculas y gas molecular en galaxias situadas a miles de millones de años luz, proporcionando información sobre su

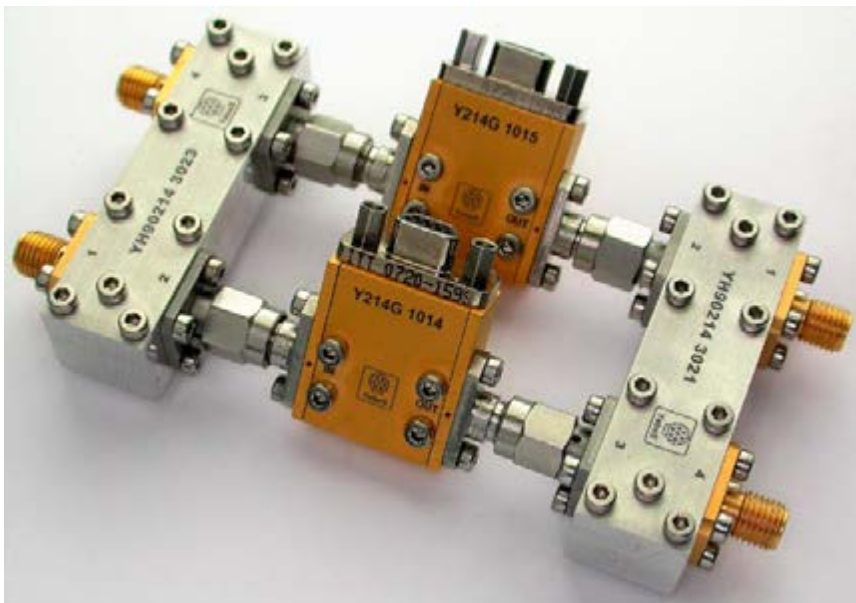
composición cuando el universo era mucho más joven. De esta manera, con IRAM se estudia no solo cómo nacen actualmente las estrellas y los planetas, sino también cómo fue enriqueciéndose químicamente el universo a lo largo de su historia.

Conquistando el universo extremo

El alcance de IRAM llega incluso hasta algunos de los fenómenos más extremos del universo. NOEMA participa en el Event Horizon Telescope (EHT), la colaboración internacional que en 2019 obtuvo la primera imagen de la región que rodea al agujero negro supermasivo de la galaxia M87. Para conseguir esta imagen fue necesario combinar las señales de radiotelescopios distribuidos por todo el planeta mediante interferometría de muy larga base. NOEMA se incorporó a las observaciones del EHT en 2021 y ha participado también en el estudio de Sagitario A*, el agujero negro supermasivo situado en el centro de nuestra galaxia. Este trabajo constituye un magnífico ejemplo de cómo un observatorio dedicado fundamentalmente al estudio de la materia fría y las moléculas puede contribuir también a explorar los entornos más extremos del cosmos.



Cambios en la polarización observados en la polarización de la luz en la sombra del agujero negro de M87. EHT.

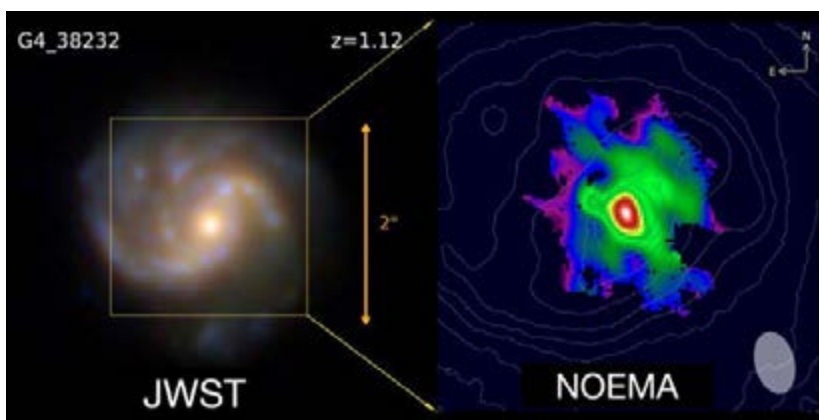


Amplificador de muy bajo ruido desarrollado en el Observatorio de Yebes. Obs. Yebes (IGN).

Barras que canalizan el material hacia el centro de las galaxias

Las galaxias no son estructuras estáticas: el gas molecular puede desplazarse desde sus regiones externas hacia el centro, alimentando la formación de nuevas estrellas y, eventualmente, el crecimiento de los agujeros negros supermasivos. Una observación reciente de NOEMA, dentro del programa NOEMA³D, ha permitido seguir con extraordinario detalle este proceso en una galaxia espiral barrada situada a un *redshift* de aproximadamente 1,12, cuando el universo tan solo tenía unos 5000-6000 millones de años de edad (menos de la mitad de su edad actual).

Con unas 37 horas de observación y una resolución de unos 0,3 segundos de arco, los investigadores han cartografiado el gas molecular de esta galaxia y han encontrado flujos asociados a su barra central. El resultado indica que la barra canaliza gas hacia las regiones interiores a un ritmo de unas 30 masas solares por año, comparable a la tasa a la que la propia galaxia está formando estrellas, unas 36 masas solares anuales. Entre los autores de este estudio figura Santiago García-Burillo, astrónomo del Observatorio Astronómico Nacional (IGN).



La radiación milimétrica procedente de galaxias muy distantes nos las revela tal como eran cuando el universo tenía una fracción de su edad actual. NOEMA puede detectar en ellas la emisión del gas molecular y del polvo, proporcionando información sobre las reservas de materia que alimentaron la formación de las primeras generaciones de estrellas.

Estas observaciones permiten estudiar además la relación entre la formación estelar y el crecimiento de los agujeros negros que se encuentran en los centros de las galaxias. De este modo, los dos observatorios de IRAM contribuyen a reconstruir una historia que abarca desde las moléculas de las nubes interestelares hasta las estructuras más masivas y energéticas del universo.

La extraordinaria variedad de fenómenos que puede estudiar IRAM sería imposible sin una instrumentación capaz de detectar señales extremadamente débiles y analizarlas con una precisión excepcional. Y también en este terreno la participación española tiene una importancia muy especial.

Tecnología española para mirar el universo

Detrás de muchos de los descubrimientos realizados con IRAM hay también una tecnología desarrollada en España. A través del Observatorio Astronómico Nacional y del Centro de Desarrollos Tecnológicos del IGN en el Observatorio de Yebes, España ha contribuido al desarrollo de tecnologías fundamentales para la radioastronomía milimétrica.

Los receptores constituyen uno de los elementos más delicados de estos observatorios. Las señales que llegan desde el espacio son extraordinariamente débiles y



Yebes e IRAM: observatorios complementarios

Además de su participación en IRAM, el IGN es propietario exclusivo del radiotelescopio de 40 metros de diámetro del Observatorio de Yebes (cerca de Guadalajara). Este último telescopio fue construido y es mantenido en funcionamiento por el personal técnico del IGN que trabaja en este observatorio, donde cuentan con avanzados laboratorios de instrumentación en los que se diseñan y construyen los receptores de microondas.

El Observatorio de Yebes está situado en un lugar sumamente seco y sin vientos. Como los observatorios del IRAM, disfruta de muchos días despejados y su ubicación, a 980 metros sobre el nivel del mar, permite realizar observaciones en frecuencias desde 2 a 100 gigahercios (es decir, longitudes de onda de entre 3 milímetros y 15 centímetros). De esta forma, los radiotelescopios de Yebes y del IRAM resultan altamente complementarios: los del IRAM cubren las frecuencias superiores (entre unos 70 y 370 gigahercios), mientras que el de Yebes abarca todas las frecuencias más bajas que son observables desde su ubicación.

cualquier ruido generado por el propio instrumento puede ocultarlas. Por ello, los sistemas receptores deben combinar una electrónica de enorme sensibilidad con temperaturas de operación extremadamente bajas. Ingenieros y técnicos del IGN han participado en el desarrollo de amplificadores criogénicos de muy bajo ruido y de otros componentes de recepción, aportaciones que se han incorporado a los sistemas receptores tanto del 30-m de Pico Veleta como de NOEMA.

Y esta experiencia tecnológica tiene un valor que trasciende a los propios observatorios. El desarrollo de receptores, electrónica de alta frecuencia, sistemas criogénicos y técnicas de metrología de precisión exige acumular conocimientos muy especializados que después encuentran aplicaciones en otras infraestructuras científicas y tecnológicas.

La participación del IGN en IRAM constituye así un ejemplo especialmente valioso de cómo una infraestructura científica internacional puede generar un círculo virtuoso: la comunidad científica española obtiene acceso a instalaciones de vanguardia y, al mismo tiempo,

contribuye con conocimiento, tecnología y experiencia al desarrollo de esas mismas instalaciones.

