

RUTAS TÉCNICA

Plataforma en tiempo real para la monitorización de estructuras de la Red de Carreteras del Estado: Aplicación a taludes y laderas

Sistema de monitorización automática en tiempo real de un tramo de la autovía A-62

Reconectando la naturaleza: “La estrategia de desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras lineales de transporte”

RUTAS DIVULGACIÓN

Rehabilitación del “Puente sobre la A-5 en el pk 126+250” en Talavera de la Reina (Toledo)

CULTURA Y CARRETERA

Carreteras que son y unen patrimonio. El caso de la N-623 Burgos-Santander como ejemplo de carretera paisajística





SÚMATE AL PROYECTO ONGAWA

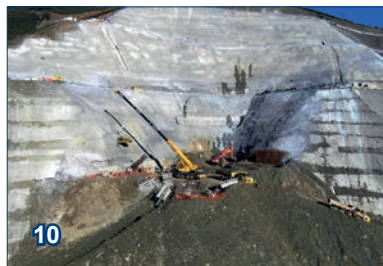
TECNOLOGÍA / AGUA / PARTICIPACIÓN / TIC /
VOLUNTARIADO / ENERGÍA / AGRO / SOCIOS

Tfno.: (+34) 91 590 01 90
info@ongawa.org
www.ongawa.org

Antes:



ONGAWA es una asociación declarada de Utilidad Pública. Las cuentas de ONGAWA son auditadas anualmente por BDO Audibería. ONGAWA cumple todos los Principios de Transparencia y Buenas Prácticas de la Fundación Lealtad. ONGAWA recibió, en 2005, la certificación ante la AECID como ONGD Calificada en el sector Tecnología



10



31



39



47



61

Tribuna Abierta

03 Datos de Vehículos Automatizados y Conectados: Transformando la Gestión Inteligente de Carreteras

Alfredo García

Entrevista

05 Juan Noguerón

Rutas Técnica

10 Plataforma en tiempo real para la monitorización de estructuras de la Red de Carreteras del Estado: Aplicación a taludes y laderas

Real-time platform for monitoring of structures on the State Road Network: Application to cuttings and slopes

Álvaro Parrilla Alcaide y Pilar Crespo Rodríguez

21 Sistema de monitorización automática en tiempo real de un tramo de la autovía A-62

Automatic monitoring system in real time of a section of the A-62 highway

Julio de Lorenzo Hurtado y Jorge Carnerero Manzano

31 Reconectando la naturaleza: “La estrategia de desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras lineales de transporte”

Reconnecting nature: “the strategy for the defragmentation of habitatT affected by linear transport infrastructures”

Manuel Oñorbe Esparraguera

Rutas Divulgación

39 Rehabilitación del “Puente sobre la A-5 en el pk 126+250” en Talavera de la Reina (Toledo)

Francisco José Tobarra Lozano, Gonzalo Arias Hofman y Alberto De La Torre Palencia

Cultura y Carretera

47 Carreteras que son y unen patrimonio. El caso de la N-623 Burgos-Santander como ejemplo de carretera paisajística

Francisco Javier Saiz Barrio

Actividades del Sector

59 Transportes presenta la Guía para el diseño de infraestructuras de transporte

60 Los referentes del sector se reúnen en el XXV Congreso español ITS “Road to ITS Sevilla 2025”

ATC

61 I Jornadas de Carreteras Sostenibles y Resilientes

66 Jornada Técnica “Uso de Geosintéticos en la Rehabilitación de Firmes de Carreteras”

69 Jornada Técnica “Mejora en los Procesos para la gestión Eficiente de Proyectos Y Obras”

72 Jornada Técnica “Patrimonio de las Carreteras”

76 Próximos eventos ATC

77 Junta Directiva, Comités Técnicos y Socios de la ATC

Edita:

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS
Monte Esquinza, 24 4º Dcha. ♦ 28010 ♦ Madrid
Tel.: 913 082 318 ♦ Fax: 913 082 319
info@atc-piarc.com - www.atc-piarc.com

Comité Editorial:

Presidente:

Álvaro Navareño Rojo Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras (España)

Vicepresidente Ejecutivo:

Óscar Gutiérrez-Bolívar Álvarez Dirección General de Carreteras, MTMS (España)

Vocales:

Ana Isabel Blanco Bergareche	Subdirectora Adjunta de Circulación, DGT, M. Interior (España)
Alfredo García García	Catedrático de la Universitat Politècnica de València (España)
Jaime Huerta Gómez de Merodio	Secretario del Foro de Nuevas Tecnologías en el Transporte, ITS España (España)
María Martínez Nicolau	Directora Técnica de Innovia-Coptalia (España)
Félix Pérez Jiménez	Catedrático de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona (España)
Manuel Romana García	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
Jesús J. Rubio Alférez	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)
Javier Sainz de los Terreros Goñi	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)

Vocales-Representantes de los Comités Técnicos de la ATC:

Rafael López Guarga	Presidente del CT de Túneles de Carreteras
José Manuel Blanco Segarra	Presidente del CT de Financiación
Luis Azcue Rodríguez	Presidente del CT de Vialidad Invernal
Valverde Jiménez Ajo	Presidenta del CT de Firms de Carreteras
Fernando Pedraza Majarrez	Presidente del CT de Movilidad, Planificación y Diseño
Manuel Romana García	Presidente del CT de Geotecnia Vial
Paula Pérez López	Presidenta del CT de Conservación y Gestión
Emilio Criado Morán	Presidente del CT de Puentes de Carreteras
Roberto Llamas Rubio	Presidente del CT de Seguridad Vial
Antonio Muruais Rodríguez	Presidente del CT de Carreteras Sostenibles y Resilientes
Mónica Laura Alonso Pla	Presidenta del CT de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico
Álvaro Navareño Rojo	Presidente del CT de Dotaciones Viales
Rita Ruiz Fernández	Presidenta del CT de Valor Histórico Patrimonial

Redacción, Maquetación, Diseño,

Producción y Gestión Publicitaria:

Asociación Técnica de Carreteras
Tel.: 91 308 23 18 ♦ info@atc-piarc.com

Arte Final, Impresión y Distribución:

Huna Comunicación (Huna Soluciones Gráficas S. L.)
Tel.: 91 029 26 30 ♦ www.hunacomunicacion.es

Depósito Legal: M-7028-1986 - ISSN: 1130-7102
Todos los derechos reservados.

La Revista Rutas publica trabajos originales de investigación, así como trabajos de síntesis, sobre cualquier campo relacionado con las infraestructuras lineales. Todos los trabajos son revisados de forma crítica al menos por dos especialistas y por el Comité de Redacción, los cuales decidirán sobre su publicación. Solamente serán considerados los artículos que no hayan sido, total o parcialmente, publicados en otras revistas, españolas o extranjeras. Las opiniones vertidas en las páginas de esta revista no coinciden necesariamente con las de la Asociación ni con las del Comité de Redacción de la revista.

Precio en España: 18 euros +IVA

© Asociación Técnica de Carreteras

REVISTA RUTAS

La Revista Rutas desde 1986, año de su creación, es la revista editada por la Asociación Técnica de Carreteras (Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera).

Las principales misiones de la Asociación, reflejadas en sus Estatutos son:

- Constituir un foro neutral, objetivo e independiente, en el que las administraciones de carreteras de los distintos ámbitos territoriales (el Estado, las comunidades autónomas, las provincias y los municipios), los organismos y entidades públicas y privadas, las empresas y los técnicos interesados a título individual en las carreteras en España, puedan discutir libremente todos los problemas técnicos, económicos y sociales relacionados con las carreteras y la circulación viaria, intercambiar información técnica y coordinar actuaciones, proponer normativas, etc.
- La promoción, estudio y patrocinio de aquellas iniciativas que conduzcan a la mejora de las carreteras y de la circulación viaria, así como a la mejora y extensión de las técnicas relacionadas con el planteamiento, proyecto, construcción, explotación, conservación y rehabilitación de las carreteras y vías de circulación.



Nº 202 ENERO - MARZO 2025

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Fotografía de portada:

Puente de Fernando Reig.
Alcoy, Alicante
Innovia

Datos de Vehículos Automatizados y Conectados: Transformando la Gestión Inteligente de Carreteras

Alfredo García

Catedrático de Ingeniería de Carreteras

Universitat Politècnica de València

La revolución tecnológica que traen consigo los vehículos automatizados y conectados (CAVs) está transformando rápidamente el panorama de la movilidad. Estos vehículos no solo ofrecen mayor seguridad, comodidad y autonomía para los usuarios, sino que también generan cantidades masivas de datos en tiempo real. La obtención y correcta gestión de estos datos se presenta como un recurso clave para mejorar tanto la funcionalidad del tráfico como el mantenimiento de las carreteras. Además, los datos permiten avanzar en la seguridad vial de manera proactiva, detectando y resolviendo problemas antes de que se produzcan accidentes, así como comprendiendo mejor aquellos que sí tengan lugar. Nos encontramos, sin duda, en un punto de inflexión: las administraciones y empresas del sector deben aprovechar esta oportunidad para adoptar enfoques basados en datos que permitan un mantenimiento preventivo y una gestión más eficiente del tráfico y la seguridad vial.

En este sentido, es necesario que las administraciones públicas comiencen a liderar el cambio con la puesta en marcha de contratos de asistencia técnica. Estas iniciativas permitirán comprobar hasta qué punto se puede avanzar utilizando los datos disponibles actualmente. A través del cruce de información procedente de diversas fuentes y tecnologías de CAVs, se pueden explorar nuevas oportunidades para mejorar la gestión vial. Aunque al principio la adaptación de estos procesos puede resultar costosa, ya que se tratará de investigar y estudiar alternativas de procesamiento, una vez se avance en las metodologías de análisis se obtendrán procedimientos mucho más eficientes que los actuales.

Los ahorros en el futuro serán aún mayores gracias a la reducción en intervenciones urgentes, accidentes y la optimización del tráfico. Una gestión eficiente del tráfico también reducirá significativamente el consumo de combustible, generando ahorros para los usuarios y contribuyendo a una movilidad más sostenible al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los CAVs generan estos datos a través de múltiples sensores que miden continuamente su funcionamiento y el entorno del vehículo. Desde baches o irregularidades en la carretera hasta deslizamientos o pérdidas de adherencia, señales de tráfico o las condiciones meteorológicas, los sensores capturan información crítica que, en su conjunto, puede mejorar la toma de decisiones. Además de los datos generados por los propios vehículos, los sistemas actuales de gestión inteligente de carreteras, con cámaras y sensores colocados en puntos estratégicos, complementan esta información. Todo ello permite tener una visión detallada y en tiempo real del estado de la infraestructura vial y del entorno, lo que es esencial para avanzar hacia un mantenimiento preventivo y una respuesta proactiva ante posibles fallos.

No obstante, surge la necesidad de comparar estos datos con los métodos tradicionales de auscultaciones, que aportan información sobre, entre otros, coeficiente de resistencia al deslizamiento, regularidad superficial, deflexiones y el estado de las marcas viales y señales. Aunque las auscultaciones arrojan datos valiosos, son costosas y suelen realizarse con una frecuencia escasa, a menudo no menor a un año. En contraposición, los datos de los CAVs se generan continuamente, aunque actualmente no se ajustan a normas ni cuentan con umbrales de comparación establecidos. Sin embargo, cuando estos datos permiten detectar zonas con irregularidades recurrentes o pérdida de adherencia, claramente señalan áreas donde se deben tomar medidas más detalladas e intervenir.

El acceso a estos datos es uno de los puntos más críticos. En la actualidad, los principales poseedores de los datos son los fabricantes de vehículos, proveedores tecnológicos y plataformas de movilidad, lo que plantea importantes retos en cuanto a la propiedad y el acceso a esta información. Estos actores controlan un recurso que resulta fundamental para las administraciones de carreteras, las cuales van a necesitar los datos para optimizar sus operaciones y mejorar la gestión vial.

Además, es crucial que se aborden cuestiones relacionadas con la privacidad y seguridad de los datos generados por los CAVs. Dado que esta información puede estar vinculada a usuarios y vehículos, se deberán establecer garantías que aseguren su uso responsable, evitando comprometer la privacidad y manteniendo altos estándares de seguridad en su manejo. Además, la creación de estos marcos normativos debe asegurar que los datos se gestionen bajo estrictos controles de privacidad y ciberseguridad, garantizando que no sean vulnerables a accesos no autorizados ni a usos indebidos.

En este contexto, es esencial que surjan empresas capaces de recopilar, analizar y procesar estos datos, proporcionando a las administraciones información práctica y utilizable de manera inmediata, ya sea para la mejora del mantenimiento o la gestión del tráfico, sin olvidar la seguridad vial.

Para garantizar un acceso adecuado a los datos, es imprescindible establecer acuerdos de colaboración entre las empresas de automoción, las plataformas tecnológicas y las administraciones públicas. La creación de marcos normativos y políticas que promuevan el intercambio de datos es esencial. Además, establecer estándares de datos abiertos podría facilitar la integración y análisis por parte de las administraciones de carreteras, lo que resultaría en una mayor agilidad para implementar mejoras. En definitiva, se trata de crear un ecosistema de datos compartidos que permita a todos los actores beneficiarse del potencial de la información generada por los CAVs, con el principal objetivo de mejorar la calidad del servicio. Este ecosistema debe contemplar la creación de estándares para estos datos, especialmente en cuanto a la compatibilidad entre diferentes fabricantes de vehículos y proveedores de tecnología. Habrá que enfrentarse a los desafíos de interoperabilidad entre diferentes actores tecnológicos, aunque ya se tiene experiencia de cómo los estándares abiertos ya han funcionado en otros ámbitos.

La dimensión económica de estos datos no puede ignorarse. La obtención, gestión y análisis de estos implica costes significativos en términos de sensores, tecnologías de procesamiento y la infraestructura necesaria para manejarlos. Sin embargo, los beneficios a medio y largo plazo pueden superar con creces estos costes. Un uso eficiente de los datos permitirá reducir el número de intervenciones urgentes y costosas al identificar problemas antes de que se conviertan en críticos. Además, la mejora de la seguridad vial y la optimización del tráfico representan ahorros económicos importantes para las administraciones y las empresas que gestionan carreteras.

Los posibles modelos de negocio deberán analizarse teniendo en cuenta a todos los actores del ecosistema. Será fundamental estudiar cómo estructurar los incentivos para las empresas que recopilan y gestionan los datos, así como para los fabricantes de estos vehículos, quienes juegan un

papel clave en el acceso y el intercambio de esta información. La colaboración público-privada y el establecimiento de un marco normativo adecuado serán esenciales para garantizar que todos los agentes encuentren valor en participar en este nuevo paradigma de gestión vial.

En este contexto, tanto las empresas tecnológicas como las administraciones viarias desempeñan un papel crucial. Las administraciones deben integrar los datos en sus operaciones diarias, utilizando la información para diseñar políticas de mantenimiento predictivo que optimicen los recursos y aumenten la seguridad vial. Por su parte, las empresas tecnológicas deben continuar desarrollando soluciones que permitan una recopilación y análisis de datos más eficiente y práctica. Solo mediante la colaboración entre ambos sectores será posible maximizar el valor de los datos generados por los CAVs.

El análisis predictivo de los datos generados por los CAVs también ofrece una oportunidad única para mejorar la eficiencia en la gestión de carreteras. Por ejemplo, mediante el uso de modelos avanzados, las administraciones pueden ser alertadas de posibles fallos en la infraestructura antes de que se produzcan, lo que permite optimizar los recursos y reducir los tiempos de actividad limitada de la infraestructura. Asimismo, la identificación temprana de puntos conflictivos o de riesgo en las carreteras gracias al análisis de datos puede ayudar a reducir el número de accidentes, mejorando la seguridad vial de forma significativa. Esto también se traduce en una mejora de la funcionalidad del tráfico, con carreteras más seguras y fluidas. Además, los usuarios verán reducidos sus tiempos de viaje, ahorrarán en combustible o energía, y disfrutarán de carreteras más cómodas y seguras, lo que mejora su experiencia en la red vial.

En conclusión, la adopción de un enfoque basado en datos es clave para transformar la gestión de infraestructuras viarias. Aunque aún existen desafíos en cuanto a la obtención, procesamiento y acceso a los datos, las oportunidades que ofrecen para mejorar tanto la eficiencia operativa como la seguridad vial son enormes. Esta transformación hacia una gestión vial basada en datos no es un fenómeno aislado, sino que ya está siendo implementada en diversos países que lideran el desarrollo de la movilidad inteligente. España debe alinearse con estas tendencias globales para no quedarse atrás y aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece esta tecnología. No solo es cuestión de alinearse, sino de liderar iniciativas en el desarrollo de normativas y soluciones tecnológicas que puedan exportarse a otros países, consolidando así un papel activo en la movilidad inteligente a nivel internacional.

La colaboración entre el sector privado y las administraciones es fundamental para desarrollar y establecer modelos sostenibles que maximicen el valor de los datos y permitan avanzar hacia un futuro más seguro y eficiente en la gestión de carreteras. ❖

Juan Noguerón

Por Óscar Gutiérrez-Bolívar

Es hora de que en Rutas entrevistemos a los usuarios que son, entre otros, los destinatarios de nuestras infraestructuras y su razón de ser. Unos de ellos son los transportistas, que tienen como misión llevar a todos los rincones todo tipo de mercancías, y, por tanto, son el vehículo, nunca mejor dicho, para repartir la riqueza y el bienestar por todo el territorio y a la totalidad de los ciudadanos. Juan Noguerón es un transportista entusiasta y enamorado de su profesión que creemos que podría representar a esa profesión tan abnegada y a la que tanto debemos. Con ellos compartimos el amor por las carreteras.

¿Podrías contarnos a grandes rasgos cuál es tu experiencia en el mundo del transporte por carretera?

Pues yo comencé como transportista en el año 87. Y bueno, he ido cambiando, y mejorando. Como en todo, comencé primero con un camión normal, luego pasé a uno de 3 ejes y luego al tráiler. Hemos ido evolucionando, como creo yo que también lo hicieron las infraestructuras, porque en aquellos años la verdad que, tanto por los vehículos como por las infraestructuras, los viajes se hacían eternos. Ahora la verdad que todo es mucho más cómodo, mucho más rápido y mejor.

¿Cuál crees que es el papel que desempeñáis los transportistas en la sociedad y cuál es vuestra contribución al bien común de la sociedad y de España?

Yo creo que nuestro papel es muy, muy importante por la razón de que formamos parte de la cadena logística que abastece tanto de alimentos, productos farmacéuticos y tantos otros. Eso se ha podido demostrar por lo que hemos pasado con la pandemia. Es cierto que el sector del ferrocarril va aumentando su importancia, pero actualmente estamos hablando de que solo un 5% del transporte terrestre se realiza por ferrocarril.



¿Y crees que vuestro papel está reconocido suficientemente por la sociedad?

Yo pienso que sí. Lo que pasa es que va por etapas, por ejemplo, en la pandemia. Pues sí. La verdad que la gente veía realmente el papel que estábamos haciendo cuando salíamos. Y bueno, veía que la mayoría de la gente estaba confinada y nosotros estuvimos ahí, pues dando el do de pecho, pero no solamente el sector de transporte, yo, por ejemplo, chapó con el tema de los sanitarios. Muchísima gente que estuvo ahí al frente de todo eso, y nosotros, por supuesto, fuimos una parte importante.

¿Qué se podría hacer para que la sociedad reconociera vuestro papel más que protagonista, digo yo, en la vida de cada uno de los ciudadanos, en nuestras vidas?

Pues la manera de que la sociedad nos reconociera y viera el papel que hacemos, yo creo que por parte nues-

tra nos falta exponer mejor nuestro trabajo. El sacrificio que llevamos, y realmente que la gente que sepa que la persona que está subida en un camión es mayormente por convicción. Pero sí, estamos viendo que la gente joven no quiere el camión y lo vas entendiendo. Ahí hay un hueco que no, no se atrae a la gente joven. Piensa que tal vez el 70 o 60% estamos por encima de 50 años. Es una cifra para tenerla en cuenta.

Aprovechando tu larga experiencia vamos a cambiar un poco de tema. ¿Cómo te parece que ha evolucionado la red de carreteras desde que iniciaste esa actividad?

La red de que de carreteras ha evolucionado muchísimo. Yo cuando comencé me acuerdo que a lo mejor un viaje Murcia a Madrid, pues te podrían suponer 7 horas, ¿por qué? Porque no había autovía y tenías que pasar por la mayoría de los pueblos. Las infraestructuras eran malas, y sí hemos avanzado muchísimo. Pero el estado actual que hay de infraestructura está dejando mucho que desear, pero desde luego que el avance ha sido importantísimo.

¿Cómo se podría mejorar la red actual? ¿Qué crees que es lo que habría que acometer de forma urgente?

Yo creo que falta muchísima inversión desde el año 2008 con la famosa crisis. Creo que las infraestructuras están muy dejadas de la mano de Dios. Ahí tenemos la A6, un desastre¹, tenemos la A 92, tenemos la A2 que ha mejorado un poquito, pero a grandes rasgos deja mucho, mucho que desear. Se nota que hace falta más inversión. *(NR - Desde que se hizo esta entrevista ha mejorado notablemente esa situación.)*

¿Entonces, crees que se podría establecer un diálogo con los gestores de carreteras que redundara en el beneficio de todos?

Yo pienso que es muy importante esto, contar con la gente que está todos los días a pie de carretera, tener la opinión es muy, muy importante y muy bueno.

Vamos un poco a lo concreto, ¿podrías contar tu experiencia personal con la gente que se está en la conservación de las carreteras o la atención a incidentes, y si es buena tu experiencia?

La verdad que hay que destacar la señalización, limpieza y retirada de objetos cuando se produce un accidente. Yo por suerte no lo he tenido. Llevo muchísimos años y

toco madera, no he tenido nunca un accidente en cuatro millones y medio de kilómetros que he hecho. Y bueno, sí, la verdad que en esos momentos tan críticos que parece que no pasa el tiempo es muy importante la labor de los servicios de conservación. Una buena señalización es fundamental para que el accidente no sea mayor.

Esta pregunta a lo mejor es recurrente, pero bueno, ¿qué puedes decir del Estado de conservación de los firmes?

Creo que está dejando mucho que desear. Creo que hace falta invertir, invertir en infraestructura primero para preservar la infraestructura, y no vamos a olvidar la seguridad. Ganaríamos mucho en seguridad, eso es palpable. Cualquiera que haga un viaje de largo recorrido se dará cuenta del mal estado de algunas carreteras.

¿Cuál es tu opinión sobre la señalización?

La señalización está bastante, bastante bien. Sí es cierto que a lo mejor nos podemos quejar en unas en algunas obras puntuales, no de las de mayor longitud. A veces surgen dudas de si tienes que irte a la izquierda. Pero bueno, en línea general la señalización aquí en España está bastante bien. Yo tengo amigos que hacen extranjero, y sí, estamos a un nivel bastante, bastante alto.

En la gestión de la vialidad invernal los camiones son un elemento crítico, como sabes, ¿crees que los criterios que se aplican para restricción de paso de camiones son adecuados?

Sí, tal vez hay veces que nos cortan antes de tiempo. Pero claro vamos a pensar que llevamos un tráiler, el cual puede tener el efecto tijera y cortarte una autovía. Entonces por precaución nos suelen cortar como decía antes de tiempo, pero pienso que es por el bien general. Ya que nombramos el tema, quisiera hacer una crítica muy grande de los sitios que tenemos para poder dejar esos camiones en tiempo invernal. Es verdad que se han hecho aparcamientos donde igual caben 500 camiones, pero donde la gente necesita ir al servicio, y no hay absolutamente nada, ni servicios ni nada.

Los transportistas tenéis unas normas muy estrictas en cuanto a tiempo de conducción y descanso. ¿Crees que las áreas de descanso son suficientes y están bien dotadas?

Siempre faltan áreas de descanso, como también el tema de la seguridad. Tenemos que tener mucho cuidado con los robos. Una adecuada iluminación podría ser de



ayuda. Casi peor es la situación en los polígonos donde hay muy poca vigilancia.

Creo que vosotros los profesionales tenéis, en la mayoría de los casos, un comportamiento intachable en lo relacionado con la seguridad vial. ¿Cómo es la convivencia con los demás usuarios que en gran proporción nos podríamos clasificar de aficionados?

Pues realmente en mi larga experiencia, generalmente bien. Ves el caso típico que no es solo que se pongan en peligro a ellos mismos, es que pongan en peligro a los demás. Hay que tener en cuenta que un camión de grandes dimensiones no se para en un segundo. Necesitan su espacio y tiempo para pararlo. Hay gente que hace adelantamientos como si fueran un suicidio, pero son los menos. En la mayoría de los casos la gente suele ser prudente.

¿Hay algún otro error frecuente en los conductores no profesionales que quisieras comentar?

Pues ahora con el cambio climático cuando se producen lluvias torrenciales, especialmente después de épocas secas, hay muchísima gente que no se da cuenta del peligro que tiene la carretera en ese estado. Yo creo que ahí sí que falta un poco de precaución por parte de muchísimos conductores.

¿Qué se puede hacer para mejorar la conducción cuando hay nieve, hielo, viento, lluvia, congestión, cortes, animales en la vía?

Sobre todo, el tener esa precaución cuando estamos ante una climatología adversa. Es ahí donde tenemos que

coger y aminorar la velocidad. Guardar esa distancia de seguridad es muy importante. Y cuidado también con los adelantamientos. Luego, en el caso, por ejemplo, de nieve, hay muchísima gente que no pregunta y no sabe si la tracción que lleva es trasera, pues para nieve la tracción trasera hace más complicado hacerte con el coche. Es frecuente ver a ese tipo de coches y furgonetas que se salen de la vía. Sobre todo, guardar distancia de seguridad y ser muy precavidos en esa conducción.

Aunque es un asunto polémico, ¿qué opinas del aumento a 44 t o más de las cargas máximas de los camiones?

Pues yo realmente estoy en contra de ello, porque aquí es como si estuviéramos en dos frentes. Se dice que es por el tema de la contaminación. También que es por la falta de conductores. Pero hay una cosa muy clara. Hasta hace nada se nos estaba denunciando porque llevábamos, por ejemplo, 4 t de más lo cual era verdad. Estábamos rompiendo esas infraestructuras ya dañadas y además se bajaban las condiciones de seguridad del camión, ¿no? No se frena igual con 40 que con 44. Entonces, sí antes era sancionable con toda la razón del mundo. No entiendo cómo ahora ha cambiado cuando no hemos cambiado ni de vehículo, ni de infraestructuras, ni nada porque ahorramos de cada 6 viajes 1 viaje. Los camiones también consumen más y gastan más ruedas. No es lo mismo llevar 40 t que 44 t.

Y en cuanto a los conductores, pues aquí está fallando algo. Es un problema que se va a ver a muy corto plazo. Hay que hacer que sea una profesión atractiva para los jóvenes. Si no se consigue hacerlo, vamos a tener un problema muy gordo.

Abundando un poco en esto, ¿qué opinas también de los eco dúos o dúo tráilers?

Los duo-trailes y los y los mega-trailes, pues son trenes de carretera, los cuales, por peso y por ejes cumplen la normativa. Y bueno, sí es verdad que sus conductores tienen unos cursos de formación para llevar esos grandes vehículos. Son vehículos, tienen que llevar una de caballos y « retarder » para ayudar a frenarlo. Pero se trata de un peligro real. Es un camión con unas medidas de 32 m los duo-trailes y 26 m los mega-trailes. En cada caso con un peso en torno a las 70 t y las 60 t. Creo que realmente es un peligro en la carretera, aunque es verdad que en el tema de frenos y otros van más preparados. Necesitan tener por encima de los 500 CV. La verdad es que a mí, por lo menos, me da respeto.

Sabemos que el ferrocarril puede cumplir una misión relevante, pero claro, la flexibilidad y la universalidad, en cuanto llegar a cualquier destino, que tiene el camión es superior. ¿Tú crees que tiene sentido plantear una rivalidad entre el ferrocarril y el transporte por carretera?

Yo creo que esa rivalidad está fuera de toda tónica. Se está invirtiendo mucho en ferrocarril, lo que no se invierte en carreteras. Pero hay una cosa muy clara, y es que el ferrocarril sin camión no va a ninguna parte. Siempre tiene que haber un camión en los puntos de carga, y luego otro en los del destino para llevar esa mercancía a los puntos de descarga. Si hablamos de tiempos tanto en distancia cortas, medias o largas para el servicio de puerta a puerta, indudablemente, el camión es mucho más rápido.

En cuanto a tecnología de los vehículos, ¿cómo ha avanzado la mecánica, los sistemas de seguridad o sistemas de navegación?

Ha habido un avance considerable. En comodidad, primero para el propio transportista en las cabinas del habitáculo. Pasamos muchísimo tiempo en ellas y la verdad que cada vez son más cómodas y tienen más habitáculo que antes.

También los sistemas de alerta que te avisan si tienes un obstáculo, otro camión delante o un coche y te va avisando. Todo lo que sea mejorar no viene mal.

Las pruebas sin chófer dejan mucho que desear. A veces falla todo y, aunque la tecnología está muy avanzada, pues no sé, es un punto que creo que faltaría muchísimo para que llegara algo así.

Como autónomo que tú eres, ¿cómo ves la convivencia con los grandes operadores?

Los grandes operadores realmente son los que nos subcontratan a nosotros. En España todavía subsistimos muchísimos autónomos. Y realmente, pues nos quejamos de no cobrar lo justo. Según el observatorio del Ministerio el coste medio por kilómetro es 1,4 euros. Afortunadamente ya estamos cobrando en un 80% de los casos entre 60 u 90 día, pero queda un 8% a 120 días. Nosotros pagamos al contado, y como mucho a 30 días el combustible y neumáticos. Además, están los costes directos como el gasoil con sus subidas y bajadas que no podemos repercutirlos. Cuesta mucho seguir hacia adelante.

Necesitaríamos más unión para conseguir unos precios justos y un mejor trato en cuanto a tiempos de es-

pera y locales dignos para pasar esos tiempos muertos.

En mi vida he estrenado tres camiones, pero ahora mismo realmente no sé si sería capaz de comprar uno y volver a comenzar. Es muy complicado con los precios que estamos teniendo actualmente.

¿Podías dar alguna referencia sobre nuestras carreteras comparadas con otras carreteras de otros países?

Yo no he hecho extranjero, pero realmente hablando con amigos que sí lo han hecho puedo decir que Francia y Alemania estarían ahí en el mapa, pero según me cuentan, no andaríamos en la cola. Hay muchos países que dejan todavía mucho que desear con respecto a España, llámese Italia, llámese Portugal.

En España es cierto que las mejoras en esas infraestructuras ya están hechas. Lo que falta es muchísima conservación de lo que ya tenemos...

¿Se podría mejorar la gestión del tráfico aliviando las restricciones o haciéndolas más flexibles en función de la demanda real en días y fechas concretas?

En los clásicos puentes o vacaciones te ves a veces pillado sin que tengas prácticamente salida, cuando la gente se va de vacaciones, cosa que realmente entiendo. Pero nosotros estamos trabajando. Por ejemplo, para salir de Madrid hasta las 22:00 H de la noche tienes que dar una vuelta tremenda por Toledo, cuando tenemos ahí unas autopistas radiales de pago, que no nos negamos a pagar, y podríamos salir y no perder esas horas muertas. Cuando ves que en esas autopistas no hay tanto tráfico, creo que falta un poquito de estudio por parte de esas autoridades. Ya que estudian tantas cosas, deberían ver esos días de salida. ¿Cómo van esas radiales, cómo van esas autopistas? Y tal vez no sería descabellado el pensar que esos camiones también tendrían esa vía de escape pagando esas autopistas para salir de las grandes ciudades.

El papel de los transportistas durante el COVID ha sido verdaderamente heroico y creo, aunque tú digas que sí, no sé si del todo reconocido, pero ahora con las inundaciones, habéis vuelto a mostrar vuestro compromiso inquebrantable con la sociedad. ¿Podrías contarnos algunas de las actuaciones que hayáis desarrollado?

Nosotros hemos estado muy implicados desde el primer momento. Las inundaciones ocurrieron el martes y



ya el viernes, sábado, domingo, lunes ya estuvimos mandando camiones de la asociación a la que pertenezco. Fueron de Murcia, Madrid, Málaga, Extremadura, Andalucía, etc. O sea, hubo un despliegue total. En Valencia se organizó la eficazmente la descarga por nuestra parte. Nos adelantamos, pues la gente estaba muy necesitada. Lo que ha pasado en Valencia de una es una catástrofe muy muy grande. Yo conozco esa zona. Y me da pena. Se te ponían los pelos de punta de ver el desastre total y el tiempo que se tardará en poder volver, vamos a decir a una pequeña normalidad No sé, creo que han fallado muchas cosas, muchísimas cosas y ahora todo el mundo tiene que remar en la misma dirección. Las autoridades, tanto de un sitio como otro deberían. seriamente revisar lo que han hecho mal para que no vuelva a repetirse, creo yo.

Y ya por último, aunque has esbozado algo, ¿cómo ves el futuro, y si no fuera tan halagüeño, hay alguna esperanza?

Yo ya te digo, yo estoy subido en el camión por convicción. Me ha costado mucho. He dejado como todos mis compañeros, muchísimos ratos alejados de mi familia en momentos muy importantes de celebraciones y de otros acontecimientos que nos hemos perdido. Prácticamente esos hijos han crecido, y no hemos estado ahí, donde estaban nuestras mujeres, que no las nombramos nunca, pero que habría que hacerles un monumento porque han sido padres y madres, se han encargado de criar a nuestros hijos, de hacer el papel de padre...

Pero como te he dicho anteriormente, creo que ahí hay una gente joven que hay que intentar atraerla a este trabajo y ver la manera de hacerlo. Yo lo que no veo bien es que ahora mismo, tal vez, con los sueldos que hay no hacen que este trabajo sea atractivo.

Si el trabajo no se paga adecuadamente no habrá chóferes. Y ahí es el pez que se muerde la cola. Vamos a recordar que estamos en un país de tres millones y pico de parados, yo creo que material tenemos, aparte de gente que venga de fuera.

Juan Noguero nos ha transmitido parte de su pasión por su profesión de la que depende nuestra economía y nuestras vidas. Le acompañan su camión y la carretera. También debería sentirse acompañado y escuchado por los gestores de las vías. Compartimos con él el que tengamos la sensación de que la sociedad vive de espaldas a la carretera; a los que se encargan de la infraestructura; a los que velan por ella y por ellos, y a los que las utilizan para servirla. Como con otros sectores, también compartimos la debilidad de nuestra llamada para que los jóvenes se incorporen al ámbito de la vida que supone la carretera: VIA VITA. Que este testimonio sirva de esperanza para « reparar » este bache que estamos pasando. ❖

Plataforma en tiempo real para la monitorización de estructuras de la Red de Carreteras del Estado: Aplicación a taludes y laderas



Real-time platform for monitoring of structures on the State Road Network. Application to cuttings and slopes

Álvaro Parrilla Alcaide

Jefe del Área de Geotecnia

*ICCP del Estado; Dirección Técnica
Dirección General de Carreteras, MITMS*

Pilar Crespo Rodríguez

Jefe del Área de Estructuras

*ICCP del Estado; Dirección Técnica
Dirección General de Carreteras, MITMS*

La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible dispone de la plataforma *Celosía* para el seguimiento y análisis en tiempo real de las estructuras monitorizadas (puentes y taludes) de la Red de Carreteras del Estado. Esta plataforma es una apuesta por la digitalización de las infraestructuras que ha de conducir a una mejora de la gestión de su conservación y, en último término, de las condiciones de seguridad de los usuarios.

The General Directorate of Roads of the Ministry of Transport and Sustainable Mobility uses *Celosía* platform for real-time monitoring and analysis of monitored structures (bridges and slopes) of the State Road Network. This platform is a commitment to the digitalization of infrastructures that will lead to an improvement in the management of their maintenance and, ultimately, in the safety conditions of users.

1. Introducción y Antecedentes

La Red de Carreteras del Estado (RCE) cuenta con una serie de puentes y obras geotécnicas que disponen o han dispuesto en algún momento de su vida de un sistema de monitorización para la vigilancia de su comportamiento estructural o geotécnico.

Estos sistemas están orientados a uno o varios de los objetivos siguientes: herramienta de ayuda a la construcción, control de la evolución de una patología determinada, vigilancia del correcto funcionamiento de la estructura en servicio o ayuda a la explotación del tramo de carretera en el que se encuentran. Paralelamente, también pueden servir como colectores de datos que pue-

dan explotarse con fines de investigación y redacción de normativa. El control de parámetros monitorizados ha de redundar en una mejora de la seguridad y de las condiciones de servicio de las carreteras, así como en la detección temprana de eventuales problemas en la infraestructura.

La DGC cuenta con una plataforma para el seguimiento y análisis en



Figura 1. Autovía A 66 Ruta de la Plata. Tramo Hinojal-Cáceres. Viaducto del Almonte. Estructura cuya construcción fue objeto de la primera monitorización en tiempo real en la RCE, en el año 2003

tiempo real de las estructuras (puentes, taludes y túneles) de la RCE que dispongan de un sistema de monitorización con dicha potencialidad. Se trata de *Celosía*, cuyo portal de acceso web permite la gestión centralizada y homogénea de toda la información generada en dichas estructuras.