Esta colaboración se ha prolongado durante décadas y ha permitido que España mantenga una posición destacada en un campo tan especializado como la radioastronomía milimétrica. Una capacidad científica y tecnológica que encuentra en IRAM uno de sus mejores exponentes.

Una ventana abierta al universo

Desde su creación, IRAM ha demostrado hasta qué punto observar el universo en longitudes de onda milimétricas puede transformar nuestra comprensión del cosmos. Con sus dos grandes observatorios podemos seguir el nacimiento de estrellas y planetas, identificar moléculas en las nubes interestelares, estudiar la evolución de las galaxias y acercarnos a los agujeros negros supermasivos. Son escalas extraordinariamente diferentes, pero todas forman parte de una misma historia: la de la materia que se organiza y evoluciona a lo largo de la historia del universo.

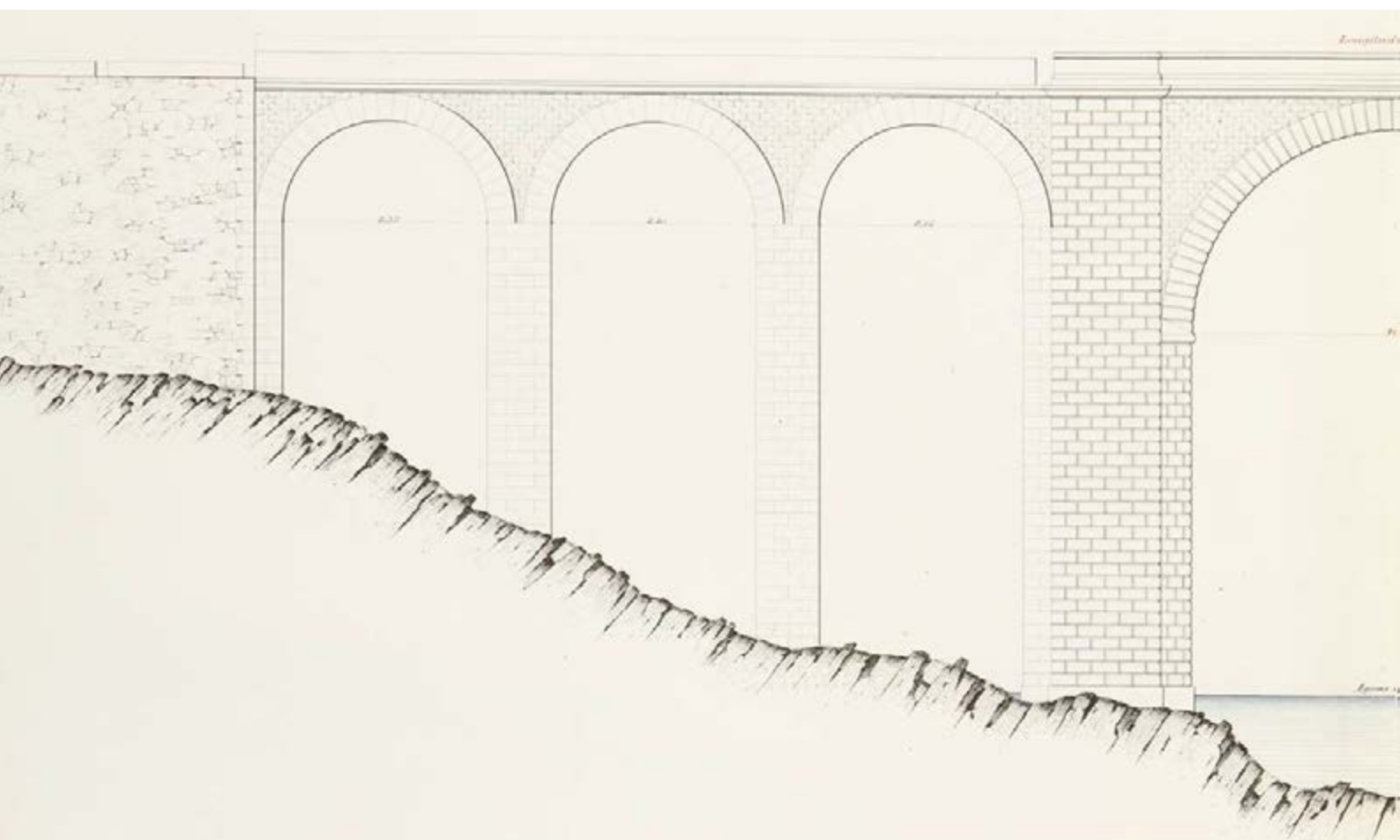
Para España, la participación en IRAM representa además algo más que el acceso a dos grandes telescopios: significa también mantener abierta una ventana privilegiada hacia el universo y, al mismo tiempo, desarrollar aquí la tecnología necesaria para mirar con y a través de ella. El IGN, junto con sus socios europeos, participa así en una infraestructura que lleva casi medio siglo ampliando su capacidad para observar el cosmos.

Y quizá esa sea la mejor manera de entender el valor de IRAM: dos observatorios situados en dos lugares de Europa, unidos por una misma voluntad científica y tecnológica. Gracias a esta cooperación internacional se sigue reconstruyendo la historia del universo, desde las nubes donde nacen las estrellas hasta las galaxias más lejanas conocidas, descubriendo así ese universo que nuestros ojos nunca podrían ver. ■

Clave en la ingeniería española del siglo XIX,
Lucio del Valle es protagonista en el Archivo General
del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible

El legado documental de **Lucio del Valle**

Puente-viaducto sobre el río Cabriel en la carretera de las Cabrillas.



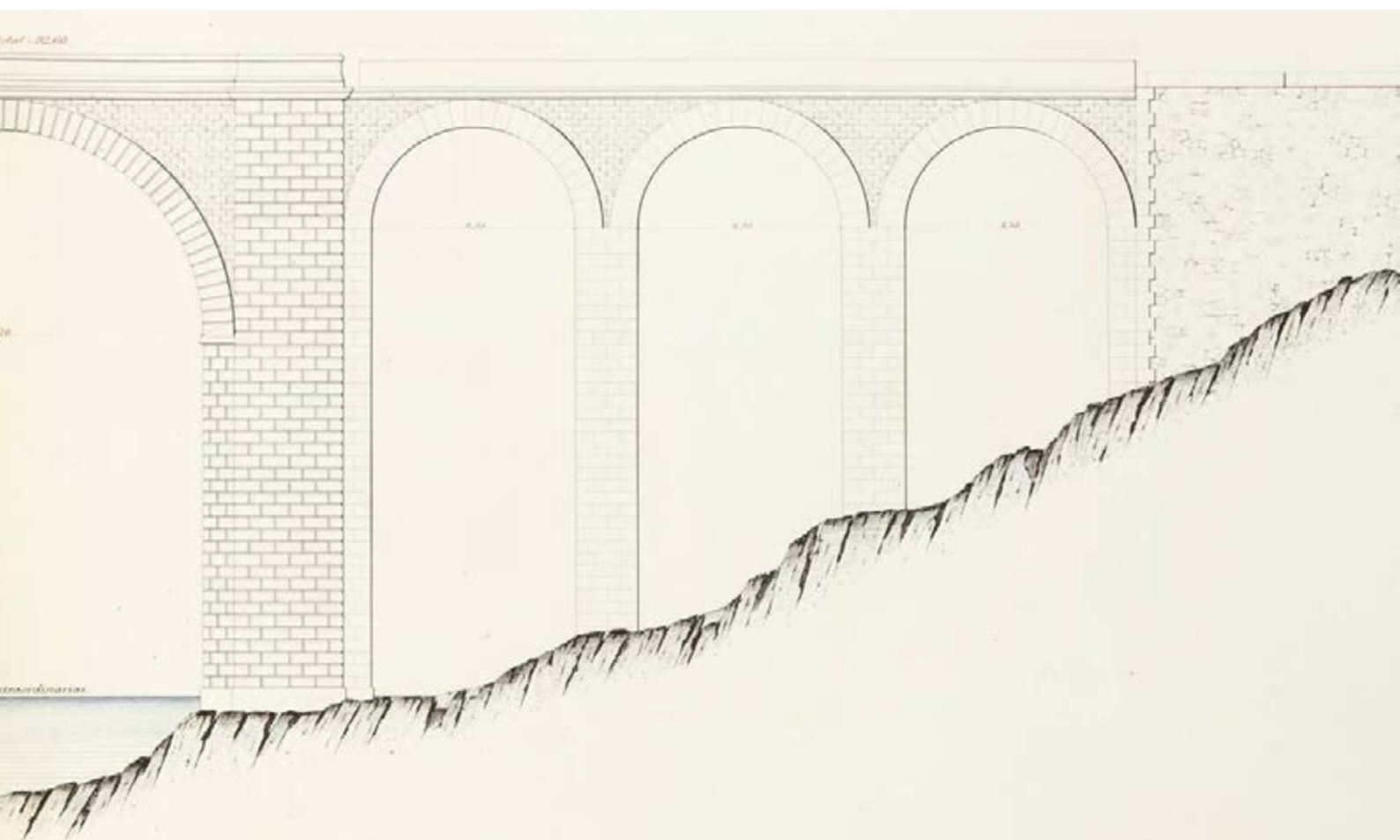
Lucio del Valle fue uno de los ingenieros más destacados del siglo XIX. Su contribución a la modernización de España es hoy en día incuestionable. Obras de enorme trascendencia como la carretera de las Cabrillas, el Canal de Isabel II o la reforma de la Puerta del Sol no se pueden concebir sin la decisiva participación del ingeniero.

La figura de Lucio del Valle, ampliamente reconocida por sus coetáneos, ha ido cayendo en el olvido con el paso del tiempo, especialmente fuera de círculos no especializados.

Por ello, es de vital importancia no solo la custodia de la documentación que fue generando a lo largo de su trayectoria profesional, sino también

su difusión. No tiene sentido guardar este patrimonio documental en un cajón a la espera de ser visto. Hay que darlo a conocer y hacerlo accesible. Por ello, recuperamos aquí algunos de los planos y fotografías más relevantes de su carrera, integrándolos dentro de un contexto y de una historia que les aporta significado.

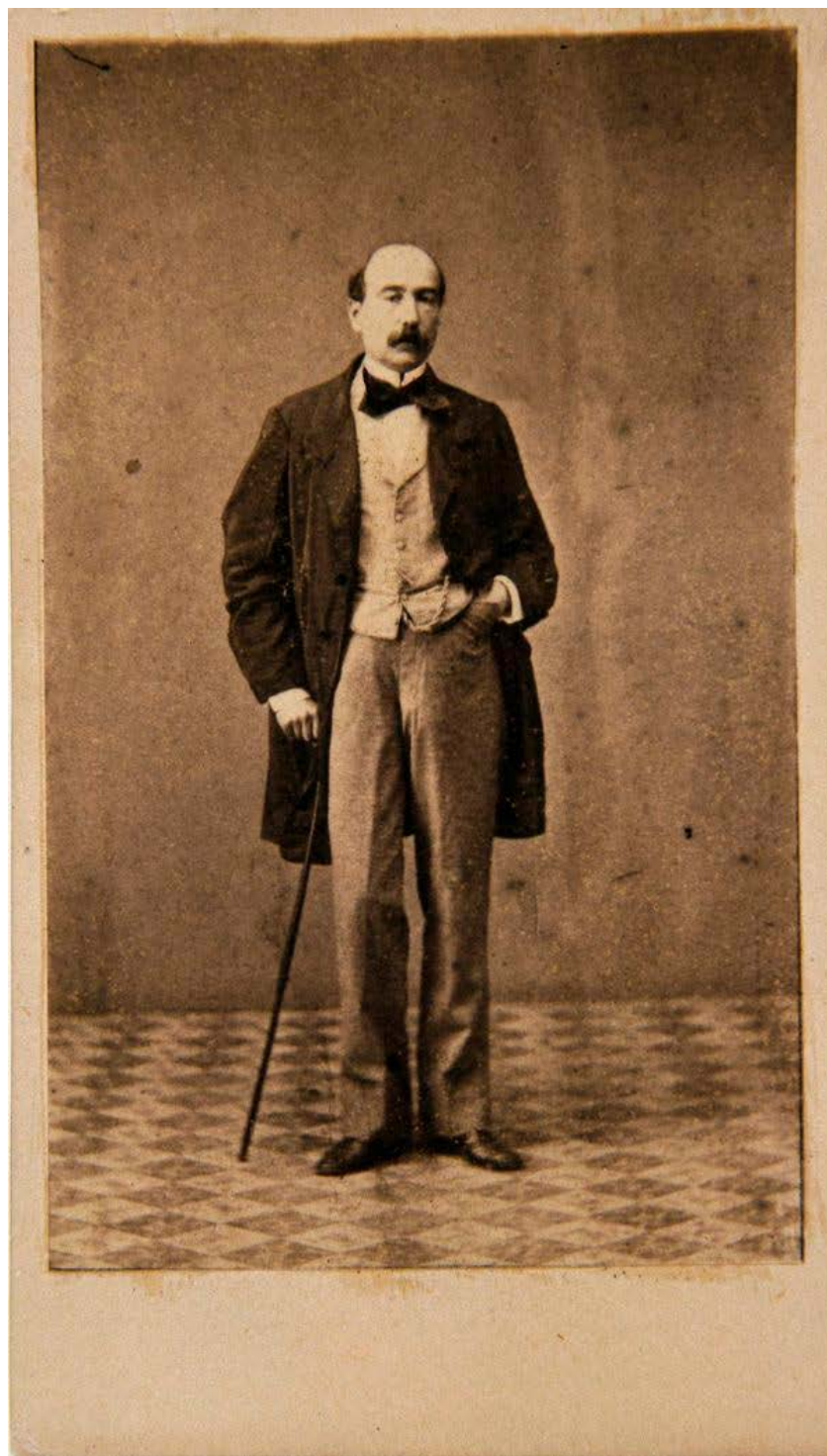
- Texto: Cecilia Martín Alhambra, técnico de archivo en el Archivo General del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible
- Fotos: Archivo General del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



Lucio del Valle y Arana, nacido en Madrid el 2 de marzo de 1815, fue un ingeniero con una exhaustiva formación académica y una larga trayectoria profesional, protagonista de algunas de las obras públicas españolas más relevantes del siglo XIX. En la hoja de servicios de su expediente personal, conservada en el Archivo General del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, se mencionan los cargos más destacados de su carrera:

«Excelentísimo e Ilustrísimo Don Lucio del Valle y Arana, Inspector General de 1.ª clase del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Director de la Escuela especial, Presidente de la Comisión de Faros, Jefe del Depósito Central de los mismos, arquitecto, académico de número de la de Bellas Artes de San Fernando y de la de Ciencias exactas, físicas y naturales, Caballero Gran Cruz de la distinguida orden de Carlos 3.º...»

La trayectoria de Lucio del Valle fue tan extensa y prolífica que se podrían escribir páginas y páginas hablando de los variados estudios que cursó, los diferentes puestos que desempeñó o los numerosos proyectos que impulsó y dirigió hasta el día de su muerte, el 17 de julio de 1874. Sin embargo, las limitaciones de espacio nos obligan a centrarnos en los episodios más significativos de su vida. Entre ellos, destaca especialmente su paso por la Escuela de Caminos, acontecimiento que marcaría el inicio de una brillante carrera profesional. Durante los años de formación en esta escuela, enseñada destacó por su gran habilidad y competencia, llegando incluso a impartir la asignatura de segundo curso Geometría Descriptiva, siendo todavía alumno de tercero. En 1839 finalizó sus estudios y



Retrato de Lucio del Valle. Memoria de Madrid. G. Prados.

poco tiempo después fue nombrado ingeniero ayudante 2.º. Un año más tarde fue destinado a Valencia, donde daría comienzo su prestigiosa carrera como ingeniero.

La Escuela de Caminos fue, sin duda, un soplo de aire fresco para la ciencia y el progreso en España. De esta escuela surgieron otras destacadas figuras de la ingeniería

española, como Juan Rafo Tolosa y Juan de Ribera, autores de la *Memoria sobre la conducción de aguas a Madrid* en 1849, estudio que sentaría las bases para la posterior construcción del Canal de Isabel II. Por sus aulas pasaron también Josep Rafo, hermano de Juan y responsable del proyecto de mejora y ampliación del puerto de Barcelona en 1859, y José Echegaray, quien llegó a ocupar los puestos de director general de Obras Públicas y ministro de Fomento.

Lucio del Valle, con motivo de su asistencia a la Exposición Universal de París de 1855, reflexiona en un artículo publicado ese mismo año sobre la realidad de las obras públicas en España, a las que considera uno de los pilares fundamentales para la prosperidad de las naciones:

«Nuestras continuas discordias políticas, la carencia de recursos, y muchas veces la falta de

conocimientos de cierta clase y la poca iniciativa de nuestros hombres de Estado, han sido causas de que no haya marchado España por la senda de los adelantos modernos con aquella rapidez que hubiera sido de desear, no se haya hecho en Obras públicas todo cuanto pudiera haberse realizado á no existir los obstáculos que ligeramente acabamos de explicar».