Aunque como plataforma única *Celosía* data de 2020, la idea no es nueva. En 2003 se llevó a cabo el seguimiento en tiempo real de la construcción del viaducto del Almonte (Figura 1) sobre el río homónimo, en el tramo Hinojal-Cáceres de la autovía A 66 Ruta de la Plata, cuando la tecnología de las comunicaciones vía satélite hizo posible la transmisión instantánea de los datos, tan pronto se iban produciendo. Desde ese mismo instante y durante un buen número de monitorizaciones posteriores, la DGC ha ido adquiriendo la experiencia necesaria para ir definiendo *Celosía*, no solo en puentes, sino también en taludes y laderas.

Con los años, el número de obras objeto de este tipo de instrumentaciones ha ido incrementándose paulatinamente. Los sistemas de instrumentación dispuestos, con características técnicas heterogéneas y sin requisitos comunes de comunicación, han funcionado de manera aislada y sin estandarizar, lo que implica que su gestión no ha podido ser abordada de forma adecuada

por una falta de centralización del conjunto.

A lo largo de un par de décadas de experiencia en este tipo de instalaciones, se ha puesto de manifiesto la necesidad de contar con un sistema que permita:

- Automatizar la transmisión de datos en tiempo real.
- Universalizar la presentación de la información con independencia de la tecnología utilizada para la monitorización y del consultor que la haya implementado.
- Centralizar la administración de las estructuras monitorizadas, controlando los contenidos y gestionando el acceso a la información.
- Custodiar la información mediante un banco de datos único, preservando el contenido más allá de la vida de los sistemas de monitorización.

A fecha de edición de este texto, se está preparando para su integración en la plataforma un grupo de taludes y puentes en los que, por su singularidad e importancia, se considera conveniente instalar un sistema de monitorización enfocado principalmente a facilitar la vigilancia del comportamiento geotécnico o estructural y mejorar sus condiciones de seguridad.

2. Objetivos de la plataforma

El objetivo de la plataforma es dotar a los sistemas de instrumentación de las estructuras de la RCE de un soporte común de comunicación y visualización de datos (en tiempo real), centralizando la información y normalizando los formatos a fin de que el contenido sea homogéneo y fácilmente accesible para el conjunto de los técnicos involucrados en la vigilancia estructural: direcciones de obra, asistencias técnicas, oficinas de proyecto, constructoras, equipos de conservación y empresas de instrumentación.

La plataforma pretende unificar y universalizar formatos, facilitar un sistema de visualización común, custodiar la información en un banco de datos con permanencia en el tiempo (incluso cuando los sistemas de monitorización hayan sido retirados de las obras) y, en última instancia, constituir un recurso ágil para la vigilancia y seguimiento de operaciones de construcción, mantenimiento y explotación de las estructuras.

Constituye, por tanto, una herramienta de ayuda a la toma de decisiones relativas a la construcción, mantenimiento y explotación de las estructuras de la RCE, así como a la redacción de normativa técnica, que ha de contribuir a mejorar la eficiencia de las auscultaciones estructurales y a un mejor aprovecha-

miento de los recursos económicos que a ello se dedican.

Cuánto se ha indicado, implica la necesidad de efectuar una selección previa, tanto de las estructuras que se incluyen en el sistema, como de los parámetros que se controlan en cada caso, toda vez que lo contrario podría llevar a la acumulación desordenada de una ingente cantidad de datos de difícil aprovechamiento, lo que trata de evitarse a toda costa. Así, puede afirmarse que en *Celosía* la obtención de cada parámetro, en cada puente o talud, tiene un objetivo claro y concreto.

Por lo expuesto previamente, no está entre los objetivos principales de la plataforma promover las instrumentaciones, como un objetivo en sí mismo, sino ayudar a mejorar su eficiencia, cuya existencia estará motivada por razones diversas (ayuda a la construcción, vigilancia de patologías, control del comportamiento en servicio, ayuda a la explotación, investigación, etc.). Desde estos puntos de vista, la plataforma sí constituye un recurso esencial en la promoción de la digitalización de la RCE al crear un entorno de trabajo común y fácilmente accesible que da transparencia y difusión a la información obtenida a través de las monitorizaciones estructurales.

Tampoco es objeto de la plataforma establecer condiciones técnicas a los equipos instalados en las estructuras, ni interferir en los procedimientos inherentes a cada sistema, sino marcar unas pautas de adquisición y disponer de la información en el plazo más breve posible desde que haya sido adquirida, respetando las características técnicas y particularidades de cada sistema instrumental.

3. Principios generales de funcionamiento

El principio rector de la plataforma es permitir el acceso a la información en tiempo real. Cualquier dato experimental que se tome en una estructura debe ingresar en el banco de datos y estar disponible a través del portal web en cuestión de segundos. Así pues, el sistema gravita en torno a los siguientes motivos:

- Tiempo real, tanto en lo relativo a la recepción de los datos registrados en las estructuras como en lo relativo a la publicación de los mismos
- Accesibilidad universal a la información a través del portal web, mediante contraseñas
- Compatibilidad con cualquier tecnología de medida y de almacenamiento

La plataforma integra un banco de datos, un portal web y un conjunto de herramientas de análisis en un espacio único de trabajo.

El banco de datos contiene los datos reales que se recogen a lo largo del tiempo en las estructuras alojadas en la plataforma. El portal web es el medio de publicación y visualización gráfica, con utilidades de control para el seguimiento de los procesos monitorizados. Las herramientas de análisis conforman un entorno interactivo de proceso avanzado de datos al servicio de los técnicos de la DGC para el estudio individual o conjunto de las estructuras (puentes y taludes).

El portal de estructuras es el expositor principal de las obras que están o han estado instrumentadas, a las que también puede accederse mediante un mapa de enlaces georeferenciados. Presenta información relativa a la duración de vida

de cada sistema instrumental, así como un resumen estadístico —que puede ser general o particular de un grupo estructural dado— y un conjunto de pilotos de control para facilitar la vigilancia telemática de los estados de actividad. Cuenta con un servicio de mensajería para el envío de notificaciones de parada, alerta o cualquier otra índole a los usuarios vinculados al seguimiento de la estructura en cuestión.

El sistema es automático. Los contenidos se generan y presentan a demanda de los usuarios, actualizados siempre a los últimos datos disponibles. El motor central de la plataforma conjuga los datos reales (experimentales) con las variables y algoritmos internos necesarios para producir un contenido de mayor nivel y utilidad que alimenta en línea y actualiza los diferentes objetos visuales de la plataforma (infogramas, diagramas, diales, etc.). Por ello, la programación de algoritmos, permite que se pueda disponer no solo de datos en bruto, sino de magnitudes derivadas.

Esta elaboración de los datos puede llevar a su vez a la elaboración de umbrales de alerta que impliquen más de una variable, que supongan una evolución temporal, etc. Así a modo de ejemplo, la alerta en la vigilancia de un talud, con aviso a los usuarios predeterminados en tiempo real, se puede deber a que la lectura de un piezómetro concreto alcance un determinado valor (variable única obtenida por la lectura de la presión sobre un sensor en un piezómetro), o bien por una elevación generalizada de niveles en una alineación de piezómetros, sin visos de disminución en un periodo determinado de tiempo, tras una lluvia de intensidad conocida previamente registrada por el sistema, lo que supone la combinación de diferentes variables.

Los datos contenidos en la plataforma tienen múltiples usos, que se extienden desde el control de maniobras y vigilancia de medios auxiliares de construcción (corto plazo) al seguimiento de la evolución de patologías (medio plazo) o a la detección de patrones de comportamiento (largo plazo).

La información almacenada resulta de utilidad para mejorar la comprensión de las estructuras, sus materiales, sustentar avances en el diseño y fortalecer la normativa de proyecto. La continuidad de las series históricas de datos y su tratamiento con visión de conjunto son fundamentales para acometer estos retos.

4. Aspectos particulares de funcionamiento

4.1. Autosuficiencia de las monitorizaciones

Los sistemas de monitorización que se dispongan en la RCE, deben ser autónomos y autosuficientes. Deben funcionar en su integridad con independencia de la existencia de la plataforma. Es decir, dichos sistemas de monitorización deben mantener todos los elementos de la cadena tradicional: sensores, datalogger y PC de control (cualquiera que sea su ubicación). La plataforma no sustituye a los sistemas de monitorización de las estructuras en ninguno de sus aspectos. Es un “además de” y no un “en lugar de”.

4.2. Secuencia de funcionamiento

Como se ha indicado previamente, la secuencia de obtención y envío del dato, sigue el siguiente orden: sensores, registrador de datos (o datalogger) y ordenador de control.

Los sensores pueden ser de lo más variopinto: células de carga, clinómetros, piezómetros, extensómetros, inclinómetros, estaciones meteorológicas, etc. y su tecnología variada.

La transmisión de datos a la plataforma debe efectuarse desde el PC de control vinculado al sistema de monitorización de la estructura. Es decir, desde el ordenador que primariamente recibe y almacena la información que proporciona el registrador de datos (datalogger). Esto es independiente de la ubicación física de dicho ordenador (obra, centro de conservación, etc.) ya que la técnica actual permite la deslocalización.

En ningún caso la transmisión se efectúa directamente desde el datalogger a la plataforma, puesto que el responsable de la monitorización debe tener el control efectivo del archivo histórico de datos y ejercer sobre el mismo una labor de supervisión con capacidad de corrección de datos.

Se ha optado por el protocolo FTP, el más sencillo y universal para el suministro de datos a la plataforma, con la idea de que en ningún caso este aspecto se convierta en una limitación o impedimento a la integración.

4.3. Personal que interviene

Tal y como se ha indicado previamente, algo que se pretende evitar a toda costa es la simple acumulación de ingentes cantidades de datos sin una persona responsable de cada uno de ellos. Estas personas deben estar claramente identificadas en cada caso.

Así, en cada estructura (puente, talud, túnel) del portal debe existir un responsable de monitorización, persona que conoce la estructura

monitorizada, los datos objeto de monitorización y el funcionamiento de la plataforma. Tiene a su cargo el mantenimiento del sistema de instrumentación y de la transmisión de la información a la plataforma y debe cuidar la calidad de los datos que se envían, lo que implica la eliminación de posibles registros espurios que debe corregir y reenviar correctamente.

El gestor de la plataforma se encarga de la organización de la misma en toda su extensión (altas de estructuras, organización del banco de datos, gestión de contraseñas, resolución de dudas, atención a solicitudes de acceso, análisis transversal de la información, etc.) Se ocupa también de vigilar el correcto funcionamiento general de la plataforma y de la accesibilidad continua a datos por parte de los usuarios.

Los usuarios son los equipos involucrados en la vigilancia y análisis de las estructuras (direcciones de obra, asistencias técnicas, oficinas de proyecto, constructoras, equipos de conservación ...)

Así, la plataforma es una nueva herramienta puesta a disposición de los técnicos de la DGC y de quienes les acompañan en sus funciones, que no modifica en nada la distribución de competencias existente. Todas las obras en construcción o en servicio que dispongan de un sistema de monitorización podrán ser vigiladas y atendidas, además de por su propio sistema, a través de la plataforma, pero dicha vigilancia, así como la toma de decisiones derivada, seguirá estando a cargo de las unidades territoriales con competencia sobre la obra o tramo de carretera en el que se encuentra instalado el sistema.

4.4. Portal internet

Los técnicos de la DGC, así como las empresas colaboradoras, tienen acceso a las utilidades web de la plataforma y pueden hacer uso de la información facilitada a través de la página web correspondiente de cada estructura para llevar a cabo las labores de seguimiento y vigilancia que tengan encomendadas. A fecha de redacción de este texto, la dirección web (Figura 2) de la plataforma es: www.celosia.es.

En Celosía hay una parte de los contenidos, de carácter general, que es de libre acceso. Sin embargo, para acceder a los datos registrados por los sistemas de monitorización, es necesario disponer de contraseña. Las contraseñas tienen carácter personal y son otorgadas por el gestor de la plataforma.

La plataforma dispone de una réplica de los archivos de datos registrados en cada estructura. Es con esa réplica con lo que se alimentan los motores algebraicos que permiten la visualización web en tiempo real (gráficos de evolución histórica, infogramas, diales de control, diagramas de barras, análisis estadístico por sensores, etc.).

Los datos alojados en la plataforma son una réplica fiel de los almacenados por los sistemas de monitorización. La plataforma publica de forma automática y en tiempo real dicha información, cuya calidad debe estar asegurada por quien los envía (figura del *responsable de la monitorización* definida en la OC 2/2021).

La plataforma está concebida de modo no intrusivo y no modifica ni limita las funcionalidades del sistema de monitorización, que únicamente tiene que transmitir una copia de los datos conforme los va obteniendo (tiempo real).



Figura 2. Aspecto general de la página (marzo de 2025): www.celosia.es

Por último, señalar que la plataforma es objeto de un contrato administrativo que está siendo financiado con cargo al Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (fondos *Next Generation EU*).

4.5. Integración de sistemas preexistentes

Uno de los principios rectores de la plataforma es el de garantizar la compatibilidad con cualquier tecnología de medida y de almacenamiento, en la búsqueda, entre otros, de que los sistemas preexistentes pudiesen integrarse.

Dicha integración es independiente de la tecnología de medida, tanto en lo relativo al hardware como al software. Así, no es objeto de la plataforma establecer condiciones técnicas a los equipos instalados en las estructuras, ni interferir en los procedimientos inherentes a los mismos. La plataforma respeta las características técnicas y particularidades de cada equipo instrumental. Únicamente, se han establecido unos criterios comunes relativos a los intervalos de medida, unidades de medida y criterios de signos, imprescindibles para unificar la presentación y facilitar el análisis de datos. Estos criterios se recogen, fundamentalmente, en el

anexo a la Orden Circular 2/2021.

5. Normativa: La Orden Circular 2/2021

Para tratar de unificar criterios, evitar duplicidades y establecer unas reglas comunes a todas las monitorizaciones de la RCE, el 19 de marzo de 2021 entró en vigor la Orden Circular 2/2021 *sobre la plataforma de monitorización de estructuras de la Red de Carreteras del Estado*, que además establece la obligatoriedad de integrar en *Celosía* todas las estructuras que ya dispongan de un sistema de instrumentación electrónica de control.

La Orden Circular incluye un preámbulo justificativo, una parte dispositiva y un anexo con el protocolo para la integración de los sistemas de monitorización de estructuras.

En la parte dispositiva se establecen como ámbito de aplicación los siguientes elementos de la RCE:

- Puentes y estructuras asimilables
- Terraplenes, desmontes y otras obras geotécnicas
- Túneles

Se indica que cuando se prevea disponer un sistema de instru-

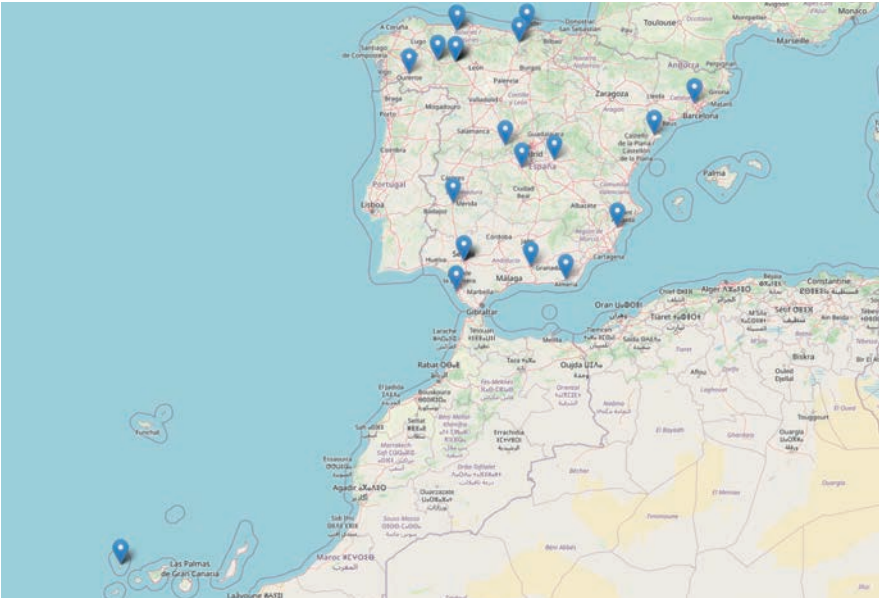


Figura 3. Celosía: Mapa de estructuras monitorizadas (marzo de 2025)

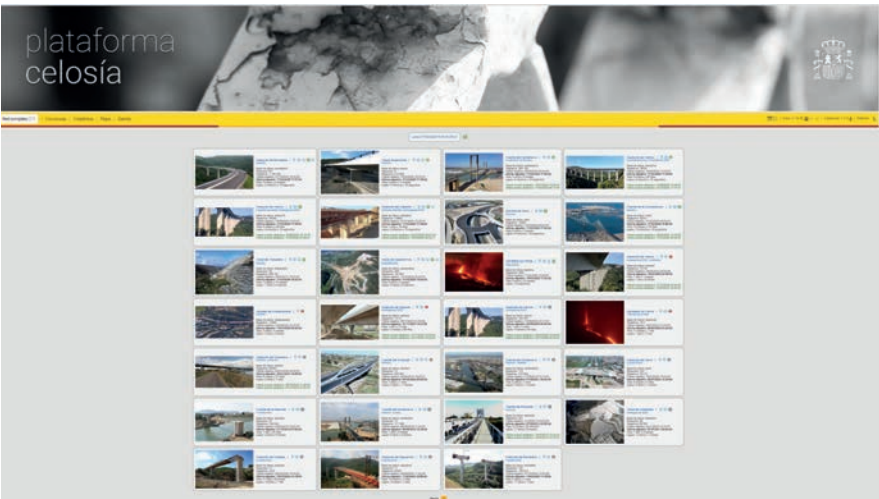


Figura 4. Aspecto general de la galería de imágenes correspondiente a las estructuras monitorizadas (marzo de 2025)

mentación electrónica de control de parámetros de tipo estructural o geotécnico, cualquiera que sea su finalidad, se debe integrar en la plataforma *Celosía*. Para ello se debe seguir el protocolo del anexo que acompaña a la Orden.

Se establece además algo poco común en la técnica normativa en general y es la retroactividad de la medida. Así se dispone que todos los elementos de la RCE en los que ya se encontrase en funcionamiento un sistema de instrumentación electrónica de control de parámetros de

tipo estructural o geotécnico, deben integrarse en *Celosía*. En caso de duda, se debe consultar a la Dirección Técnica (DT) de la DGC la aplicación a cada caso concreto.

La Orden comprende el anexo *Protocolo para la integración de los sistemas de monitorización de estructuras* que detalla cuestiones como la propiedad de la información, el proceso de alta de una estructura, los tipos de datos y archivos, el protocolo de transferencia y los formatos de los datos, la frecuencia de medida y las definicio-

nes y nomenclatura que resulta de aplicación. La Orden establece que corresponden a la DT los posibles ajustes o modificaciones a futuro de este protocolo, mediante nota técnica.

Otra de las cuestiones que establece la Orden es la frecuencia de las medidas que, en las instrumentaciones de carácter estático, es de un registro de datos cada cinco minutos (5 min). De esta forma, se dispone de doscientas ochenta y ocho instantáneas de la situación estructural por cada día, generando una base de datos histórica que puede alcanzar cientos de miles de registros a lo largo de los años. La toma de datos debe hacerse coincidente con las horas exactas y sus progresivos incrementos de cinco minutos (por ejemplo, a las 12:00, 12:05, 12:10, etc.). Esto tiene por objetivo no solo ordenar adecuadamente los datos en el tiempo, sino también permitir los estudios de correlación de datos entre diferentes subestructuras de una misma obra e, incluso, entre diferentes estructuras.

Además de lo anterior, en ciertos casos, en el campo de los puentes, se requieren lecturas cada minuto (fases de construcción con empujes, tesados...), mientras que en parámetros dinámicos (por ejemplo, vibraciones en puentes atirantados) se deben registrar cien lecturas por segundo, es decir $f = 100\text{Hz}$.

A fecha de redacción de este

¹ Entre estructuras con monitorizaciones vivas y bases de datos correspondientes a actuaciones ya cerradas (normalmente de construcción). Se ha contado como una única estructura el control flecha/temperatura en nueve pasos superiores de diferentes regiones (que no aparecen en el mapa general).

² Se trabaja en la integración de doce puentes y dos taludes adicionales.

texto las estructuras monitorizadas se encuentran en las ubicaciones indicadas en el mapa de la Figura 3 y totalizan más de cinco mil canales de lectura instalados. A día de hoy, contamos con veintisiete estructuras¹ (Figura 4) incluidas en la plataforma y, como se ha indicado previamente, se está preparando para su integración en la plataforma un nuevo grupo de taludes y puentes².

6. El primer talud: Trabadelo

El talud de Trabadelo se sitúa en el PK 418 de la A-6 *Autovía del Noroeste*, próximo a la localidad que le da nombre, en la provincia de León, muy cercana al puerto de Piedrafitas. De excepcional complejidad técnica, ha sufrido diferentes intervenciones de enjundia. La primera gran actuación tuvo lugar en 2000 y 2001, tras de la cual, el tramo de autovía entró en servicio. Un nuevo episodio de inestabilidad tuvo lugar en 2009, lo que obligó a desviar el tráfico y a acometer nuevas obras de reparación que se prolongaron durante un año más.

Es uno de los taludes más altos de España y constituye un elemento perfectamente reconocible e identificable como tal por la población del entorno. Ha sido objeto de numerosos artículos tanto técnicos como en prensa (Figura 6). No obstante, no constituye el objeto de este documento el tratar de su problemática como talud, sino de la monitorización llevada a cabo sobre el mismo.

La monitorización del talud de Trabadelo comenzó durante las obras de emergencia iniciadas en 2009. Lo positivo de la experiencia por la relevancia del conocimiento de los datos en tiempo real para la

seguridad de la infraestructura, llevó a tomar la decisión de continuar, una vez finalizara la reparación, por lo que se empezó a controlar como talud en servicio desde 2011, continuándose hasta la fecha.

La monitorización en activo cuenta con un total de veintiocho (28) canales de adquisición de datos en tiempo real que se distribuyen como sigue:

- Veinte (20) canales para lectura de carga en anclajes
- Siete (7) canales para lectura piezométrica

- Un (1) canal para lectura de temperatura ambiente

Otros cuatro (4) canales han quedado fuera de servicio por diferentes motivos desde 2011 (dos canales de lectura piezométrica y dos células de carga en anclajes), si bien el sistema almacena el histórico de sus datos mientras han resultado operativos.

La plataforma permite la visualización de la ubicación de los canales de lectura y las lecturas en un momento concreto. Véase como ejemplo la Figura 7, correspondiente a las 17:00 h del 17 de marzo de 2025.



Figura 5. Talud de Trabadelo. Fotografía general del emplazamiento que aparece en la plataforma

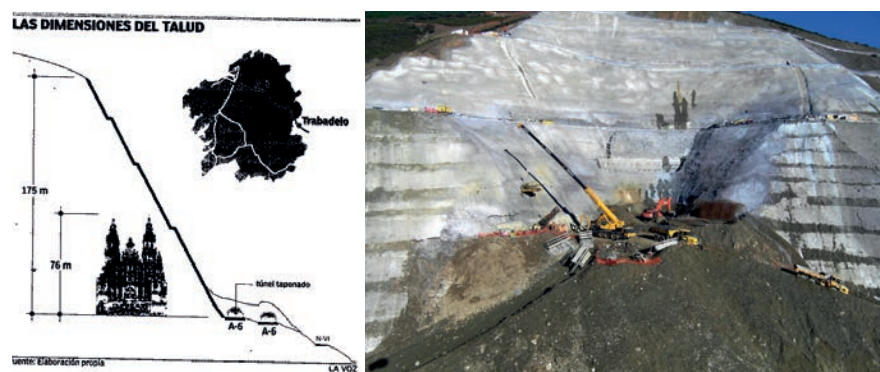


Figura 6. Ilustración de La Voz de Galicia del 1 de febrero de 2010, e imagen de las obras de reparación llevadas a cabo en esas fechas

Otra de las utilidades de la plataforma es la visualización de la evolución temporal de la lectura de un canal (parámetro medido por un sensor). La plataforma permite la realización de zoom sobre las escalas, por lo que se puede seleccionar un intervalo temporal concreto (Figura 8 y línea inferior de la Figura 9).

La plataforma permite combinar datos provenientes de canales diferentes, generando a partir de ellos escenarios que pueden ser tan elaborados como se desee. Así, por ejemplo, en el talud de Trabadelo se han definido dos perfiles, cada uno de los cuáles contiene a su vez dos piezómetros (línea superior de la Figura 9). En este caso concreto, el criterio de representar el nivel piezométrico como una línea recta entre ambos niveles de cada perfil, se consideró suficientemente representativo a efectos prácticos.

Otra de las utilidades de la plataforma es la de la determinación de umbrales o niveles de alerta, que requieren de un análisis geológico-geotécnico previo y de la programación posterior de los correspondientes algoritmos numéricos en que se traduzcan.

Así, por ejemplo, en Trabadelo y a partir de estudios previos de estabilidad, se determinó como umbral de alerta en el perfil reflejado en la Figura 9, que el nivel piezométrico no alcanzase una determinada alineación, relacionada a su vez con las posiciones de los bulbos de los anclajes y con los cálculos de estabilidad del talud. Estas condiciones se pueden representar gráficamente de forma bastante intuitiva como se muestra en la parte derecha de la línea superior de la Figura 9, donde la superación de la línea roja por el nivel de agua (línea azul oscura y textura por debajo en color azul celeste) daría lugar a una alerta. Una alerta constituye un aviso de supe-

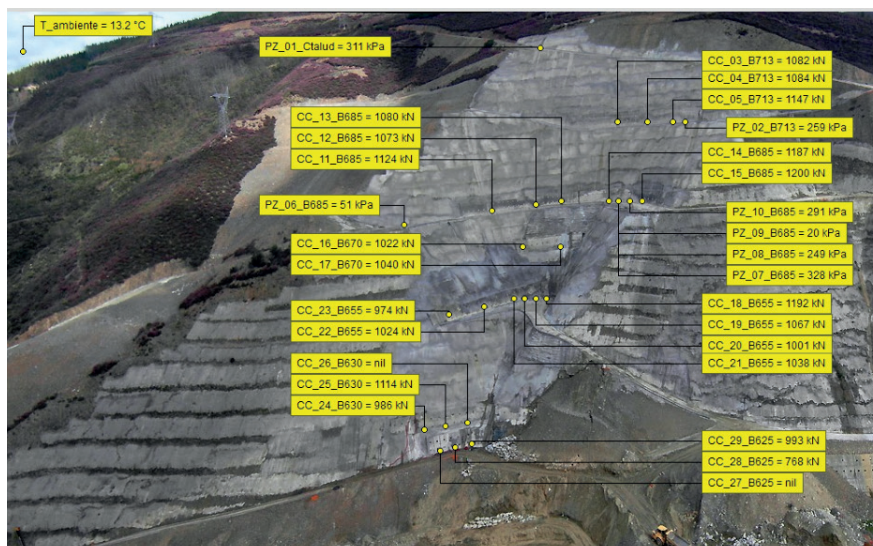


Figura 7. Talud de Trabadelo: Canales y lecturas a las 17:00 h del 17 de marzo de 2025

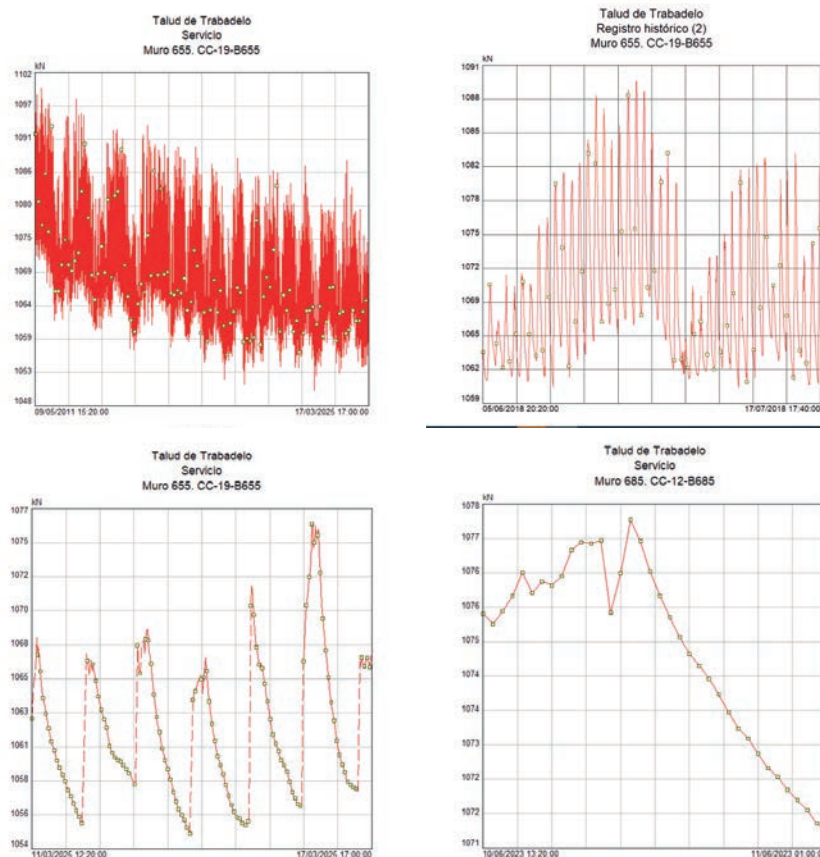


Figura 8. Canal 19 (célula de carga en anclaje en el muro a cota z=655 m). Registros correspondientes a un periodo de casi catorce años, de un mes y medio, de una semana y de doce horas. Pueden observarse tendencias hiperanuales, oscilaciones cíclicas diarias y hasta horarias por efecto principal del soleamiento.

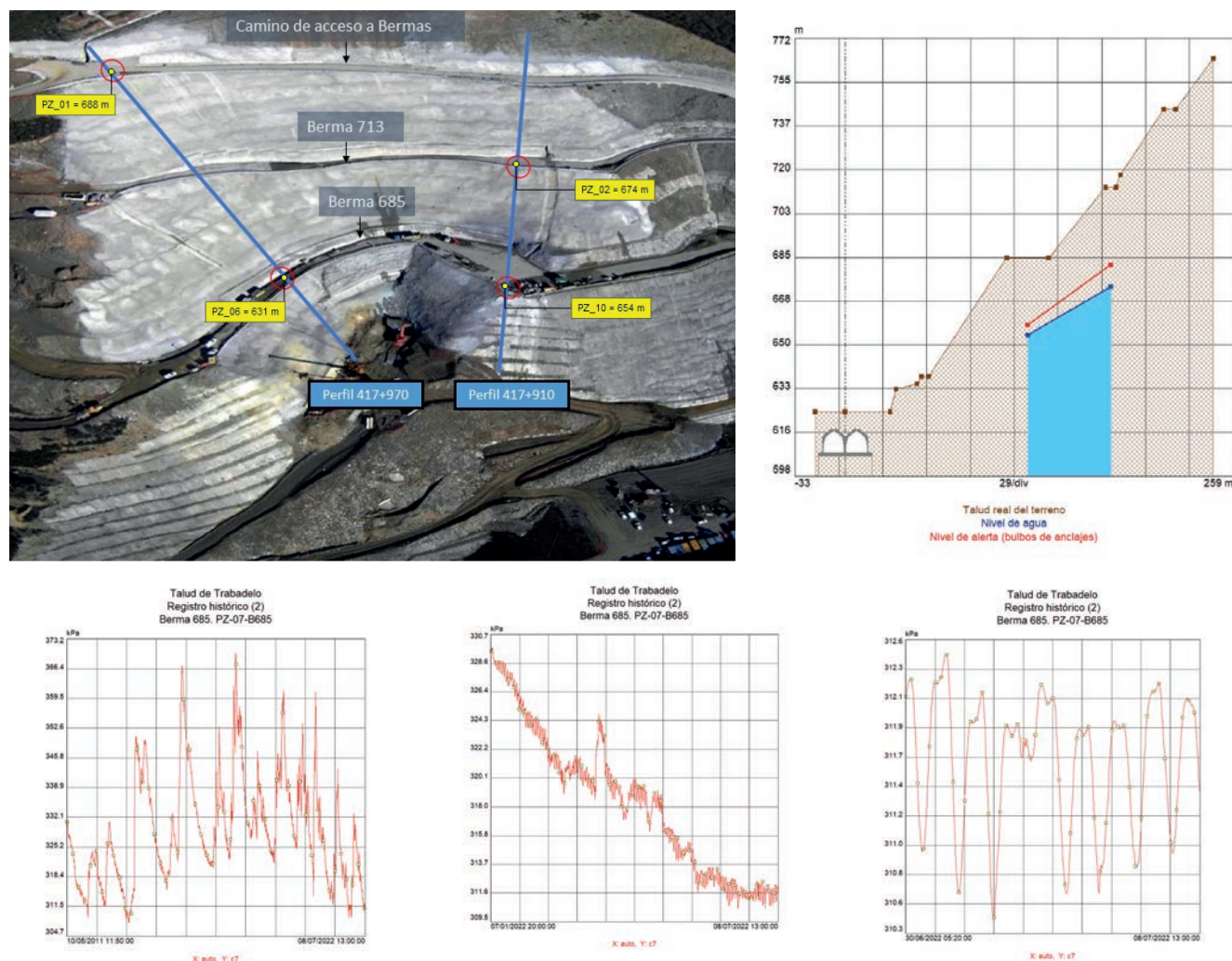


Figura 9. Talud de Trabadelo. Piezometría

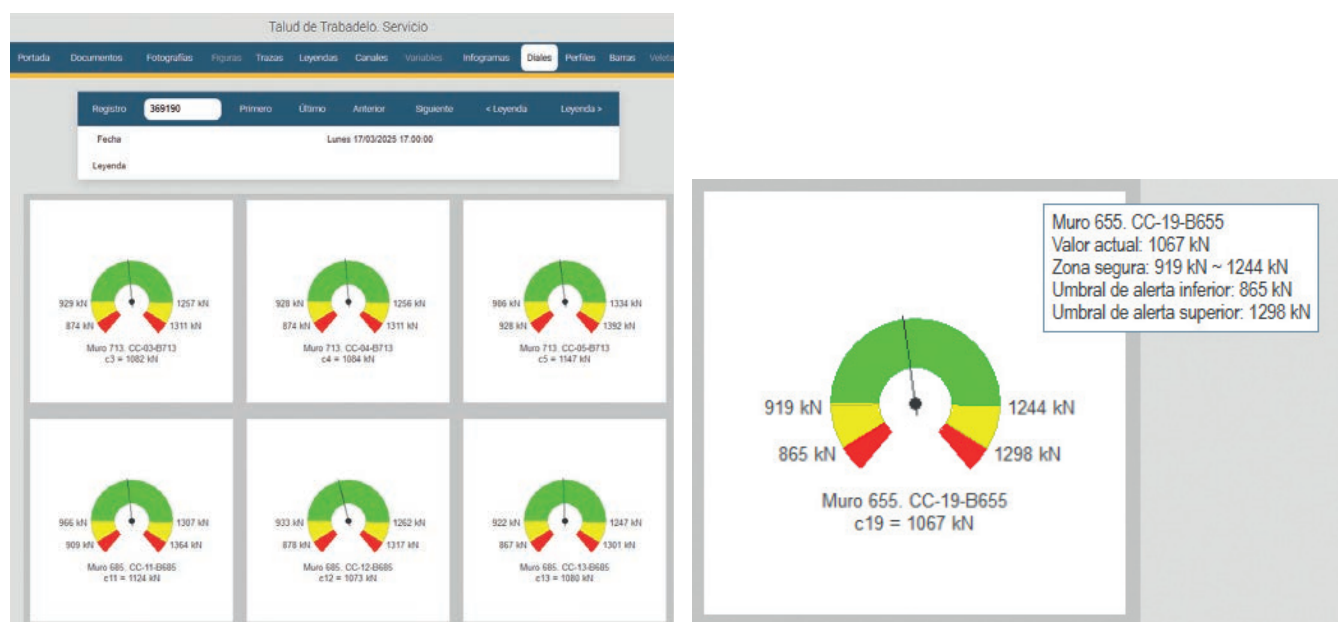


Figura 10. Talud de Trabadelo. Diales y umbrales de alerta. A la izquierda, pantalla de visualización de diales (en imagen, seis canales concretos correspondientes a otras tantas células de carga en anclajes) correspondientes a la lectura de las 17:00 del 17 de marzo de 2025. A la derecha, detalle de umbrales de alerta y lectura para el canal 19 (anclaje de la Figura 10)

ración de un umbral predefinido, que debe ser evaluada con criterio ingenieril por los responsables de cada monitorización.