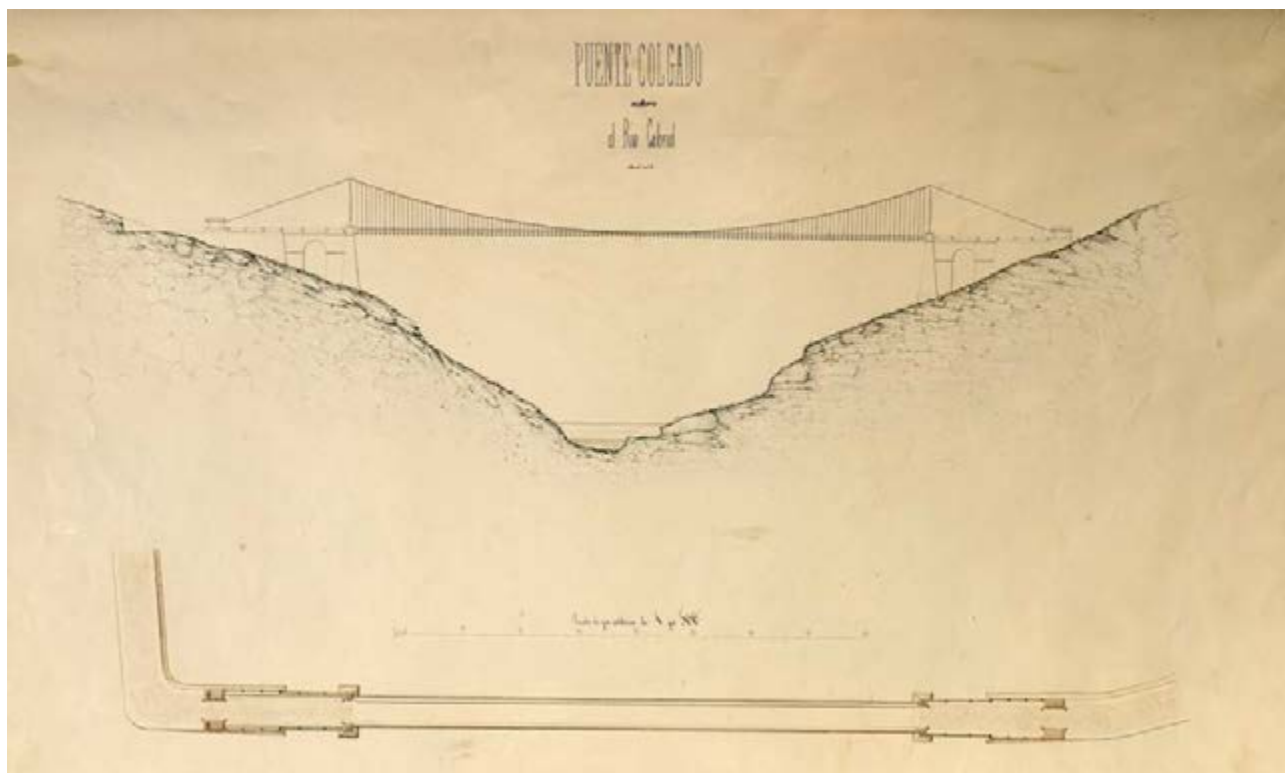
A pesar de estas palabras, Lucio del Valle reconoce los avances llevados a cabo en los 20 años anteriores, haciendo hincapié en la mejora de las carreteras y del sistema de iluminación de las costas españolas. Sin embargo, todavía quedaba mucho camino por recorrer, según concluía el ingeniero en su artículo.

La carretera de las Cabrillas

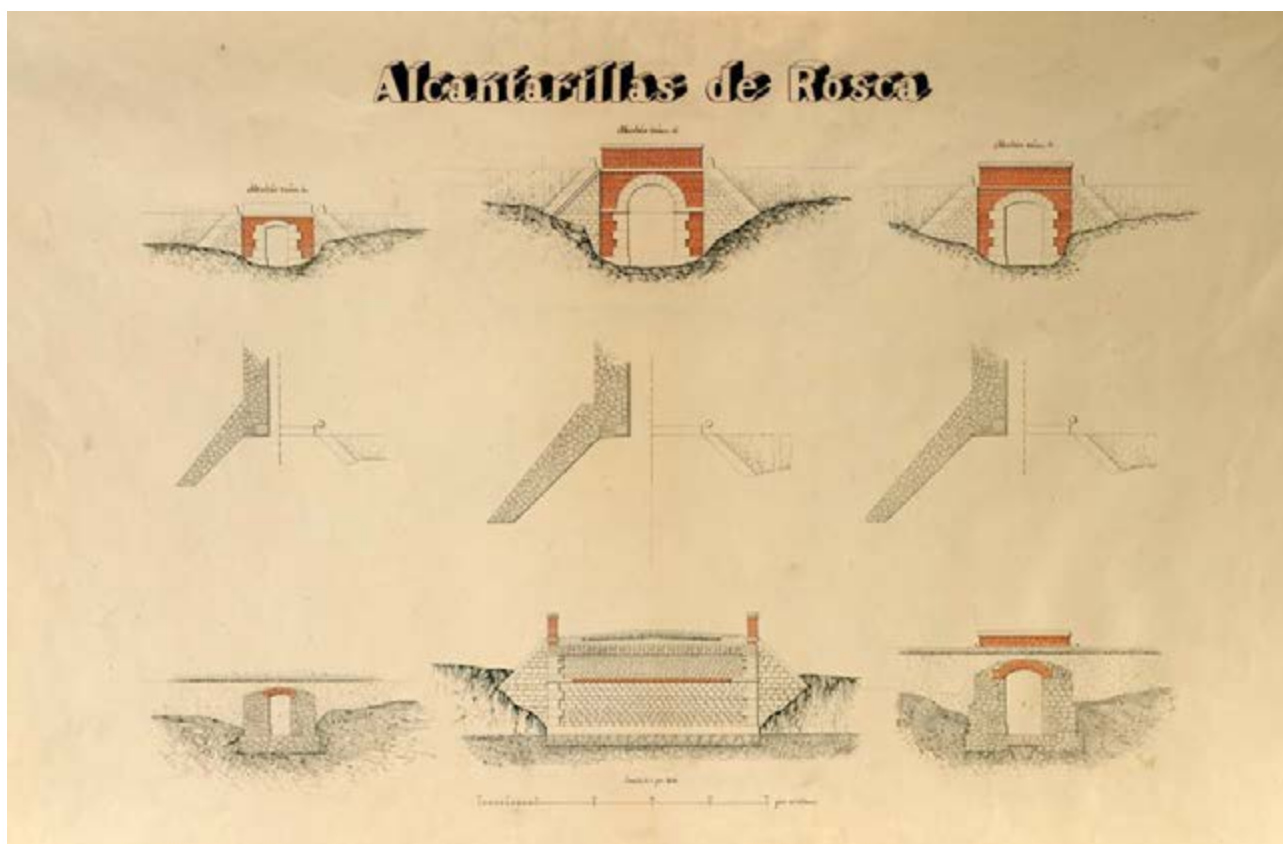
Como hemos mencionado, Lucio del Valle fue destinado al distrito de

Valencia en 1840, donde permaneció una década. Allí fue progresando en su carrera como ingeniero, hasta que fue nombrado ingeniero jefe de 2.ª clase y jefe del distrito de Valencia poco después. El principal proyecto que llevó a cabo durante su estancia en este lugar fue la construcción de un tramo de la carretera Madrid-Valencia, llamada carretera de las Cabrillas, entre Saelices y Requena. Dirigió estas obras desde el 5 de diciembre de 1840 hasta el 16 de Julio de 1851.

Lucio del Valle tuvo que enfrentarse a algunas dificultades durante las obras de la carretera de las Cabrillas, debido a las marcadas pendientes y a los zigzags del camino, que hubo que ir suavizando con gran ingenio y habilidad. La construcción del puente que debía edificarse sobre el río Cabriel resultó especialmente desafiante. En un primer momento, el ingeniero madrileño diseñó un puente colgante



Proyecto de puente colgado sobre el río Cabriel en la carretera de las Cabrillas.



Alcantarillas de rosca para la carretera de las Cabrillas.

que finalmente descartaría, decantándose en su lugar por un puente de fábrica con una longitud de 86,6 metros, 28 metros de altura y 7 arcos de medio punto. Su construcción comenzó en el año 1846 y finalizó en 1851.

El diseño de la carretera de las Cabrillas se realizó con mucho esmero y dedicación, como se puede observar al ojear los planos custodiados en el archivo del ministerio. El resultado del proyecto no fue menos sorprendente, obteniendo el reconocimiento casi unánime de sus coetáneos.