Además de las alertas, la plataforma permite la representación de diales, en que con un código de colores se muestran los niveles de funcionamiento de cada sensor en cada momento dentro de unos rangos, previamente definidos con valores numéricos para cada uno de ellos y representados según un código semafórico de colores verde/amarillo/rojo. Asociados a estos niveles de alerta el sistema puede enviar mensajes de advertencia de peligro (SMS, correo electrónico...)

a las personas responsables previamente identificadas.

En Trabadelo se ha optado, por ejemplo, por fijar los niveles de alerta para las células de carga en anclajes, en ciertos porcentajes de la carga real de tesado tanto en más como en menos. Estos umbrales se pueden modificar conforme se va adquiriendo experiencia. Así en la parte derecha de la Figura 10, se representan los umbrales de alerta del anclaje de la Figura 8 (sensor que ocupa el canal 19).

7. Otros activos de naturaleza geotécnica incluidos en la plataforma

Además del talud de Trabadelo, que acumula la información de más de quince años de datos, la plataforma integra otros activos geotécnicos que son los taludes de Viladecavalls (Barcelona) y Casazorrina (Asturias).

Los taludes de la B-40 en Viladecavalls (Figura 11) y el de la A-63 en Casazorrina (Figura 12), se integraron en la plataforma en fechas próximas entre sí, en septiembre y octubre de 2022. Se trata de instrumentaciones dispuestas durante la fase de obras³ que responden a situaciones de gran complejidad técnica y que comprenden la integración en tiempo real de lecturas de células de carga en anclajes, clinómetros, inclinómetros, piezómetros y diferentes variables meteorológicas.

Está previsto que, en fechas próximas, se integren en la plataforma al menos una nueva instrumentación geotécnica procedente de una obra en curso y otras dos de taludes en servicio con un largo historial de incidencias geotécnicas. En paralelo se trabaja en la elaboración de los estudios geotécnicos previos necesarios para la implantación de nuevas instrumentaciones en diferentes taludes que sufren patologías de forma clara y prolongada en el tiempo.

³ Los tramos son: B-40 Olesa de Montserrat-Viladecavalls que entró en servicio en febrero de 2024 y A-63 Cornellana-Salas, aún en fase de obra.



Figura 11. Emplazamiento general de la B-40 en la zona de Viladecavalls (Barcelona)



Figura 12. Vista general de las obras de la A-63, en el talud de Casazorrina (Asturias) en febrero de 2025

8. Conclusiones

Como cuestiones prácticas más relevantes, o lecciones provenientes de la instrumentación de Trabadelo, hay que señalar que, con el tiempo, hemos ido aprendiendo sobre un talud tan complejo como el que nos ocupa que, puede decirse que *nos ha ido hablando* a lo largo de tres lustros. Se ha adquirido un nivel de conocimiento en tiempo real de las diferentes variables que intervienen y cómo influyen en la explotación de la carretera.

En este caso, las principales cuestiones, propias de la ingeniería de taludes, en las que se ha ido ganando experiencia práctica son:

- Evaluación de la carga de los anclajes en relación con los umbrales previstos: Oscilaciones tanto en más como en menos indican que un anclaje está cogiendo o liberando tensión fuera de límites preestablecidos, lo que puede suponer problemas de estabilidad local.

Puede no ser suficiente con fijarse en un único anclaje. Dada la densidad de puntos de auscultación de esta variable en el talud, conviene ponerlo en relación, al menos, con los más próximos. Asimismo, resulta esencial comparar las lecturas instantáneas con su evolución temporal.

- Niveles piezométricos: Una de nuestras principales preocupaciones es el mantenimiento de los niveles piezométricos dentro de valores razonables, por su incidencia directa en la estabilidad del talud. Además de en los valores absolutos de la cota piezométrica, es necesario fijarse en su evolución temporal y en la meteorología.
- Interrelación de variables: El talud es un todo y difícilmente el

fallo global se produciría por un valor de un canal de lectura sin reflejo en los demás. La combinación espacial y temporal del conjunto de las variables medidas es un elemento de capital importancia a la hora de la toma de decisiones para la explotación.

En este caso la combinación de la cota piezométrica con la posición física de los bulbos de los anclajes y con la magnitud de la carga que soportan constituye un todo indisociable del que depende la seguridad del talud y, por ende, de la carretera.

A modo de ejemplos prácticos de cuanto se ha indicado, se han perforado nuevos drenes cuando se ha observado una subida prolongada en el tiempo de niveles piezométricos sin reflejo en la pluviometría, o se han revisado anclajes (retesado, perforación de otros nuevos) cuando la carga de algunos (o de un grupo) se encontraba fuera de niveles asumidos como admisibles. Después se ha comprobado, por los mismos u otros canales de lectura, la eficacia de dichas medidas.

Pero nunca se ha perdido de vista la componente humana, siempre ha habido un equipo de especialistas detrás, que analizase los datos, recorriera el talud y tomara decisiones in situ, pese a que el sistema, en sí mismo, es capaz de poner semáforos en rojo y hacer sonar sirenas de manera automática y en tiempo real.

Respecto a los otros dos emplazamientos más recientes (Viladecavalls y Casazorrina) aún es pronto para extraer conclusiones, si bien los poco más de dos años que llevamos recibiendo sus datos, nos están permitiendo empezar a entender su lenguaje propio. Queremos llamar la atención sobre la

inclinometría automática (muy poco frecuente en la ingeniería geotécnica), que proporciona información de capital importancia y que está funcionando por vez primera en la DGC en estos dos taludes.

Otra cuestión que es razonable plantear es la de si este tipo de monitorizaciones de taludes en tiempo real debe o no abordarse bajo la óptica de la inteligencia artificial. A día de hoy no podemos dar una respuesta clara, ni creemos que sea una cuestión a solventar con un monosílabo. Entendemos que la aplicación de la IA a este tipo de monitorizaciones puede resultar de utilidad, pero lo que también resulta muy claro es que la gran complejidad que entrañan estos taludes hace que se deba contar con un equipo humano integrado por especialistas que efectúen un seguimiento regular de su comportamiento.

Por último, yendo a una perspectiva más general indicar que resulta perfectamente viable extender las potencialidades de la plataforma a otro tipo de estructuras o elementos de la carretera (túneles, firmes...) siempre que se cumplan los principios que han guiado la integración de las estructuras (puentes y taludes) monitorizadas hasta la fecha, los cuáles han tratado de plasmarse en este artículo.

Creemos que el conocimiento de la plataforma *Celosía* por la comunidad carretera española e internacional, es un requisito previo y esencial para que pueda ser útil en muchos más emplazamientos. Esperamos contar con ustedes para trabajar juntos en su mejora continua, en el análisis de los datos que de ella se derivan y, en suma, para ser útiles a la sociedad mejorando la calidad del servicio y la seguridad de nuestras carreteras. ❖

Sistema de monitorización automática en tiempo real de un tramo de la autovía A-62



Automatic monitoring system in real time of a section of the A-62 highway

Julio de Lorenzo Hurtado

Centro de Estudios del Transporte del CEDEX

Jorge Carnerero Manzano

Centro de Estudios del Transporte del CEDEX

En 2015 la Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible encargó al CEDEX el seguimiento mediante tramos de control del comportamiento estructural y deterioro de los refuerzos de firmes en la RCE.

En 2017, con el inicio de la ejecución del último refuerzo de firme en la autovía A-62, se estableció un tramo de control localizado entre los pp.kk. 110+870 y 111+890. El tramo elegido presentaba una patología de reflexión de fisuras transversales en la capa de rodadura, que se solventó con una actuación de fresado, reposición y recricado del firme.

Para estudiar el comportamiento de la solución de rehabilitación llevada a cabo, el Centro de Estudios del Transporte (CET) del CEDEX desarrolló un sistema de monitorización automática, en remoto y en tiempo real, instalado en una estación de control de firmes, que se alimentaba de la información recogida por la instrumentación colocada durante la ejecución de la rehabilitación.

La estación ha estado proporcionando datos durante cinco años, lo que ha permitido llevar un control exhaustivo del proceso de deterioro del tramo, en el que las fisuras existentes en la capa de grava cemento han seguido evolucionando y se han vuelto a reflejar en la superficie. Así mismo, se han obtenido conclusiones relevantes relativas al comportamiento de los firmes semirrígidos.

In 2015, the General Directorate of Roads, from the Ministry of Transport and Sustainable Mobility, ordered CEDEX to monitor the structural performance and deterioration of road pavement reinforcements.

In 2017, with the start of the last reinforcement of the road pavement on the A-62, a control section was established between pp.kk. 110+870 and 111+890. The selected section presented a pathology of transverse cracking reflection in the wearing course, which was solved by milling, replacing and a new layer of bituminous mixture.

To study the behaviour of the rehabilitation solution carried out, the Centre for Transport Studies (CET) of CEDEX developed an automatic, remote and real-time monitoring system, installed in a control station, which was fed with the information collected by the instrumentation placed during the execution of the rehabilitation works.

The station has been providing data for five years, which has made it possible to exhaustively monitor the evolution of distresses and obtain conclusions relevant to the performance of this type of pavements.

1. Introducción

Con el objetivo de analizar la evolución de fisuras a través de parámetros indicativos de capacidad resistente en un refuerzo de firmes, la DGC encargó al CEDEX el seguimiento del comportamiento estructural de un tramo de control con firme semirrígido.

En el año 2017 se realizó una rehabilitación de firme en la autovía A-62, entre Valladolid y Venta de Baños, consistente en el fresado y reposición de un espesor de 7 cm y un recrecimiento de 3 cm. La reposición se realiza con mezcla bituminosa en caliente AC22 bin B 50/70 S, y el recrecido se realiza con mezcla bituminosa en caliente BBTM 11B PMB 40/80-65. Este tramo presentaba una patología de reflexión de fisuras transversales en la capa de rodadura, procedente de la prefisuración realizada en las capas tratadas con cemento y, por sus características, constituía una actuación idónea para el trabajo que se pretendía realizar.

El tramo de control se estableció entre los pp.kk. 110+870 y 111+890, en el carril derecho de la calzada derecha, a la altura de Cabezón de Pisuerga. La categoría de tráfico que circulaba en el año de puesta en servicio era T0 con una IMDp de 6398 vehículos, entre las dos calzadas, que representaba el 18,8% de todo el tráfico. La evolución del tráfico hasta el año 2022 se puede ver en la figura 2.

En el tramo elegido se instrumentaron 3 fisuras existentes en el momento de la rehabilitación, con sensores para la medida de los desplazamientos horizontales y verticales, y se colocaron sensores para la medida de la deflexión superficial, la temperatura a distintas profundidades y la humedad de la explanada.

Entre la calzada y la vía de servicio se implantó la estación de control

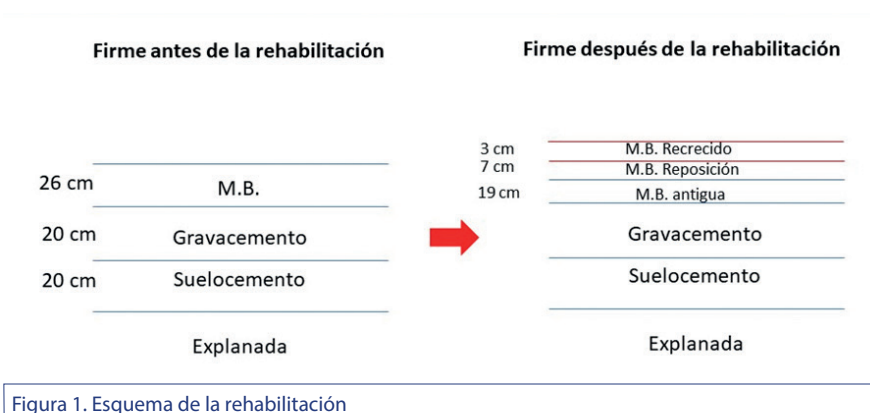


Figura 1. Esquema de la rehabilitación

que albergaba el sistema de adquisición de datos procedentes de los sensores colocados en el firme y de la estación meteorológica instalada en la propia estación. Se trata de un sistema autónomo y automático, capaz de transmitir datos en remoto y en tiempo real.

Con este sistema el CEDEX ha realizado un seguimiento de la evolución ascendente de las fisuras instrumentadas, y su relación con el resto de los parámetros estudiados.

El sistema comenzó a funcionar en 2018 y ha estado proporcionando datos hasta el 2023. A partir de este momento, la mayor parte de los sensores han dejado de funcionar y por este motivo se ha decidido concluir el estudio.

2. Sistema de auscultación automática

2.1. Descripción de la estación control

En la estación conviven varios subsistemas:

a) Adquisición de datos:

Es el encargado del acondicionamiento, registro y almacenamiento de las señales de medida de las variables dinámicas del firme, y de las variables ambientales que registra la estación meteorológica adjunta.

IMD				
Año	Total	Lige	Pesa	% Pesa
2022	32841	25724	7117	21.7
2021	31180	24395	6785	21.8
2020	24446	18473	5973	24.4
2019	34365	27274	7091	20.6
2018	36052	29715	6337	17.6
2017	34106	27708	6398	18.8
2016	33355	26970	6385	19.1

Figura 2.

Está integrado por dos dataloggers multicanal y un módulo de registro.

b) Comunicaciones:

Está compuesto por un switch que conecta todos los dispositivos de los distintos subsistemas, formando una red interna; más dos enrutadores que permiten el acceso de forma remota a través de una interfaz web desde cualquier PC.

c) Alimentación:

La electricidad la proporciona un sistema autónomo de energía fotovoltaica, formado por una placa solar, dos baterías y un inversor.

d) Instrumentación:

La instrumentación se compone de un conjunto de sensores, de distintos tipos, instalados en el firme, en cada una de las tres fisuras monitorizadas. Todos los sensores están conectados al subsistema de adquisición de datos.

2.2. Descripción de la instrumentación instalada

En el tramo de control se instalaron distintos tipos de sensores:

- Sensores de desplazamiento (LVDT): encargados de medir los movimientos de las fisuras. Instalados a cota de la reposición, en ambas rodadas, unos miden en horizontal, la abertura de fisura; y otros en vertical, el escalonamiento entre labios de fisura.
- Sondas térmicas: instaladas a tres profundidades distintas de las capas bituminosas.
- Sensores de humedad: instalados en la explanada, a 1 metro de profundidad desde la coronación. Están equipados, a su vez, de un sensor térmico.
- Sensores de deflexión: son sensores de movimiento, como los primeramente descritos, instalados en vertical y bajo la superficie de rodadura.
- Sensores meteorológicos: pertenecientes a la estación meteorológica adjunta. Se compone de sensores de temperatura, humedad ambiental, radiación y un pluviómetro automático.

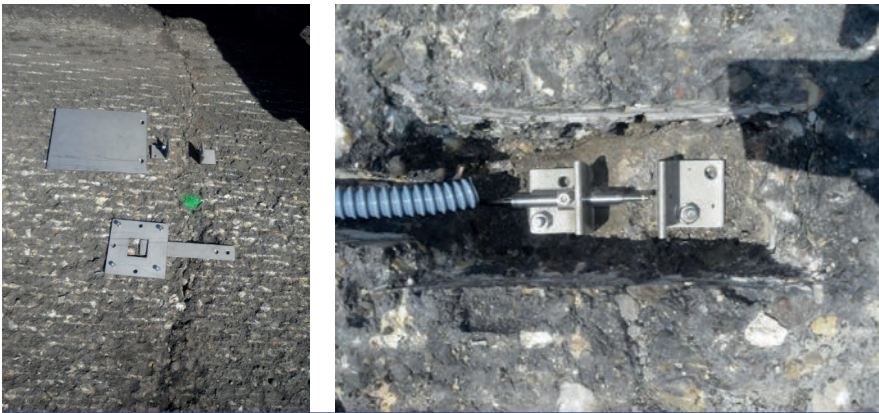


Figura 3. Sensorización de fisura transversal (desplazamiento horizontal)



Figura 4. Estación de control de firmes A-62



Figura 5. Esquema de instrumentación

En la figura 5 se muestra la disposición de la instrumentación del tramo.

3. Monitorización

La estación de control quedó totalmente operativa en marzo de 2018, y se mantuvo activo hasta enero de 2023, cuando eran ya muy pocos los sensores de desplazamiento que seguían funcionando, decidiéndose por ello cerrar el periodo de estudio.

En este intervalo, la estación fue programada para que tomara señales dinámicas de 100 vehículos pesados diarios, en un horario fijo predeterminado. Este criterio se adoptó para conciliar que el peso de datos dinámicos registrados (frecuencias de adquisición de 600 datos por segundo) fuese asumible por el sistema y que, por otro lado, el tamaño de la muestra fuese representativa.

En cambio, los datos meteorológicos, de mucho menor peso, se registraron cada 10 minutos, las 24 horas del día y todos los días del año.

4. Análisis de datos

Con los datos proporcionados por la estación, se establecieron varios indicadores del comportamiento del refuerzo del firme:

- Movimientos horizontales (abertura de fisura).
- Movimientos verticales (escalonamiento de fisura).
- Pulso dinámico.
- Deflexión.

Todos ellos se basan en el análisis de la señal dinámica que se obtiene como resultado del paso de la carga sobre cada sensor. Respecto de la sensorización del tramo se ha de destacar la excelente calidad de las



Figura 6. Ejemplos de señales según los tipos de vehículos

señales registradas, que permitía sacar una información muy precisa.

En cada señal obtenida se puede observar, claramente, el número de ejes del vehículo (lo que permite identificar el tipo de vehículo), incluso la magnitud de su carga. En definitiva, se puede analizar: la magnitud de la señal, la frecuencia entre señales, la forma de la señal y su duración.

Gracias al registro continuado de todas las señales medidas, se obtuvieron diferentes resultados en los indicadores anteriormente descritos, que se explican a continuación

Paralelamente, se realizó el seguimiento del desarrollo de las fisuras a partir de los resultados de las inspecciones visuales realizadas, donde se observó un claro sincronismo entre la aparición de las fisuras en la capa de rodadura y las singularidades que fueron marcando las gráficas de los distintos sensores.

Por último, también se ha realizado el análisis de los datos obtenidos por los sensores meteorológicos y las sondas térmicas y sensores de humedad embebidas a distintas profundidades.

4.1 Parámetros de comportamiento y deterioro del firme:

a) Movimientos horizontales:

Aportan información sobre la abertura de la fisura a través de un

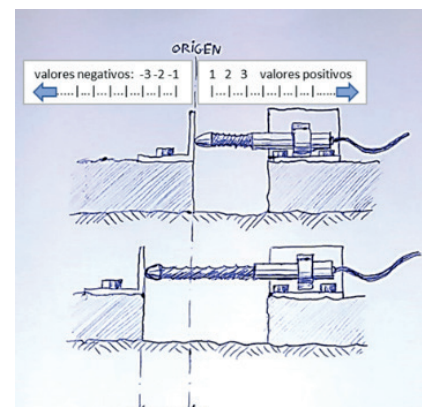


Figura 7. Esquema de instalación del sensor de movimiento en horizontal

sensor de movimiento instalado entre labios de fisura.

Estos sensores pueden ser medidos en "estático", analizando el estado de abertura que tiene la fisura a lo largo del tiempo; o en "dinámico", analizando el movimiento de abertura al tiempo de paso de la carga.

Análisis de la abertura en "estático": se compara el movimiento de abertura de las tres fisuras a lo largo del periodo de años estudiado.

Si los datos se llevan a un gráfico en el que en ordenadas está la abertura en mm y en abscisas el tiempo, se puede observar que las aberturas acompañan a los periodos estacionales, cerrándose en verano y abriéndose en invierno, en un rango de unos 0,6 mm. Por otro lado, a lo largo de los años, la magnitud de la abertura va aumentando ligeramente. En dos de las tres fisuras, que han tenido un comportamiento muy similar, en cada periodo anual las fisuras

van ganando amplitud de abertura en orden de 0,1 mm/año.

Análisis de la abertura en “dinámico”: se estudia, a lo largo del periodo de años, la máxima abertura de la fisura al paso de las cargas.

En este caso, en un gráfico homólogo, que contempla las tres fisuras a lo largo del tiempo, se puede observar cómo en los periodos estivales la máxima amplitud de señal es más alta y en los inviernos, más baja.

Esto correspondería al menor módulo de la mezcla en verano, provocando las cargas mayores deformaciones.

A su vez, a lo largo de los años, la amplitud de respuesta va aumentando ligeramente, seguramente por la disminución del módulo al envejecer la mezcla. En este sentido, si se ajustan rectas de regresión a cada una de las nubes de puntos de cada fisura, marcan una evolución muy similar de los movimientos horizontales, obteniéndose en todas unas pendientes ascendentes en torno a las 3 millonésimas.

Por otro lado, si comparamos los movimientos horizontales entre rodadas en cada fisura, podremos comprobar que la rodada derecha tiene valores ligeramente más elevados que la rodada izquierda, en un rango entre 4 y 6 micras.

Esto puede deberse a que la fisuración comienza por el exterior de la calzada (lado derecho), lo que podría deberse al efecto del bombeo transversal y a que, en el arcén, el espesor de mezcla bituminosa sobre la gravacemento es menor, haciendo esta zona más vulnerable.

En este sentido, resulta interesante comprobar cómo en los periodos de verano se altera claramente la pauta, igualándose el movimiento horizontal de ambas rodadas. No se ha encontrado una causa clara para este fenómeno, pero podría influir

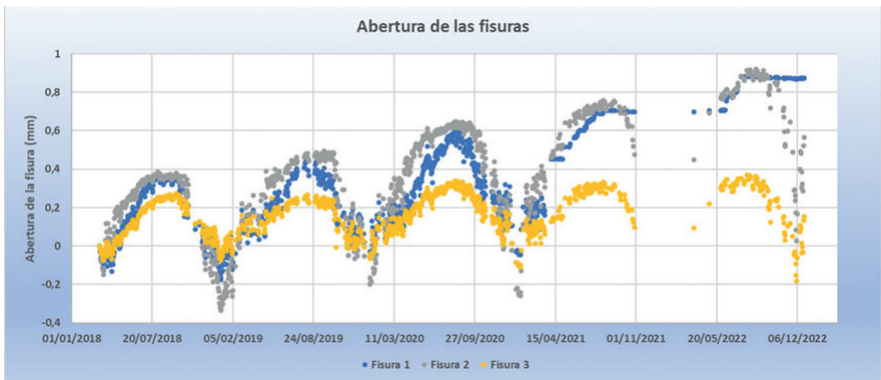


Figura 8. Aberturas en mm de cada fisura a lo largo del periodo de estudio

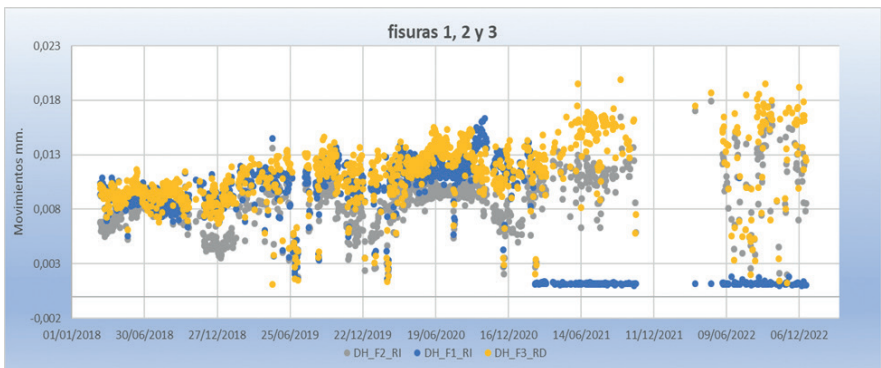


Figura 9. Máximas aberturas al paso de una carga a lo largo del periodo de estudio

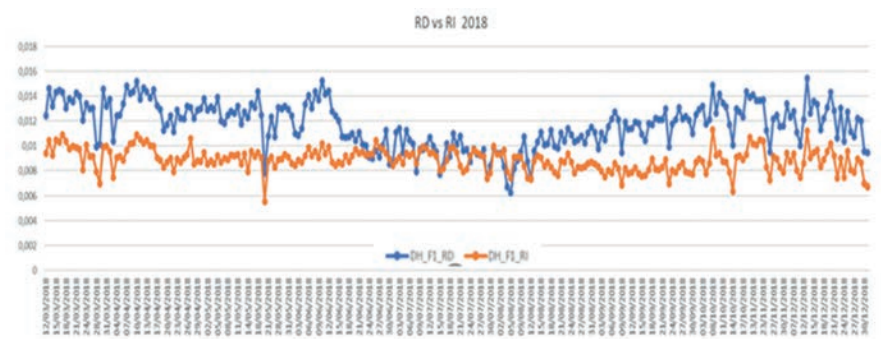


Figura 10. Comparación de movimientos entre ambas rodadas

también la mayor elasticidad de la mezcla en el verano.

b) Movimientos verticales:

Son indicativos de los escalonamientos de la fisura. Igual que los movimientos horizontales, pueden ser medidos en “estático”, analizando el nivel de escalonamiento que tiene la fisura a lo largo del tiempo; o en “dinámico”, analizando el movimiento de cizalla al paso de la carga.

Del análisis en “estático”, se obtuvieron pautas parecidas al parámetro anterior, respecto a la sincronía con

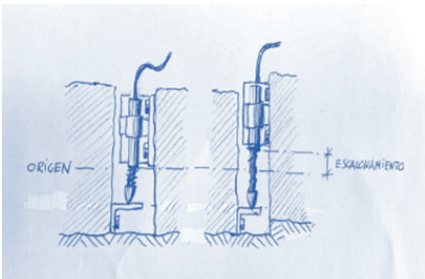


Figura 11. Esquema de instalación del sensor de movimiento en vertical

las variaciones estacionales, aunque con unas curvas más suaves. Ahora los ciclos verano invierno están en amplitudes de 0,2 mm. En cambio, la ganancia de amplitud de un año

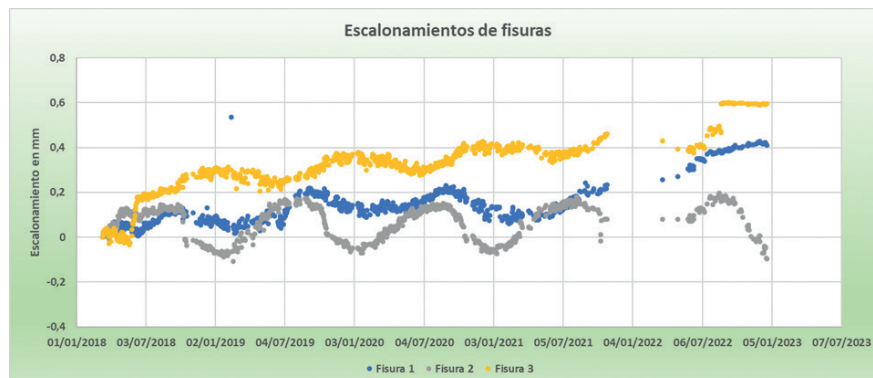


Figura 12. Escalonamientos en mm de cada fisura a lo largo del periodo de estudio

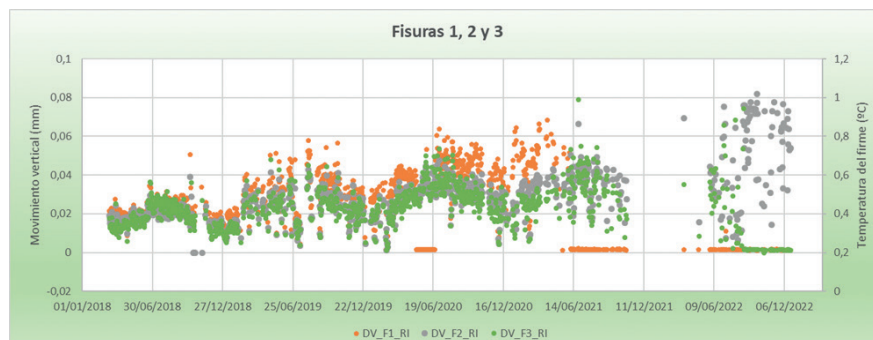


Figura 13. Máximos escalonamientos al paso de una carga a lo largo del periodo de estudio

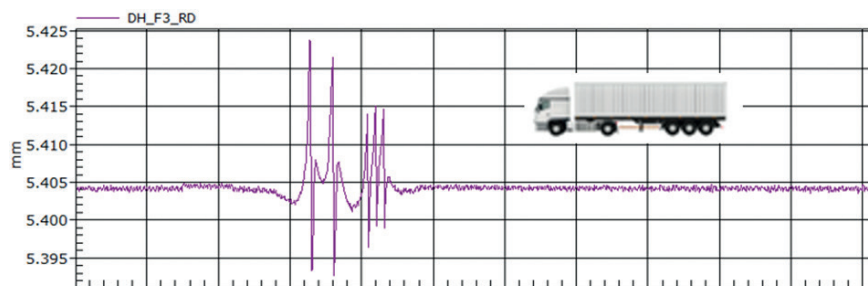


Figura 14. Pulso dinámico

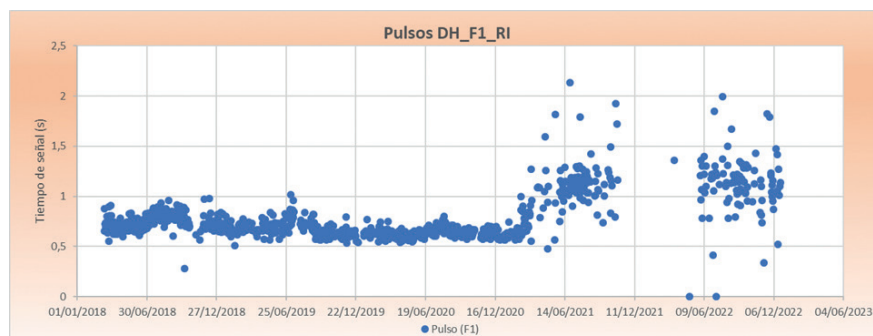


Figura 15. Duración de las señales (pulsos) a lo largo del periodo estudiado



Figura 16. Ensayo con deflectómetro de impacto

a otro está en torno al caso anterior: 0,1 mm/año.

Respecto al análisis “dinámico”, se encuentran resultados similares al análisis “dinámico” de los movimientos horizontales; la amplitud del movimiento de cizalla al paso de la carga va aumentando ligeramente con los años y sus valores también son mayores en la rodada derecha.

Igualmente, si se ajustan rectas de regresión a cada una de las nubes de puntos, todas marcan una evolución muy similar, con pendientes en torno a las 0,2 millonésimas.

c) Pulsos dinámicos

El pulso dinámico es la duración de la señal durante la aplicación de la carga.

El pulso dinámico se mostró muy constante durante los primeros años del sistema de monitorización, estando por lo general comprendido entre 0,5 y 1 segundo. Pero a partir de marzo de 2021, sufrió un aumento en duración y dispersión, llegando hasta los 2 segundos. Este momento coincidió con la aparición en superficie de la primera fisura.

d) Deflexión superficial

El indicador “Deflexión superficial” hace referencia al desplazamiento vertical de la superficie del pavimento al paso de una carga. Los tres sensores de deflexión dispuestos en el tramo tuvieron muy poca vida debido a la agresividad del tráfico. En su lugar, se decidió realizar varias campañas de auscultación con deflectómetro de impacto. Con ello se evaluó, por un lado, la evolución de la deflexión en la zona estudiada y por otro, la evolución de las fisuras a través del grado de transferencia de cargas entre “losas”.

A la vista de las campañas deflecométricas realizadas, se pudo observar que las deflexiones superficiales en todo el periodo se mantuvieron

constantes, con valores muy satisfactorios. Además, pese a estar las fisuras claramente formadas en superficie, el porcentaje de transferencia de cargas entre ambos lados de las fisuras ha sido lo suficientemente alto como para asegurar el correcto comportamiento estructural.

4.2 Parámetros ambientales

En este apartado se analizan los datos proporcionados por la estación meteorológica y, además, por los sensores de temperatura y humedad instalados en el aglomerado y en la explanada.

a) Temperatura y humedad ambiental, radiación y precipitación:

En el período estudiado, los valores de radiación, temperatura y humedad ambiente han sido muy similares todos los años a lo largo del estudio; lo que nos indica que ninguno de ellos ha podido influir de manera particular en el desarrollo de las fisuras.

En cambio, en el caso de las precipitaciones, se observó una disminución brusca a partir del 2021.

Esta circunstancia sí podría haber influido en el desarrollo de las fisuras, pero este periodo de menor precipitación se produjo una vez que las fisuras habían aparecido en superficie. Por tanto, se puede pensar que el proceso de fisuración se desarrolló atendiendo a las características mecánicas del tramo y por las cargas del tráfico, sin ser influido externamente por cambios en los parámetros ambientales.

b) Temperatura del firme

Se han registrado temperaturas en el firme a tres profundidades: 5, 10 y 29 cm. Su análisis se ha realizado de dos formas: una, relativa a las variaciones de temperaturas del firme diarias y, otra, respecto de las variaciones anuales.

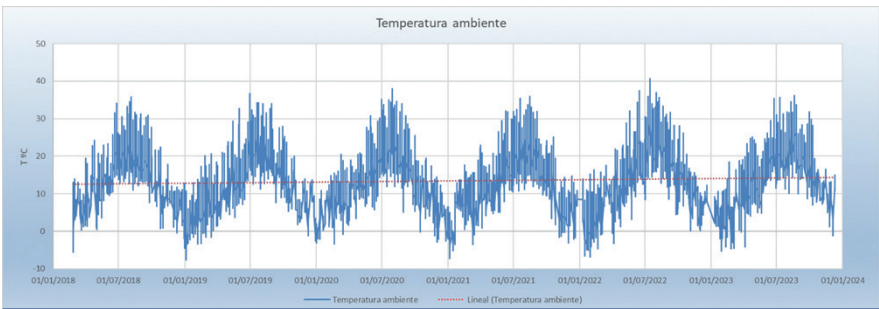


Figura 17. Temperatura ambiente en el periodo estudiado

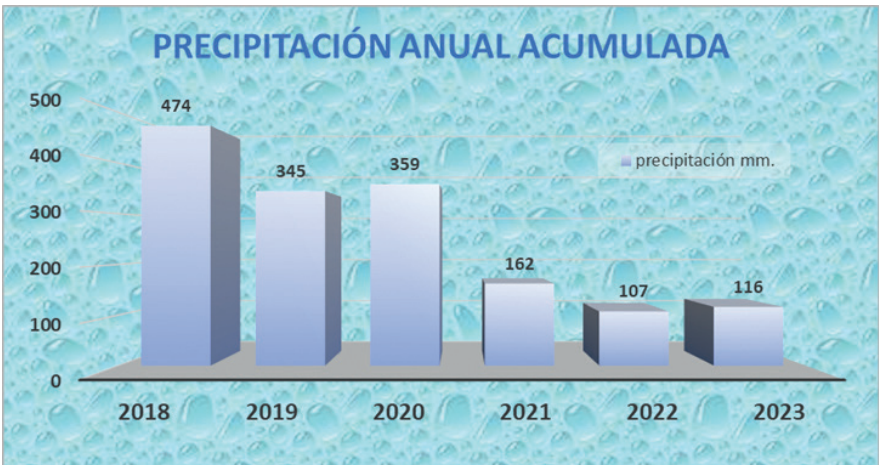


Figura 18. Precipitaciones anuales acumuladas

En cuanto a las variaciones diarias, se contemplan en el siguiente gráfico dos días aleatorios, consecutivos, donde la línea en amarillo representa la radiación solar; la verde, la temperatura ambiente; la negra, la temperatura de la capa de rodadura; la azul, la de la capa intermedia y la roja, la de la base.

Se observan de modo general una serie de peculiaridades:

Los puntos donde empieza a producirse radiación (inicio del día), coinciden exactamente con los momentos en los que la temperatura superficial del firme y la ambiental empiezan a subir. En cambio, la reacción de las temperaturas en capa intermedia y base es más lenta, marcándose un desfase en los comienzos de subida de sus curvas.

Del mismo modo, van adquiriendo sus máximos y sus mínimos de forma desfasada.

A lo largo del día, las curvas térmicas van cambiando su posición relativa, es decir, la capa más profunda, que es la más caliente durante la noche pasa a ser la más fresca durante el día.

El hecho más notable es, sin duda, cómo vuelven las curvas térmicas a su orden inicial, una vez caída la noche. En vez de cruzarse de forma desfasada, como en el proceso de calentamiento del día; en el enfriamiento de la noche, se cruzan las tres curvas en un mismo punto. Esto ocurre, de forma general, en todos los días del año, indicando que hay un momento al anochecer en el que todo el espesor de firme estaría a la misma temperatura, que sería el punto de convergencia térmica.

Por otro lado, cuanto más profunda es la capa, la pendiente de la curva es más tendida, mostrando menores variaciones de temperatura, debido al efecto de abrigo de las capas superiores.