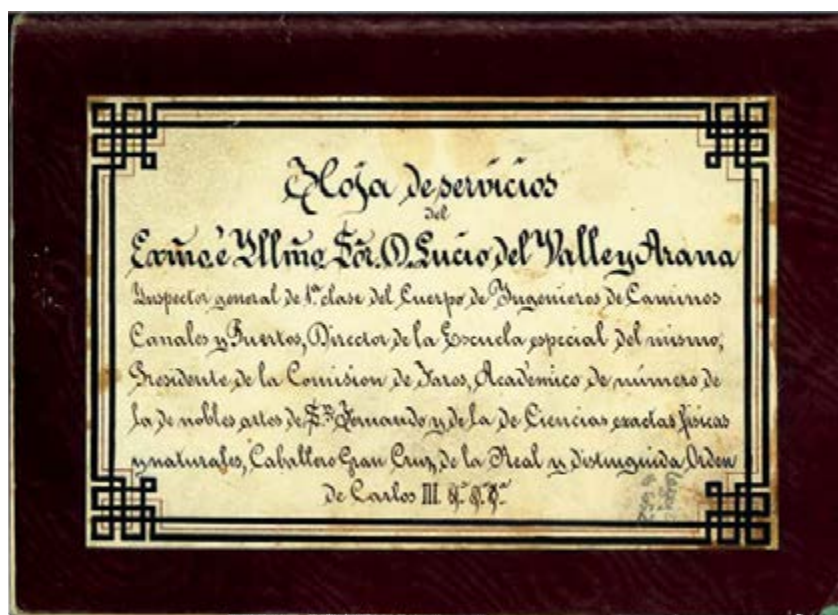
Como muestra de la excelente calidad de sus obras, cabe señalar que el puente sobre el río Cabriel se siguió utilizando hasta la construcción de la presa del embalse de Contreras en los años 70 del siglo pasado.

Por otro lado, en la hoja de servicios de Lucio del Valle se indica que no solo atendió la dirección de las obras de esta importante carretera sino que además «se dedicó

muy especialmente a la organización del presidio con el cual trabajó constantemente».

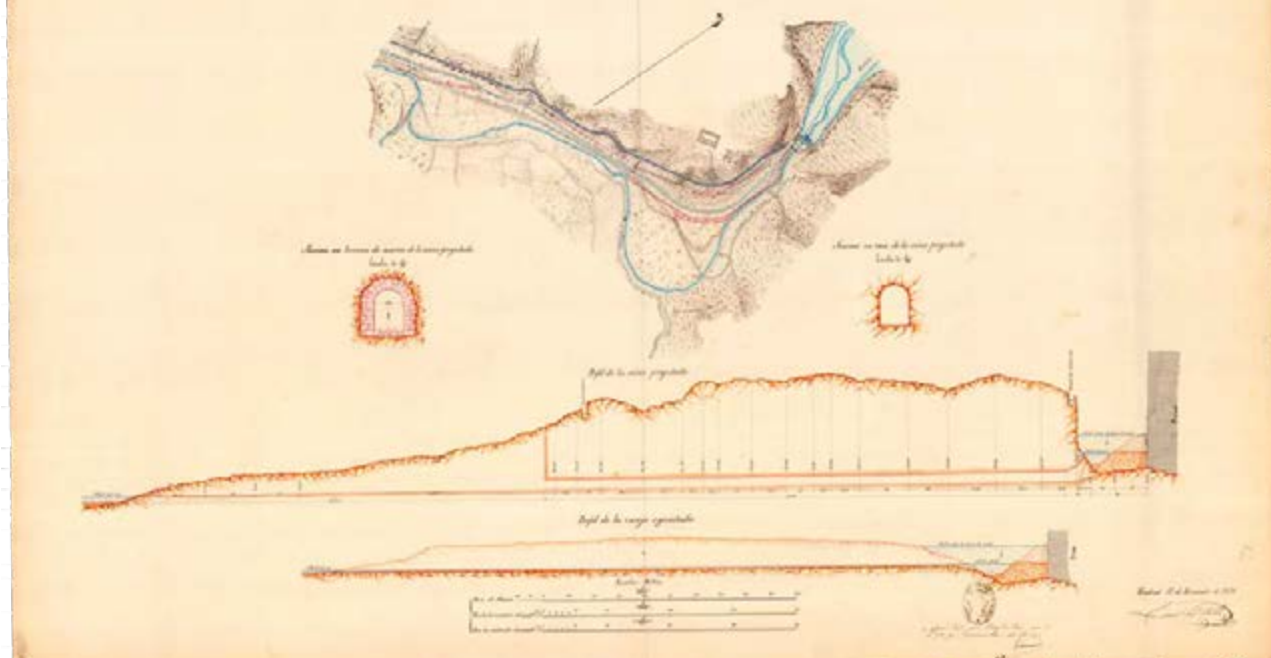
Lucio del Valle fue un férreo defensor del empleo de presidios en la construcción de obras públicas. Participó en la redacción de la Real Orden de 2 de marzo de 1843, que

regulaba el servicio de los confinados en las obras públicas y en 1853 escribió un artículo en la *Revista de Obras Públicas*, donde intentaba demostrar la conveniencia económica y moral en el uso de presidiarios. En este artículo el ingeniero defiende su tesis alegando: «el



Hoja de servicio de Lucio del Valle y Arana.

PLANO DE LAS OBRAS EJECUTADAS Y PROYECTADAS PARA BAJAR EL NIVEL DE LAS AGUAS DEL RÍO LOZOYA.



Plano de las obras ejecutadas y proyectadas para bajar el nivel de las aguas del río Lozoya.

mayor orden, la mejor organización y distribución que puede darse al presidio en las obras, el estímulo que se despierta en las brigadas, la mayor inteligencia de los penados, y finalmente, la práctica que adquieren en las diferentes operaciones, efecto de estar constantemente dedicados á hacer todos los días y por mucho tiempo la misma clase de trabajo».

Lucio del Valle no solo empleó reclusos en la construcción de la carretera de las Cabrillas, sino que fue una práctica recurrente durante la ejecución de muchos otros proyectos de gran envergadura, como el Canal de Isabel II. Algunos de estos reclusos conseguían rebajas de pena por su participación en estas durísimas tareas.

El Canal de Isabel II

Lucio del Valle jugó un papel muy relevante en la mejora de abastecimiento de agua en la ciudad de Madrid. Su brillante trayectoria como ingeniero desde su paso por la

Escuela de Caminos, junto con el prestigio alcanzado tras la ejecución de la carretera de las Cabrillas, le abrió las puertas de esta difícil empresa.

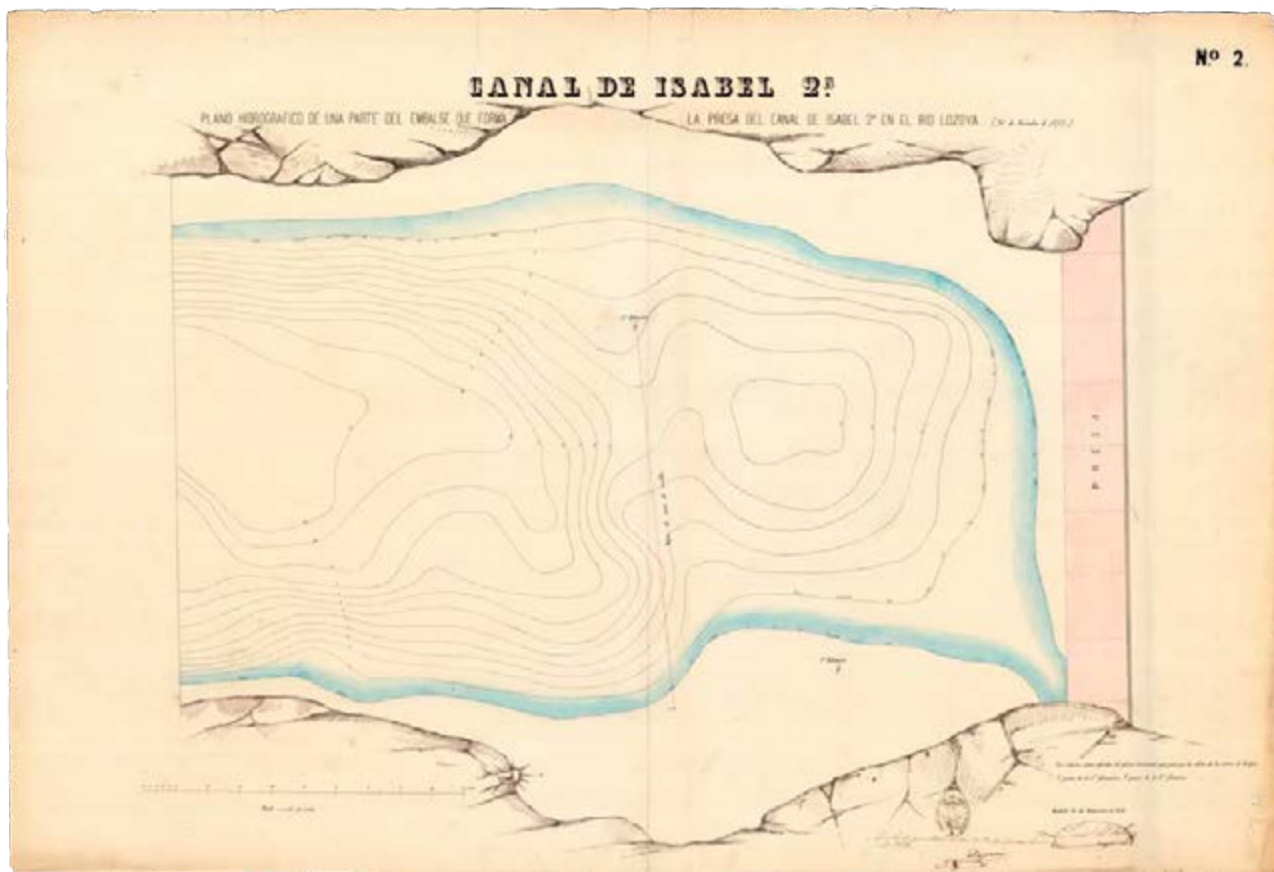
El ingeniero José García Otero, director de este proyecto, le propuso el cargo de subdirector, aceptando el puesto en julio de 1851. Tres años después, tras el cese de García Otero, Lucio del Valle sería finalmente nombrado director de las obras del Canal de Isabel II.