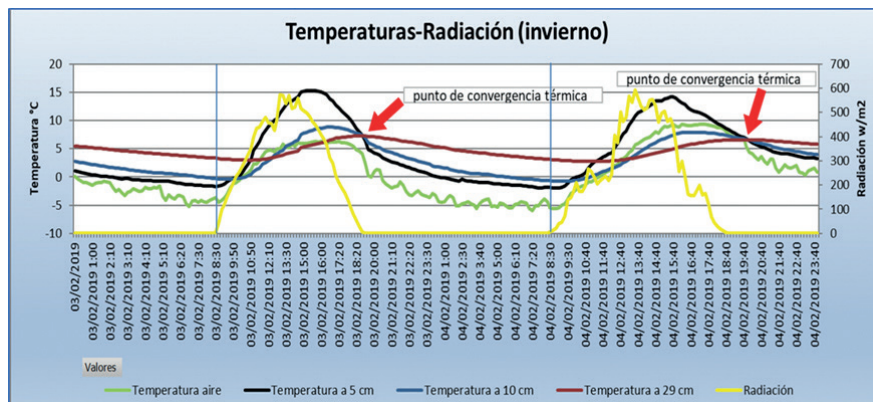


Figura 19. Ciclo térmico en dos días consecutivos

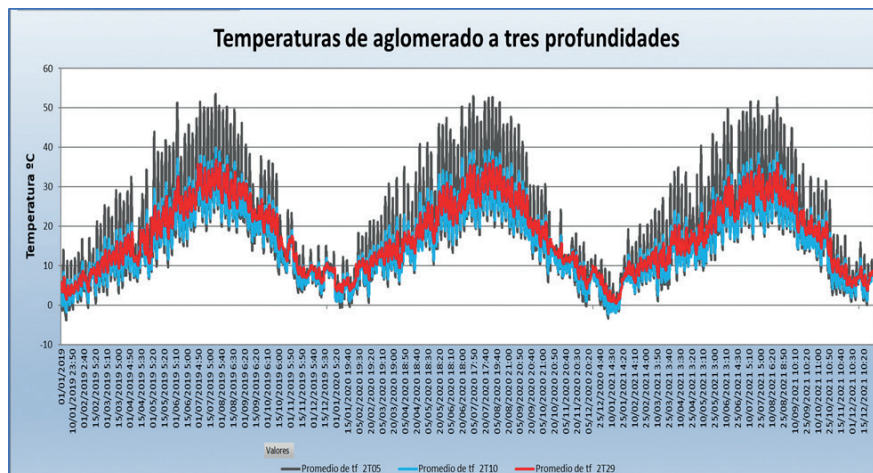


Figura 20. Temperaturas a tres profundidades entre 2019 y 2021

Respecto a las variaciones anuales, en el gráfico siguiente, a modo de ejemplo, se contemplan tres años consecutivos, donde, en este caso:

- La temperatura a 5 cm fluctúa anualmente entre -3°C y 52°C ($T=55^{\circ}\text{C}$).
- La temperatura a 10 cm fluctúa anualmente entre -2°C y 39°C ($T=41^{\circ}\text{C}$).
- La temperatura a 29 cm fluctúa anualmente entre 2°C y 36°C ($T=34^{\circ}\text{C}$).

Lo más relevante en este sentido es que, en relación con las temperaturas máximas, el factor más determinante para la transferencia de calor es la radiación, de forma que la máxima temperatura en la rodadura es notablemente superior al resto de las capas. En cambio, las máximas temperaturas en la intermedia y

la base son muy similares debido al efecto de protección que la capa de rodadura ofrece frente a la radiación.

De otra forma, para las temperaturas mínimas, donde la forma de transferencia de calor entre capas es la conducción, las temperaturas mínimas de las capas de rodadura e intermedia son muy parecidas. La mínima, en la capa de base, es ligeramente superior por la protección que las dos capas superiores le dan. Es decir, podría decirse que la capa intermedia funcionaría térmicamente de manera similar a la rodadura en los momentos fríos y de forma similar a la base, en los cálidos. O sea, que la capa más afectada por altas temperaturas es la capa de rodadura, mientras que la afección por temperaturas bajas, además de la rodadura, se extiende también a la capa intermedia.

El día más frío de la serie fue el 13 de enero de 2021; en el que se registró $-4,5^{\circ}\text{C}$ en la capa de rodadura; $-3,8^{\circ}\text{C}$ en la capa intermedia y 0°C en la base. Coincidió con el final de la borrasca Filomena. En este sentido, se entendió interesante hacer un estudio de la evolución de los días con temperatura por debajo de cero en el firme, a lo largo de la serie de años estudiada.

Como puede verse, el número de días al año en los que se produce esta circunstancia ha tenido una tendencia a ir incrementándose, en el periodo estudiado.

c) Temperatura de la explanada

Este parámetro se midió a un metro de profundidad de la coronación de explanada y se ha analizado su relación con la temperatura de la capa de rodadura. En el siguiente gráfico, correspondiente al año 2019, se observa en trazo azul el abanico diario de temperaturas correspondientes a la capa de rodadura; la línea roja corresponde a la explanada; y las curvas azul oscura y amarilla, a sus polinomios de ajuste respectivos.

En valores medios, la explanada, que se mantiene en un rango entre 8 y 25°C , está más caliente que la superficie de asfalto entre los meses de septiembre y febrero, para pasar a estar más fría entre marzo y agosto.

Evidentemente, la explanada está más protegida térmicamente que las capas de mezcla bituminosa; por lo que, en periodos invernales se mantendrá más caliente que la superficie de aglomerado y, en el estío, más fresca. Lo que llama la atención, en este caso, es la exactitud de las fechas en las que cambia de sentido en todos los años de la serie estudiada (febrero-marzo y agosto-septiembre). Esto se puede apreciar con mayor claridad en las curvas de tendencia.

d) Humedad de la explanada

Los dos sensores de humedad instalados en la explanada se mantuvieron operativos durante todo el periodo de estudio.

Se han comparado los registros de humedad con los datos de precipitación de la estación meteorológica.

Si se analizan los datos de un año concreto, por ejemplo, 2019, se observa que los dos sensores de humedad relativa, aunque no marcan los mismos niveles, se mueven siempre al unísono, reaccionando con respecto a la precipitación cuando se da un umbral de lluvia entre 3 y 5 mm. En ese momento, se distinguen dos patrones; uno en el periodo húmedo, donde se pasa a un estado de saturación con una pendiente muy fuerte y permanece allí unos 8 o 12 días, para después, pasar a un estado seco de forma igualmente brusca. El otro patrón, está en periodo seco, donde las precipitaciones no son suficientes para entrar en saturación y las bajadas son inmediatas al término de las lluvias, formándose picos en las gráficas, en vez de mesetas.

La cantidad de precipitación no parece influir en el tiempo en el que la explanada se mantiene saturada. Independiente de la cantidad y duración de la lluvia, el paso al estado seco sucede al cabo de 8-12 días a partir de que deja de llover o la precipitación descende por debajo de 3 o 5 mm. Entonces, la explanada pasa de forma casi inmediata estado seco.

El punto, quizás, más interesante, es que generalmente, la explanada no experimenta periodos intermedios de humedad. Tiende a estar en su punto máximo o en su punto mínimo, pasando súbitamente de húmeda a seca y viceversa. Esto, sin duda, corresponde a su carácter

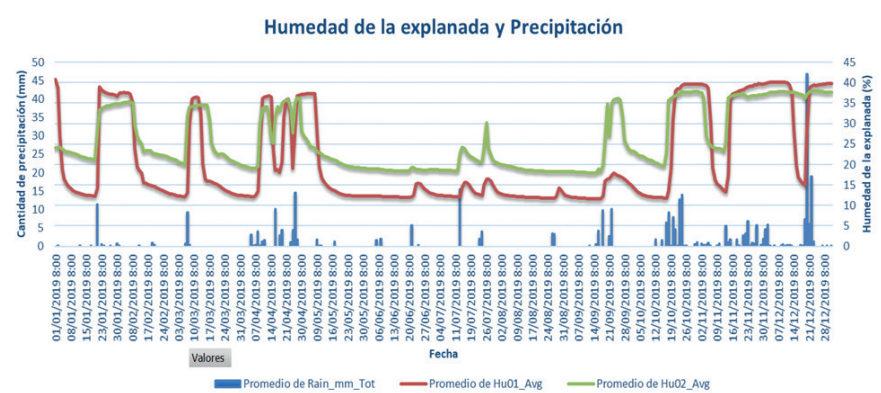


Figura 21. Humedad de explanada y precipitación en un año (2019)

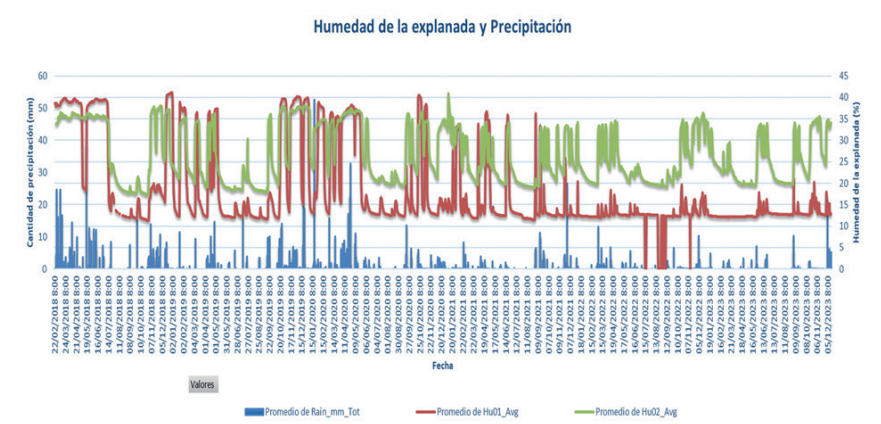


Figura 22. Humedad de explanada y precipitación en la serie anual (2018-2023)

granular, con buenas condiciones de drenaje.

Si se analiza el periodo completo de 2018 a 2023, se observa que a partir de 2021 los periodos de estío empiezan a difuminarse, alternándose temporadas secas y húmedas de forma más anárquica. Además, la forma de las curvas de humedad cambia, presentando máximos más puntiagudos, o sea, los periodos saturados son más breves. Por otro lado, los niveles de saturación bajan sensiblemente. En definitiva, se observa un cambio en la dinámica de humedades de la explanada a partir de 2021, año en el que las precipitaciones experimentaron un claro descenso, como se citó anteriormente.

5. Conclusiones

Por la diversa cantidad de datos obtenidos y por su calidad, se han podido recabar interesantes conclusiones respecto al comportamiento del refuerzo y la variación de determinados parámetros ambientales en el firme (temperatura a varias profundidades y humedad de la explanada).

Respecto al fenómeno de reflexión de fisuras, éste se ha producido aproximadamente en 4 años; los sensores instalados han sido sensibles a este fenómeno, detectando la aparición de la fisura unos meses antes de que ésta se reflejara claramente en la rodadura.

Pese a la formación de las fisuras en superficie y al elevado tráfico pesado, los datos de deflexiones indican que la presencia de esta

fisuración no ha afectado a la transmisión de cargas a través de ellas y, además, la capacidad portante del tramo no se ha visto afectada.

Los movimientos horizontales y verticales dinámicos en las fisuras monitorizadas han ido aumentando a lo largo del periodo de estudio, aumentando en verano y disminuyendo en invierno, probablemente por la mayor rigidez de las mezclas en invierno. La abertura ha ido aumentando aproximadamente 0,1 mm/año y se han acumulado escalonamientos entre labios de fisura entre 0,2 y 0,5 mm durante el periodo de estudio, según la fisura monitorizada.

En cuanto a las temperaturas en las distintas profundidades de las capas bituminosas, la monitorización ha mostrado minuciosamente cuál es la dinámica térmica que se produce en su interior y su relación con los parámetros ambientales externos. Se observa que la capa de rodadura es con diferencia la más sensible a los cambios térmicos y, por tanto, la más expuesta a la influencia del cambio climático. En la capa de rodadura, la menor temperatura mínima registrada fue de -3°C y la mayor temperatura máxima de 52°C, lo que supone una oscilación térmica de 55°C.

Por otro lado, la capa intermedia es casi tan sensible a las temperaturas bajas como la rodadura, de ahí que, respecto a las labores de mantenimiento y rehabilitación, haya que atender a ambas capas de igual forma. En esta capa, la menor temperatura mínima registrada fue de -2°C y la mayor temperatura máxima de 39°C, lo que supone una oscilación térmica de 41°C.

Por último, en la capa de base el rango de temperaturas fluctuó entre 2°C y 36°C, por lo que la variación térmica en el periodo de estudio fue de 34°C.

En relación a la humedad de la explanada y la pluviometría, la monitorización también ha revelado interesantes conclusiones, como el paso entre estados saturado a seco y viceversa, de forma súbita, sin estados intermedios de humedad y de forma casi inmediata al momento en el que se produce la precipitación.

6. Futuras líneas de investigación

Por el excelente nivel de monitorización obtenido en este tipo de estación, se considera interesante efectuar el seguimiento del comportamiento estructural y deterioro de otros refuerzos en la RCE. La línea a seguir, en este sentido, sería la de desarrollar unos equipos más compactos, más simples, con posibilidad incluso de ser portátiles, más fácilmente instalables, y por ende, más baratos.

Particularmente, sería muy interesante implementar un sistema de monitorización en una sección en la que se ejecute un refuerzo con sistemas antirremonte de fisuras en firmes semirrígidos con problemas de reflexión de fisuras procedentes de las capas tratadas con cemento, para avanzar en el comportamiento de este tipo de soluciones de rehabilitación.

Para complementar el conocimiento sobre los parámetros que influyen en la mecánica de los firmes, sería conveniente instalar una báscula dinámica en el sistema de monitorización. Esto permitiría obtener inputs basados en experiencias reales para los modelos de diseño de soluciones de refuerzo.

Con respecto a las conclusiones obtenidas sobre la dinámica térmica dentro de las capas bituminosas y las relativas a la humedad de la explanada, por su afección al cálculo

de las deflexiones y, por tanto, su posible implicación en el cálculo de soluciones de rehabilitación de firmes según la norma 6.3 IC, sería oportuno complementar el estudio llevado a cabo en otras secciones de la RCE, con distintas tipologías de explanada y características climáticas, con el objetivo de conocer en mejor medida la influencia de la humedad de la explanada en las deflexiones medidas en un firme.

Agradecimientos

Los autores del artículo desean expresar el merecido agradecimiento que corresponde al equipo del CEDEX que realizó en 2017 la implantación de la estación de instrumentación, a Belén Cadavid Jáuregui, Julián García Carretero y muy especialmente a Javier Pérez Ayuso.

También se quiere agradecer el apoyo del responsable de este trabajo por parte de la Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos y de la Dirección Técnica del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, Álvaro Navareño, por impulsar este proyecto, y la colaboración recibida de la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León, en particular a Javier Payán y Ana Isabel Fernández. Por último, se agradece la colaboración técnica de Ángel Pizarro y José Luis Lozano de la compañía H.B.K., y de Jorge T. Ruiz e Iñigo Cenoz, de Eo6 Ingeniería S.L.P. ❖

Reconectando la naturaleza: “La estrategia de desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras lineales de transporte”



Reconnecting nature: “the strategy for the defragmentation of habitatT affected by linear transport infrastructures”

Manuel Oñorbe Esparraguera

Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

España posee una amplia red de carreteras que, aunque son fundamentales para la cohesión del territorio, también representan barreras significativas para la fauna y contribuyen a la fragmentación de los hábitats, una de las principales amenazas para la biodiversidad en Europa.

En julio se aprobó la Estrategia de Desfragmentación de Hábitats Afectados por Infraestructuras Lineales de Transporte, que establece un marco estratégico a nivel nacional para reducir los efectos negativos de estas infraestructuras en la conectividad ecológica y la biodiversidad. Además, promueve la adopción de soluciones innovadoras basadas en la naturaleza.

El proceso de desarrollo de la estrategia ha involucrado a especialistas técnicos de administraciones tanto nacionales como autonómicas, además de recibir contribuciones del ámbito académico, organizaciones no gubernamentales y representantes del sector privado.

Desde la localización de áreas clave hasta el fomento de la colaboración entre los diferentes actores implicados, los 8 ejes estratégicos y 37 acciones que sustentan esta estrategia son elementos clave para integrar la biodiversidad en las infraestructuras de nuestro país.

Spain has an extensive network of roads that, while essential for territorial cohesion, also pose significant barriers to wildlife and contribute to habitat fragmentation, one of the main threats to biodiversity in Europe.

Last July, the Strategy for the Defragmentation of Habitats Affected by Linear Transport Infrastructures was approved, establishing a national strategic framework to mitigate the negative impacts of these infrastructures on ecological connectivity and biodiversity. It also promotes the adoption of innovative, nature-based solutions.

The development of the strategy involved technical experts from both national and regional administrations, as well as contributions from the scientific community, non-governmental organizations, and representatives of the private sector.

From identifying key areas to fostering collaboration among the different stakeholders involved, the 8 strategic axes and 37 actions that support this strategy are key elements for integrating biodiversity into the country's infrastructure.

Antecedentes

España cuenta con una amplia red de infraestructuras lineales, como ferrocarriles y carreteras de diversa tipología, que, aunque esenciales para el desarrollo socioeconómico y la conectividad territorial, generan impactos significativos en la biodiversidad. Estas infraestructuras no solo fragmentan hábitats naturales, limitando la distribución de muchas especies, sino que también agravan la problemática de la siniestralidad vial por colisiones con fauna silvestre, incluyendo especies en peligro de extinción.

Además, los efectos negativos no se limitan al transporte terrestre. Infraestructuras lineales destinadas al transporte de agua, como canales, o a la distribución de energía, ya sea eléctrica o de combustibles líquidos, también contribuyen a la fragmentación de hábitats. De todas ellas, las líneas eléctricas, tanto de transporte como de distribución, destacan por ser las más numerosas y, en algunos casos, las que generan impactos más significativos dependiendo de las características de las instalaciones asociadas.

Las infraestructuras de transporte son un elemento principal en el paisaje a la hora de contemplar tanto los aspectos de vertebración socioeconómica, como los referentes a la fragmentación del paisaje y ecológica que afectan a ecosistemas y especies. Es prioritario intentar armonizar ambos aspectos (económico y ecológico) de forma que ninguno incida negativamente en el otro, o al menos se intenten minimizar los efectos negativos. Las actuales líneas de trabajo y planes de ampliación de mejora de vías y su adaptación al cambio climático suponen una oportunidad para trabajar en la línea de la desfragmen-

tación de las infraestructuras de transporte.

Si bien las nuevas carreteras y ferrocarriles que se proyectan y construyen ya tienden a ir incorporando cada vez más medidas de permeabilización que permiten reducir estos impactos, en España se encuentra operativa una gran extensión de red viaria y ferroviaria que genera importantes impactos en la biodiversidad. Se necesita, por tanto, actuar sobre las infraestructuras de transporte ya existentes para aplicar medidas de mitigación y permeabilización que contribuyan a mejorar la conectividad ecológica y a desfragmentar los hábitats en los que se encuentran. Estas medidas permitirán reducir sus impactos sobre los seres vivos y los hábitats y con ello, conseguir una mejora global en la conservación de la biodiversidad, reduciendo simultáneamente la siniestralidad por colisiones entre fauna silvestre y vehículos, así como la mortalidad de pequeños vertebrados e invertebrados.

La Estrategia de Desfragmentación de Hábitats afectados por Infraestructuras Lineales de Transporte es una iniciativa clave para

armonizar las infraestructuras de transporte, con la conservación del entorno natural. Así, no solo pretende mejorar la seguridad vial y reducir los accidentes relacionados con la fauna, sino también promover una planificación del territorio más sostenible, que tenga en cuenta tanto los beneficios socioeconómicos como la necesidad de proteger el patrimonio natural. A través de la implementación de medidas de mitigación, como pasos de fauna, adaptaciones de drenajes y restauración ecológica de márgenes, se busca reducir la fragmentación provocada por las infraestructuras existentes y mejorar la conectividad entre los ecosistemas afectados. Este enfoque es especialmente relevante en un contexto de crisis climática, donde la preservación de la biodiversidad es fundamental para mantener ecosistemas resilientes y saludables.

La Estrategia tiene un ámbito de actuación estatal, y se focaliza en la reducción de la fragmentación de hábitats causada por las infraestructuras de transporte en funcionamiento (carreteras y ferrocarriles), pero siempre teniendo en cuenta que los documentos, herramientas y conclusiones que se deriven de



Figura 1.

la misma podrán ser de aplicación en las nuevas infraestructuras de transporte que se construyan en el futuro. Fue aprobada por la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente el 24 de julio de 2024, tras un largo proceso de elaboración coordinado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y que contó con la participación de expertos técnicos procedentes de administraciones autonómicas, provinciales e insulares, a través del Grupo de Trabajo de Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras lineales de transporte, así como con los aportes del ámbito científico, el tercer sector y representantes del sector empresarial.

Se plantea como una herramienta que aporte el marco estratégico y las directrices de actuación para canalizar los conocimientos y las soluciones técnicas que permitan reducir los impactos de las infraestructuras de transporte sobre la conectividad ecológica y la biodiversidad. Supone asimismo una base sobre la que aunar la cooperación de todos los agentes implicados en la gestión de vías de transporte y conservación y restauración de la biodiversidad para la desfragmentación del territorio. Además, pretende contribuir directamente al cumplimiento de los compromisos internacionales y nacionales sobre la materia, e indirectamente permitirá avanzar en la implementación de instrumentos como la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas.

La Fragmentación de Hábitats: Un Desafío Clave para la Conservación de la Biodiversidad

La fragmentación de hábitats representa uno de los mayores de-



Figura 2. La presencia de carreteras incrementa significativamente la mortalidad de especies, especialmente de vertebrados que intentan cruzar estas vías. Foto: Manuel Oñorbe.

safíos para la biodiversidad a nivel mundial. Este fenómeno ocurre cuando extensas áreas de hábitats naturales se dividen en fragmentos más pequeños y aislados, principalmente debido a la construcción de infraestructuras humanas como carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas o desarrollos urbanos. Estas intervenciones generan “efectos barrera” que dificultan el movimiento de especies y alteran procesos ecológicos fundamentales, constituyendo una seria amenaza para la conservación de los ecosistemas.

Las infraestructuras lineales, en particular, interrumpen los desplazamientos naturales de la fauna, fragmentan poblaciones y limitan su interacción, lo que afecta tanto a la diversidad genética como al equilibrio de los ecosistemas. Además, estos impactos no solo perjudican a la fauna terrestre, sino también a procesos clave como la dispersión de semillas, el transporte de nutrientes y la polinización, esenciales para mantener la funcionalidad ecológica.

La Estrategia de Desfragmentación de Hábitats Afectados por Infraestructuras Lineales de Transporte aborda estos retos promoviendo

medidas para restaurar la conectividad ecológica y mitigar los efectos de la fragmentación en los ecosistemas.

Una de las principales consecuencias de la fragmentación de hábitats es el aislamiento de las poblaciones animales. Al quedar separadas por barreras físicas, como carreteras o vías férreas, las poblaciones de fauna experimentan una reducción de su diversidad genética, lo que puede llevar a una disminución de su capacidad de adaptación a cambios ambientales, aumentando así su vulnerabilidad frente a enfermedades, cambios en el clima o eventos extremos. Este aislamiento también puede limitar el acceso a recursos esenciales, como alimento, agua o refugio, reduciendo las probabilidades de supervivencia a largo plazo.

Otra consecuencia directa de la fragmentación es el aumento de atropellos de fauna en las infraestructuras viarias. La presencia de carreteras incrementa significativamente la mortalidad de especies, especialmente de vertebrados que intentan cruzar estas vías. La fauna de mayor tamaño, como mamíferos (ciervos, jabalíes) y grandes carní-



Figura 3. Las infraestructuras lineales, en particular, interrumpen los desplazamientos naturales de la fauna, fragmentan poblaciones y limitan su interacción. Foto: Manuel Oñorbe

voros (lince, lobos), es especialmente vulnerable, ya que tienden a desplazarse en busca de alimento o pareja, encontrándose con barreras que suponen un riesgo mortal. La Estrategia de Desfragmentación incluye medidas específicas para minimizar la mortalidad por atropello, como la construcción de pasos de fauna, vallados perimetrales y sistemas de alerta para conductores.

Además, la fragmentación de hábitats también genera perturbaciones ambientales significativas. El ruido del tráfico, la contaminación lumínica de las infraestructuras y la emisión de contaminantes afectan el comportamiento, la reproducción y la supervivencia de numerosas especies. Por ejemplo, el ruido constante puede interferir en la comunicación acústica de las aves, lo que altera sus patrones de apareamiento. La luz artificial, por su parte, puede desorientar a especies nocturnas, afectando sus ciclos biológicos y reduciendo la eficacia de la depredación o la polinización nocturna.

La construcción y mantenimiento de infraestructuras lineales no solo afectan a la fauna, sino que también tienen un impacto significativo en el

paisaje y sus procesos ecológicos. La creación de carreteras y ferrocarriles modifica el relieve, altera la estructura del suelo y rompe la continuidad de los ecosistemas. Uno de los efectos más visibles de la fragmentación es la erosión del suelo, provocada por la interrupción de los procesos naturales de escorrentía y la pérdida de vegetación que estabiliza la tierra. Esta erosión, a su vez, puede afectar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, impactando negativamente en la fauna y la flora acuáticas.

Otro aspecto importante es la reducción de los servicios ecosistémicos, que son los beneficios que la naturaleza proporciona a la sociedad. La fragmentación puede disminuir la calidad de servicios como la polinización, la dispersión de semillas o el control biológico de plagas, afectando tanto a la biodiversidad como a la agricultura y otras actividades económicas. La Estrategia de Desfragmentación busca restaurar estos servicios mediante la creación de corredores ecológicos que permitan el flujo natural de especies y procesos ecológicos, conectando fragmentos de hábitats que han quedado aislados por las infraestructuras.

Visión y Metas prioritarias

La Estrategia de Desfragmentación nace con un propósito claro: transformar nuestras infraestructuras lineales de transporte en elementos compatibles con la conectividad ecológica y la conservación de la biodiversidad.

Su visión es lograr una red de transporte moderna, eficiente y resiliente que, además de garantizar la seguridad vial, fomente la conectividad ecológica y proteja la biodiversidad. Con una vigencia de 10 años tiene los siguientes objetivos principales:

- Reducir los efectos de la fragmentación de hábitats causados por carreteras y ferrocarriles existentes en el territorio español.
- Promover el conocimiento aplicado y herramientas innovadoras que orienten la toma de decisiones hacia soluciones compatibles con la biodiversidad.
- Establecer un marco de gobernanza y colaboración, involucrando a todos los sectores clave, para lograr consensos en torno a las acciones necesarias.

Enmarcados en estos objetivos se han definido 8 ejes estratégicos, cada uno de los cuales se desarrolla a través de 37 acciones.

- Eje 0 – Identificar las áreas prioritarias a desfragmentar
- Eje 1 – Aumentar la permeabilidad de las infraestructuras y restablecer la conectividad ecológica
- Eje 2 – Reducir los accidentes y atropellos de fauna
- Eje 3 – Mitigar las perturbaciones asociadas a las infraestructuras y el tráfico

- Eje 4 – Favorecer la biodiversidad y la adaptación al cambio climático en la gestión de infraestructuras priorizando las soluciones basadas en la naturaleza
- Eje 5 – Promover la investigación, la innovación y la transferencia de conocimiento en el ámbito de las infraestructuras y la biodiversidad
- Eje 6 – Promover la sensibilización y comunicación entre los sectores de infraestructuras y biodiversidad y con la ciudadanía
- Eje 7 – Fomentar la cooperación entre los agentes implicados y desarrollar modelos de gobernanza para la implementación de la Estrategia

Conexión con los Objetivos Nacionales y Europeos para la Conservación de la Biodiversidad

La Estrategia de Desfragmentación está alineada con los compromisos nacionales e internacionales en materia de biodiversidad. A nivel nacional, se enmarca en la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas, que impulsa el despliegue de la infraestructura verde en España y reconoce la necesidad de que los servicios ecosistémicos sean tenidos en cuenta a la hora de planificar nuestro territorio. También está vinculada con el Plan Estratégico Estatal de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que establece objetivos específicos para reducir la fragmentación de los hábitats.

En el contexto europeo, la estrategia responde a la Estrategia de Biodiversidad de la Unión Eu-

ropea para 2030, cuyo objetivo es restaurar la naturaleza y mejorar la conectividad de los ecosistemas en todo el continente. Además, se alinea con el Pacto Verde Europeo, que busca una economía sostenible y baja en carbono, promoviendo la adaptación al cambio climático y la recuperación de la biodiversidad. La Estrategia de Desfragmentación contribuye a estos objetivos mediante la reducción de los impactos de las infraestructuras lineales sobre la naturaleza, especialmente en aquellas zonas de alta importancia ecológica.

Con este enfoque, la Estrategia de Desfragmentación no solo aborda la problemática ambiental, sino que también se convierte en una herramienta fundamental para promover una gestión sostenible del territorio.

Soluciones para la Conectividad Ecológica y la Restauración de Hábitats

La Estrategia de Desfragmentación de Hábitats promueve la adopción de medidas técnicas para restaurar la conectividad ecológica en infraestructuras lineales, principalmente carreteras y ferrocarriles. Estas acciones buscan reducir la fragmentación de hábitats mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), que permiten restaurar la funcionalidad ecológica de los territorios afectados.

Las SbN son enfoques que utilizan procesos y elementos naturales para abordar problemas ambientales. Algunas de las medidas más destacadas son:

Restauración de márgenes y medianas: La restauración utilizando vegetación autóctona en los márgenes de las carreteras mejora la integración paisajística, reduce el

efecto borde y crea corredores ecológicos que facilitan el movimiento de la fauna. Además, la vegetación actúa como barrera natural frente a la contaminación lumínica y sonora.

Plantar vegetación nativa en los márgenes permite crear zonas de amortiguación que disminuyen el impacto de las infraestructuras sobre los hábitats circundantes. La vegetación ayuda a reducir la erosión, mejora la calidad del suelo y proporciona refugio y alimento para la fauna.

Bioingeniería para estabilización de taludes: La aplicación de técnicas de bioingeniería en taludes permite controlar la erosión y estabilizar suelos, usando materiales como fibras vegetales y enraizamiento de especies nativas. Esto ayuda a mantener la integridad del paisaje y reduce los impactos negativos sobre el suelo y la hidrología local.

Corredores ecológicos: La creación de corredores naturales permite reconectar hábitats fragmentados, facilitando el desplazamiento de la fauna y la dispersión de semillas. Estos corredores pueden diseñarse combinando medidas de revegetación con pasos específicos para la fauna.

Construcción de Pasos de Fauna: Los pasos de fauna son estructuras específicas diseñadas para permitir que los animales crucen infraestructuras lineales de forma segura. Existen varios tipos de pasos de fauna, adaptados a las características de las especies locales y al entorno natural, como los ecoductos, los pasos inferiores o las rampas de escape.

Adaptación de Estructuras y Drenajes para Facilitar el Paso de Especies: En muchas infraestructuras lineales, los sistemas de drenaje pueden actuar como barreras para la fauna acuática. Para evitar



Figura 4. Uno de los primeros retos es la identificación de las áreas críticas que necesitan acciones prioritarias. Foto: Manuel Oñorbe.

este problema, la Estrategia propone medidas para adaptar y mejorar estos drenajes.

Adaptación al Cambio Climático y Biodiversidad

La desfragmentación de hábitats es una herramienta fundamental para la adaptación de los ecosistemas al cambio climático. La Estrategia de Desfragmentación de Hábitats tiene un enfoque integral que no solo busca reducir la fragmentación, sino también aumentar la resiliencia de los ecosistemas ante un clima cambiante.

Las infraestructuras de transporte deben ser resilientes ante los impactos del cambio climático, como el aumento de temperaturas, eventos climáticos extremos o cambios en los patrones de precipitaciones. La desfragmentación de hábitats contribuye a esta resiliencia al permitir la movilidad de especies que necesitan desplazarse en respuesta a cambios en las condiciones ambientales. Al mejorar la conectividad ecológica, se facilita la migración de las especies hacia áreas más fa-

vorables, asegurando así la supervivencia de poblaciones y la estabilidad de los ecosistemas.

Gobernanza, Participación y Educación

La implementación eficaz de la Estrategia de Desfragmentación de Hábitats requiere una gobernanza sólida, un proceso de comunicación y difusión amplio y una labor constante de educación y sensibilización ambiental. La colaboración entre diferentes actores —administraciones públicas, técnicos, científicos, organizaciones ambientales y la ciudadanía— es fundamental para el éxito de esta estrategia.

“Para avanzar en la aplicación de las directrices establecidas en la Estrategia, se está desarrollando el primer programa de trabajo quinquenal para su implementación. Este programa, elaborado con la participación de varios ministerios y comunidades autónomas, define actuaciones concretas y establece objetivos medibles, indicadores de éxito y presupuestos estimados para el desarrollo de cada uno de

los ejes estratégicos. En este marco, se aborda la cuantificación específica de los impactos previstos, incluyendo la reducción estimada de atropellos de fauna, la mejora en la conectividad y la disminución de la fragmentación. Asimismo, se detallan los costes asociados a las medidas propuestas y se identificarán posibles fuentes de financiación, garantizando así su viabilidad económica y efectiva puesta en marcha. Está previsto que el programa de trabajo se apruebe a lo largo del presente año

Contó con una participación plural, diversa y representativa de las diferentes administraciones y agentes desde el inicio, buscando un documento de amplio consenso, de cara a la consecución de compromisos concretos por parte de las administraciones y agentes. Por este motivo se desarrollaron sesiones técnicas de participación en las que participaron más de 120 personas pertenecientes a diferentes administraciones estatales y regionales, así como agentes externos del mundo de la empresa, ONG, centros de investigación, Universidades y empresa pública, entre otras. Esta diversidad de perspectivas permitió alcanzar un consenso amplio sobre las ejes estratégicos y acciones a adoptar y adaptarlas a las realidades territoriales de cada región, integrando conocimientos técnicos y científicos con la experiencia práctica de los gestores de infraestructuras.

La inclusión de esta variedad de actores garantiza que la Estrategia no solo tenga una base sólida en términos científicos, sino que también se ajuste a las necesidades reales y prácticas del territorio, facilitando su aplicación efectiva.

Por otro lado, la educación ambiental y la sensibilización de la población son elementos clave para

su implementación. La población necesita comprender la importancia de la desfragmentación de hábitats y cómo estas acciones no solo benefician a la biodiversidad, sino también a la calidad de vida de las personas. La educación ambiental debe enfocarse en transmitir los beneficios de conservar la conectividad ecológica, la relevancia de las especies locales y la necesidad de adoptar prácticas sostenibles.

La sensibilización también es crucial para fomentar un cambio en la percepción del impacto de las infraestructuras de transporte sobre el entorno natural. Campañas informativas, programas educativos en centros escolares y actividades de voluntariado en proyectos de restauración ecológica son algunas de las acciones que pueden generar un mayor compromiso de la ciudadanía.

Retos y Oportunidades para el Futuro

La implementación de la Estrategia de Desfragmentación de Hábitats plantea una serie de retos y oportunidades que es necesario abordar para garantizar su éxito. Estos desafíos afectan tanto a la planificación y gestión de las infraestructuras como a la cooperación entre diferentes niveles administrativos y la aceptación por parte de la ciudadanía.

Identificación de Áreas Críticas que Requieren Medidas Urgentes: Uno de los primeros retos es la identificación de las áreas críticas que necesitan acciones prioritarias. Estas áreas suelen ser tramos de infraestructuras que atraviesan hábitats vulnerables o zonas de alto valor ecológico. La determinación de estas zonas requiere estudios detallados de la fauna local, la conecti-



Figura 5. La Estrategia propone entre otras medidas la adaptación de estructuras y drenajes para facilitar el paso de especies. Foto: Manuel Oñorbe.

dad ecológica y los impactos específicos de cada infraestructura. La implementación de estas medidas también debe considerar la necesidad de restaurar hábitats degradados y mejorar la permeabilidad en las áreas de mayor conflicto entre infraestructuras y biodiversidad.

Esta fase inicial de identificación es crucial, ya que permitirá focalizar los esfuerzos y los recursos en aquellos lugares donde se puedan lograr mayores beneficios en términos de conectividad ecológica y conservación de especies.

Una experiencia relevante en esta línea ha sido el desarrollo del documento 'Identificación de áreas a desfragmentar para reducir los impactos de las infraestructuras lineales de transporte en la biodiversidad' (MITECO, 2024). En él se propone un modelo para identificar áreas prioritarias donde aplicar medidas de mitigación, considerando tanto zonas con alto grado de fragmentación como aquellas con un patrimonio natural aún bien conservado.

El modelo se basa en tres índices principales: la vulnerabilidad biológica a las infraestructuras lineales de transporte, el tamaño efectivo de malla y la densidad de infraestructuras de transporte. Además, incorpora dos variables complementarias: los modelos de conectividad ecológica y la densidad de accidentes con fauna silvestre.

A partir de la identificación de estas áreas prioritarias, técnicos del MITECO, en colaboración con operadores de infraestructuras viarias, realizaron visitas de campo en las zonas de máxima prioridad para evaluar su situación y definir medidas concretas que permitan minimizar los efectos de la fragmentación.