La ciudad de Madrid, desde el siglo XIV hasta la construcción del canal, contaba con un sistema de aprovisionamiento de agua basado en los denominados viajes de agua. Esta técnica constructiva, de origen oriental y traída a la península ibérica por los árabes, transportaba las aguas subterráneas a través de una serie de canales y galerías y las repartía por la villa. Sin embargo, el aumento demográfico de los últimos tiempos, el deterioro y la falta de desarrollo de la red de agua, así como las sequías, fueron poniendo

de manifiesto de forma cada vez más evidente la ineficiencia de estos viajes.

El reparto de agua resultaba muy injusto y desigual. Las elites urbanas eran las únicas que contaban con caños de agua en el interior de sus lujosas viviendas, pues su usufructo y mantenimiento tenía un coste muy elevado. Mientras, las mayorías populares se veían obligadas a compartir las escasas y muy mal distribuidas fuentes públicas instaladas en la ciudad. Además, los caudales de los viajes se destinaban, en su mayor parte, a las fuentes privadas, por lo que una minoría adinerada acaparaba la mayor parte de los recursos hídricos que llegaban a la ciudad.

Este sistema de distribución del agua en la ciudad dio lugar a la aparición de los aguadores, encargados de transportar el agua desde las fuentes a las viviendas. Este oficio, caracterizado por unas condiciones de trabajo muy duras y precarias, estuvo regulado por el Ayuntamiento



Plano hidrográfico de una parte del embalse que forma la presa del Canal de Isabel II en el río Lozoya.

madrileño y fue perdiendo relevancia a medida que mejoraban las estructuras de abastecimiento.

De esta manera, el previsible colapso de la red hídrica basada en los viajes de agua obligó a las autoridades a buscar soluciones. Se llegaron a presentar varios proyectos que nunca llegaron a materializarse, debido a la escasez de financiación o a la propia inviabilidad técnica de los mismos. Sin embargo, en el año 1848, el Gobierno encargó a los ingenieros Juan Rafo y Juan de Ribera la elaboración de un estudio que barajase la posibilidad de traer las aguas del río Lozoya a Madrid: *Memoria sobre la conducción de aguas a Madrid*. En esta ocasión, los ingenieros pudieron abordar con mayor solvencia los problemas técnicos y financieros para el traslado del agua a la capital.

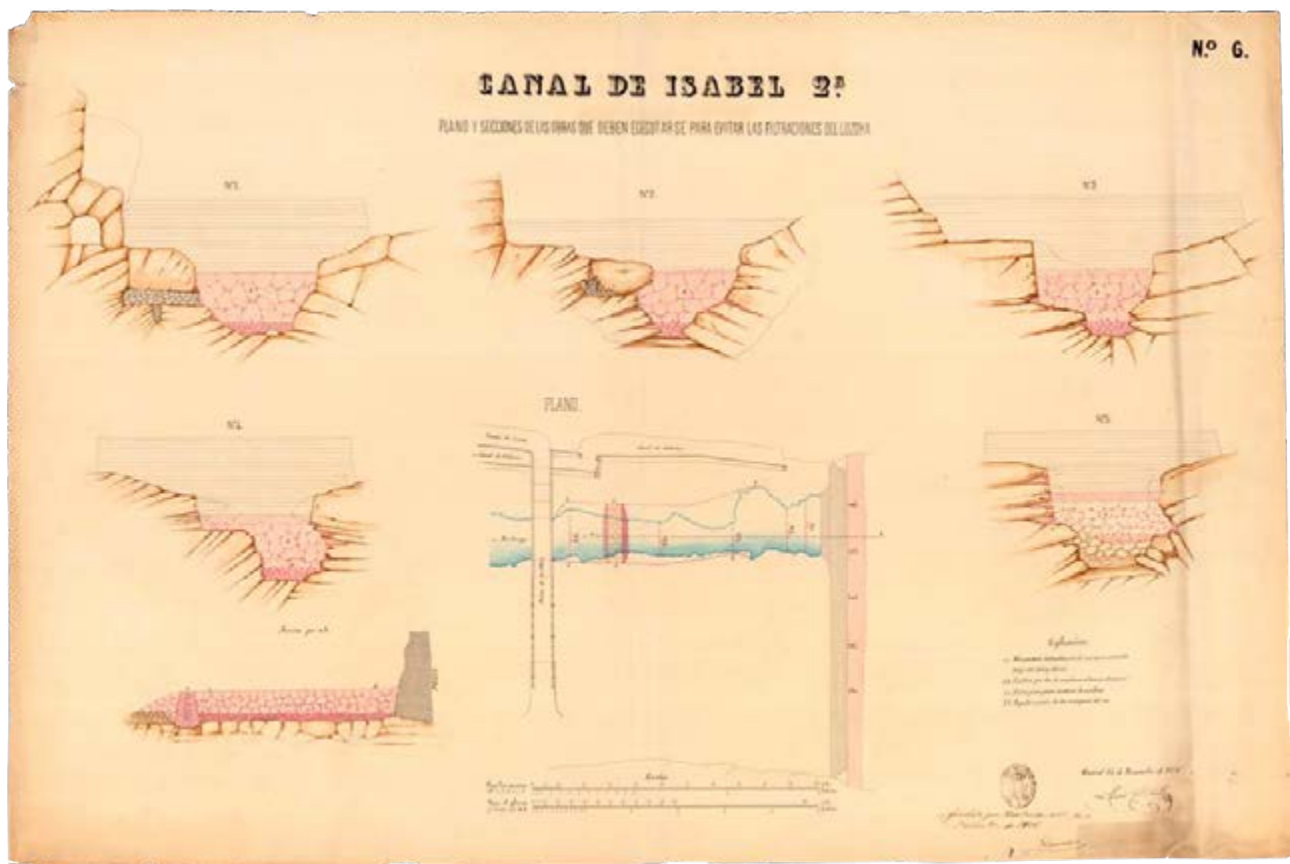
El proyecto proponía la construcción de un embalse en el paraje del Pontón de la Oliva, desde donde se canalizaría el agua hasta un depósito ubicado en el nacimiento del arroyo de la Fuente Castellana y a partir del cual se desarrollaría la nueva red de abastecimiento. La financiación del proyecto, por otro lado, quedaba en manos del Ayuntamiento, del Gobierno y de la participación voluntaria de particulares.

Para la gestión de las obras se creó un Consejo de Administración con representantes de los diferentes grupos implicados en la empresa y se nombró a José García Otero como director facultativo y económico.

En julio de 1851, Lucio del Valle fue nombrado subdirector de las obras del Canal, encargándose -entre otras cuestiones- del proyecto

para la construcción de la presa del Pontón de la Oliva. Sin embargo, en febrero de 1855, mientras todavía se encontraba a las órdenes de José García Otero, cesó por posibles discrepancias con éste. A finales de ese mismo año retomaría las labores del Canal, pero esta vez como director.

Los años como director del Canal fueron especialmente difíciles debido a la falta de fondos, la climatología y la desertión de los trabajadores que marchaban a mejores destinos. A todo esto, se le sumaron las filtraciones en la presa del Pontón de la Oliva. La ejecución de la presa fue excelente para la época, sin embargo, el problema residió en la ubicación elegida por los ingenieros para construirla, ya que el terreno sobre el que se asentaba presentaba una permeabilidad



Plano y secciones de las obras que deben ejecutarse para evitar las filtraciones del río Lozoya.

excesiva. Lucio del Valle se entregó con ahínco a la resolución de este problema durante su etapa como director, como bien explica en la *Memoria sobre las filtraciones del Lozoya, cerca de la presa del Pontón de la Oliva* publicada en la *Revista de Obras Públicas* en 1857:

«Al hacerme cargo de la dirección de las obras en diciembre último, tuve el honor de manifestar al Consejo, que sin perjuicio de atender con solícito afán á los trabajos todos de la línea del Canal, hacia propósito de dedicarme muy especialmente al importante asunto de la filtración próxima á la Presa, por haberlo considerado siempre de suma gravedad, no tanto por lo que era en sí, cuanto por el temor y el desaliento que su existencia pudiera infundir en el ánimo del público y hasta en el crédito de la Empresa

que tan felizmente va llevando por otra parte á cabo estos difíciles y gigantescos trabajos».