La implementación de la Estrategia enfrenta barreras y limitaciones que deben ser superadas para garantizar su efectividad. Entre otras cabría destacar, la disponibilidad de recursos económicos como uno de los factores más críticos. La adaptación y restauración de infraestructuras requieren inversiones significativas, por ello, es fundamental asegurar la financiación suficiente

para las medidas propuestas, tanto a nivel estatal como local, y explorar vías de cofinanciación, como fondos europeos o colaboraciones público-privadas.

Por otro lado, la coordinación entre distintos niveles administrativos —nacional, autonómico y local— es esencial para evitar duplicidades y asegurar que las medidas sean coherentes en todo el territorio. La falta de comunicación o alineación en objetivos puede ralentizar la aplicación de las acciones y reducir su efectividad.

Asimismo, es necesario resaltar que la percepción social sobre la importancia de la desfragmentación de hábitats y la conectividad ecológica aún puede ser limitada. Lograr el apoyo ciudadano requiere un esfuerzo constante en comunicación y participación, especialmente en áreas urbanas, donde la relación con la naturaleza es menos directa.

La Estrategia también ofrece importantes oportunidades para la innovación y la modernización en la gestión de infraestructuras. La digitalización, el uso de nuevas tecnologías y la integración de herramientas avanzadas en la planificación territorial son aspectos clave para mejorar la eficiencia de las medidas propuestas:

La Estrategia fomenta la colaboración entre el sector público y privado, incentivando la participación de empresas en proyectos de restauración ecológica y la aplicación de medidas sostenibles en la construcción y mantenimiento de infraestructuras. Esta cooperación no solo aporta financiación adicional, sino que también facilita la transferencia de conocimientos y tecnología.

La Estrategia de Desfragmentación de Hábitats Afectados por Infraestructuras Lineales de Transporte es una herramienta clave para

mitigar los impactos negativos de las infraestructuras sobre la biodiversidad en España. La mejora de la conectividad ecológica no solo beneficia a la fauna y la flora, sino que también contribuye a la adaptación al cambio climático, mejora la calidad del entorno natural y aumenta la resiliencia de los ecosistemas.

Para alcanzar estos objetivos, es esencial la cooperación a todos los niveles: desde la coordinación entre administraciones y la implicación de los ayuntamientos, hasta la participación activa de la ciudadanía y el sector privado. La educación ambiental y la sensibilización son elementos clave para asegurar el éxito a largo plazo, fomentando un cambio de mentalidad hacia una gestión del territorio más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

La implementación de la Estrategia requiere un compromiso político y social firme, junto con la disponibilidad de recursos económicos suficientes. La adopción de nuevas tecnologías y la digitalización ofrecen oportunidades para mejorar la eficiencia de las medidas propuestas, optimizando la conservación de la biodiversidad en un contexto de creciente presión ambiental. En este sentido, la Estrategia no solo representa una respuesta a los desafíos actuales, sino que también sienta las bases para un modelo de desarrollo más sostenible y equilibrado en el futuro.

Referencias

- [1] Estrategia de Desfragmentación de Hábitats Afectados causada por Infraestructuras Lineales de Transporte: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/fragmentacion/estrategia-desfragmentacion.html>
- [2] Fahrig, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 487-515.
- [3] Rosell, C., Seiler, A., Chrétien, L., Guinard, E., Hlavá, V., Moulherat, S., Fernández, L.M., Georgiadis, L., Mot, R., Reck, H., Sangwine, T., Sjolund, A., Trocmé, M., Hahn, E., Bekker, H., Bíl, M., Böttcher, M., O'Malley, V., Autret, Y., & van der Grift, E. (Eds.). (2023). *IENE Biodiversity and infrastructure. A handbook for action*. <https://www.biodiversityinfrastructure.org/>
- [4] VVAA. MITECO. Serie Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/fragmentacion/fragm-publicaciones.html> ❖

Rehabilitación del “Puente sobre la A-5 en el pk 126+250” en Talavera de la Reina (Toledo)



Francisco José Tobarra Lozano

ICCP

Demarcación de Carreteras de Castilla La Mancha

Jefe Área Conservación y Explotación

Gonzalo Arias Hofman

ICCP

INES Ingenieros

Responsable de Asistencia Técnica a la Obra

Alberto De La Torre Palencia

ICCP

Audeca

Responsable de Ejecución de Obra

El puente objeto de la rehabilitación es una obra construida en la variante de Talavera de la Reina de la autovía A-5 en 1990, para solucionar un enlace de conexión con un Polígono Industrial próximo. Presenta una configuración estructural singular, puesto que los vanos extremos se ejecutaron in situ como losas postesadas, mientras que el tramo central fue una solución prefabricada con apoyos a media madera. Los deterioros observados tanto en los apoyos a media madera como en las losas construidas in situ condujeron a la ejecución de una obra de rehabilitación por el procedimiento de emergencia, que se describe en el presente artículo.

1. Introducción

El impulso constructivo de nuevas carreteras y autovías entre finales de la década de 1980 y la crisis de 2008 incorporó a la Red de Carreteras del Estado (RCE) un inmenso patrimonio de nuevos puentes, muchos de ellos con soluciones estandarizadas, pero también una serie de puentes que podrían clasificarse como singulares en su conjunto o en sus detalles. Algunas de estas soluciones, pasado el tiempo (más de 20 años de vida útil), se han demostrado como poco longevas y propicias a desarrollar patologías cuyo arreglo y el propio mantenimiento de estas obras supone un reto y un coste elevado. Sin pretender describir todo el elenco

posible, vamos a citar algunos de estos detalles constructivos que están presentes en el puente objeto del artículo y que nos deberían hacer reflexionar para el futuro diseño de nuevos puentes:

- Apoyos a media madera
- Ausencia de impermeabilización en el tablero y en las juntas de dilatación
- Uso de áridos potencialmente reactivos en el hormigón

La descripción del puente, sus patologías y las soluciones implementadas en las obras de rehabilitación permiten ofrecer una solución para otras intervenciones que puedan presentar coincidencias con lo expuesto.



Figura 1. Imagen del alzado este de la estructura antes de la intervención

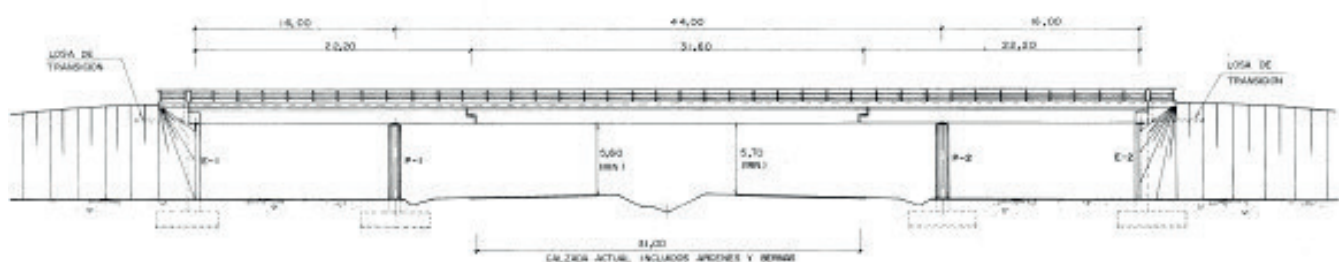


Figura 2. Plano original del alzado de la estructura

2. Descripción de la estructura

El puente sobre la autovía A-5 en el P.K. 126+250 en Talavera de la Reina (Toledo) fue construido en 1990 como parte de los viales del P.I. Torreherro, promovido por SEPES, con proyecto del insigne Ingeniero de Caminos (J.A. Llombart). (Figura 1)

La estructura es un puente de tres vanos, de luces de 16,00 m en los vanos extremos y de 44,00 m en el vano central (longitudes entre ejes de apoyo en pilas o estribos, sin considerar los apoyos a media madera). El ancho del puente es de 11,50 m. (Figura 2)

Los vanos extremos están formados por una losa postesada de 1,50 m de canto, con 5 aligeramientos circulares de 1,00 m de diámetro y hormigón HP-35. Estos vanos son de hormigón postesado in situ presentando unas luces de 16,00 m y un voladizo de 6,20 m. Sobre este voladizo se apoyan las vigas del vano central mediante unos apoyos a media madera. (Figura 3)

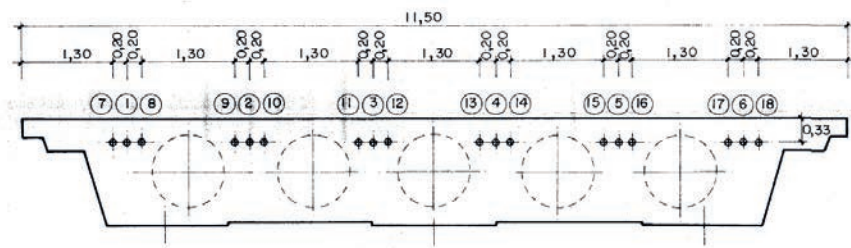


Figura 3. Sección transversal de la losa pretensada (apoyos pilas)

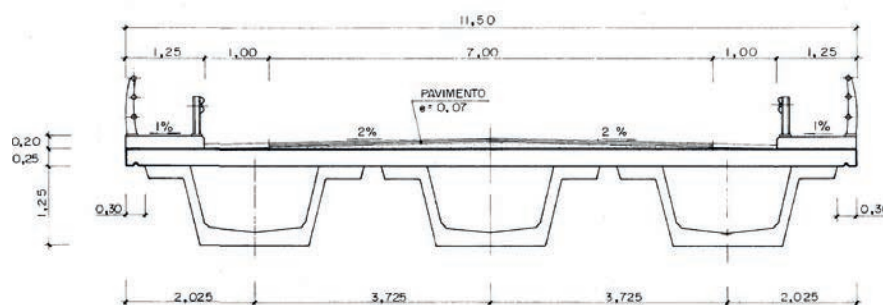


Figura 4. Sección transversal del vano central



Figura 5. Vista superior desde el estribo 1 antes de la intervención

El apoyo de las pilas está formado por 3 fustes de 1,00 m de diámetro que soportan un neopreno circular. El apoyo sobre los estribos se resuelve mediante 3 neoprenos rectangulares.

El vano central se trata de un tramo isostático de 31,60 m de longitud, formado por tres vigas artesas de hormigón pretensado prefabricado. Sobre las vigas se dispone una losa de 0,25 m de espesor. Estas vigas apoyan mediante tres neoprenos rectangulares en el apoyo a media madera.

Los estribos son de tipo cerrado con cimentación directa en ambos estribos con muros laterales en continuación. Ambos estribos presentan unas aletas de 1,85 m. El hormigón empleado en los estribos es de HA-20 en las zapatas y HA-25 en los alzados.

La plataforma presenta una calzada de circulación de dos carriles, con pavimento bituminoso, arceles y aceras a ambos lados, y un bombeo del 2%. El espesor del aglomerado en el proyecto es de 7 cm, mientras que las medidas que se tomaron en campo muestran un espesor de pavimento de 5 cm. La calzada sobre la estructura consta de dos carriles de 3,50 m de ancho. Existen dos arceles situados a cada lado de la calzada, creando un ancho total entre ambos de 4,50 m. Las aceras están formadas por un zócalo de 1,25 x 0,20 m. Sobre este zócalo se dispone de una bionda y de un perfil metálico. (Figura 5)

El sistema actual de drenaje de la estructura consta de 4 sumideros, localizados en las zonas de los apoyos sobre las pilas. Estos sumideros carecían de gárgolas (pese a que en los planos del proyecto se definen) y el agua terminaba escurriendo por la cara inferior de la losa.

La estructura contaba con dos juntas de dilatación en los apoyos de



Figura 6. Detalle de las fisuras en el apoyo a media madera del voladizo en el vano 2 alzado oeste



Figura 7. Medida del diámetro de una armadura vista Ø12 en el apoyo a media madera del vano 2, lado P.I. Torrehierro

media madera, y dos juntas ocultas en los apoyos extremos de las losas en los estribos.

3. Principales patologías observadas

El análisis realizado por INES Ingenieros a solicitud de la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla La Mancha, en febrero de 2022, identificó los problemas fundamentales:

- Las patologías más llamativas eran las humedades, los desconchones y las armaduras vistas en los apoyos a media madera (sobre todo en el apoyo norte). (Figura 6)

Las armaduras expuestas en la zona del apoyo a media madera del vano 2 (lado P.I. Torrehierro) presentaban solo una oxidación superficial, sin pérdidas aparentes de sección en armaduras medidas con calibre digital y compa-

radas con la armadura indicada en los planos del Proyecto original. (Figura 7)

- En un análisis más detallado, se pudo identificar como principal patología las fisuras, que aparecen muy marcadas en la cara inferior de las losas postesadas in situ (más relevantes que las de los apoyos a media madera). El patrón de fisuración, la ubicación geográfica del puente y las visibles filtraciones de agua indicaban que podría existir un problema de reacción árido-álcali (AAR) en el hormigón empleado en la ejecución de la losa postesada in situ, que fuera la causa subyacente de los daños observados. (Figura 8)

- Además de las fisuras observadas en los paramentos de la cara inferior de las losas y las almas, se abrieron una serie de catas sobre el tablero (retirando el pavimento y picando el hormigón hasta descubrir las armaduras) para verificar la existencia de fisuras y el estado de las armaduras. Es frecuente que, en este tipo de losas, en la cara inferior la fisuración sea masiva y de pequeña abertura, mientras que en la cara superior haya menos fisuras, pero de una gran abertura. El riesgo de estas fisuras sobre el tablero es la introducción del agua (con sales fundentes) en el interior del hormigón con posible rotura de las armaduras pasivas y, sobre todo, la afección a las vainas de postesado que también pueden presentar problemas de inyección. Varios ejemplos de puentes demolidos han sufrido estas patologías en un grado extremo.

Las catas realizadas en este caso sobre el tablero mostraron las grietas y rotura de armaduras pasivas transversales en la cara superior, lo cual condicionó las



Figura 8. Detalle de las fisuras longitudinales en cara inferior del voladizo en el vano 2



Figura 9. Detalle de las grietas longitudinales en cara superior del vano 1 y armaduras pasivas rotas



Figura 10. Salida de agua del interior de un aligeramiento tras perforar la clave inferior de la losa de hormigón

actuaciones inicialmente planteadas. (Figura 9)

- En una de las auscultaciones realizadas, se ‘pinchó’ el hormigón situado bajo la clave inferior de uno de los aligeramientos, en el paramento que mostraba una mayor concentración de humedades y eflorescencias, provocando el vaciado inmediato del agua acumulada dentro del aligeramiento

Esta es una situación más frecuente de lo que podamos imaginar en este tipo de losas aligeradas y siempre conviene realizar esta comprobación, con las medidas de seguridad adecuadas para evitar dañar las armaduras activas de la losa; la experiencia del equipo que realice esta práctica es fundamental. (Figura 10)

- Se realizó una evaluación estructural del armado de los apoyos a media madera, que pudo explicar el correcto dimensionamiento general de estos apoyos, descartando que las patologías fueran consecuencia de un deficiente funcionamiento resistente de los mismos.

Una vez realizado este primer análisis, se decidió confirmar la afección por AAR y conocer su estado de avance en el hormigón de las dos losas extremas se solicitó la extracción de una serie de testigos y la realización de ensayos de rotura a compresión y módulo de elasticidad. Los resultados de las roturas a compresión de los testigos extraídos dan valores de resistencia algo inferiores a los teóricos, en línea con lo esperado para hormigones afectados por este tipo de procesos reactivos.

Existen otros deterioros en diferentes elementos del puente (pavimento, juntas de dilatación, sistemas de contención) pero no se describen en este artículo para centrar el foco en los daños ya descritos.

4. Actuaciones

Las actuaciones, desarrolladas por el procedimiento de emergencia, ante la gravedad de los daños observados, han tenido dos objetivos fundamentales:

- Reparar los daños identificados: fisuras y grietas, desconchones, reposición de armaduras rotas...
- Proteger las losas postesadas de futuras entradas de agua, envolviéndolas con los revestimientos adecuados

Todas las actuaciones han sido ejecutadas manteniendo en todo momento el tráfico en servicio en la

autovía, disponiendo de los cortes de tráfico parciales necesarios para trabajar con seguridad de los trabajadores y de los usuarios de la autovía. Afortunadamente, la calzada sobre el puente pudo disponer de corte total durante toda la duración de las obras, gracias a la existencia de desvíos alternativos de comunicación entre el Polígono Industrial, la autovía y el municipio. Este corte de la plataforma suele ser lo más crítico en este tipo de actuaciones, puesto que el fresado del pavimento existente, la reposición de armaduras, el recrecido de la losa, la impermeabilización y demás operaciones no siempre se puede o es aconsejable realizarlas con tráfico alternativo.



Figura 11. Preparación de fisuras en alma de losa, antes de su sellado o inyección



Figura 12. Reparación del paramento de un estribo

La limpieza de todos los paramentos se ejecutó con agua a presión (900 bares), tratamiento suficiente para eliminar suciedad y restos de los paramentos de hormigón. Tras la limpieza, se pudieron observar con claridad todas las zonas afectadas, bien por fisuras o por lajación y desconchones en el hormigón. Es en este punto en el que se deben ajustar los criterios de sellado e inyección de fisuras, que en este caso fueron los siguientes: sellado de fisuras de abertura entre 0,4 y 1,0 mm, inyección con resina epoxi de las fisuras de abertura entre 1,0 mm y 4 mm e inyección con lechada de cemento de fisuras de abertura superior a 4 mm.

Estos criterios pueden adaptarse ligeramente, en función de la masividad de la fisuración, y considerando si posteriormente se va a aplicar algún revestimiento protector o inhibidores de corrosión. (Figura 11)

Los desconchones y lajaciones fueron reparados con procedimientos convencionales (saneado del hormigón dañado, limpieza y pasivado de las armaduras, reposición de la geometría original con mortero de reparación de clase R4) incluso en los apoyos a media madera. Como singularidad, y para reforzar la protección de las armaduras con carácter general, se aplicó una Imprimación a base de inhibidores de la corrosión de alta penetración para la protección y pasivación de armaduras en toda la superficie de los estribos. (Figura 12)

El problema con los apoyos a media madera es su inaccesibilidad, en general. En el caso de este puente, dado que el apoyo del tablero central se produce a través de las tres vigas artesas, todavía queda algo de superficie de



Figura 13. Reparación del apoyo a media madera

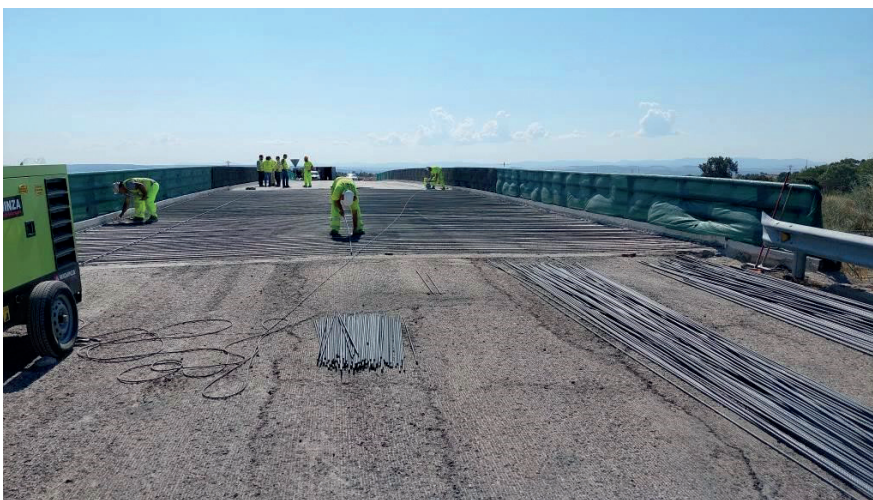


Figura 14. Armado del vano 1 en su cara superior



Figura 15. Aplicación de poliureas (capa de acabado, con extendido de pellets)

hormigón vista (las zonas entre vigas) y se podrían llegar a reparar esas zonas, pero lo habitual es que el apoyo se produzca de una losa sobre otra y entonces solo queda accesible la cara lateral del apoyo a media madera. En el caso que describimos, se pudieron evaluar los aparatos de apoyo con el uso de una cámara endoscópica facilitada por el Contratista (Audeca), no observándose daños relevantes en las partes más inaccesibles. (Figura 13)

En la cara superior, en el vano 1, que era el más afectado por las grietas y rotura de armaduras, se procedió a la reposición del armado superior y recrecido de dicho

vano, en toda su superficie. En el resto de la plataforma se hicieron reparaciones puntuales.

La disposición de este tipo de armados de refuerzo se utiliza, en muchas ocasiones, para disponer del armado necesario para el anclaje del nuevo sistema de contención. No fue el caso, puesto que gracias a la gran anchura de tablero disponible se optó por un sistema de contención no anclado cuya pérdida de energía en caso de impacto se realiza por el desplazamiento del sistema. (Figura 14)

Sobre la superficie de todo el tablero se aplicó como sistema

de impermeabilización, dadas las adecuadas condiciones climatológicas y la baja rugosidad obtenida tras el microfresado (acción casi siempre necesaria tras el fresado del pavimento, para lograr una buena regularidad superficial), un sistema polimérico a base de poliureas en caliente, hasta los zócalos de las barandillas originales. Estos zócalos y los voladizos y almas de las losas se impermeabilizaron

con un poliuretano en frío, y la cara inferior de las losas con una impregnación hidrófoba, que permite la salida del agua interior evitando la condensación de agua proveniente del exterior. (Figura 15)

Es importante resaltar el esfuerzo que se ha hecho en mejorar el sistema de drenaje del puente, en varios frentes:

- Colocando bandas estancas bajo las juntas de dilatación, con salida lateral del tablero (cortando el zócalo de las barandillas) (Figura 16)
- Dando salida al agua, mediante tubos de desagüe desde los sumideros.
- Colocando vierteaguas en los bordes del tablero (Figura 17)

5. Conclusiones

El diseño de los puentes, o mejor, dicho, determinados detalles en los puentes, resulta fundamental para garantizar la vida útil que les otorgamos. Se trata de cuestiones que casi nada tienen que ver con criterios económicos, pero que a la postre condicionan la seguridad del puente. Entre otros, se pueden resaltar algunos de los detalles constructivos y de diseño que han motivado la intervención en el puente sobre la autovía A-5 en el P.K. 126+250 en Talavera de la Rei-



Figura 16. Salida lateral de la banda estanca bajo juntas de dilatación



Figura 17. Salida del agua desde los sumideros

na (Toledo), de apenas 32 años de vida cuándo se han ejecutado las obras de rehabilitación en él.

La atención sobre estos detalles puede aplicarse con carácter general a los futuros puentes, pero también se han extraído lecciones de interés para las intervenciones sobre otros puentes similares. Entre estos detalles podemos resaltar las siguientes cuestiones y aseveraciones:

- Evitar soluciones con apoyos a media madera. No solo por la falta de visibilidad de todos los elementos que constituyen este tipo de apoyos, sino sobre todo por lo complicado que resulta actuar sobre ellos.
- Apostar por un sistema de impermeabilización eficiente. La mayoría de nuestros puentes sigue careciendo de un sistema de impermeabilización que,

sobre todo en zonas de vialidad invernal, pero no solo en ellas, exige la disposición del mejor sistema posible, atendiendo a las condiciones de ejecución (condiciones climáticas, afectación al tráfico, superficie sobre la que se aplica, etc.).

- Introducir como un detalle sistemático la banda estanca bajo juntas de dilatación. Tan importante es su colocación en cualquier operación de sustitución de juntas, como la resolución de su salida transversal (aunque ello implique el corte de un zócalo, acera o imposta existente).
- Identificar correctamente patologías como la fisuración masiva longitudinal de losas postesadas ejecutadas in situ, en regiones propensas a suministrar áridos reactivos autóctonos de la zona (Madrid, Toledo, Valladolid), como fisuración por reacciones expansivas en el hormigón de tipo reacción árido-álcali (AAR). La tradicional confusión con fisuración por corrosión de armaduras o falta de recubrimiento de estas ha generado diagnósticos erróneos con soluciones equivocadas.

Todo lo dicho en estos párrafos no implica renunciar a la intervención en puentes que compartan detalles similares, todo lo contrario, las reparaciones y decisiones adoptadas son de aplicación en otros casos. Como resumen de todo ello, se ilustran a continuación dos imágenes que explican cómo recuperar la vida útil de un puente que adolecía de graves problemas y se ha rehabilitado exitosamente. (Figura 18 y 19) ❖



Figura 18. Vista superior del puente tras las actuaciones



Figura 19. Alzado oeste del puente tras las actuaciones

Carreteras que son y unen patrimonio. El caso de la N-623 Burgos-Santander como ejemplo de carretera paisajística



Francisco Javier Saiz Barrio

Doctor en Humanidades y Comunicación

Universidad de Burgos

La continua incorporación de modernas vías de alta capacidad a la red estatal española viene generando, desde hace décadas, el decaimiento de algunas carreteras nacionales menos rápidas y seguras. La disminución de tráfico en estos corredores provoca a menudo el cierre de servicios al viajero, la pérdida de actividad económica y el aumento de la despoblación. Algunas de estas vías atesoran elementos relevantes del patrimonio viario y además dan acceso a un rico patrimonio cultural y natural, teniendo el potencial suficiente para convertirse en un recurso turístico de primer nivel. Se estudia aquí el caso de la carretera nacional N-623 que discurre de Burgos a Santander por el icónico puerto de El Escudo; un trazado lleno de encanto y perfecto para la práctica de la conducción recreativa o slow travel.

Introducción

Las carreteras son una de las bases fundamentales en que se asienta la economía de cualquier sociedad. Permiten la movilidad de las personas, el transporte de mercancías y el intercambio cultural. Son infraestructuras que se constituyen en elementos esenciales de progreso y es de esa relevancia de donde nace el interés por todo lo que las rodea. Primero fueron los caminos, luego las carreteras y hoy en día son las vías de alta capacidad, seguras y cómodas, las que mejor trasladan a las personas de un lugar a otro. Esas vías rápidas son plataformas cuyo fin esencial es trasladar al destino, convirtiendo el viaje en un mero trámite, cuanto más breve mejor.

Se da la circunstancia de que algunas de esas modernas infraestructuras no han hecho desaparecer las antiguas carreteras convencionales con las que comparten origen y destino, pero sí se han convertido en la mejor alternativa de viaje rápido, dejando a las “lentas” con un tráfico residual muy mermado. Ese descenso circulatorio ha acarreado la desaparición de servicios y con ello la pérdida de empleos y la emigración de los residentes a zonas que ofrezcan mayor actividad económica y mejor calidad de vida. Muchas de las antiguas carreteras nacionales que antes vivían un continuo ir y venir de vehículos languidecen hoy, al igual que los pueblos por donde pasan, en una decadencia muy difícil de contrarrestar.

Sin embargo, en esa condición de vías poco frecuentadas, nace una oportunidad para recuperar parte del esplendor perdido. Hay viajeros que no solo tienen como objetivo el llegar al destino, sino que disfrutan “saboreando” todas las oportunidades que les brinda un itinerario en el que pueden detenerse donde quieran y disfrutar del patrimonio cultural, del natural y de los paisajes a otro ritmo, en lo que se conoce internacionalmente como *slow travel* [1]. No es, aunque por el nombre pudiera parecerlo, un viaje lento, sino un viaje maduro, inteligente, en el que el viajero “interesado” busca el conocimiento y la deleitación con lo extraordinario.

En ocasiones, esas carreteras nacionales provienen de caminos históricos sobre los que se han asentado y de los que han aprovechado algunos de sus elementos estructurales como puentes, muros, obras de fábrica menores, elementos de protección, etc. Es decir, que son vías que no solo sirven para disfrutar de una conducción recreativa y para acercarse a un patrimonio excepcional, sino que, ellas mismas, se convierten en el elemento patrimonial que vertebra todo lo demás. Discurrir por una carretera y reconocer todos esos elementos singulares se convierte en un ejercicio satisfactorio y también necesario para su preservación.

Hay casos de países que, utilizando este tipo de vías, están recuperando el pulso de sus territorios abandonados pero llenos de patrimonio. Se trata de aprovechar esos itinerarios como rutas turísticas, culturales o paisajísticas. España, como potencia turística de primer orden, tiene la oportunidad, y hasta la obligación, de aprovechar este tipo de recursos y establecer su propia red de carreteras paisajísticas en busca de un turismo de calidad que permita a esos pueblos seguir viviendo y a su patrimonio no caer en el olvido y la ruina.

Como ejemplo representativo de todo lo anterior, este artículo se referirá a la carretera nacional N-623 que discurre de Burgos a Santander por el puerto de El Escudo, atravesando algunas zonas profundamente deshabitadas que, con la referida disminución de tráfico, han agudizado aún más su problema demográfico.

La carretera nacional N-623 en la actualidad

Para un conductor que quiera trasladarse de Burgos a Santander o viceversa existen tres opciones principales: la primera, la más segura, desplazándose exclusivamente por autovía, utilizando la A-231 Burgos-León y la A-67 Cantabria-Meseta; la segunda, combinando autovía y carretera convencional mediante el uso del trayecto Burgos-Aguilar de Campoo (N-627 y A-73), que es la que recomiendan los navegadores (por eso aparece como la opción 1 en la figura 1); y la tercera, por carretera convencional de forma completa a través de la N-623. Esta última opción es la más corta, la más económica y la

menos contaminante de las tres, aunque también es la más lenta (itinerario 2 en el mapa de la figura 1).

La carretera nacional N-623 Burgos-Santander pertenece a la Red de Carreteras del Estado (RCE). Tiene su inicio en el p. k. 4+325, todavía dentro del municipio de Burgos, discurre de forma casi directa en dirección norte y finaliza en el p. k. 152+420, ya en la ciudad de Santander. Según el Catálogo de la RCE de 2021 del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, toda la vía es de tipo convencional menos 2,950 km que tienen la condición de multicarril y se encuentran al final del recorrido. Además, esta carretera tiene la peculiaridad de compartir trazado con la también nacional N-627 Burgos-Aguilar de Campoo desde su inicio hasta el p. k. 19+000.

La vía cruza campos de cereal, desfiladeros, bosques, inhóspitos y elevados páramos, profundos valles, traspasa divisorias y desciende por las praderías pasiegas hasta llegar al mar, por lo que su trazado genera un perfil longitudinal con significativas diferencias de altitud (figura 2). Así,

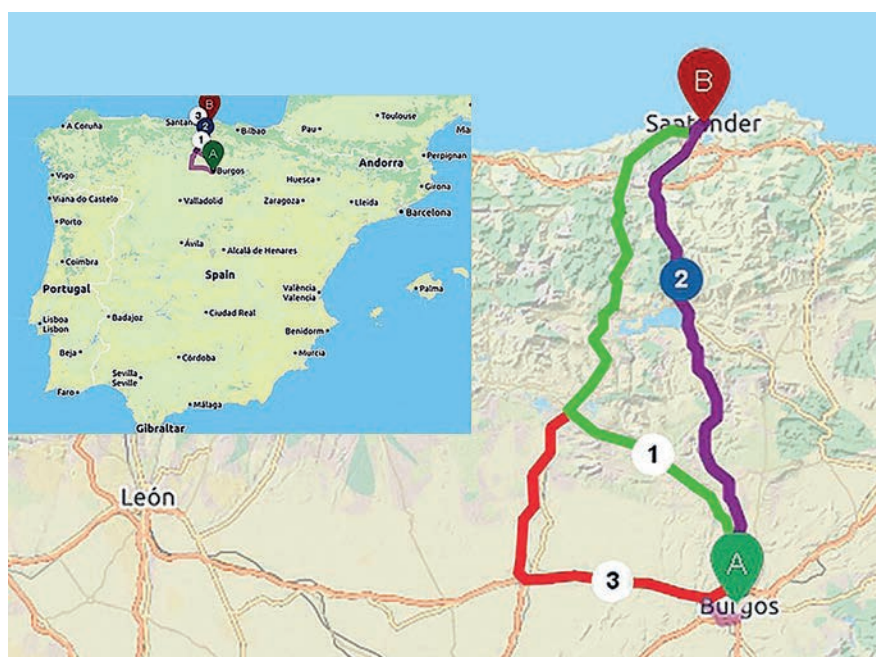


Figura 1. Michelin. Mapa de alternativas para el desplazamiento por carretera entre Burgos y Santander.

pasa de la cota 877, en el inicio de la vía, a los 1.050 m del puerto de Páramo de Masa y portillo del Fresno; después descendiendo hasta los 661 m en el cruce con el Ebro en Quintanilla Escalada; de nuevo la traza se eleva hasta los 1.020 m del puerto de Carrales y de allí, tras pasar junto al embalse del Ebro a 844 m, asciende la vertiente sur de El Escudo que corona a 1.011 m. Desde ese punto el perfil toma las máximas inclinaciones de toda la ruta (15,7 %) antes de llegar a la localidad de Entrambasmesas. Luego el trazado se va allanando en busca del final del recorrido en la glorieta de Cuatro Caminos, ya en Santander, a 35 m de altitud sobre el nivel del mar.

A lo largo del itinerario se pueden encontrar varios tipos diferentes de calzada: con arcén mayor y menor de 1,5 m, con tramos sin arcén pavimentado (como los 5 km del portillo del Fresno), o con trozos que son travesías con aceras minúsculas donde las fachadas de las casas están apenas a unos centímetros de la línea blanca. La N-623 atraviesa 32 poblaciones, siendo muy interesante observar la forma en que se “ordena” el territorio: en los 87 km de suelo burgalés aparecen tan solo 10 travesías mientras que en los 59 km restantes hay 22, más del doble con un 32 % menos de longitud. Una sola carretera, pero dos provincias y dos formas de ocupar el territorio muy diferentes.

Sobre el firme, al ser una carretera que ha tenido varias fases de construcción y muchas obras de reafirmado, presenta una gran variabilidad de espesores. A nivel de materiales se compone de zahorras, sucesivas capas de aglomerado asfáltico y, en muchas zonas, una banda superior de microaglomerado en frío.

La carretera tiene un marcado carácter adaptativo como consecuencia de su trazado antiguo, carente de elevados viaductos o largos túne-

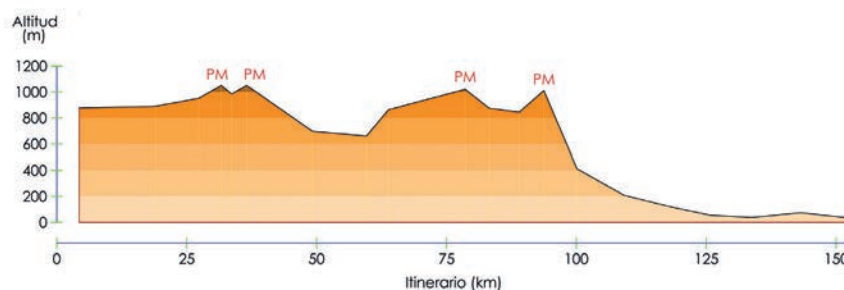


Figura 2. Perfil longitudinal de la carretera N-623 Burgos-Santander. Elaboración propia.



Figura 3. Trazado adaptativo del Alto de Escalada.



Figura 4. Puente sobre el río Ebro en Quintanilla Escalada.

les (tan solo aparecen dos, al inicio del recorrido, de 55 y 155 m). Así se aprecia, por ejemplo, en el zigzaguar de la vía acostada sobre las pendientes naturales en la zona del Alto de Escalada (figura 3).

En todo el recorrido aparece solo un carril para vehículos lentos, con una longitud cercana a los 800 m, ubicado después de la localidad de

Tubilla del Agua en sentido Burgos. Relacionado con la seguridad, hay que señalar la existencia de dos cortos tramos de concentración de accidentes (TCA) en los p. k. 128 y 145 del trazado, sobre los que el Ministerio está trabajando de forma activa para su eliminación.

Son numerosos los cursos de agua que atraviesan el eje de la

N-623. Así, se pueden encontrar desde pequeños arroyos salvados mediante discretas obras de fábrica a ríos importantes como el Ebro o el Pas que exigen estructuras de paso muy importantes. En total, el eje de la carretera cuenta con 20 puentes.

En todo el itinerario existen 10 áreas de descanso señalizadas, por lo que toca a una casi cada 15 km. Tomando solo este dato, parece una cifra muy buena que permitiría parar al viajero cada poco, pero esto no es así; todos esos espacios se encuentran en el trozo burgalés y todos menos uno están localizados en los poco más de 16 km que van del final del portillo del Fresno al puente de Quintanilla Escalada. Tal acumulación se debe a que, en las últimas décadas del siglo XX, en ese tramo se ejecutaron mejoras de trazado que rectificaron numerosas curvas, dejando algunos trozos fuera del itinerario. Acertadamente se supieron aprovechar esos espacios para recuperar un par de fuentes, instalar mesas y bancos, señalar tres discretos miradores y recuperar unos cuantos de aquellos preciosos hitos del Plan Peña que sirven para embellecer esos espacios, pero, sobre todo, para evocar los tiempos pasados de la vieja carretera nacional.

Aproximación histórica de la vía

Antecedentes

Las vías precursoras de la actual hay que buscarlas tratando de identificar alguna calzada romana que discurriera por su entorno. Hay investigaciones que ubican en la zona de Corconte, Cabañas de Virtus y la llanura de La Virga (o Vilga) una calzada denominada “Vía del Escudo”, cuyos vestigios se hacen más visibles en la zona de Montija [2]. Sin

embargo, existen opiniones encontradas con la teoría anterior, como la del ingeniero, historiador y divulgador Isaac Moreno Gallo que se muestra escéptico sobre el origen romano de ciertos vestigios encontrados en el camino antiguo de la sierra de El Escudo [3].

Avanzando en el tiempo, los estudios de caminería medieval muestran los diferentes trazados que unieron Castilla con el mar Cantábrico durante esa época. Refiriéndose tan solo a los itinerarios que utilizaban el paso de El Escudo, se puede comprobar cómo, desde Santander, son varias las rutas que distintos investigadores han planteado como posibles para la conexión de esa capital con Burgos por el puerto de El Escudo. En su tesis, Domingo Mena identifica al menos seis vías de comunicación entre Burgos y Santander por la sierra de El Escudo y los cursos del arroyo de la Magdalena y el río Pas [4].

A finales del siglo XVIII hubo una serie de obras públicas impulsadas por el Consulado del Mar como la del llamado Camino de La Rioja que permitía la conexión de Santander y su puerto con el valle del Ebro. Esta vía, una vez descendida la vertiente sur de El Escudo, antes de llegar a Cabañas de Virtus se desviaba a la izquierda para proseguir por Soncillo hasta Frías. Su construcción se fue demorando hasta 1801. La firme decisión del ingeniero intendente Agustín de Betancourt, que adoptó como buena la solución del paso por El Escudo, acabó con la incertidumbre. La traza cántabra del camino coincidiría en gran parte con la actual N-623; luego, al entrar en la provincia de Burgos, bajaría El Escudo y tomaría dirección a Soncillo por donde transcorre hoy en día la N-232. El complicado paso del puerto se concluyó en 1804 y para finales de los años 20 ya estaba ejecutado el tramo entre Vargas y El Escudo [5].

En 1828 comenzaban las obras del camino de Burgos a Bercedo que acabarían, en tiempo récord, dos años después. El itinerario salía de la capital y pasaba por Villatoro, Vivar del Cid, Sotopalacios, las ventas de Quintanaortuño y de ahí, separado ya de la traza de la N-623 actual, seguía por Villalta, el desfiladero de Los Hocinos, Villarcayo y llegaba a Bercedo.

Por último, en 1841 se aprobaba el proyecto del Camino de Peñas-Pardas obra del ingeniero Cipriano Martínez de Velasco. Esta nueva plataforma se uniría al camino de Bercedo al sur y al de La Rioja al norte para conformar un trazado muy similar al de la N-623 actual. Las obras se prolongaron hasta 1848, año que se puede considerar como el del nacimiento del itinerario directo entre Burgos y Santander por El Escudo.

La historia de la vía

Los últimos 176 años de la carretera Burgos-Santander han dado para mucho. En este tiempo, se ha pasado de las diligencias a los vehículos autopropulsados, de la grava al asfalto, de las interminables curvas a las variantes de trazado que acomodan el viaje, de los arrieros a los turistas, de los pasos a nivel a la seguridad de un trazado sin trenes, del “espaleo” a las modernas quitanieves, del “bullir” de la carretera a la decadencia de la vieja nacional.

En la *Memoria de Obras Públicas de 1859 y 1860* [6], la vía aparece identificada, por primera vez, con el nombre de “Carretera de Burgos a Peñacastillo” (una población muy cercana a Santander).

Durante la primera mitad del siglo XX grandes cambios y eventos de enorme relevancia se sucedieron en España y especialmente en la zona de estudio. Los carruajes y diligencias empezaron a dejar paso a los



Figura 5. Pirámide de los Italianos junto a la vertiente sur del puerto de El Escudo.



Figura 6. Google Earth. Trazado antiguo y actual en el entorno del túnel de San Martín de Ubierna. Elaboración propia.

vehículos motorizados, mucho más veloces, pero también más peligrosos, y hubo que cambiar las características de las carreteras e introducir normas de circulación.

Uno de los momentos más significativos en la historia de la carretera se produjo con la puesta en servicio de la línea de transporte de viajeros entre Burgos y Santander en 1921. Fue un importante avance en las comunicaciones entre las dos provincias hermanas que se celebró con entusiasmo. Nada menos que 10.000 burgaleses esperaban en la capital castellana al primer convoy procedente de La Montaña, compuesto por cuatro ómnibus Fiat con 110 viajeros a bordo. Cinco años después, el trazado Burgos-Santander apareció como el "Itinerario II" del primer plan orientado a desarrollar las carreteras turísticas en España: el famoso Circuito Nacional de Firmes Especiales.

También hubo episodios oscuros de los que la nacional fue testigo y protagonista. La relevancia estratégica de la carretera Burgos-Santander en la campaña del "Frente Norte" durante la guerra civil española fue decisiva para el transcurso de la contienda y son numerosos los "recuerdos" que aún existen junto a la vía: la construcción funeraria de la Pirámide de los Italianos, el monumento fascista de Sagardía, parapetos, nidos de ametralladoras, etc. En cuestión de infraestructuras, el repliegue del bando republicano hacia la capital cántabra dejó en la nacional un reguero de puentes volados que el Cuerpo de Ingenieros del Ejército reconstruyó con celeridad, insertando en muchos de ellos su propio escudo con la típica torre donjonada, aún visible en el puente del río Selviejo o en el antiguo de Villegar.

Con el Plan General de Carreteras de 1940 o Plan Peña llegó la

sistematización de la red viaria y una nueva nomenclatura para la carretera Burgos-Santander que pasó a denominarse desde entonces N-623. Con el paso de los años fueron llegando otros planes; así, en 1950, gracias al Plan de Modernización de la Red de Carreteras Españolas se ejecutaron variantes a la entrada y salida de Parbayón que eliminaron dos peligrosos pasos a nivel con el F. C. Palencia-Santander. En la década siguiente, gracias al Plan General de Carreteras de 1961, se puso fin a las peligrosas curvas de Ubierna por medio de la construcción del primer túnel del recorrido. Ya en los años 70 se puso en servicio el viaducto de Renedo de Piélagos que suprimió el último paso a nivel en territorio cántabro. Las dos últimas décadas del siglo XX recogieron las obras del Programa de Reposición y Conservación (RECO) del Plan General de Carreteras 1984-91, con grandes actuaciones de mejora de trazado en toda la vía que aumentaron de forma considerable la seguridad y comodidad de los viajeros. Ejemplo de lo anterior fue la eliminación de curvas en la zona de San Martín de Ubierna gracias a la construcción del túnel del mismo nombre (figura 6).

Finalmente, el siglo XXI trajo, con la construcción de la variante ferroviaria de Cabañas de Virtus (2006), la supresión del último paso a nivel del itinerario Burgos-Santander; y con la construcción de glorietas y el uso de firmes especiales en algunas travesías, la mejora de la seguridad vial y la "pacificación" de algunos tramos ubicados en núcleos urbanos.

El decaimiento de la vieja nacional

En el año 1992, la puesta en servicio de la carretera nacional N-627 entre Burgos y Aguilar de Campoo ya captó una cierta cantidad del trá-

fico de la, hasta entonces, tradicional carretera de Santander. Desde 2008, a raíz de la puesta en servicio de la autovía A-67 Cantabria-Meseta, la nacional fue perdiendo tráfico y relevancia de forma muy significativa. Pasó de ser una vía fundamental para la comunicación entre Burgos y la costa cántabra a convertirse en una carretera orientada a dar acceso a los diferentes pueblos de ese territorio. En junio 2013 se inauguró el primer tramo de la autovía A-73 entre Burgos y Quintanaortuño y en 2021 se abrió otro segundo trozo de algo más de 12 km entre Pedrosa de Valdelucio y Báscones de Valdivia. Desde 2023 se están ejecutando los 11,6 km que separan Quintanaortuño de Montorio, quedando pendientes aún tres tramos, “en proyecto”, para completar la autovía entre Burgos y Aguilar de Campoo. El ahorro de tiempo y el plus de seguridad que aportan las autovías serán cruciales para que el tráfico de la N-623 se oriente, de forma casi exclusiva, a los flujos de tipo local, la conducción recreativa y las excursiones turísticas.

Para ver de forma concreta cómo ha evolucionado el tráfico en la vía estudiada se han utilizado los datos ministeriales de intensidades medias diarias (IMD) recogidos por la estación secundaria de aforo BU-13-2, ubicada en el p. k. 50+740, durante el periodo 1990-2019. Para sacar conclusiones acertadas hay que tener en cuenta el incremento del parque de vehículos en España con el paso de los años. Según datos del Instituto Nacional de Estadística, en 1990, el parque de vehículos en España ascendía a 15.696.715 unidades, mientras que en 2019 llegaron a 34.434.791. Esto supone la necesidad de incorporar un factor de corrección de 2,194 para equiparar los datos de 1990 con los registrados en 2019. La tabla 1 incorpora esos datos ya corregidos.

Tabla 1. MITMA (1990-2019). Datos de la estación de aforo BU-13-2 en la N-623. Elaboración propia.							
BU 13-2 (N-623)	LIGEROS		MOTOS		PESADOS		IMD Total
	IMDL	%	IMDLm	%	IMDP	%	
1990	3.214	76,10	13	0,31	1.009	23,90	4.223
2019	1.090	94,13	49	4,23	68	5,87	1.158
Variación	-66 %	+18,03%	+277%	+3,92%	-93%	-18,03%	-73 %



Figura 7. Hostal Tarve en Quintanilla Vivar (izda.) y estación de servicio en Quintanilla Sobresierra (dcha.), cerrados al público hace años.

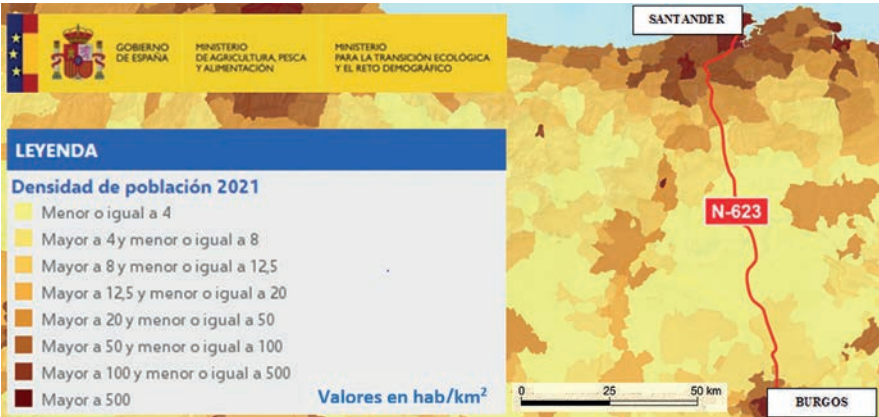


Figura 8. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2023). Mapa de densidades de población de la zona en estudio. Elaboración propia

Los resultados son contundentes: reducción del 66 % de vehículos ligeros y del 93 % en el caso de pesados, mientras que el tráfico de motocicletas casi se ha multiplicado por tres, evidenciando el carácter “motero” de la ruta. La disminución general fue del 73 %, lo que deja claro el uso cada vez más marginal de este itinerario. Además, el tráfico pesado ha pasado de suponer el 23,90 % del total a tan solo un 5,87 %. Los datos anteriores indican que la N-623 es hoy una carretera con mucho me-

nos tráfico, sobre todo pesado, más segura, más cómoda para circular y especialmente adecuada para la conducción recreativa.

Ese descenso circulatorio en los últimos años, debido a la aparición de trazados más rápidos y cómodos, ha abocado a decenas de negocios de hostelería, talleres mecánicos y estaciones de servicio al cierre o a la pervivencia en precario hasta la jubilación del dueño. Las escasas oportunidades que se vislumbran en el futuro para este tipo de empresas

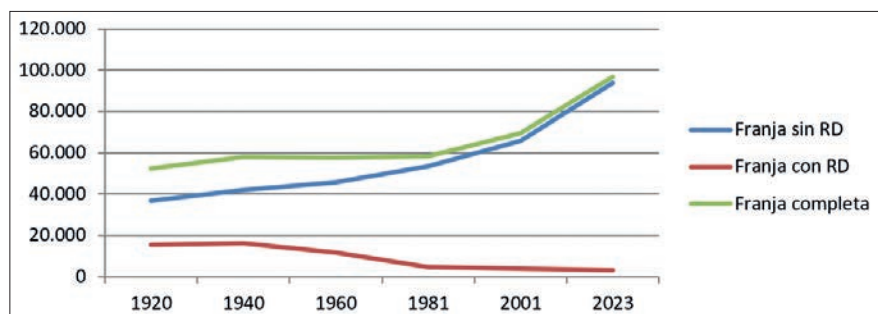


Figura 9. INE. Censo. Gráfica de evolución de la población en las diferentes franjas vinculadas a la carretera N-623 desde 1920 a la actualidad. Elaboración propia.

hacen que las nuevas generaciones busquen otros horizontes y los negocios familiares echen el cierre. Estos establecimientos, que han formado parte intrínseca de la historia contemporánea de la propia carretera y de los recuerdos de los viajeros, aparecen junto a la vía cada vez más deteriorados evidenciando la realidad de un territorio que el escritor Sergio del Molino denominó “la España vacía” (o vaciada como algunos matizan).

La sensación del viajero que sale de Burgos hacia el norte es que hasta Quintanaortuño aparecen unos pocos pueblos medianos, pero a partir de ahí y hasta la zona cántabra de Toranzo se ve muy poca “vida” al pasar. Luego, desde Vargas hasta Santander, el tamaño de las poblaciones aumenta de forma significativa por la proximidad a la capital montañesa y con ello el movimiento de personal que se aprecia claramente al atravesarlas.

La Unión Europea establece el “riesgo demográfico” para un territorio cuando su índice poblacional está por debajo de 12,5 hab/km². De igual modo se habla de “desierto demográfico” cuando el valor está por debajo de los 10 hab/km². En la N-623, ese desierto demográfico se extiende a lo largo del 90,7 % del tramo burgalés y del 28 % del cántabro. En la figura 8 se puede observar el mapa ministerial que muestra las densidades de población y el claro

predominio de los tonos amarillentos en gran parte de los territorios que atraviesa la nacional.

Por otro lado, el estudio de los datos demográficos del territorio de influencia de la N-623, desde 1920 a la actualidad, obtenidos del Censo del Instituto Nacional de Estadística (INE), evidencia, tal como se puede apreciar en la gráfica de la figura 9, un incremento sostenido de habitantes en la franja sin riesgo de despoblación (sin RD) y, por otro lado, un decaimiento poblacional en la más vulnerable (con RD), que discurre a lo largo de 96 km entre las localidades de Sotopalacios y Entrambasestas. Estas tendencias demográficas no son atribuibles únicamente a la pérdida de tráfico de la N-623, pero, sin duda, es un factor adicional a tener en cuenta sobre todo por la pérdida de ocupados que provoca en el sector servicios.

El patrimonio viario relevante de la N-623

Los trabajos aparecidos de unos años a esta parte, referidos a la cuestión patrimonial de las carreteras, confirman el interés existente en la preservación del patrimonio de las vías históricas. Especialmente relevante es el proyecto que el propio Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible a través de la Subdirección de Conservación de la Dirección General de Carreteras está

llevando a cabo en colaboración con un equipo de ingenieros de la Universidad de Castilla-La Mancha titulado *Identificación, análisis y valoración patrimonial de las carreteras históricas españolas de titularidad estatal*. Su objetivo es poner en valor el rico patrimonio viario de la red nacional, identificando todos aquellos elementos relevantes que aún perviven, preservándolos del deterioro y el olvido y “refuncionalizándolos” para servir de nuevo a la sociedad de una forma diferente [7].

En el caso de la carretera Burgos-Santander, hay una serie de elementos viarios cuyo valor les hace acreedores de ser conservados y protegidos. Ese conjunto patrimonial está compuesto por los antiguos puentes, los muros de sillería que todavía sustentan algunas partes de la carretera, los elementos de señalización y protección de la vía que han sobrevivido a los modernos, las casillas camineras, los viveros y, en menor medida, otras edificaciones que, sin formar parte de la propia vía, han contribuido a la historia de la vieja nacional de forma notable como ventas, fuentes, fielatos, portazgos, casas de postas, cuarteles de la Guardia Civil, humilladeros y algunas otras construcciones singulares.

Los puentes

Una parte patrimonial esencial de la carretera corresponde a los puentes como estructuras singulares en sí mismas que permiten sortear las dificultades orográficas y dar continuidad al itinerario. Son fuentes de referencia para los territorios estudiados obras como *Puentes singulares de Burgos. Unir orillas, abrir caminos* [8] coordinada por el historiador Miguel Ángel Moreno Gallo y *Un viaje por los caminos y puentes de las comarcas centrales de Cantabria* [5] del ingeniero y profesor Luis Villegas Cabredo.

Es necesario precisar que gran parte de las estructuras de la parte cántabra fueron reconstruidas tras ser voladas durante la Guerra Civil y que, por tanto, no guardan su integridad original en cuanto a los materiales utilizados o las técnicas constructivas empleadas. Aunque muchas de las bóvedas pétreas fueron sustituidas por otras de hormigón, que por lógica no merecen la misma protección patrimonial, hay partes como los estribos que permanecen en parte inalterados, teniendo el suficiente valor como para considerarlas relevantes patrimonialmente. Curiosamente, en la provincia de Burgos solo se dinamitó el que franquea el río Ebro en Quintanilla Escalada (fue el primero en caer en julio de 1936). Pese a aquello, el paso sigue prestando servicio con su ecléctica estructura, resultado de roturas y reconstrucciones desde su creación allá por 1847 cuando se erigió como un hermoso puente colgante. En Carandía también se erguía majestuoso otro coetáneo y muy similar (figura 10), pero la herrumbre acabó con él y fue sustituido por uno de madera primero y por otro de pilas pétreas y tablero de hormigón después. En la actualidad, aparece bastante deteriorado dando servicio, fuera de la carretera nacional, al Barrio del Puente en la localidad de Vargas.

El paso que completa la terna relevante es el elemento más antiguo de toda vía y también está fuera ya del trazado principal. Se trata del puente de Vivar del Cid, construido a finales del siglo XVI y que mantiene su estructura dando acceso al pueblo por el costado noroeste. Su estructura de casi 71 m, repartida en ocho vanos de anchuras diferentes, está formada por bóvedas de cañón de sillería modificadas con hormigón aguas arriba y asentada con contrafuertes aguas abajo.



Figura 10. Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas (1901). Proyecto de puente provisional de madera sobre el río Pas en Carandía. Plano de alzado del puente colgante. AGA 24/5.791.



Figura 11. Puente de Vivar del Cid sobre el río Ubierna.



Figura 12. Muro de sillería en el p. k. 70+360 MD en el páramo de Bricia.

Los muros

Los antiguos muros de sillería del siglo XIX sustentan todavía hoy muchos tramos de la carretera. Ese “bien hacer” de los antiguos canteros permite seguir disfrutando de impresionantes paredes como las del Alto de Escalada o las de las zonas de Ubierna, Bricia y Carrales en Burgos. De la misma forma se encuentran numerosos muros en la

parte cántabra, ya que el trazado de la nacional discurre a media ladera, con el monte a la izquierda y el fondo del valle a la derecha, y con fortísimas pendientes.

Los elementos de señalización y protección de la vía

Hasta mediados del siglo XIX, las distancias en España se me-

dían en leguas, por lo que en vez de hitos kilométricos lo que había en los caminos eran leguarios. En Entrambasmestas, a la altura del p. k. 109+240, se localiza el único superviviente en todo el itinerario. Como se puede observar en la figura 13, se trata de un poste que bien podría ser considerado como la “joya” de los antiguos elementos de señalización de la N-623.

Otros hitos, tan vistosos como el leguario o incluso más aún, fueron aquellos nuevos que incluyó la *Instrucción de Carreteras* de 1939 del Ministerio de Obras Públicas. Tenían forma de prisma triangular con un sombrero esférico truncado y sus vivos colores en rojo y blanco fueron de los más vistosos en la historia carreteril española. Su restauración y recolocación, en condiciones de seguridad, ofrecen una oportunidad para ayudar a convertir a la N-623 en una carretera todavía más “especial”.

Hay otros elementos que siguen dando a la nacional ese toque entrañable y evocador: las antiguas barandillas de hormigón pintadas de blanco, como las que hay en Ubierna; los pretilos discontinuos que acompañaban el trazado en los altos y puertos de montaña; o las miras de nieve, poderosas y robustas como las seis que quedan en el portillo del Fresno y las cien, más estilizadas, que se mantienen erguidas al norte de El Escudo.

Las casillas camineras

Sobre las casillas de camineros de aquel nuevo trazado que unía Burgos con Santander, se halla una primera referencia, datada en 1852, relativa a la construcción de cinco en la carretera de Peñas-Pardas y otras seis en la de Santander a La Rioja. En Cantabria, según otro proyecto de 1862, existían un total de siete



Figura 13. Leguario en Entrambasmestas.



Figura 14. Hito en el límite provincial de Burgos y Santander.



Figura 15. Pilares de nieve en la vertiente norte del puerto de El Escudo.

casillas y se proponía la construcción de otras cuatro. Por medio de documentación de archivo, testimonios orales de lugareños, cartografías antiguas (fundamentalmente las planimetrías provenientes de los trabajos topográficos del Instituto Geográfico y Estadístico) y fotografías

aéreas de los Vuelos Americanos de las series A y B y del Interministerial, se ha podido confirmar la existencia de 16 casillas, ocho en cada provincia, de las cuales tan solo quedan en pie las reformadas de Cabañas de Virtus y Carandía [9].

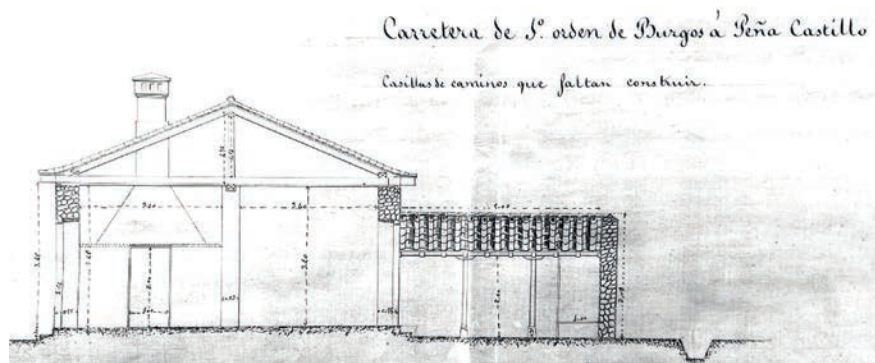


Figura 16. Ministerio de Fomento (1862). Proyecto de las casillas de peones camineros. Plano de alzado lateral de casilla caminera tipo a construir en la carretera Burgos-Peñacastillo (detalle). AGA 24/2.671.

Los monumentos y memoriales

Los márgenes de la carretera han sido siempre lugares donde colocar elementos para llamar la atención o para recordar hechos o personas mediante placas, lápidas, memoriales o incluso monumentos. A lo largo de los 150 km del itinerario son varios los ejemplos de este tipo que se pueden encontrar (se dejan fuera los relativos a la Guerra Civil): el monolito de piedra rematado por una cruz y una corona de espinas, levantado en 1984, que invita a visitar las ermitas rupestres de Valderredible; otro, de 1906, levantado para agradecer la construcción del puente de la Unión Deseada sobre el Pas; uno más junto al antiguo puente de Carandía, en homenaje al escritor de caza y pesca Enrique González Camino; y, finalmente, el que se encuentra en el punto final del recorrido, en la glorieta de Cuatro Caminos en Santander, conmemorando el VII Centenario de la Reconquista de Sevilla por parte de las naves montañesas. Además de todos los anteriores, existe otro muy especial que merece mención aparte: el monumento a Santo Domingo de la Calzada, patrón de los Cuerpos de Obras Públicas, que, desde 1955, se alza imponente al borde la carretera nacional entre las localidades cántabras de Aés y Corvera.

Un corredor con un patrimonio cultural y natural extraordinario

El itinerario Burgos-Santander genera un corredor patrimonial que en este trabajo no se limita a lo existente junto al eje de la carretera, sino que se extiende, por inmediatez de acceso, 5 km a ambos lados de esa línea, en lo que se podría considerar como una especie de



Figura 17. Monumento a Santo Domingo de la Calzada al pie de la N-623.

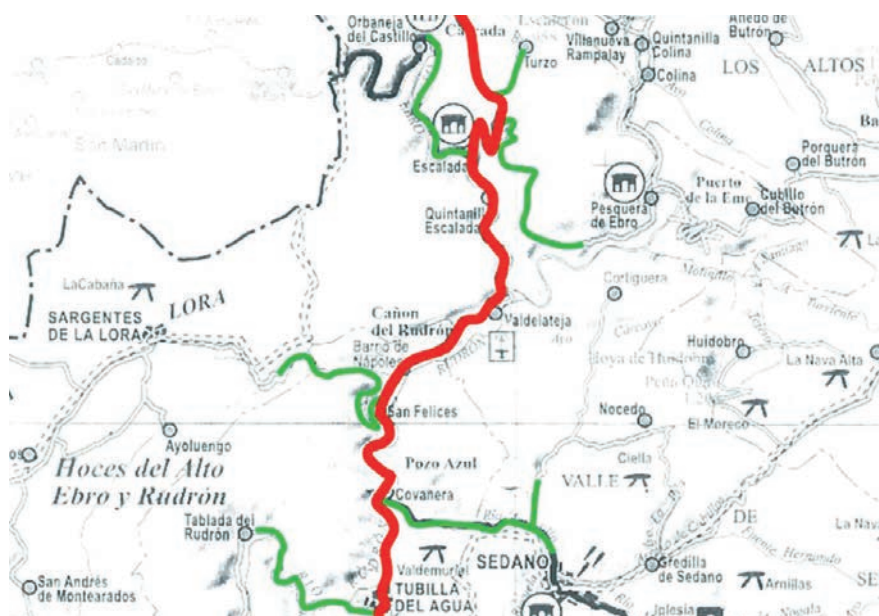


Figura 18. Diputación Provincial de Burgos. Mapa de la provincia de Burgos (detalle). Franja de interés patrimonial de la N-623. Elaboración propia.

“franja de interés patrimonial”. Ese territorio excluye los municipios de las dos grandes ciudades que la vía une para no distorsionar el estudio.

¿Y qué se puede encontrar a lo largo de los casi 142 km de tronco y sus 83 pequeñas “ramas” asfaltadas (más de 550 km en total)? La respuesta es reveladora: hasta 44 bienes catalogados de interés cultural (20 en la provincia de Burgos y 24 en Cantabria) entre monumentos, sitios históricos, conjuntos históricos, castillos, palacios, torres,

zonas arqueológicas, etc. Además existen ocho infraestructuras de difusión cultural entre museos, centros de interpretación, centros de arte, etc. En cuanto al patrimonio natural, la N-623 atraviesa hasta doce espacios protegidos, sobresaliendo por encima del resto los 36 km que discurren por el parque natural Hoces del Alto Ebro y Rudrón y los 5 km por el Geoparque Mundial Las Loras. Al relevante conjunto anterior hay que sumar la diversidad de paisajes que atraviesa la carretera. Atendiendo a las unidades recogidas en el Atlas

de los Paisajes de España, el viajero que realice el itinerario completo cambiará de paisaje hasta en quince ocasiones (tres en Cantabria); se trata, sin duda, de un trayecto que no invita al aburrimiento sino, más bien, al disfrute continuo.

Son muchos los rincones de “visita obligada” dentro de esa franja aunque, si hubiera que hacer una selección, tal vez, los 10+1 más significativos (5 en cada provincia más otro común) serían:

- El sitio histórico de Vivar del Cid y el Castillo del Cid en Sotopalacios.
- El Pozo Azul de Covanera, una de las cuevas subacuáticas más largas del mundo.
- El conjunto del Geoparque Mundial Las Loras, los campos petrolíferos de Ayoluengo (únicos en la Península) y el Museo del Petróleo de Sargentos de la Lora.
- El impresionante Cañón del Ebro en el corazón del parque natural Hoces del Alto Ebro y Rudrón.
- Orbaneja del Castillo reconocido como uno de los pueblos más bonitos de España.
- La Vía Verde del Pas entre Astillero y Ontaneda, con puentes,

estaciones y máquinas locomotoras a lo largo de su recorrido.

- La ruta y el entorno natural del Churrón de Borleña (cascada).
- Las cuevas de Monte Castillo en Puente Viesgo, incluidas en la lista del Patrimonio de la Humanidad de la Unesco; el nuevo Centro de Arte Rupestre de Cantabria y el prestigioso balneario de la localidad.
- El Parque de la Naturaleza de Cabárceno, que incluye la reserva de osos pardos más numerosa de Europa, el mayor grupo de elefantes africanos fuera de su continente y uno de los mayores recintos de gorilas del mundo.
- El Museo Etnográfico de Cantabria en Muriedas, que recoge la colección pública de patrimonio etnográfico más importante de la comunidad autónoma.

Como lugar 10 + 1, y en su condición de espacio común de ambas provincias, está el conjunto formado por el embalse del Ebro, su centro de interpretación y el balneario de Corconte como establecimiento relevante y de importancia histórica.

La Ruta 623 como carretera paisajística

Se ha señalado el problema demográfico y de pérdida de servicios que presenta la franja de territorio que atraviesa la N-623 ¿Habría alguna forma de luchar contra estas negativas circunstancias? La reducción del tráfico, sobre todo del pesado, hace que la propia vía sea más segura e invite al disfrute de la conducción recreativa en mejores condiciones. No es esta una dinámica nueva ya que se pueden encontrar antecedentes claros de esta práctica en los bulevares de Berlín y París del siglo XVIII, las “vías parque” del Nueva York decimonónico y las National Parkways norteamericanas de 1930. En la actualidad, a las National Scenic Byways y All-American Roads estadounidenses se podrían añadir vías como la Great Ocean Road australiana, la Garden Route sudafricana o la extensa Sichuan-Tíbet, por poner un ejemplo de cada continente. En Europa son relevantes los casos de la ruta costera Wild Atlantic Way de Irlanda, la North Coast 500 escocesa, los 18 itinerarios que conforman la red de Rutas Turísticas Nacionales de Noruega, la entrañable y decadente Nationale 7 francesa o la cercana Estrada Nacional 2 portuguesa, una carretera que recorre el país de norte a sur por el interior, desde Chaves a Faro.

España, como referencia turística a nivel internacional que es, tiene sus propias carreteras paisajísticas. Si hubiera que hacer una selección de los 10 proyectos más relevantes del país, y tomando la licencia de incluir al final de la lista a la futura Ruta 623, los otros nueve más relevantes serían:

- Aragón Slow Driving. Red compuesta por 16 rutas con una longitud total de más de 3.000 km.



Figura 19. Mirador del Cañón del Ebro cerca de la N-623.

- Carreteras Escénicas de Galicia. 25 rutas insólitas por los mejores paisajes de Galicia en un proyecto denominado “Escenarios al volante”.
- Carreteras Paisajísticas de Albacete. 17 rutas paisajísticas agrupadas en cuatro comarcas que se promocionan con el lema “Vive tu road movie”.
- Carreteras paisajísticas de Ciudad Real. Es el proyecto más joven y plantea la consideración de carreteras paisajísticas para 8 recorridos (uno doble) identificados con la denominación CP-X.
- Grand Tour de Cataluña. 5 itinerarios que componen, en sí mismos, el propio tour circular a través de toda la comunidad. Hay uno más, denominado “ruta icónica” que recorre la región de una forma alternativa a los anteriores.
- Pirineos Road Trip. El único caso que tiene carácter transnacional gracias a que los Pirineos son “un país que no tiene fronteras”, como dice su eslogan.
- Carreteras paisajísticas de Extremadura. Proyecto que ha logrado identificar y señalar 17 pequeños tramos en 11 carreteras diferentes con un recorrido total de 200 km.
- The Basque Grand Tour. 8 recorridos que generan un conjunto casi circular, donde aparecen 3 rutas costeras y 5 de interior, para una extensión total de casi 1.000 km.
- The Silent Route. 63 km de ruta panorámica por la A-1702 de Teruel, con un marcado carácter motero gracias a lo sinuoso del recorrido.

Todos los ejemplos anteriores incorporan el concepto de “viaje lento” o *slow travel* con un enfoque experiencial, donde lo importante no es el

destino sino el propio camino, en la idea de disfrutar de la conducción, el paisaje y el patrimonio cultural y natural cercano al itinerario.

A la vista de lo señalado en los apartados anteriores, la carretera nacional N-623 reúne todas las condiciones para constituirse en una carretera paisajística fantástica. Sin embargo, la sola existencia de la carretera en las condiciones actuales tal vez no sea suficiente para poder funcionar como un recurso turístico completo, por lo que implementar dinámicas de valorización enfocadas a potenciar el carácter de la vía como ruta sería muy recomendable. Se podrían poner en funcionamiento algunas acciones concretas: señalización específica del itinerario, reposición de elementos viarios históricos significativos respetando al máximo las condiciones de seguridad (hitos, defensas, etc.), construcción de nuevas áreas de descanso, instalación de miradores singulares, uso de realidad aumentada para que los viajeros puedan visualizar elementos desaparecidos como los antiguos puentes colgantes de Quintanilla Escalada y Carandía, creación de puntos de información con fotografía histórica, aprovechamiento de la literatura y el cine desarrollados en la franja y presencia activa en la web y las redes sociales para difusión de la ruta, entre otras.

Como se ha podido comprobar, la N-623 es una carretera singular ubicada en un entorno patrimonial extraordinario. La implementación de esta vía como ruta turística favorecería la preservación de todos esos bienes a través de la incorporación de un turismo de calidad, contribuyendo a mejorar la actividad económica de la franja y luchando activamente contra la despoblación de la misma. Los mimbres están, ahora solo hay que tejerlos para que la Ruta 623 sea una realidad.

Bibliografía

- [1] Cabanilla Vázquez, E. A. (2011). Turismo lento o slow tourism para disfrutar de los pequeños detalles. *Kalpana*, (5), 33-36.
- [2] Abásolo Álvarez, J. A. (1975). Comunicaciones de la época romana en la provincia de Burgos. Burgos: Aldecoa.
- [3] Moreno Gallo, I. (2001). Características de la infraestructura viaria romana. *Ingeniería y Territorio*, (56), 4-13.
- [4] Domingo Mena, S. (2015). Caminos Burgaleses: los caminos del Norte (siglos XV y XVI) (tesis doctoral). Universidad de Burgos, Burgos.
- [5] Villegas Cabredo, L. (2020). Un viaje por los caminos y puentes de las comarcas centrales de Cantabria. Santander: Ediciones Universidad de Cantabria.
- [6] Ministerio de Fomento (1860). Memoria de las obras públicas en los años 1859 y 1860. Madrid: Imprenta Nacional.
- [7] Galán Bueno, P., Ruiz Fernández R., Coronado Tordesillas J. M. y Navareño Rojo, Á. (2024). El rescate y recuperación de carreteras históricas: Proyecto IVAPCHETE. Estudio y recuperación del tramo Almuradiel-Santa Elena en la N-IV. *Rutas*, (198), 28-36.
- [8] Moreno Gallo M. Á. (Coord.) (2018). Puentes singulares de Burgos. Unir orillas, abrir caminos. Burgos: Diputación Provincial de Burgos.
- [9] Saiz Barrio, F. J. (2024). El patrimonio viario como elemento de desarrollo territorial. El caso de la carretera nacional N-623 Burgos-Santander: caracterización, estudio histórico y propuesta de valorización (tesis doctoral). Universidad de Burgos, Burgos.

* Todas las fotografías son obra del autor del artículo ❖

Transportes presenta la Guía para el diseño de infraestructuras de transporte terrestre con perspectiva de género

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible presentó el pasado 7 de marzo una guía para el diseño de infraestructuras de transporte terrestre con perspectiva de género.

El objetivo es fomentar el papel de la mujer en el sector del transporte y de incorporar la perspectiva de género en el diseño de las infraestructuras, tanto de carreteras como de ferrocarriles. Asimismo, pretende ser una herramienta de consulta para el personal técnico de las administraciones públicas y de las empresas de ingeniería encargadas del proyecto, construcción y conservación de las infraestructuras de transporte terrestre.

La guía propone un nuevo planteamiento en el diseño de las infraestructuras basado en la identificación de otros tipos de usuarios como pueden ser mujeres, personas mayores, personas con discapacidad funcional, niños y niñas, que plantean necesidades más allá de la movilidad, como pueden ser la seguridad o la comodidad.

La guía se divide en ocho tipos de infraestructuras, cada una representada con una ilustración gráfica y acompañada de subtipos específicos. Cada ficha incluye un diagrama de criterios, imágenes ejemplares, y un texto explicativo. Las fichas están centradas en la planificación de infraestructuras terrestres, estaciones ferroviarias, pasos superiores e inferiores, túneles, carreteras y autovías, áreas de servicio y de descanso, aparcamientos seguros, pacificación en tramos urbanos e infraestructuras con una segunda vida.



Poniendo el foco en el ámbito de la carretera, algunos de los ejemplos que se recogen en la guía hacen referencia a:

- **Travesías y tramos de acceso a núcleos de población:** En los accesos a núcleos urbanos, se propone la incorporación de itinerarios peatonales accesibles y seguros. Asimismo, se recomienda introducir medidas de calmado de tráfico y espacios estanciales equipados con mobiliario urbano y arbolado de sombra.
- **Tramos interurbanos:** Integrando bandas de protección para bicicletas y espacios estanciales a lo largo de la carretera, mejorando así la seguridad y la calidad ambiental.
- **Áreas de Servicio:** Apostando por la creación de espacios estanciales confortables, áreas de juego para la infancia y circuitos biosaludables. Además, se busca ir incorporando aseos públicos gratuitos y bien señalizados, con productos de higiene y cambiadores para bebés.

- **Puntos de Recarga de Vehículos Eléctricos:** Integrando puntos de recarga con espacios estanciales y elementos de mobiliario urbano, promoviendo la movilidad sostenible y la accesibilidad.

La guía se puede consultar en la página web del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (<https://www.transportes.gob.es/ministerio/proyectos-singulares/guia-para-el-dise-no-de-infraestructuras-inclusivas>) ❖



Los referentes del sector se reúnen en el XXV Congreso español ITS “Road to ITS Sevilla 2025”

El Instituto de la Ingeniería de España acogió en Madrid, del 18 al 20 de febrero, el XXV Congreso español ITS, consolidándose como un evento clave para la movilidad inteligente. Durante tres días, autoridades y expertos destacaron la importancia de la colaboración público-privada, la innovación y la financiación de proyectos europeos.

El foro se dividió en tres bloques principales. El primero de ellos, centrado en **infraestructuras**, se presentaron proyectos como el ITS en túneles de Madrid, la modernización de centros de control y los Smart Tunnels, capaces de operar de forma autónoma. También se abordó la migración a sistemas SCADA de arquitectura abierta y la gestión de peajes en Ciudad de México, con perspectivas de aplicación en España.

Otro de los proyectos relevantes presentados fue **MOVINN**, una plataforma impulsada por el CDTI e ITS España para fomentar la movilidad cooperativa. También se analizó la teleoperación como paso previo a la autonomía vehicular y el impacto de la IA en seguridad vial. A nivel europeo, el proyecto **SCALE** busca revolucionar el transporte con tecnologías cooperativas inteligentes (C-ITS).

El segundo bloque dedicado a la **Gestión del Tráfico**, presentó innovaciones en seguridad vial, como alertas de vehículos fuera de control,



señalización inteligente y detección de animales en carretera. La IA y los gemelos digitales jugaron un papel clave en la gestión predictiva del tráfico.

En **ITS urbano**, se expusieron soluciones para integrar la demanda peatonal en semáforos y la implementación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBEs), destacando la de Guadalajara. La DGT promovió su plataforma **DGT 3.0**, que mejora la seguridad con datos en tiempo real.

El Congreso también abordó **proyectos europeos** como **DS4M (Data Space for Mobility)**, que impulsa los National Access Points (NAPs) y su adaptación regional. En el ámbito académico, se anunció una diplo-

matura en Datos e ITS de 360 horas, promovida por la Universidad de Valencia e ITS España.

En **ticketing y pagos**, se debatió sobre la viabilidad de un billete único, cuyo reto radica en su diseño y coordinación interadministrativa. En la mesa de **Mobility as a Service (MaaS)**, se resaltó la importancia de los espacios de datos para garantizar la interoperabilidad.

El Congreso reafirmó el liderazgo de España en ITS y anticipó el próximo gran evento: el **Congreso Europeo de ITS en Sevilla**, del 19 al 21 de mayo de 2025 (www.itseuropean-congress.com). ❖



Segovia, 25 y 26 de febrero de 2025

Los días 25 y 26 de febrero tuvieron lugar en Segovia las **I Jornadas sobre carreteras sostenibles y resilientes**, bajo el lema “**Compromiso con un transporte responsable**”. Dichas jornadas fueron organizadas por el comité C14 de la ATC, Carreteras Sostenibles y Resilientes, y tuvieron un gran éxito de convocatoria, con más de 400 inscritos (aforo completo), 17 patrocinadores oro y plata y más de 70 ponentes en su programa técnico.

Martes 25 de febrero

Las jornadas fueron **inauguradas** por Marta Serrano, Secretaria general de Transporte Terrestre del MITMS, Juan Pedro Fernández Palomino, Director General de Carreteras del MITMS, Jose Luis Sanz Merino, Consejero de Movilidad y Transformación Digital de la Junta de Castilla y León, Miguel Ángel de Vicente Martín, presidente de la diputación

de Segovia y Jose Mazarias Pérez, alcalde de Segovia. Durante la inauguración se destacó el papel vital de las carreteras como infraestructura fundamental, por su capacidad para conectar personas, acceder a los servicios y permitir el intercambio de bienes económicos. También se puso de manifiesto que el sector de las carreteras tiene una gran capacidad para afrontar los impactos de eventos extremos, como los vividos recientemente en Valencia; pero, además, es fundamental tomar conciencia de los nuevos retos a los que nos enfrentamos, relacionados con la resiliencia, la sostenibilidad y la descarbonización.

El programa técnico de las jornadas comenzó con una **conferencia magistral** sobre el cambio climático basado en el conocimiento científico, impartida por el profesor Jorge Olcina, catedrático de Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Alicante. Durante su charla explicó

que, hasta ahora, los cambios climáticos se debían a procesos naturales. Sin embargo, el proceso de cambio climático que estamos viviendo se debe al incremento de emisiones de CO₂ de origen antropogénico, que están provocando un desequilibrio de aproximadamente 1W/m² en el balance energético del planeta. Se estima que, del total de emisiones de CO₂ inyectadas a la atmósfera, una tercera parte son de origen antropogénico, lo que habría causado que el incremento de temperatura medio a nivel mundial haya sido de 0,8°C en lugar de 0,1°C, desde 1850. Igualmente, se estima que el objetivo del incremento de temperatura de 2°C se alcanzará aproximadamente en 2050. Este desequilibrio hace que se produzcan fenómenos de reajuste térmico: una atmósfera más cálida hace que las masas de aire se muevan más rápidamente y se tengan más días de anticiclón, pero también masas de aire frío que provocan precipitaciones irregulares y mayor



Mesa Inaugural de las Jornadas: Marta Serrano, Juan Pedro Fernández Palomino, Jose Luis Sanz Merino, Miguel Ángel de Vicente Martín y Jose Mazarias Pérez

frecuencia de eventos atmosféricos extremos. Para concluir, el profesor Olcina, compartió algunas reflexiones, incidiendo en la idea de que estos cambios en el clima se deben abordar a través de una adecuada planificación territorial, hidrológica, económica y de emergencias, para lo cual será necesario tomar medidas particularizadas a cada situación, basadas en modelos climáticos a corto y medio plazo, incorporando innovación e inteligencia y haciendo partícipe a la ciudadanía.

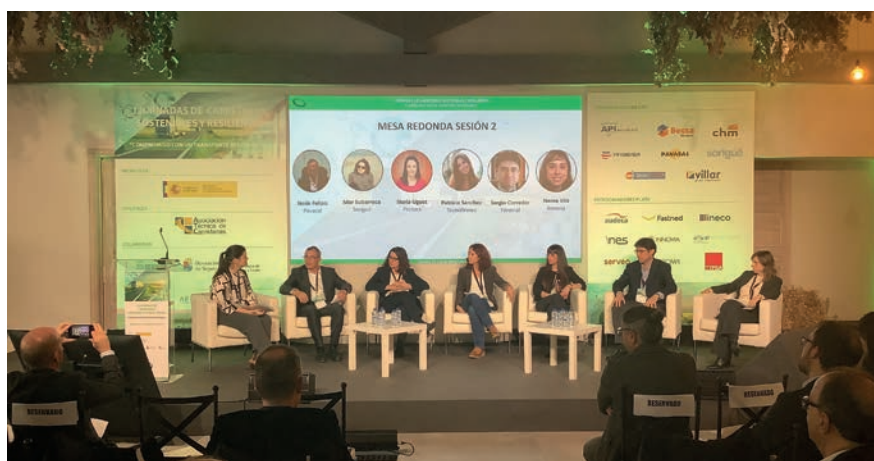
La **primera sesión, “Resiliencia de las carreteras frente al cambio climático y experiencias de las DANA’s recientes en España”**, moderada por David García, de Tecna-lia, comenzó con una ponencia de Ana Arcos, del MITMS, presentando el Plan de adaptación al cambio climático de la Red de Carreteras del Estado (en adelante, RCE). El plan, en preparación por la Dirección General de Carreteras (en adelante, DGC), da cumplimiento, por un lado, a una serie de requerimientos normativos, como los derivados del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y de la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética y, por otro lado, viene a satisfacer la necesidad evidente de adaptar nuestra red de carreteras a los posibles impactos derivados o

incrementados como consecuencia del cambio climático. En su estado actual, el plan ha permitido efectuar el análisis de vulnerabilidad de los principales activos de la red y se están realizando las correspondientes evaluaciones del riesgo, para pasar, en una etapa posterior, a determinar las medidas de adaptación que se deriven del plan. Por su parte, Marie Colin, presidenta del comité técnico TC1.4 de PIARC sobre resiliencia de las redes de carreteras, presentó los trabajos que está impulsando PIARC relacionados con la resiliencia organizacional, entendida ésta como la capacidad de las administraciones de carreteras “para organizar, dotar de recursos, promover y mantener una actividad sostenible, al servicio de los usuarios y del necesario movimiento de bienes, servicios y personas” (PIARC 2024); con el objetivo de estar preparadas y de reaccionar adecuadamente frente a los impactos del cambio climático y otras amenazas. A continuación, hubo un bloque de presentaciones relativas a los impactos sufridos por las redes de carreteras en Valencia durante la DANA del 29 de octubre. Guillermo Llopis, jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Valencia, expuso la respuesta de la DGC ante las inundaciones que se produjeron, que llevaron al corte completo de nu-

merosos kilómetros de carreteras de la RCE, incluyendo el by-pass de la A-7, y compartió con la audiencia sus reflexiones relativas a los posibles cambios que se deben derivar de los impactos sufridos, para que la reconstrucción de las infraestructuras viales sea más resiliente. María José Martínez, de la Generalitat Valenciana (GV), expuso asimismo los impactos producidos por las fuertes lluvias en la red autonómica y Mónica Laura Alonso, de la Diputación Valenciana (Dival) trasladó el ingente esfuerzo realizado por los técnicos de carreteras, tanto de la diputación como de las empresas privadas, para abordar todos las afecciones que se produjeron en las carreteras locales. Hay que destacar de las presentaciones de las tres administraciones algunos aspectos fundamentales relativos a la respuesta a la DANA: la rápida reacción que se tuvo que dar para restituir la vialidad, la inspección de daños que se hubo de acometer en muy poco tiempo y la magnitud de las obras de emergencia a realizar, que de momento se espera que asciendan (números aproximados) a unos 150 millones de euros en la RCE, unos 70 millones en la red de la GV y unos 80 millones en la red de Dival. Por último, Yolanda Alcaraz, de la Comunidad de Madrid (CAM), expuso las lecciones aprendidas como consecuencia de la DANA sufrida en la CAM el 3 de septiembre de 2023, que los ha llevado, entre otras cosas, a un cambio de paradigma en la forma de entender el mantenimiento como herramienta para adaptar sus carreteras al cambio climático. De esta forma, no solo es necesario evaluar el estado de conservación de una estructura, sino que la evaluación debe realizarse teniendo en cuenta el nivel de exposición y priorizar las actuaciones teniendo en cuenta la gravedad de los posibles impactos. En la parte de comunicaciones libres fue seleccionada una presentación de Paulina Ordoñez, de

Ineco, sobre una metodología para evaluar el riesgo frente a incendios forestales bajo escenarios de cambio climático y una presentación de Beatriz Crespo, de AECOM SPAIN DCS, sobre gemelos digitales para comunidades resilientes. Finalmente, durante la mesa redonda se pusieron de manifiesto distintos aspectos que tener en cuenta para, de forma concreta, avanzar en la resiliencia de las carreteras, para lo cual se contó con la participación de expertos de distintos sectores: Pablo Álvarez (Becsa), Nuria Mesoneros (Typsa), David López (Ines Ingenieros), Josep María Caba (Solutioma) y Efrén Feliú (Tecnalia).

Tras la comida, se dio comienzo a la **segunda sesión, “Descarbonización de la construcción y mantenimiento de carreteras. Estrategias de eficiencia energética”**, moderada por Miguel Ángel Gonzalo, de ITEC. En primer lugar, Álvaro Muñoz, del MITMS, presentó las políticas de descarbonización y de eficiencia energética de la DGC. A continuación, desde la Generalitat de Catalunya, David Prat expuso el programa de autogeneración y descarbonización de las carreteras en la red de su competencia. Aitor Aragón, de UNE, habló de los aspectos de sostenibilidad contenidos en el nuevo Reglamento de Productos de la Construcción, recientemente aprobado y que entrará en vigor de forma progresiva durante los próximos años. En ese sentido, destacó que se ponen al mismo nivel las prestaciones técnicas y ambientales de los productos, que deberán ser declaradas por los fabricantes y que pasarán a formar parte de un sistema de pasaporte digital. A continuación, Valverde Jiménez del MITMS presentó la nueva orden circular 3/2024 sobre el cálculo de la huella de carbono de los pavimentos, como primer paso para evaluar el comportamiento ambiental de los firmes de carreteras, desde el punto de



Mesa Redonda: ¿Qué están haciendo las administraciones y empresas para avanzar en la descarbonización de la construcción y conservación de los pavimentos y los equipamientos de las carreteras?

vista de las emisiones de CO₂ equivalente, en su etapa de construcción (A1 a A5). Desde el CEDEX, Marcos Perelli, presentó la herramienta de análisis ambiental de firmes HAFIR-MA, que permite calcular el impacto ambiental de las distintas secciones de firme incluidas en la norma 6.1 IC y que, a corto plazo, incluirá también actividades de conservación de firmes, así como consideraciones tales como el reciclado de mezclas bituminosas y la fabricación de mezclas a menor temperatura. Licinio Alfaro, de ITec, presentó los trabajos relativos al banco de precios ambientales de la DGC. A continuación, se presentaron las dos comunicaciones libres seleccionadas, la primera relativa a los indicadores de sostenibilidad y circularidad que se están proponiendo en el marco del Proyecto Liaison, presentada por Beatriz Mateo, del CEDEX, y la segunda, sobre la transformación industrial para conseguir fabricar mezclas bituminosas más sostenibles, presentada por Javier Loma, de la empresa Padecasa. La mesa redonda, moderada por Marina González, del MITMS, versó sobre las distintas iniciativas impulsadas por parte de las empresas para avanzar en la descarbonización de la construcción y conservación de los pavimentos y los equipamientos de carreteras. Sergio Corredor (Fo-

rovial), Jesús Felipo (Pavasal), Nuria Uguet (Probisa), Mar Subarroca (Sorigué), Patricia Sánchez (Tecnofirmes) y Nerea Vila (Innovia) tuvieron oportunidad de compartir, de forma concreta, experiencias que están llevando a cabo en el campo de la descarbonización.

Con la sesión 2, se dio por concluido el programa técnico del primer día, que dio paso a la parte social de las jornadas, con un acto social (protagonizado por la compañía Titirimundi) seguido por la cena oficial de las jornadas.

Miercoles 26 de febrero

El segundo día de jornadas dio comienzo con la **sesión 3, sobre “Impactos medioambientales de las carreteras”**, moderada por Javier Cachón, del CEDEX. En esta sesión, Manuel Oñorbe, del Miteco, presentó la estrategia de desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras lineales de transporte. Esta estrategia se ha traducido en un programa de trabajo, con una serie de ejes y acciones que proponen medidas para minimizar los efectos negativos de las infraestructuras de transporte. Christian de la Calle, del MITMS, expuso la política de ruido

ambiental de la RCE, bajo la perspectiva de las dificultades que supone ejecutar los planes de acción contra el ruido. Manuel Colomer, del CEDEX, explicó las características peculiares de las márgenes de las carreteras, que pueden funcionar como corredores ecológicos y sumideros de carbono, si se planifican adecuadamente. A continuación, Suso Cernadas, de la Xunta de Galicia, presentó un plan piloto que se está llevando a cabo para eliminar espacios invasoras de las carreteras y gestionar las márgenes, mediante la implantación de una cubierta vegetal y la reforestación con especies autóctonas, de forma que se conviertan en elementos de protección frente a los incendios. Francisco Berroya, de Aserpyma, trasladó la importancia de la restauración ambiental y de desarrollar técnicas para mejorar el medio natural, como instrumentos para un adecuada gestión de las carreteras. Juan Pedro Aguilar, del MITMS, presentó el plan de la DGC para generar sumideros de carbono mediante plantaciones anexas a las carreteras, ya licitado en la DCE en Murcia y previsto en la DCE en Aragón. Antonio Diego, de GPYO, presentó la comunicación libre sobre un sistema de fibra óptica para la detección de animales en la N-110, que pone de manifiesto de qué forma la tecnología puede ayudar a proteger la fauna y evitar la fragmentación de hábitats. Finalmente, en la mesa redonda, se pusieron en común iniciativas desarrolladas por varias empresas dedicadas a la gestión y conservación de carreteras, para lo cual se contó con la participación de Gabriel Camacho (SEITT), Ana Alcoceba (Audeca), Yolanda Temiño (Interbiak), Pilar Díaz (Serveo), Ruth Tomás (Sacyr) y Juan José Alarcón (CHM).

A continuación, tuvo lugar la **sesión 4 sobre “Descarbonización del transporte por carretera”**, moderada por Rodrigo Moltó, del MITMS.



Mesa Redonda: ¿Cómo se está abordando la descarbonización del transporte por carretera y el despliegue de puntos de recarga en España?

Esta interesante y novedosa sesión basada en cómo descarbonizar el transporte desde el punto de vista de la propia infraestructura, dio comienzo con la intervención de Isabel del Olmo, del IDAE, que destacó la electrificación como medida para la descarbonización del transporte por carretera. Isabel del Olmo dio algunos datos de gran relevancia, tales como que el sector transporte representa, aproximadamente, el 30% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (en adelante, GEI) y el 42% de la energía total consumida, y que el transporte por carretera representa, a su vez, del orden del 92% de las emisiones de GEI del sector transporte. De ahí, se desprende que la descarbonización del transporte por carretera es un tema prioritario y que dicha descarbonización pasa por la electrificación de la flota de vehículos. Estos mensajes fueron compartidos por Marina Serrano, de AELÉC, que además explicó las características del sistema eléctrico, en tanto que es un sector regulado, haciendo referencia a que, en los últimos años, las peticiones de acceso a la red se han triplicado, por lo que hace falta una adecuada planificación para que el sistema pueda dar respuesta a la demanda. Rosalía Bravo, del MITMS, durante su presentación destacó el papel proactivo de la DGC para facilitar la movilidad eléctrica, tanto a

través del programa piloto de áreas de servicio dotadas de estaciones de recarga ultrarrápida para vehículos eléctricos en la RCE, actualmente en preparación, como también por medio del impulso de distintas iniciativas administrativas para acelerar la tramitación de las autorizaciones de implementación de puntos de recarga en las estaciones de servicio aledañas a la RCE lo que ya se ha traducido en una disminución notable de plazos de tramitación. Silvia Pérez, de la Diputación Foral de Guipuzkoa, compartió durante su presentación distintas reflexiones sobre la política de pago por contaminación en la red de carreteras de la diputación a la que representa. Esta iniciativa, pionera en España, se centra en el cobro de tarifas a los vehículos pesados en función de la tecnología de sus motores, con el objetivo de repercutir los costes externos relativos a la afección a la calidad del aire. En la parte de comunicaciones libres, José Ignacio Hervás, de Api Movilidad, presentó el proyecto CARDHIN, en el que se ha llevado a cabo una prueba piloto para la recarga inductiva dinámica de vehículos eléctricos. El sistema, embebido en el pavimento, se ha probado con éxito como sistema de recarga de vehículos eléctricos, si bien necesitaría de posteriores pruebas en condiciones reales de tráfico. Por su parte, Carles Fuentes, de Au-

topistas, presentó el proyecto CRE-TA, relativo al control y reducción de las emisiones del tráfico, basado en el empleo de sensores de medición de GEI y contaminantes, que permitirían recomendar velocidades para reducir las emisiones y una posible tarificación en función del desempeño ambiental de los vehículos. Por último, durante la mesa redonda, Inma Cima (FASTNED), Susana Carrillo (CNMC), Arturo Pérez de Lucía (AEDIVE), Javier de las Heras (MITMS) y Bruno de la Fuente (Seopán) se compartieron distintos puntos de vista sobre cómo se está abordando la descarbonización del transporte por carretera en España y sobre el despliegue de puntos de recarga. En este sentido, puso de manifiesto las dificultades que se están encontrando para construir y operar estaciones de recarga de VE. En este sentido, comentó que se está avanzando en hacer más transparentes los procesos para acceder a la red, incidió en la necesidad de remover las barreras para la movilidad eléctrica, para lo cual es fundamental contar con datos relativos a las estaciones de recarga eléctrica, para dar confianza a los usuarios., puso la nota optimista en su intervención, indicando que se ha avanzado mucho en los últimos 3 años en relación con el número de puntos de recarga en la RCE, así como en lo relativo a la tramitación administrativa, si bien todavía queda mucho camino por recorrer., trasladó, por último, el punto de vista de las concesionarias.

Tras la pausa para la comida, dio comienzo la **última sesión de las jornadas, sobre “Otras políticas de movilidad sostenible en vías urbanas e interurbanas en España”**, moderada por Alfredo Sánchez, del MITMS. En primer lugar, Mercedes Gómez, hizo una introducción sobre los fondos europeos Next Generation, dentro del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

(en adelante, PRTR), repasando los distintos mecanismos previstos para financiar actuaciones para impulsar la movilidad sostenible; en concreto, las dirigidas a las CCAA y a la transformación de flotas. A continuación, Cristina Libertad Benítez, del MITMS, repasó el programa de ayudas a municipios para la implantación de Zonas de Bajas Emisiones y la transformación digital y sostenible del transporte urbano, en el marco del PRTR. A continuación, se cambió la perspectiva, pasando del punto de vista del MITMS, como tramitador de las ayudas, al punto de vista de los receptores de dichas ayudas. En primer lugar, Jesús María Gómez, del Ayuntamiento de Segovia alabó la oportunidad de las ayudas del PRTR para acometer actuaciones de movilidad sostenible muy necesarias en la ciudad; si bien, por otro lado, trasladó las dificultades que conlleva a veces el poder materializar las actuaciones financiadas por PRTR por parte de los beneficiarios de las mismas. En segundo lugar, Iván López, de la EMT, compartió el punto de vista de esta, empresa pública que, junto con el Ayuntamiento de Madrid, ha sido uno de los mayores receptores de ayudas del PRTR. La financiación

se ha destinado a la puesta en marcha de multitud de actuaciones que favorecen la transformación digital y sostenible del transporte urbano colectivo en superficie en la ciudad de Madrid, destacando entre ellas la modernización del centro operativo de Vicálvaro para los autobuses municipales. Posteriormente, David del Villar de Ineco, compartió con la audiencia el programa de actuaciones ciclistas para movilidad cotidiana y para el ciclismo deportivo en la RCE, destacando la publicación de una guía de recomendaciones para el diseño de vías ciclistas y la implementación de distintas medidas para incrementar la seguridad de los ciclistas deportivos que transitan por la RCE. Por último, Encarnación Calatayud, de la Generalitat Valenciana, presentó una iniciativa exitosa consistente en la construcción de aparcamientos para la movilidad compartida y para favorecer la intermodalidad en las redes de carreteras de la Generalitat Valenciana, así como los planes de la GV para la construcción de diversos itinerarios ciclopeatonales..

Finalmente, Antonio Muruais, ponente general de las I Jornadas Carreteras Sostenibles y Resilientes agradeció la buena acogida de las jornadas y a todos aquellos que las han hecho realidad, bien a través de la organización, los patrocinadores, la exposición de presentaciones, la redacción de comunicaciones libres, etc., y realizó un resumen de todos los temas tratados, destacando la alta calidad de las intervenciones y el interés de las temáticas tratadas. Ana Arranz, directora de la ATC, fue la encargada de cerrar las jornadas, emplazando a todos los asistentes a participar en las próximas jornadas, que, sin duda, generarán mucha expectación. ❖



Antonio Muruais, Director técnico de las Jornadas, clausurando el evento

Jornada Técnica

“Uso de Geosintéticos en la Rehabilitación de Firmes de Carreteras”



Madrid, 29 de enero de 2025

El 29 de enero de 2025, la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) celebró la Jornada Técnica «Uso de Geosintéticos en la Rehabilitación de Firmes de Carreteras», en la que se presentó el documento de trabajo elaborado por el grupo de trabajo n.º 5 “Geosintéticos” (GT-5) del Comité de Firmes de la Asociación. El evento tuvo lugar en el Centro de Estudios y Técnicas Aplicadas (CETA) del CEDEX, en Madrid, y congregó a casi 200 expertos, profesionales y empresas del sector para debatir y compartir conocimientos sobre el papel de los geosintéticos en la mejora y el mantenimiento de las infraestructuras viarias.

La jornada comenzó con la recepción de los asistentes y la entrega del documento que sirvió de base para la realización del evento, junto con muestras físicas de distintos materiales geosintéticos cuya aplicación es

en los firmes. Con una asistencia de cerca de 200 personas, el coordinador, Ricardo Bardasano, secretario del Comité de Firmes, dio la bienvenida a los participantes y presentó a las personalidades que integraban la mesa inaugural.

La inauguración estuvo a cargo de Áurea Perucho Martínez, directora del CEDEX; Álvaro Navareño Rojo, presidente de la ATC; Gloria María Ramos Palop, jefa de la Demarcación de Carreteras de Madrid; Ángel Leiro, presidente saliente del Capítulo Español de la International Geosynthetic Society (IGS), quien aprovechó su intervención para anunciar la celebración del GEOSINTEC 4 en octubre de este año, organizado por el capítulo español de la IGS; y Valverde Jiménez Ajo, presidenta del Comité de Firmes de la ATC.

Durante la inauguración, se destacó que, aunque hace aproximada-

mente 30 años comenzaron a utilizarse geosintéticos en España para la rehabilitación de firmes con el objetivo de mitigar la reflexión de fisuras en superficie, su aplicación no ha avanzado significativamente. Esto contrasta con el desarrollo e innovación experimentados en la fabricación, propiedades y prestaciones de estos productos, así como con la existencia de un completo marco normativo que permite su comercialización en Europa sin barreras técnicas. A pesar de las ventajas que su uso podría representar para los responsables de la conservación de los firmes de carreteras, su implantación sigue siendo limitada.

Posteriormente, Patricia Amo, coordinadora del grupo de trabajo encargado de la elaboración de la publicación, enlazó su intervención con lo expuesto en la mesa inaugural. Explicó que, al analizar en el seno del

Comité de Firms de la Asociación Técnica de Carreteras las razones del escaso uso de los geosintéticos, se identificaron como posibles causas el desconocimiento y la falta de guías prácticas para la adecuada selección y aplicación de estos productos con el fin de obtener los mejores resultados. Este desconocimiento se detectó tanto en la fase de proyecto como en la de ejecución y en la elaboración de especificaciones reglamentarias.

Para hacer frente a este problema, se creó un grupo de trabajo específico compuesto por especialistas en la materia, con el objetivo de elaborar una guía práctica y accesible que recopilara los aspectos clave a considerar en el uso de estos productos para la rehabilitación de firmes de carreteras, garantizando así los mejores resultados.

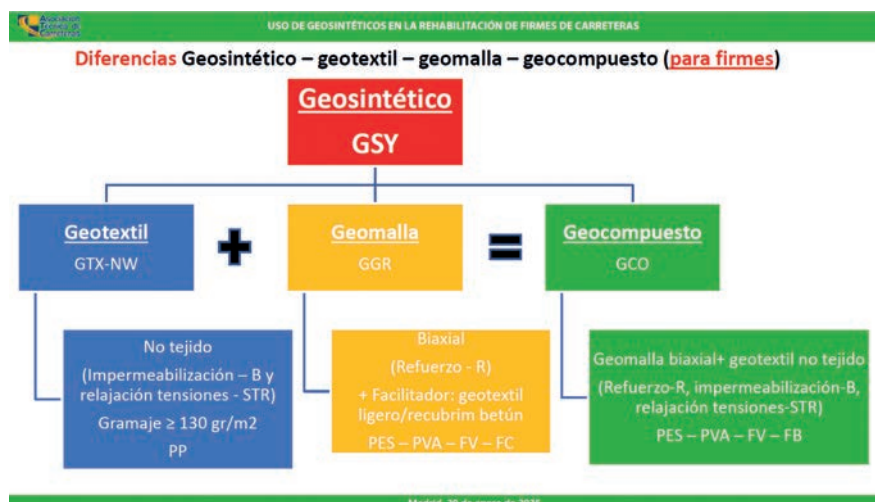
La guía, titulada “Uso de geosintéticos en la rehabilitación de firmes de carreteras”, ofrece recomendaciones y directrices para la correcta selección y aplicación de geosintéticos, con el propósito de mejorar la durabilidad y eficiencia de las intervenciones en firmes.

En el marco de su participación, Patricia Amo quiso agradecer a la ATC por la organización de la jornada, a los asistentes por el alto nivel de interés



USO DE GEOSINTÉTICOS EN LA REHABILITACIÓN DE FIRMES DE CARRETERAS

Comité de Firms
Asociación Técnica de Carreteras
Grupo de Trabajo: Geosintéticos



mostrado y, en especial, a los integrantes del GT-5 por su dedicación y esfuerzo desde la creación del grupo de trabajo en 2016

La jornada se estructuró en dos sesiones técnicas diferenciadas, durante las cuales todas las ponencias fueron impartidas por profesionales de distintos ámbitos, aunque todos ellos pertenecientes al GT-5 del Comité de Firms.

Sesión 1: Generalidades, características y control de calidad

A pesar de la existencia de un conjunto de normas armonizadas de producto que sirven de base para el marcado CE y la comercialización de estos productos, la normativa técnica que regula su empleo es escasa. Como consecuencia, también es limitada la presencia de personal técnico especializado en las empresas responsables de la construcción, conservación y mantenimiento de las carreteras.

Como consecuencia, ya desde la fase de proyecto no se define correctamente el geosintético a emplear, cuya elección suele realizarse en la fase de ejecución, basándose en los productos disponibles en ese momento. Además, tampoco se determina de

manera adecuada la zona donde debe colocarse en función de la función que debe cumplir, dejando en manos de la Dirección de Obra la responsabilidad de indicar su ubicación.

Con esta primera sesión, se buscaba ofrecer una introducción a los conocimientos necesarios para abordar estos problemas, ya que su desarrollo completo se encuentra recogido en la guía entregada durante la jornada, la cual también puede adquirirse a través de la ATC.

La primera ponencia estuvo a cargo de David Almazán, adjunto a Director técnico, Desarrollo de Negocio e I+D+i de EPTISA. De manera concisa y esquemática, aclaró conceptos, explicó diferencias y analizó casos de éxito y fallos, facilitando una mejor comprensión de los materiales geosintéticos en su aplicación a los firmes.

La siguiente ponencia fue impartida por Jaime Carpio, técnico del Laboratorio de Geosintéticos (LAGUC) de la Universidad de Cantabria. Con su amplio conocimiento sobre los ensayos de laboratorio, analizó las diferentes propiedades de los geosintéticos necesarias para su aplicación y su evaluación a través de distintos ensayos.

Jorge Carnerero, técnico del Centro de Estudios del Transporte del CEDEX, impartió la última ponencia de

esta sesión, centrándose en los procedimientos para garantizar la calidad de los materiales y su correcta puesta en obra en aplicaciones viarias.

La sesión concluyó con un breve coloquio, en el que los asistentes tuvieron la oportunidad de plantear a los ponentes las dudas a las que se habían enfrentado y para las que no habían encontrado solución. Las últimas cuestiones se resolvieron de manera más distendida durante una pausa para el café, que permitió a los asistentes interactuar y recargar energías para la última sesión.

Sesión 2: Recomendaciones de Ejecución

En esta sesión se analizaron las aplicaciones prácticas de los distintos tipos de geosintéticos empleados en la construcción de firmes, como geotextiles no tejidos, geomallas y geocompuestos. Cada material fue presentado por un representante de las empresas fabricantes participantes en el GT-5. La sesión concluyó con la exposición de dos casos de obra en los que se aplicaron estas soluciones.

La primera intervención estuvo a cargo de José Luis Cuenca, director de la empresa Solmax Iberia. En su exposición, repasó cada una de las fases de aplicación de los geotextiles no tejidos.

En segundo lugar, Humberto Ramírez, responsable de la División de Asfaltos de la empresa S&P Reinforcement en España, repasó la aplicación de las distintas geomallas utilizadas para el refuerzo de los firmes.

Para finalizar con los distintos tipos de geosintéticos utilizados en la rehabilitación de firmes, la exposición sobre los geocompuestos estuvo a cargo de Marco Rodríguez, técnico de la empresa Huesker Geosintéticos. En su presentación, destacó las ca-



La jornada tuvo un alto grado de participación, con interesantes debates entre los asistentes.

racterísticas intrínsecas de estos materiales, sus funciones y sus posibles aplicaciones.

Tras estas ponencias de carácter más general, se dio paso a la exposición de dos obras específicas realizadas por empresas especializadas del sector representadas en el GT-5.

Jesús Díaz, director del Departamento de Oficina Técnica y Parque de Maquinaria de Lantania, presentó la obra en la A-66, entre los PPKK 21+080 y 25+470, en Lugones (Asturias). El trabajo se centró en las actuaciones realizadas durante 2023 para la ampliación por la mediana en ambas calzadas, en los ejes 3 y 4, del tronco de la A-66.

Las intervenciones consistieron en la ampliación del tercer carril con firme de hormigón continuo y, posteriormente, en el recrecido con mezcla bituminosa sobre los carriles existentes y el nuevo carril ampliado. La incorporación de un geocompuesto en la interfaz entre el firme rígido y la mezcla bituminosa permitió aumentar la durabilidad y resiliencia del paquete de firme. Gracias a esta solución, un firme con más de 30 años en servicio podrá seguir soportando el tráfico durante un nuevo ciclo de vida útil.

Por último, Álvaro Fernández, representante de la empresa Trabajos Bituminosos (TRABIT), presentó el caso de obra de la M-505 en Madrid,

donde se emplearon geomallas para el refuerzo en la rehabilitación del firme.

En su exposición, detalló el proceso de selección de materiales y los desafíos enfrentados durante la ejecución, ya que era necesario mantener el tráfico abierto durante la intervención. Esto exigió extremar la precaución y coordinar minuciosamente los trabajos. Finalmente, presentó los resultados obtenidos, destacando las ventajas del uso de geosintéticos en proyectos de rehabilitación vial.

La jornada concluyó con una sesión de coloquio en la que los asistentes tuvieron la oportunidad de plantear preguntas y debatir sobre los temas tratados. Eventos como esta jornada técnica son fundamentales para fomentar el intercambio de conocimientos y experiencias, impulsando la innovación y la mejora continua en la conservación y rehabilitación de nuestras infraestructuras viarias.

Finalmente, el coordinador de la jornada, Ricardo Bardasano, clausuró el evento e invitó a los asistentes a participar en el cóctel de cierre. En sus palabras finales, aprovechó la ocasión para agradecer a los patrocinadores de la jornada —las empresas SOLMAX IBERIA, TRABIT, S&P REINFORCEMENT y HUESKER GEOSINTÉTICOS—, gracias a cuyo apoyo fue posible la maquetación de la Guía y la realización del evento. ❖

Jornada Técnica

“Mejora en los Procesos para la Gestión Eficiente de Proyectos Y Obras”



Madrid, 12 de marzo de 2025

El pasado 12 de marzo se celebró en la sede del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en Madrid una jornada técnica sobre la mejora en los procesos para la gestión eficiente de proyectos y obras de carreteras, promovida por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y el Comité Técnico de Movilidad, Planificación y Diseño de la ATC. La Jornada suscitó gran interés entre el sector, completando el aforo con más de 200 asistentes.

La inauguración de la jornada corrió a cargo de Juan Pedro Fernández Palomino, Director General de Carreteras; Álvaro Navareño Rojo, Presidente de la ATC y Ricardo Martín de Bustamante Vega, Vicepresidente del Colegio de ICCP.

La ponencia de inicio correspondió a Fernando Pedraza, Subdirector General de Proyectos y Obras de la DGC, centrándose en los aspectos generales sobre la mejora de los proyectos y las obras, muchos de los cuales fueron ampliamente desarrollados en las po-

nencias posteriores. Destacando, como colofón de la presentación, que la creación de infraestructuras es un proceso de alta complejidad y, aunque el sector es eficaz, hay margen para mejorar su eficiencia a través de un enfoque integral y colaborativo que enfrente los desafíos del sector y mejore la calidad de las infraestructuras.

Posteriormente, Miguel González describió el procedimiento de gestión del riesgo que recientemente se ha implementado en la DGC, y sus objetivos, entre los que

se destaca: la mejora de las estimaciones de plazo y presupuesto desde el inicio de la planificación de las actuaciones y la mejora de la constructividad de las obras.

Nuria Vázquez completó la visión sobre la gestión de riesgos presentando la perspectiva de la empresa, haciendo hincapié en que el verdadero problema no es la existencia de riesgos, sino la falta de atención hacia ellos.

La presentación de Juan Chamorro se centró en poner en valor el proyecto económico de las actuaciones, para lo cual la DGC ha publicado la Orden Circular 4/2023 sobre el procedimiento para la justificación de los precios y base de precios de apoyo. Esta Orden Circular mantiene el espíritu de las anteriores bases de precios y añade la metodología para la realización de un adecuado anejo de Justificación de Precios dentro de los proyectos de construcción.

En lo referente a los equipos de redacción de proyectos y la supervisión por fases, Juan Pedro Aguilar expuso la Nota de Servicio 1/2024 de la DGC que introduce las modificaciones a las que ha sido sometido el proceso de supervisión dinámica, y puntualiza que supervisión dinámica no es lo contrario de estática, sino que hace referencia a las nuevas modalidades a las que puede ser sometida la supervisión de un proyecto: simplificada, ordinaria, intensiva y extraordinaria.

Antonio Fernández, de la empresa TPF Ingeniería, presentó su visión como representante de una empresa de consultoría de proyectos que aboga por mejorar la interacción entre proyecto y obra, poniendo el foco en la necesidad de que perfiles de obra participen en los proyectos para asegurar la constructividad de los mismos, sin



Presentación de la jornada (de izquierda a derecha): Fernando Pedraza Majarrez, Ricardo Martín de Bustamante Vega, Juan Pedro Fernández Palomino y Álvaro Navareño Rojo.

olvidar la importancia que el BIM va a adquirir en los próximos años.

Tras el café, Álvaro Cuadrado presentó el Sistema de Gestión de la Calidad en las obras de la DGC, aprobado por la Orden Circular 4/2024 y aplicable a las obras de la Subdirección General de Proyectos y Obras (SGPO) desde noviembre de 2024. Este sistema topa con un primer desafío, los sistemas de gestión propios de cada empresa, aunque gracias a la auditoría de calidad se verificará el cumplimiento del sistema, y se medirán tanto la eficacia como la eficiencia de este.

A continuación, Esteban Tolosana, de la empresa ACCIONA, expuso la visión de las empresas constructoras. Esta visión abarca no solo los proyectos y obras, sino también la contratación de ambos y su diferente modo de gestión. En su opinión, la clave está en evaluar correctamente el tamaño, complejidad y definición de la obra para elegir el procedimiento y tipo de contrato más adecuado, no destacando los contratos de colaboración público-privada (ya sean concesiones o contratos colaborativos).

En el siguiente bloque, Ángel D. Salazar exploró el concepto de constructividad de las obras señalando que tiene como objetivo minimizar las incidencias/modificaciones de los contratos de obras. Y que la Subdirección General de Proyectos y Obras tiene como objetivo mejorar los aspectos relacionados con el estudio de la constructividad en las fases previas de diseño y definición de los proyectos. Para ello será necesario que profesionales especializados en obras participen en las actuaciones desde la fase inicial de planificación.

Seguidamente se dio paso a una mesa redonda moderada por Ángel Salazar, en la que participaron, además de los anteriores representantes de las ingenierías, Tomás Ripa de LRA, y donde se pusieron de manifiesto distintos aspectos a tener en cuenta para avanzar en la mejora de los proyectos y de las obras. En ella se creó un debate sobre la necesidad de buenas prácticas en la gestión del talento, destacando la importancia de un entorno laboral que promueva el crecimiento profesional de los ingenieros redactores de proyectos.



Mesa Redonda "Mejora de los proyectos y obras"



Mesa Redonda "Mejora de la contratación"

La sesión de la tarde comenzó con la presentación de Coral Collazos sobre los nuevos pliegos que van a regir la contratación de los contratos de servicios. En ella se expusieron, con un alto nivel de detalle, las novedades y los objetivos de los nuevos pliegos de cláusulas administrativas particulares y de prescripciones técnicas tanto de redacción de proyectos como de control y vigilancia de obras, aprobados a finales de 2024, y que ya ha empezado a utilizar la Subdirección General de Proyectos y Obras.

A continuación, Joan Franco, Presidente de TECNIBERIA, explicó los principales problemas que enfrentan las empresas de ingeniería en España, y sus necesidades: pobres resultados económicos (que deben ser compensados con los que se obtienen en el mundo internacional), falta de personal técnico, necesidad de redefinir las tarifas de personal en las tareas a contratar, baja relevancia de la puntuación técnica en los concursos frente a la económica, necesidad de una planificación a largo plazo que permita

a las empresas dotarse recursos, o la inclusión de la mano de obra entre los conceptos susceptibles de revisión ordinaria de precios en los contratos.

La última intervención de la tarde corrió a cargo de Julián Núñez, Presidente de SEOPAN, que abordó los aspectos a mejorar en el contrato de obra. Entre ellos destacó la propuesta de contratos colaborativos y su implantación a través de proyectos piloto, así como la necesaria recuperación del contrato de concesión en la contratación pública de infraestructuras viarias.

La jornada concluyó con una mesa redonda dedicada a la mejora de la contratación. En la que además de los intervinientes anteriores participaron Borja Escobar (Presidente de ASECI) y Concha Santos (Presidenta de ANCI).

Borja lanzó varias sugerencias: la necesidad de establecer tarifas de personal realistas (de acuerdo a los precios de mercado); la llegada del BIM, que supone incrementar los costes de redacción de proyectos de manera no despreciable; o la calidad de los proyectos.

Igualmente, Concha comentó la necesidad de simplificación del marco normativo, y sugirió 4 reformas: la revisión de precios; la gestión de las bajas y las ofertas temerarias; la simplificación de los modificados; y facilitar la gestión de expedientes.

Posteriormente se suscitó un animado debate entre la audiencia y los participantes en la mesa redonda que dejó a los asistentes con una alta expectativa ante las próximas Jornadas de Construcción que tendrán lugar en Sevilla los días 16, 17 y 18 de septiembre, y en donde se abordarán estos y otros temas de gran interés para el sector. ❖

Jornada Técnica “Patrimonio de las Carreteras”



Madrid, 25 de marzo de 2025

El pasado 25 de marzo, el auditorio Agustín de Betancourt fue el escenario de una jornada dedicada al valor patrimonial de las carreteras. Este evento resaltó la importancia histórica y cultural de las infraestructuras viarias construidas en España desde el siglo XVIII, enfatizando la necesidad de su identificación, preservación y puesta en valor ante las pérdidas y transformaciones que han sufrido en las últimas décadas.

La jornada se estructuró en tres bloques temáticos, cada uno com-

puesto por ponencias marco y mesas redondas con expertos en la materia, abordando diferentes aspectos relacionados con el patrimonio viario.

Primer Bloque: Identificación del Patrimonio Viario

En esta sesión, se presentó el proyecto “Identificación, valoración y análisis patrimonial de las carreteras históricas españolas de titularidad estatal (IVAPCHETE)”. Los ponentes, Pedro Galán, Álvaro Navareño y Ja-

vier Rodríguez Lázaro subrayaron la relevancia del patrimonio viario en la configuración territorial y cultural de España y detallaron la metodología empleada para catalogar y valorar estas infraestructuras, resaltando la colaboración de la Subdirección de Conservación de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, las demarcaciones y unidades de carreteras del MITMS, así como los técnicos de los Centros de Conservación y Explotación (COEX). Se presentaron resultados que evidencian

la riqueza y diversidad del patrimonio viario español, destacando su papel esencial en la vertebración del territorio y su potencial como recurso cultural y turístico.

La mesa redonda, moderada por Pablo Sáez, se centró en los desafíos específicos relacionados con la identificación y valoración del patrimonio viario. Rafael Luque, representando a los Centros de Conservación y Explotación (COEX), subrayó algunas de las dificultades que surgieron con la implementación del proyecto IVAPCHETE y, específicamente, en el reconocimiento de carreteras transferidas a otras administraciones. Por su parte, José Luis Martínez, de la Unidad de Carreteras de Alicante, reivindicó el patrimonio documental y abordó la problemática de la financiación necesaria para las labores de preservación. Ambos ponentes destacaron la necesidad de establecer mecanismos económicos sostenibles que permitan mantener y rehabilitar estas vías sin comprometer otros recursos destinados a la infraestructura vial contemporánea. Finalmente, Arantxa Hernández aportó una perspectiva comparativa al analizar las similitudes entre este programa y las iniciativas desarrolladas por la Fundación de Ferrocarriles Españoles para la creación de vías verdes, señalando que, al igual que en el caso ferroviario, la conversión de tramos desafectados en corredores recreativos presenta tanto oportunidades como desafíos en términos de conservación, uso público y gestión de recursos.

Segundo Bloque: Estrategias y Retos para la Recuperación de Infraestructuras

En este bloque, Ricardo Huerga, de la FFE, presentó el proyecto de recuperación patrimonial de la carretera Nacional IV, específicamente el



Mesa Redonda "Retos en la identificación del patrimonio de las carreteras"



Mesa Redonda "Oportunidades de la recuperación de carreteras históricas"

tramo comprendido entre Almuradiel (Ciudad Real) y Santa Elena (Jaén), impulsado por la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras del Ministerio. Se detallaron los criterios y estrategias de intervención, destacando la colaboración de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles y la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Ciudad Real en la supervisión y desarrollo del estudio. Por su parte, Susana Amarillas, de IPS Vial, presentó una propuesta de señalización diseñada para el proyecto de recuperación patrimonial de anterior carretera. Esta propuesta, que se espera que pueda ser extrapolable a otros trazados históricos, se caracteriza por su homogeneidad y diferenciación, asegurando la compatibilidad con el sistema vial existente y enfocándose en la seguridad y funcionalidad.

La mesa redonda, moderada por Felipe Collazos, exploró la capacidad de los ejes históricos para actuar como catalizadores del turismo y la recuperación del patrimonio viario. Javier Saiz destacó el potencial de la N-623 como corredor turístico, subrayando su valor histórico y las oportunidades que ofrece para el desarrollo local. Complementando esta perspectiva, Javier Piedra resaltó cómo las redes locales y caminos municipales pueden desempeñar un papel crucial en la revitalización y conservación del patrimonio viario, facilitando el acceso a áreas de interés cultural y fomentando el turismo rural. Para garantizar el éxito de estos proyectos, Rita Ruiz proporcionó pautas clave, enfatizando la necesidad de establecer criterios claros y sostenibles que aseguren intervenciones cohe-

rentes y respetuosas con el entorno. Por último, José Manuel Sanz identificó aspectos esenciales relacionados con el firme de las carreteras históricas, sugiriendo métodos para su reconocimiento y conservación por parte de las administraciones, asegurando así la integridad y funcionalidad de estas vías en el contexto contemporáneo.

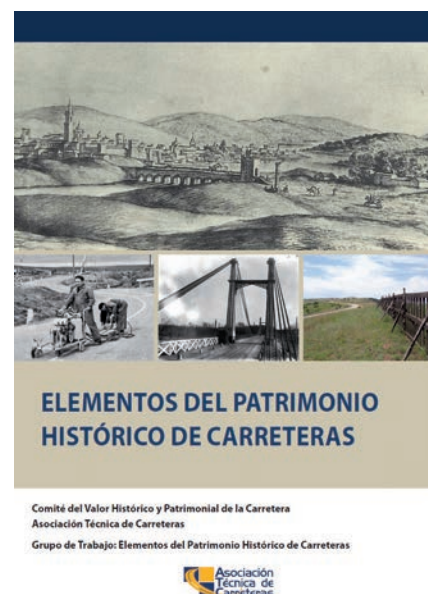
Tercer Bloque: Difusión y Didáctica del Patrimonio de la Ingeniería Civil y Vial

En esta sesión, se presentó el libro coordinado por Carlos Casas, compuesto por 49 artículos que sirven como guía para que ingenieros y ciudadanos identifiquen el valor asociado a estas infraestructuras. La obra recopila diversas estructuras y elementos que constituyen un patrimonio anteriormente considerado casi invisible, contextualizando cada elemento y ofreciendo una perspectiva profunda sobre el valor cultural y simbólico de antiguos caminos y carreteras.

La mesa redonda, moderada por José María Coronado, contó con la participación de Áurea Perucho y Arcadio Gil, representantes del CEDEX y del Colegio de Ingenieros de Caminos, respectivamente. Discutieron iniciativas actuales para valorar y difundir el patrimonio de la obra pública, incluyendo exposiciones, premios de rehabilitación de infraestructuras y la organización de jornadas y congresos. Rosario Cornejo y David Merino expusieron las dificultades que enfrentan las administraciones, como la Comunidad de Madrid y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, para poner en valor el patrimonio de las carreteras, enfatizando la necesidad de mayor financiación y facilitando el acceso al 2% cultural para



Carlos Casas durante la presentación del documento, que se entregó a los asistentes, "Elementos del patrimonio histórico de carreteras"



Mesa Redonda "La importancia de la valoración y didáctica patrimonial de la ingeniería y de las carreteras"

desarrollar proyectos que permitan poner en valor la obra pública histórica.

Como cierre de la jornada, Javier León presentó el proyecto de recuperación del puente de Deba, recientemente galardonado con el Premio Europa Nostra, ejemplificando una intervención exitosa en la preservación del patrimonio viario y sirviendo de inspiración para futuras iniciativas en el ámbito de la conservación de las vías históricas y sus estructuras.

Desde la Asociación Técnica de Carreteras se espera que esta jornada

haya contribuido significativamente a generar conciencia sobre el valor patrimonial de las carreteras históricas, que son testigos del esfuerzo colectivo por vertebrar el territorio, conectar poblaciones y facilitar el progreso. La ATC reafirma su compromiso en continuar promoviendo acciones que fomenten la identificación, preservación y difusión del patrimonio viario español, involucrando a todos los actores relevantes y sensibilizando a la sociedad sobre la importancia de estas infraestructuras en nuestra historia y cultura. ♦

PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto los siguientes eventos:

- **Jornadas Seguridad Vial 2025** Alicante, 23 y 24 de abril de 2025
- **Curso práctico-avanzado de DGQRAM** Madrid, 12 y 13 de mayo de 2025
- **Jornada Avances en Firms Sostenibles** Madrid, 12 de junio de 2025
- **I Jornadas Construcción de Carreteras** Sevilla, 16, 17 y 18 de septiembre de 2025

¿Te gustaría que una foto tuya fuera portada de la revista RUTAS?



Si quieres que una imagen o fotografía aparezca como portada de la revista RUTAS, envía tu imagen junto a su título y autor a:

info@atc-piarc.com

“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en

www.atc-piarc.com

Composición de la Junta Directiva de la ATC

PRESIDENTE:	- D. Álvaro Navareño Rojo
CO-PRESIDENTES DE HONOR:	- D. Juan Pedro Fernández Palomino - D. Pere Navarro Olivella
VICEPRESIDENTES:	- D.ª Paula Pérez López - D. Jorge Enrique Lucas Herranz - D. Pedro Gómez González
TESORERO:	- D. Pablo Sáez Villar
SECRETARIA:	- D.ª M.ª del Carmen Picón Cabrera
DIRECTORA:	- D.ª Ana Arranz Cuenca



VOCALES:

- Designados por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible:
 - D. Antonio Muruais Rodríguez
 - D. Álvaro Navareño Rojo
 - D.ª Paula Pérez López
 - D.ª M.ª del Carmen Picón Cabrera
 - D.ª Patricia Sanz Lázaro
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
 - D.ª Ana Isabel Blanco Bergareche
 - D. Indalecio Candel González
 - D.ª Estibaliz Olabarri González
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
 - D. Damaso Arteaga Suarez
 - D. Felipe Cobo Sánchez
 - D. Miguel María García Fuentes
 - D. Alfonso Lujano Jiménez
 - D. David Merino Rueda
 - D. Jesús Félix Puerta García
- En representación de los órganos responsables de vialidad de los ayuntamientos
 - D.ª Margarita Torres Rodríguez
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
 - D. Rodrigo Miró Recasens
 - D.ª Laura Parra Ruiz
 - D. Manuel Romana García
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
 - D. Eduardo Arrojo Martínez
 - D. Bruno de la Fuente Bitaine
- Representantes de las empresas de ingeniería:
 - D. José Luis Mangas Panero
 - D. Tom Van Looy
 - D.ª Nuria Vázquez Fustes
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
 - D. Cesar Bartolomé Muñoz
 - D. Álvaro Díaz Díez de Baldeón
 - D. Joaquín Izquierdo Matesanz
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
 - D. Antonio Baamonde Roca
 - D. Carlos Bartolomé Marín
 - D. Javier Loma Lozano
 - D. Francisco Vea Folch
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
 - D. Francisco García Sánchez
 - D. Miguel Cañada Echaniz
- Entre los Socios de Honor:
 - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
 - D. José Pablo Sez Villar
- Entre los Socios de Mérito:
 - D. Alberto Bardsi Orue-Echevarría
 - D. Jorge Enrique Lucas Herranz
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
 - D. Pedro Gómez González
 - D.ª Anna París Madrona
 - D. Enrique Soler Salcedo
 - D. Ángel Sampedro Rodríguez
- Presidente saliente:
 - D.ª M.ª del Rosario Cornejo Arribas

Comités Técnicos de la ATC

COMITÉ DE VIALIDAD INVERNAL

- | | |
|--------------|-------------------------|
| - Presidente | D. Luis Azcue Rodríguez |
| - Secretaria | D.ª Lola García Arévalo |

COMITÉ DE FINANCIACIÓN

- | | |
|--------------|-------------------------------|
| - Presidente | D. José Manuel Blanco Segarra |
| - Secretario | D. Adolfo Güell Cancela |

MOVILIDAD, PLANIFICACIÓN Y DISEÑO

- | | |
|--------------|--------------------------------------|
| - Presidente | D. Fernando Pedraza Majarrez |
| - Secretario | D. Javier Sáinz de los Terreros Goñi |

TÚNELES DE CARRETERAS

- | | |
|------------------|-----------------------------|
| - Presidente | D. Rafael López Guarga |
| - Vicepresidente | D. Ignacio del Rey Llorente |
| - Secretario | D. Rafael Sánchez Tostón |

CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

- | | |
|--------------|-----------------------|
| - Presidenta | D.ª Paula Pérez López |
| - Secretario | D. Pablo Sáez Villar |

FIRMES DE CARRETERAS

- | | |
|--------------|-------------------------------|
| - Presidenta | D.ª Valverde Jiménez Ajo |
| - Secretario | D. Ricardo Bardasano González |

PUENTES DE CARRETERAS

- | | |
|--------------|---------------------------------|
| - Presidente | D. Emilio Criado Morán |
| - Secretario | D. José Vicente Martínez Sierra |

GEOTECNIA VIAL

- | | |
|--------------|-------------------------|
| - Presidente | D. Manuel Romana García |
| - Secretario | D. Patricia Amo Sanz |

SEGURIDAD VIAL

- | | |
|--------------|----------------------------|
| - Presidente | D. Roberto Llamas Rubio |
| - Secretaria | D.ª Beatriz Molina Serrano |

CARRETERAS SOSTENIBLES Y RESILIENTES

- | | |
|------------------|---|
| - Presidente | D. Antonio Muruais Rodríguez |
| - Vicepresidenta | D.ª Laura Parra Ruiz |
| - Secretarías | D.ª Laura Crespo García
D.ª Ana Arcos González |

CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

- | | |
|--------------|----------------------------------|
| - Presidenta | D.ª Mónica Laura Alonso Pla |
| - Secretaria | D.ª María del Mar Colas Victoria |

DOTACIONES VIALES

- | | |
|--------------|------------------------------|
| - Presidente | D. Álvaro Navareño Rojo |
| - Secretario | D. Adolfo Hoyos-Limón Cortés |

VALOR HISTÓRICO PATRIMONIAL

- | | |
|--------------|-------------------------|
| - Presidenta | D.ª Rita Ruiz Fernández |
| - Secretario | D. Carlos Casas Nagore |

COORDINADOR DE COMITÉS

D. José del Cerro Grau

Socios de la ATC

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

- **Socios natos:**
 - Dirección General de Carreteras
 - Dirección General de Tráfico
- **Socios institucionales**
- **Socios protectores Tipo A**
- **Socios protectores Tipo B**
- **Socios a título individual:**
 - Socios de Honor
 - Socios de Mérito
 - Socios Individuales
 - Socios Senior
 - Socios Júnior

Socios de Honor

2005 - D. ENRIQUE BALAGUER CAMPHUIS (†)
 2005 - D. ÁNGEL LACLETA MUÑOZ (†)
 2008 - D. JOSÉ LUIS ELVIRA MUÑOZ
 2008 - D. FRANCISCO CRIADO BALLESTEROS
 2011 - D. SANDRO ROCCI BOCCALERI (†)
 2011 - D. JOSÉ MARÍA MORERA BOSCH
 2012 - D. LUIS ALBERTO SOLÍS VILLA
 2012 - D. JORDI FOLLIA I ALSINA (†)
 2012 - D. PEDRO D. GÓMEZ GONZÁLEZ
 2015 - D. ROBERTO ALBEROLA GARCÍA
 2019 - D. PABLO SÁEZ VILLAR
 2020 - D.ª M.ª DEL CARMEN PICÓN CABRERA

Socios de Mérito

2010 - D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA
 2010 - D. RAMÓN DEL CUVILLO JIMÉNEZ (†)
 2011 - D. CARLOS OTEO MAZO (†)
 2011 - D. ADOLFO GÜELL CANCELA
 2011 - D. ANTONIO MEDINA GIL
 2012 - D. CARLOS DELGADO ALONSO-MARTIRENA
 2012 - D. ALBERTO BARDESI ORUE-ECHEVARRIA
 2013 - D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA
 2013 - D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO

2013 - D.ª MERCEDES AVIÑÓ BOLINCHES
 2014 - D. FEDERICO FERNANDEZ ALONSO
 2014 - D. JUSTO BORRAJO SEBASTIÁN
 2014 - D. JESÚS RUBIO ALFÉREZ
 2014 - D. JESÚS SANTAMARÍA ARIAS
 2015 - D. ENRIQUE DAPENA GARCÍA
 2015 - D. ROBERTO LLAMAS RUBIO
 2015 - D. FÉLIX EDMUNDO PÉREZ JIMÉNEZ
 2017 - D. VICENTE VILANOVA MARTÍNEZ-FALERO
 2017 - D. ÁNGEL GARCÍA GARAY
 2018 - D. LUIS AZCUE RODRÍGUEZ
 2018 - D. FERNANDO PEDRAZO MAJÁRREZ
 2019 - D. ÓSCAR GUTIÉRREZ-BOLÍVAR ÁLVAREZ
 2019 - D. ALFREDO GARCÍA GARCÍA
 2020 - D. CARLOS CASAS NAGORE
 2020 - D. ANDRÉS COSTA HERNANDEZ
 2021 - D. ANTONIO SÁNCHEZ TRUJILLANO
 2021 - D. JESÚS DÍAZ MINGUELA
 2022 - D. JORGE ENRIQUE LUCAS HERRANZ
 2022 - D. ÁLVARO PARRILLA ALCAIDE
 2023 - D. JOSÉ MANUEL BLANCO SEGARRA
 2023 - D. FRANCISCO JAVIER PAYÁN DE TEJADA GONZÁLEZ
 2023 - D. FRANCISCO JOSÉ LUCAS OCHOA
 2024 - D.ª ANA BLANCO BERGARECHE
 2024 - D. IGNACIO DEL REY LLORENTE

Socios natos, Socios institucionales y Socios protectores

Administración General del Estado

- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MTMS
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. MINISTERIO DEL INTERIOR
- DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN LAS SOCIEDADES CONCESIONARIAS DE AUTOPISTAS NACIONALES DE PEAJE. MTMS

Comunidades Autónomas

- COMUNIDAD DE MADRID
- GENERALITAT DE CATALUNYA
- GENERALITAT VALENCIANA, CONSELLERIA DE VIVIENDA, OBRAS PÚBLICAS Y VERTEBRACIÓN DEL TERRITORIO
- GOBIERNO DE ARAGÓN, DEPARTAMENTO DE VERTEBRACIÓN DEL TERRITORIO, MOVILIDAD Y VIVIENDA
- GOBIERNO DE CANARIAS
- GOBIERNO DE CANTABRIA
- GOBIERNO DE NAVARRA. DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO
- GOBIERNO VASCO
- GOBIERNO VASCO. DIRECCIÓN DE TRÁFICO
- JUNTA DE ANDALUCÍA
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN
- JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA - LA MANCHA. CONSEJERÍA DE FOMENTO
- JUNTA DE EXTREMADURA. CONSEJERÍA DE MOVILIDAD, TRANSPORTE Y VIVIENDA. DIRECCIÓN GENERAL DE MOVILIDAD E INFRAESTRUCTURAS VIARIAS.
- PRINCIPADO DE ASTURIAS
- XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Ayuntamientos

- AYUNTAMIENTO DE BARCELONA
- MADRID CALLE 30
- AREA METROPOLITANA DE BARCELONA
- JEFATURA CUERPO DE BOMBEROS - AYUNTAMIENTO DE MADRID

Diputaciones Forales, Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consells

- EXCMA. DIPUTACIÓN FORAL DE ÁLAVA
- EXCMA. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- EXCMA. DIPUTACIÓN DE BARCELONA
- EXCMA. DIPUTACIÓN DE GIRONA
- EXCMA. DIPUTACIÓN DE TARRAGONA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ÁVILA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE HUESCA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE LEÓN
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE PALENCIA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SALAMANCA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SEGOVIA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALENCIA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALLADOLID
- CABILDO DE GRAN CANARIA
- CABILDO INSULAR DE TENERIFE
- CONSELL DE MALLORCA. DIRECCIÓN INSULAR DE CARRETERAS

Colegios Profesionales y Centros de investigación y formación

- INSTITUTO CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
- INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN DE CATALUÑA (ITEC)
- CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE, CEDEX
- ESCUELA DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE BARCELONA. CÁTEDRA DE CAMINOS
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL

Asociaciones

- AGRUPACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA, OFICEMEN
- ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, ACEX
- ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE SEÑALES METÁLICAS DE TRÁFICO, AFASEMETRA
- ASOCIACIÓN EMPRESARIAL PARA EL DESARROLLO E IMPULSO DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA, AEDIVE
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, ASEFMA
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE ÁMBITO NACIONAL, SEOPAN
- ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS, ATEB
- FORO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL TRANSPORTE, ITS ESPAÑA
- FUNDACIÓN REAL AUTOMÓVIL CLUB DE CATALUÑA, RACC

Sociedades Concesionarias

- ABERTIS AUTOPISTAS ESPAÑA, S.A.
- ACCIONA CONCESIONES, S.L.
- AUCALSA, AUTOPISTA CONCESIONARIA ASTUR - LEONESA, S.A.
- AUDENASA, AUTOPISTAS DE NAVARRA, S.A.
- AUTOPISTAS DEL ATLÁNTICO, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S.A.
- CEDINSA CONCESIONARIA, S.A.
- CONCESIONARIA VIAL ANDINA, S.A.S. (COVIANDINA)
- SACYR CONCESIONES, S.L.
- TÚNEL D'ENVALIRA, S.A.

Empresas

- 3M ESPAÑA, S.L.
- A. BIANCHINI INGENIERO, S.A.
- ABALDO COMPAÑIA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN, S.A.
- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- ACEINSA MOVILIDAD, S.A.
- AECOM INOCSA, S.L.U.
- A.E.R.C.O., S. A. SUCURSAL EN ESPAÑA
- AGUAS Y ESTRUCTURAS, S.A. (AYESA)
- ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A.
- ALAUDA INGENIERÍA, S.A.
- ALEÁTICA S.A.U.
- ALUMBRADOS VIARIOS, S. A.
- ALVAC, S.A.
- AMIANTIT ESPAÑA S.A.U.
- ANTER
- API MOVILIDAD, S.A.
- APPLUS NORCONTROL S.L.
- AQUATERRA SERVICIOS INFRAESTRUCTURAS S.L.
- ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.
- ASFALTOS Y PAVIMENTOS, S.A.
- ASIMOB S.L.
- AUDECA, S.L.U.
- BARNICES VALENTINE, S.A.U.
- BECSA, S.A.U.
- BENITO ARNÓ E HIJOS, S.A.U.
- BETAZUL, S.A.
- CAMPEZO OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.
- CEPESA COMERCIAL PETROLEO, S.A.
- CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- CINTRA SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- COMSA INSTALACIONES Y SISTEMAS INDUSTRIALES, S.L.U.
- CONSERVACIÓN INTEGRAL VIARIA, S.L. (CONSVIA)
- CONSTRUCCIONES MAYGAR, S.L.
- CONSTRUCCIONES SAN JOSÉ
- CONSTRUCCIONES SARRIÓN, S.L.
- CORSAN - CORVIAM, CONSTRUCCIÓN, S.A.
- CPS INFRAESTRUCTURAS MOVILIDAD Y MEDIOAMBIENTE, S.L.
- CTS BITUMEN GMBH
- CYOPSA - SISOCIA, S.A.
- DINÁMICAS DE SEGURIDAD, S.L.
- DOYMO S.A.
- DRACE GEOCISA, S.A.
- DRAGADOS, S.A.
- DRIZORO, S.A.U.
- ECOFIRMES IBÉRICA, S.L.
- EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS GESTIÓN Y DESARROLLO, S.L.
- EKIONA ILUMINACIÓN SOLAR, S.L.
- ELSAMEX GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.L.
- ELECNOR SERVICIOS Y PROYECTOS, S.A.U.
- EMPRESA DE MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA M-30, S.A. (EMESA)
- EPTISA, SERVICIOS DE INGENIERÍA
- ESTEYCO, S.A.
- ETRA ELECTRONIC TRAFIC, S.A.
- ESTRUCTURAS TÉCNICAS Y SERVICIOS DE REHABILITACIÓN, S.L. (ETYSER)
- EUROCONSULT NUEVAS TECNOLOGÍAS S.A.U.
- FCC CONSTRUCCIÓN, S.A.
- FERROSER INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- FERROVIAL AGROMÁN, S.A.
- FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.
- FIXALIA ELECTRONIC SOLUTIONS, S.L.
- FREYSSINET, S.A.
- GEOCONTROL, S.A.
- GIRDER INGENIEROS, S.L.P.
- GIVASA S.A.
- GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
- GRUPO ALDESA S.A.
- HIDRODEMOLICIÓN, S.A.
- HUESKER GEOSINTÉTICOS, S.A.
- IDEAM, S.A.
- IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE, S.A.U.
- IKUSI, S.L.U.
- IMPLASER 99, S.L.L.
- INCOPE CONSULTORES, S.L.
- INDRA SISTEMAS, S.A.
- INECO, INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A.
- INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
- INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A. (INECO)
- INGENIERÍA ESPECIALIZADA OBRA CIVIL E INDUSTRIA S.A.
- INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
- INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.
- INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, S.A.U.
- J. A. ROMERO POLO S. A.
- KAO CORPORATION, S.A.
- KAPSCH TRAFFICOM TRANSPORTATION S.A.U.
- LANTANIA, S.A.U.
- LGAI TECHNOLOGICAL CENTER, S.A.
- LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.
- MARTÍN HOLGADO OBRA CIVIL S.L.U.
- MATINSA, MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- MASTER BUILDERS SOLUTIONS ESPAÑA, S.L.U.
- METALESA SEGURIDAD VIAL, S.L.
- MULTISERVICIOS TRITÓN, S.L.
- NODO MEGA Z, S.L.
- NTT DATA EUROPE, S.L.U.
- OBRAS HERGÓN, S.A.U.
- OPTIMASOIL S.L.
- ORION REPARACION ESTRUCTURAL, S.L.
- ORYX OBRAS Y SERVICIOS, S.L.
- PADECASA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
- PAVIMENTOS BARCELONA, S.A. (PABASA)
- PINTURAS HEMPEL, S.A.U.
- PONDIO INGENIEROS, S.L.
- PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
- PROES CONSULTORES, S.A.
- PROINTEC, S.A.
- PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U.
- QUIMICA DE LOS PAVIMENTOS, S.A.
- RAVAGO CHEMICALS, S.A.
- RAUROSZM.COM, S.L.
- REPSOL LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES, S.A.
- RETINEO, S.L.
- ROAD STEEL ENGINEERING, S.L.
- SACYR CONSERVACIÓN, S.A.
- SACYR CONSTRUCCION, S.A.
- S.A. DE GESTIÓN DE SERVICIOS Y CONSERVACIÓN (GESECO)
- S.A. DE OBRAS Y SERVICIOS (COPASA)
- SEITT. S.M.E., S.A.
- SENER MOBILITY, S.A.U.
- SEÑAL CONFOR, S.L.
- SEÑALIZACIONES VILLAR, S.A.
- SERBITZU ELKARTEA, S.L.
- SIPRO INGENIERÍA, S.A.
- SISTEMAS Y MONTAJES INDUSTRIALES, S.A.
- SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
- SODECA, S. L. U.
- SOLOTIOMA, S.L.
- SGS TECNOS, S.A.
- SORIGUE, S.A.
- S&P-KRUGER
- T25 IBÉRICA, S.L.
- TALLERES ZITRÓN, S.A.
- TECLIVEN, S.L.
- TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPESA)
- TECNIVIAL, S.A.
- TECNOLOGÍA DE FIRMES, S.A.
- TEKIA INGENIEROS, S.A.
- TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.
- TESPA PROTECCIÓN PASIVA, S.L.
- TPF GETINSA EUROESTUDIOS, S.L.
- TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
- TUNELIA INGENIEROS, S.L.
- URETEK SOLUCIONES INNOVADORAS
- VIRTÓN, S.A.
- VISEVER, S.L.
- VLS CONSTRUCTION SYSTEMS
- VSING INNOVA 2016, S.L.
- ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

Socios Individuales, Senior y Junior

Personas físicas (61) técnicos especialistas de las administraciones públicas; del ámbito universitario; de empresas de ingeniería, construcción, conservación, de suministros y de servicios; de centros de investigación; usuarios de la carretera y de otros campos relacionados con la carretera. Todos ellos actuando en su propio nombre y derecho.

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



Si quiere suscribirse por un año a la revista **RUTAS**, en su edición impresa, cuyo importe es de 60,10 € para socios de la ATC y 66,11 € para no socios (+ I.V.A. respectivamente) rellene sus datos en el formulario de abajo y envíelo por correo postal a la sede de la Asociación:

C/ Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid.



www.atc-piarc.com/rutas

Si quiere anunciarse en **RUTAS** póngase en contacto con nosotros:
Tel.: 91 308 23 18 info@atc-piarc.com www.atc-piarc.com

La revista RUTAS ofrece la posibilidad de publicar aquellos trabajos o artículos del sector de las carreteras que resulten de interés.

Los artículos deberán enviarse por correo electrónico a la dirección info@atc-piarc.org

El Comité Editorial de la revista RUTAS se reserva el derecho de seleccionar dichos artículos y de decidir cuáles se publican en cada número.

PORTADA RUTAS:

Si quiere que una imagen o fotografía aparezca como portada de la revista RUTAS, consultar en info@atc-piarc.com

FE DE ERRORES:

En la edición impresa del número anterior de RUTAS 201, en el artículo titulado "Nuevos viaductos del Castro", se menciona únicamente a Álvaro Serrano Corral como autor. Sin embargo, los coautores del mismo son **Miguel Bañares Dorado y Pablo Domínguez Gómez.**



chm.es



75 años
acompañándote donde quieres estar



Asfaltos Repsol, abriendo el camino a la eficiencia y a la innovación

En Repsol innovamos cada día para adaptarnos a las nuevas necesidades en pavimentación. Por eso, ahora te ofrecemos **5 gamas de asfaltos de alto nivel** para crear carreteras y pavimentos más seguros, eficientes y sostenibles:

PAVE, PERFORM, COLOR, ADVANCE e ISOLATE.

- **Altas prestaciones:** asfaltos de calidad y garantía certificada con nuestra asistencia técnica y desarrollo.
- **Más eficientes:** soluciones eficientes y comprometidas con el medioambiente desarrolladas en el Repsol Technology Lab.
- **A tu medida:** elige el que mejor se adapte a ti entre más de 120 referencias, con diversidad de formatos.



REPSOL

Inventemos el futuro



Repsol Compromiso
Cero Emisiones Netas
2050



Descubre más
aquí