Lucio del Valle insistió en el uso de presidiarios para la obra del Canal de Isabel II. De hecho, se empleó a los mismos reclusos que trabajaron durante la construcción de la carretera de las Cabrillas, a la vista de los buenos resultados obtenidos. Al parecer, las condiciones de trabajo eran algo mejores que en otros destinos y el trato que los ingenieros daban a los penados era correcto. Algunos, llegaron, incluso, a ver reducidas sus penas como recompensa por su labor. A pesar de esto, se produjeron 39 muertes y 6 personas tuvieron que sufrir amputaciones de algún miembro durante las obras del Pontón de la Oliva entre los años 1851 y 1864.

La inauguración oficial de la llegada de las aguas del Lozoya a Madrid tuvo lugar el 24 de junio de 1858, convirtiéndose en uno de los eventos más trascendentes ocurridos en la ciudad en el siglo XIX. Este hito no solo fue una gran obra de ingeniería, sino que supuso un verdadero avance en la modernización de la ciudad, mejorando la calidad de vida de miles de vecinos y vecinas.

Con motivo de esta inauguración, se quiso instalar una fuente en la Puerta del Sol, ya que se trataba de uno de los espacios más emblemáticos de la capital. Sin embargo, ciertas dificultades técnicas impidieron su emplazamiento en este lugar y tuvo que ser finalmente instalada en la calle San Bernardo. Un gran chorro de agua de 30 o 40 metros salió disparada de la



Plano general de la nueva Puerta del Sol y sus calles afluentes, elaborado por la Junta Facultativa de las obras de la Puerta del Sol.

fuelle, demostrando la gran capacidad del nuevo sistema hidráulico madrileño. Durante este gran evento se contó con la presencia de la reina Isabel II, quien otorgó la cruz y banda de Carlos III a Lucio del Valle.

Poco después, Lucio del Valle presentó su dimisión al considerar concluida esta etapa en su carrera y se embarcó en otro proyecto de gran envergadura: la remodelación de la Puerta del Sol. Eso sí, antes de su marcha, solicitó disponer de agua corriente en su propia casa, convirtiéndose en uno de los primeros particulares en verse beneficiado por esta nueva red hidráulica.

La reforma de la Puerta del Sol

La construcción del Canal de Isabel II no fue el único intento de modernizar Madrid y lograr que la ciudad estuviese a la altura de las demás

capitales europeas. Para que Madrid dejase de ser un lugar oscuro, maloliente y poco higiénico no bastaba únicamente con la llegada de aguas a la urbe, era también necesario efectuar una serie de transformaciones en el urbanismo de la metrópoli. Por ejemplo, construir calles más amplias con mejores empedrados y aceras, empleando materiales de mayor calidad, que facilitasen la movilidad de los transeúntes y de los carruajes de todo tipo.

Antes de que se aprobase el proyecto final, se llegaron a presentar muchos otros que no llegaron a ver la luz. De nuevo, los problemas de financiación, junto con el debate sobre qué forma debía tener la plaza, retrasaron la puesta en marcha de la obra. Lucio del Valle, en colaboración con los ingenieros Juan River y José Morer, llegaron a presentar un plan que ampliaba

la plaza alrededor de 5000 metros cuadrados y le daba una forma semicircular.

Finalmente, entre todos los proyectos presentados, se seleccionó el elaborado por la Junta Facultativa de las obras de la Puerta del Sol, presidida por Lucio del Valle. Este proyecto no distaba demasiado del presentado por el propio Valle y sus compañeros Rivera y Morer un poco antes. Su aprobación definitiva llegó mediante la Real Orden del 15 de agosto de 1859.

La Puerta del Sol fue inmortalizada antes de la reforma por el fotógrafo galés Charles Clifford. Lucio del Valle tuvo una relación muy especial con la fotografía a lo largo de toda su carrera. El ingeniero, fascinado por las posibilidades que brindaba este novedoso invento, fue muy pronto consciente del valor que tenía documentar gráficamente la evolución de sus obras,

para poder contar con testimonios visuales y material didáctico que pudiese servir en el futuro. Así, la carretera de Valencia, el Canal de Isabel II o la Puerta del Sol, entre otros proyectos, tuvieron la suerte de ser fotografiados en diferentes etapas de su ejecución por profesionales de gran renombre como el mencionado Charles Clifford, J. Laurent o Martínez Sánchez.

Las obras de la Puerta del Sol concluyeron en noviembre de 1862. La profunda transformación que experimentó el centro de la capital gracias a este proyecto urbanístico quedó demostrada en las fotografías de Clifford. Este espacio fue adaptado a las nuevas necesidades de una ciudad que se encontraba en pleno proceso de modernización, reemplazando trazados irregulares y angostos por otros más amplios y diáfanos.

A pesar de que aquí nos centremos en tres de las obras más relevantes de Lucio del Valle, el ingeniero formó parte de muchos

otros proyectos, entre los cuales destaca la construcción de los faros de hierro del Delta del Ebro o su participación en la Exposición Universal de París de 1867. Su espíritu incansable y su gran dedicación a la ingeniería le mantuvo activo hasta el día de su muerte, el 17 de julio de 1874.

Lucio del Valle en el archivo

Lucio del Valle desarrolló la mayor parte de su carrera al servicio del Estado, dentro del Cuerpo de Ingenieros de Caminos. Muchos de los proyectos en los que participó dependieron de la administración de obras públicas, integrada durante gran parte del siglo XIX en el Ministerio de Fomento. Por ello, su expediente personal, así como algunos planos de sus obras más célebres se encuentran, en la actualidad, en el Archivo General del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

Gracias a la documentación conservada en los depósitos, se ha

podido reconstruir su vida y trayectoria profesional con total fidelidad. Por ejemplo, su extenso expediente personal permite corroborar datos, averiguar otros nuevos y realizar un trabajo de investigación que difícilmente podría realizarse de otra manera.

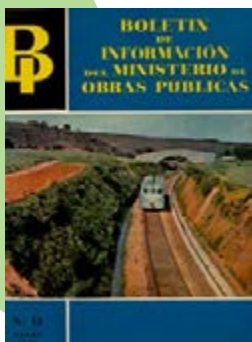
Los planos de sus obras, cuidadosamente guardados en planos y hoy en día digitalizados, no solo son prueba de la indiscutible destreza de Lucio del Valle, sino que forman parte de la historia de la ingeniería y las obras públicas del siglo XIX en España. Además, nos permiten acompañar visualmente la carrera del ingeniero, pudiendo observar —en vez de imaginar— aquel puente colgante que Lucio del Valle proyectó para la carretera de las Cabrillas y que nunca llegó a construirse, o las soluciones técnicas que desarrolló para resolver las filtraciones en el Pontón de la Oliva, fundamentales para abastecer de agua a la capital madrileña. ■



Fotografía de la Puerta del Sol antes de la reforma por Charles Clifford.

En tramos anteriores

13



Las carreteras de Albacete

Un problema: conservar los 1.865 km de trazado. Una aspiración: ampliar la red. El Plan de Modernización de Carreteras afecta en 233,675 kilómetros de trazado a la provincia de Albacete y comprende la carretera de Madrid a Cartagena, que cruza la provincia de Norte a Sur, pasando por su capital, y la de Albacete a Alicante, que une nuestra capital con el mar. Pero el problema más difícil, por requerir un esfuerzo y una preocupación

más constante, es la conservación de esa red en buenas condiciones de viabilidad.

14



Carreteras de Salamanca

Buenos trazados en las rutas principales, que cruzan terrenos de características muy variadas. Se desarrollan unas veces por terrenos llanos, otras por terrenos más o menos ondulados, y algunas por terrenos montañosos muy accidentados. Esta red de carreteras, especialmente las principales, presentan, en general, trazados bastantes aceptables. No permiten, sin

embargo, grandes velocidades en condiciones de tráfico intenso, ni tampoco en toda su longitud.

15



La lucha contra la nieve en los puertos de montaña

124 se ven afectados, en la península, por este trastorno de invierno. Entrevista con el director general de carreteras, señor García Ormaechea. «Hasta hace poco tiempo los medios disponibles eran totalmente insuficientes. La limpieza se hacía en forma artesana. Las interrupciones eran largas, y nuevas nevadas hacían infructuoso muchas veces el penoso trabajo efectuado para abrir el tránsito. Realizada a mano, la labor

de limpieza es antieconómica, no sólo por el número de jornales empleados y el escaso rendimiento obtenido, sino también por la duración de las interrupciones, que repercuten en la economía del país. A fines de 1958 se han adquirido ocho paleadoras Latil y cuatro fresadoras Rolba sobre tractor Latil. Todas ellas están ya en servicio, y con 20 fresadoras más pendientes de adquisición dejarán totalmente resuelto el problema de limpieza de nieve en los puertos de montaña».

16



El puerto de Pasajes

1.108 metros lineales de muelles soportan un tráfico anual de 1.500.000 toneladas. Según las más modernas opiniones de los geólogos, está formado por el hundimiento del valle del río Oyarzun, que desemboca en el mar a través de una quebrada abierta entre los montes Lilia y Michichola. Desde que el hombre hizo su aparición en este punto apreci

las excepcionales condiciones de la bahía para la pesca, para el comercio y para la guerra.

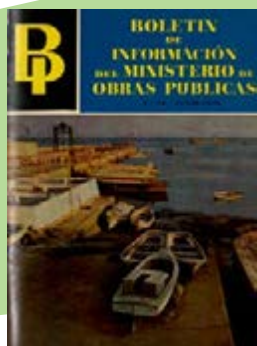
17



Inauguración del canal del Páramo

Diez mil hectáreas puestas en riego dos años antes lo previsto. El acto simbólico de la apertura de las compuertas del canal supone la culminación de un largo esfuerzo y el cumplimiento de una antigua esperanza. Miles de regantes de la zona se congregaban en un gran espacio en torno a las compuertas para manifestar el júbilo que les producía aquel acto, que convertía en realidad las más profundas y viejas aspiraciones de la comarca. El general Vigón (Mtro. de Obras Públicas) dijo: «bravo ejemplo el de esta obra, en la que han coincidido la inteligencia y el fervor de los técnicos y la ayuda y generosa iniciativa de vuestra aportación económica».

18

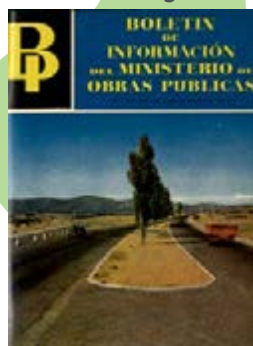


Ferrocarriles de Asturias

Evidencia de su progreso técnico en los últimos veinte años. La industrialización incrementa las necesidades de transportes. La característica más acusada de Asturias, desde el punto de vista de sus transportes, es la violencia de su topografía; esta circunstancia ha pesado decisivamente en las características técnicas y en los costos de explotación

de todos los medios de transporte explotados desde que empezó a tener importancia la industria asturiana, especialmente la minería.

19 y 20



Árboles en la carretera

El Ministerio de Obras Públicas estimula la plantación de árboles en las carreteras y conserva cuantos no constituyen peligro para la circulación o daño para el firme. Un siglo de legislación dirigida a la protección del arbolado. Si bien llevamos algunos meses de relativa calma en lo que a protestas en la prensa se refiere por la corta de árboles en las carreteras, es este un asunto que ha consumido

bastante tinta y que, posiblemente, aún dará lugar a que los que se preocupan por la cuestión vuelvan sobre el tema.

21

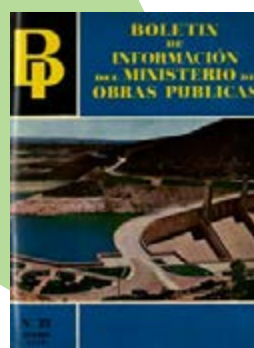


El puerto de El Ferrol del Caudillo

En los dos últimos años, el tráfico de mercancías ha aumentado en un 125 por ciento. El puerto cuenta con una superficie utilizable descubierta de unos 80.000 metros cuadrados, descontando la ocupada por las concesiones y la superficie cubierta, de 1.400 m², distribuida en

dos almacenes, a los que hay que añadir una Lonja de pescado, con 500 m² de superficie, distribuidos en sus distintos servicios.

22



Carreteras de Alicante

Necesidad de redimir la red de la tortura de las llantas metálicas. De esa forma serán más eficaces las mejoras realizadas o proyectadas. El estado de conservación es en general bastante deficiente y se puede decir que un 50 por 100 está francamente en mal estado debido principalmente a las siguientes causas; mala calidad de la piedra del país, antigüedad de las reparaciones (algunas datan de la época del C. N. F. E.), paso

de camiones pesados y excesiva circulación de carros con llanta metálica, cuya desaparición de las carreteras del Estado sería aconsejable.

23

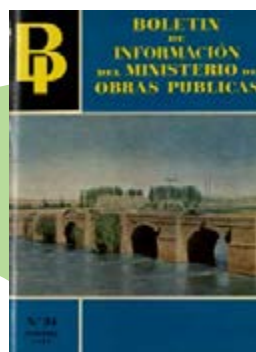


Puerto de Bilbao

Siete muelles comerciales y cuatro dársenas en la ría del Nervión. Conveniencia de la ampliación del puerto, a causa de su creciente importancia comercial. Los motivos que lo aconsejan son, principalmente, dos. Uno, la necesidad de atender al constante incremento de las operaciones portuarias, y otro, el de hacerle apto para la entrada de los buques

de tonelaje superior a las 20.000 toneladas. Para la utilización comercial de los futuros muelles es indispensable la construcción de un ramal de ferrocarril de vía ancha que los enlace en Basauri.

24



La ría de Pontevedra y el puerto de Marín

Su tráfico se ha cuadruplicado en los últimos cinco años. En 1958 el valor de la pesca efectuada ascendió a 120 millones de pesetas. Pontevedra sirve para dar nombre a una de las tres mal llamadas Rías Bajas Gallegas, ya que geográficamente son bahías por completo de aguas saladas. Es

una de las más bonitas y en ella está situado Marín, puerta que, ampliado convenientemente, ha de recoger todo el tráfico del plan de industrialización de la cuenca del Lérez y de la explotación maderera de sus contornos.



Autores: Alberto Palomar Olmeda (director) y Ramón Terol Gómez (coordinador)
Edita: Aranzadi

El nuevo régimen de la movilidad sostenible

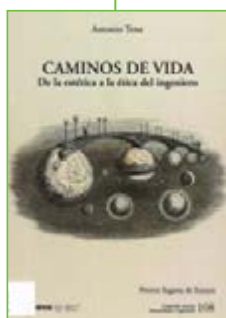
Dirigidos y coordinados por Alberto Palomar y Ramón Terol, profesores de Derecho Administrativo de la Universidad Carlos III de Madrid y de la Universidad de Alicante, respectivamente, en esta obra trece autores analizan los principales aspectos que trae consigo el nuevo régimen de movilidad sostenible aprobado por la Ley 9/2025. Se trata de un estudio sistemático que aborda desde la tramitación parlamentaria de la ley y la colaboración entre Administraciones públicas, hasta aspectos como la planificación y la gestión de la movilidad sostenible, de las infraestructuras y la innovación en el transporte. El libro estudia además el encaje de la sostenibilidad en el transporte en el marco de la ordenación territorial y urbanística.

Eclipses. El Sol y sus eclipses en la ciencia, la historia y las artes

Siguiendo la estela del libro publicado por el Instituto Geográfico Nacional en 2025 sobre la tríada de eclipses que se verán en España en 2026, 2027 y 2028, Rafael Bachiller, director del Observatorio Astronómico Nacional y del Real Observatorio de Madrid, coordina en este libro divulgativo las contribuciones de varios autores que analizan el fenómeno de los eclipses desde una perspectiva multidisciplinar. Para entender la importancia social de los eclipses, la obra traza un recorrido por ámbitos como las artes y la historia de la humanidad, donde este fenómeno astronómico también ha dejado su huella durante siglos.



Autor: Rafael Bachiller (coordinador)
Edita: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto de Astrofísica de Canarias, Instituto Geográfico Nacional y GeoPlaneta



Autor: Antonio Tena
Edita: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Caminos de vida. De la estética a la ética del ingeniero

Premio Sagasta de Ensayo que concede la Fundación Caminos, esta obra de Antonio Tena se centra en la figura del ingeniero, de la persona del ingeniero, de sus procesos internos: cómo entiende su profesión y los conceptos de la estética y la ética en la obra civil. Se trata de una reflexión sobre la vocación, el éxito y el fracaso, y sobre la necesidad de que los profesionales mantengan vivo su espíritu soñador para proyectar nuevos caminos en la ingeniería civil. En las páginas de este ensayo hay también espacio para abordar la presencia de ingenieros en la política española, como los casos de Práxedes Mateo-Sagasta y Leopoldo Calvo-Sotelo.

7 décadas de progreso en un CLIC



Nace la **HEMEROTECA DIGITAL**
de la Revista del Ministerio de Transportes
y Movilidad Sostenible



HEMEROTECA.
TRANSPORTES.
GOB.ES

ESTACIÓN FUTURO



Más información:

I Feria de Innovación y Talento en el Ferrocarril **Experimenta la tecnología del tren**

entrada libre
para todos los públicos

Del 23 al 25 de octubre
Museo del Ferrocarril de Madrid



Comité asesor:

