

ENTREVISTA

Tania Gullón Muñoz-Repiso

RUTAS TÉCNICA

Impulso al despliegue de infraestructura de recarga en la Red de Carreteras del Estado: iniciativas de la Dirección General de Carreteras

Señalización de las estaciones de recarga eléctrica en la Red de Carreteras del Estado

Impacto de las actividades de rehabilitación del pavimento sobre las emisiones de CO2 y el consumo de combustible de los vehículos. Caso de estudio de la autovía M-50

Evolución histórica e implantación actual de las distintas técnicas de reciclado y reutilización de firmes y pavimentos en España

Control y seguimiento de tramos de excepcionalidad. Normativa en la Red de Carreteras del Estado.





Imaginamos y creamos infraestructuras que nos hagan avanzar.



sacyr

sacyr.com



05



11



17



22



65

Tribuna Abierta

03 La electrificación de la movilidad: una nueva oportunidad para la carretera

Jaime Huerta Gómez de Merodio

Entrevista

05 Tania Gullón Muñoz-Repiso

Rutas Técnica

11 Impulso al despliegue de infraestructura de recarga en la Red de Carreteras del Estado: iniciativas de la Dirección General de Carreteras

Driving the Rollout of EV Charging Infrastructure on the Spanish National Road Network: Initiatives of the Directorate-General for Roads

Rosalía Bravo Antón, Rodrigo Manuel Moltó Martín, Víctor Manuel Bernárdez Arias, Emilio Morcillo Martínez y Carmen Olmeda Clemares

17 Señalización de las estaciones de recarga eléctrica en la Red de Carreteras del Estado

Signage for electric charging stations on the Spanish National Road Network

Paula Pérez López, María Santino Ortega y Alicia Rodríguez Llorente

22 Impacto de las actividades de rehabilitación del pavimento sobre las emisiones de CO₂ y el consumo de combustible de los vehículos. Caso de estudio de la autovía M-50

Impact of pavement rehabilitation activities on CO₂ emissions and vehicle fuel consumption. Case study of the M-50 highway

Camino Arce Blanco, Camino Arce Blanco y José Carlos Valdecantos Álvarez

33 Evolución histórica e implantación actual de las distintas técnicas de reciclado y reutilización de firmes y pavimentos en España

Historical evolution and current implementation of different techniques for recycling and reusing road surfaces

Anna París, Paula Pastor y Mar Subarroca

43 Control y seguimiento de tramos de excepcionalidad. Normativa en la Red de Carreteras del Estado. Capítulo I

Control and monitoring of exceptional sections. Regulations on the State Road Network Chapter I

María N. Sánchez Pallarés, Jorge Carnerero Manzano y Valverde Jiménez Ajo

Cultura y Carretera

54 No hay carreteras sin sentimiento ni organizaciones sin empatía

Ignacio García-Arango

Actividades del Sector

61 Sevilla durante 3 días se convirtió en el epicentro europeo de la movilidad inteligente

ATC

65 Evento Networking: El nuevo ecosistema de la movilidad eléctrica en las áreas de servicio

67 Jornadas Nacionales Seguridad Vial 2025 (II). Conclusiones generales

71 Próximos eventos ATC

73 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, MITMS (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)
Maria Martínez Nicolau	Directora Técnica de Innovia-Coptalia (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 Pedrazo 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 Plá	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 204 JULIO - SEPTIEMBRE 2025

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Ilustración de portada:

Lucía Sorribes Pérez

La electrificación de la movilidad: una nueva oportunidad para la carretera

Jaime Huerta Gómez de Merodio

Secretario del Foro de Nuevas Tecnologías en el Transporte, ITS España

La situación actual de saturación informativa entorno al vehículo eléctrico: continuas noticias, a favor y en contra, promovidas por grupos con intereses legítimos, hacen que resulte difícil discernir cuánta verdad hay en lo que leemos en cada ocasión.

Parece claro que las reglas y el entorno van a seguir cambiando durante muchos años en el ámbito del vehículo eléctrico. Sin embargo, desde la infraestructura se necesita información clara, sencilla y contrastable que siga siendo válida dentro de 20 años. Las expertas opiniones innovadoras y las discusiones acaloradas no son de utilidad para tomar decisiones importantes a medio plazo.

Uno de los desafíos principales es la autonomía de los vehículos eléctricos. Esta dificultad en realidad puede constituir una gran oportunidad para la gestión de la movilidad, especialmente en lo que respecta a la infraestructura. La necesidad de proporcionar un servicio de recarga eficiente y fiable a los usuarios, además de convertirse en un eje estratégico para fomentar la adopción y garantizar la satisfacción del usuario, da una nueva misión al mundo de la infraestructura.

El paradigma de un sistema de movilidad seguro y sostenible exige integrar los objetivos individuales de cada actor dentro de metas comunes, como segu-

ridad, reducción de emisiones, eficiencia y equidad. Por ello, la movilidad conectada no consiste únicamente en vincular vehículos e infraestructura; requiere también coordinar y hacer trabajar en conjunto a todas las entidades involucradas en el ecosistema de transporte. Como en casi todo en la vida, la clave está en las personas y para conectar a las entidades, previamente es imprescindible se conozcan, hablen y respeten las personas que las representan. Es clave disponer de espacios donde las personas de la movilidad puedan dialogar de forma agradable, constructiva y con respeto.

Con toda seguridad, la movilidad dentro de 100 años será en lo esencial parecida a la de hace 100: las personas se desplazarán a pie, en vehículos privados o en transporte colectivo. ¿Con qué tecnología? Nadie lo sabe, pero con total seguridad no será la mejor disponible como pasa casi siempre en la movilidad y en tantos ámbitos. No tiene sentido para los gestores de la movilidad continuar discutiendo si esta tecnología es mejor que aquella. Lo que interesa es conocerlas, sus puntos a favor y limitaciones y prepararse para adoptarla si llega a implantarse. Las repetidas faltas de éxito promoviendo tecnologías de forma centralizada unidas a la falta de unanimidad en la información disponible, hacen más patente este punto. Con nuestros medios y circunstancias, parece

más sensato adaptarse con eficacia y eficiencia al futuro antes que tratar de diseñarlo.

La movilidad eléctrica está impulsando también la digitalización de la movilidad. Tanto por la necesidad de más información y comunicación, como por la renovación forzada del parque de vehículos. La oportunidad que supone la necesidad de paradas más largas para el suministro de energía a los vehículos tiene dos ámbitos diferentes.

En primer lugar poder atender a los usuarios individuales, que posiblemente realicen una reserva e informen previamente de su tiempo de llegada y necesidades. Desde la infraestructura se les podrá dar un servicio adecuado y muchos más si nos esforzamos en conocerles y adelantarnos a sus necesidades, especialmente teniendo en cuenta que el tiempo de la parada se puede alargar.

Como en las salas VIP de los aeropuertos, es importante “mimar” y tratar con esmero al usuario para aprovechar el tiempo de que se va a disponer para demostrarle lo importante que es cada persona para nosotros. También para otros socios interesados en darles algún tipo de servicio en ese momento, durante el viaje o después, sin necesidad de ser servicios relacionados con la movilidad. Para tener éxito, se debe poner mucho esfuerzo en conocer a los usuarios y los recursos para atenderlos lo mejor posible.

El segundo ámbito de la oportunidad mencionada, y más importante a medio plazo, es que ese conocimiento del usuario se extienda al ecosistema de actores que ya trabajan con él: Autoridades, operadores, fabricantes y proveedores de servicios de todo tipo. Así se entenderá que si un buen año en España la infraestructura factura 15.000M€, el conjunto de la movilidad por carretera son 10 veces más de las cuales una parte muy importante son impuestos. Con esa perspectiva no se nos ocurrirá mantener el planteamiento del pago por uso, a los que ya pagan por todo. Por el contrario, veremos la oportunidad en convertirlos en aliados poderosos que exigen las mejores infraestructuras ya que las han pagado sobradamente con sus impuestos cada kilómetro recorrido.

En el mundo de la infraestructura en España no es habitual conocer la gran importancia que tienen en el Ministerio de Transportes los Operadores de Transporte de pasajeros y mercancías, especialmente frente a los proveedores de infraestructuras. No es difícil entenderlo, como con cualquier entidad, si se ve a unos como los clientes a los que hay que prestar servicio y a los segundos como proveedores a los que se les paga por sus servicios. Lo mismo ocurre con el peso de los fabricantes de vehículos para los ministerios de Industria y Trabajo. Y así sucesiva-

mente con suministradores de energía, proveedores de seguros, operadores bancarios y de telecomunicaciones, etc. Como se ha dicho, pueden ser aliados muy poderosos y no tiene ningún sentido enfrentarse a ellos. Todos ellos demandarán para sí o sus clientes soluciones de recarga eficientes en la infraestructura. Por ello insisto en la nueva oportunidad que se nos presenta a la infraestructura como dueña de la casa donde todos tendrán que pasar.

Para el titular de una infraestructura de recarga, será de gran utilidad conocer el motivo del viaje de su usuario y si es posible tener relación directa con el promotor de la actividad. Además de que no requieren los mismo servicios un transportista, una persona que viaja por trabajo o una familia que se desplaza por vacaciones, la forma de financiar los servicios que les vamos a prestar pueden ser muy diferentes.

El objetivo anterior puede parecer idílico a la vez que simple, pero muy al contrario es complejo pero realizable. Se consigue sentando a los actores en la misma mesa con los objetivos adecuados en cada momento del proceso pero sobre todo evitando lo que sobra y lo para todo: los legítimos, pero egoístas fines de cada entidad, los prejuicios y deudas de historias pasadas, y los egos personales. Sin ellos, en España ya hemos contado con historias de éxito en la movilidad entre las que me gustaría destacar el pacto por la movilidad de la ciudad de Barcelona.

Podemos tener derecho a decir o hacer muchas cosas, pero en los foros donde trabajamos con otros actores tenemos que preguntarnos ¿Interesa, es necesario? En otro caso, dejar de hacer todo lo que pueda molestar o alejar a los otros actores. No es que queramos la paz en el mundo y el *flower power*, es que es la forma más rápida y barata de alcanzar los objetivos.

En definitiva, la movilidad eléctrica supone una gran oportunidad para la movilidad conectada y está última para la gestión eficiente de la movilidad entra las que se encuentra la financiación de la infraestructura eléctrica y del resto. Es evidente que el conjunto de actores de la movilidad estaban encantados, e incluso entusiasmados con las infraestructuras de transporte en España: el AVE, los intercambiadores, las red de autovías y autopistas. Debemos recordárselo y moverles a exigir más de lo mismo y bien mantenido. La movilidad eléctrica es una nueva oportunidad para ello. ❖

Tania Gullón Muñoz-Repiso

Directora de la División de Estudios y Tecnología del Transporte,
Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



“La movilidad del futuro será más humana, más conectada y sostenible”

Por Jaime Huerta

En esta conversación, Tania Gullón Muñoz-Repiso nos abre las puertas a los proyectos estratégicos que lidera desde el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. Ingeniera en geodesia y cartografía y experta en datos, su visión combina tecnología, ética y vocación pública.

Datos y experiencia

En los últimos años, los datos geoespaciales han pasado de ser herramientas cartográficas para convertirse en activos estratégicos para la movilidad. Desde tu experiencia de 10 años en el Instituto Geográfico Nacional y 8 años en el

Ministerio de Transportes, ¿cómo ha evolucionado el uso de los datos geoespaciales en la planificación de infraestructuras de transporte?

Los datos geoespaciales han dejado de ser meras representaciones del territorio para convertirse en el corazón de la planificación estra-

tégica, en herramientas clave para la toma de decisiones, en sistemas críticos para una organización como el Ministerio de Transportes. Hoy nos permiten, por ejemplo, modelar la demanda, anticipar necesidades, correlacionar medidas con efectos sobre la movilidad, evaluar impactos medioambientales o diseñar infraes-

estructuras más resilientes y disponer de esa visión global multimodal que te permite priorizar actuaciones sobre las redes de transporte. La integración con datos masivos y modelos predictivos ha sido clave para esta evolución. Pero sin duda la información geográfica es la piedra angular de cualquier desarrollo. Como anécdota, que ilustra esto, en mi experiencia de cooperación en la selva de Camerún con la ONG Zerca y Lejos, lo primero que hicimos antes de planificar campañas de salud, nuevos puntos de agua potable y arreglar caminos locales fue un Sistema de Información Geográfico (GIS) de la zona.

El Ministerio ha desarrollado HERMES, un Sistema de Información Geográfica (GIS) de la Red de Transportes de Interés General, con más de 300 parámetros georreferenciados sobre nuestras infraestructuras. Este visualizador de mapas en entorno web se ha consolidado como herramienta clave en el ministerio. ¿Cómo contribuye a mejorar la toma de decisiones?

Hace tiempo que los directivos del ministerio, cuando se reúnen para tomar decisiones, ya no llevan un mapa en papel y unos datos en excel, sino que conectan su portátil o desde móvil consultan en el visualizador geográfico HERMES el estado de la red de transportes en tiempo real, localizan los puntos de mejora, correlacionan variables, simulan escenarios, visualizan el impacto y priorizan actuaciones en base a objetivos estratégicos con una visión multimodal y global. Disponer de herramientas digitales como esta hace que las decisiones se vuelvan más objetivas y transparentes y hace que la planificación sea, al final, más responsable. Esto ha cambiado por completo el paradigma del ministerio hacia una organización basada en datos.

Pero construir un sistema así no tuvo que ser fácil ¿Qué retos enfrentaste al liderar HERMES?

Los retos al construir HERMES fueron muchos, tanto técnicos como humanos. Como todo proyecto innovador, hubo voces que aseguraban que era imposible. Se había intentado antes centralizar todos los datos del ministerio y centros asociados en un único sistema, y nunca se había conseguido. Muchos lo veían como una utopía, incluso con cierto escepticismo.

Uno de los principales retos técnicos fue unificar todos los parámetros de carreteras bajo un mismo sistema de referencia. Había datos en Excel por puntos kilométricos, otros en PDF con nombre de carretera y km., otros sobre diferentes bases cartográficas que no coincidían y diferentes escalas. Cada uno en un formato distinto. Para resolverlo utilizamos un sistema novedoso de referenciación lineal con segmentación dinámica que permite integrar todos los datos y proyectarlos al vuelo sobre una misma base cartográfica respetando los formatos de origen.

Así logramos integrar velocidades, accidentalidad y cualquier parámetro sin alterar los sistemas fuente y visualizarlo sobre unos mismos ejes sobre el mapa. El respetar los sistemas fuente, y no hacerles rellenar formularios ni hacer trabajo extra o cambiar su forma de trabajar, fue clave para evitar resistencia al cambio, aunque el proyecto exigió un trabajo enorme de desarrollo de procesos de transformación de datos (ETL)

Y además de todo eso, era crucial que el sistema fuera fácil de utilizar y ampliamente utilizado. El gran reto era cambiar las mentalidades y que se consolidara en el ministerio como una herramienta de trabajo. Para eso se diseñó de forma intuitiva y lo más simple posible (limitando las grandes capacidades que podría tener) y se

da formación continua para extender su uso. Y ahora, curiosamente, poco años después parece que no podemos vivir sin él y que ya ni nos acordamos de cuando no teníamos HERMES en nuestro día a día.

Pero todos los retos los pudimos superar, sin duda, gracias al equipo. Un equipo multidisciplinar, especializado y motivado.

¿Fue sencillo conseguir ese equipo multidisciplinar y especializado, dada la falta de recursos que hay en la administración?

Formar un equipo multidisciplinar y especializado es clave, pero difícil. El ministerio cuenta con muchos ingenieros de caminos, pero faltan perfiles complementarios como ingenieros en geodesia, cartografía o especialistas en GIS y bases de datos y, más aun, perfiles versátiles que sepan de ambos mundos (ingeniería civil y geomática). Estos perfiles versátiles se consiguen con experiencia e inquietud por aprender cosas nuevas sin miedo a lo desconocido. Yo misma, especializada antes en GIS y análisis geoespacial y automatización de procesos, tuve que aprender sobre temáticas muy diversas del mundo de los transportes porque para integrarlos en HERMES había que conocer cada uno a fondo. HERMES no solo integra parámetros de infraestructuras, sino también de sostenibilidad ambiental, servicios, combustibles o mercancías. Al principio desconocía muchos conceptos, como qué es el RoRo en puertos o el ERTMS en ferrocarril. Pero me encanta aprender cosas nuevas y abrir la mente. Cada parámetro exigía decisiones sobre cómo representarlo y almacenarlo. Los intervalos de velocidad, por ejemplo, no tenía sentido establecer intervalos fijos sino que debían marcar las diferencias significativas como inferior o superior a 200 Km/h. Pero con el tiempo todo el equipo hemos ido aprendiendo y especializándonos.



¿Y qué aprendizajes te llevas de la experiencia de liderar HERMES y los proyectos innovadores que has llevado a cabo?

Los aprendizajes han sido y están siendo muchos ya que sigo aprendiendo cada día. Pero si tuviera que destacar una lección aprendida es que lo fundamental es formar un buen equipo. Sola no podría haber conseguido ninguno de mis objetivos. El equipo es fundamental y es sumamente importante que esté motivado y que se sienta parte de esa familia (¡Juntos podemos con todo!), que no tema equivocarse y que pueda contar con el resto. Otro aprendizaje es que tu actitud marca la diferencia: la líder debe ser siempre inspiración y aliento, la fuerza y el entusiasmo.

También creo que hay que fijarse pequeños objetivos (incluso diarios), para poco a poco, como una hormiguita, ir construyendo algo grande. Con las manos en el presente pero con la vista en el futuro.

Otro aprendizaje ha sido la importancia de las relaciones humanas con otros organismos. Hemos tenido que tocar muchas puertas: AENA, ADIF, Puertos del Estado, Dirección General de Carreteras... No siempre fue fácil, pero lograr su colaboración y lograr que lo vean como una herramienta clave y útil en su día a día ha sido esencial para mantener HERMES vivo y actualizado.

La gran lección aprendida en HERMES, en Big Data Movilidad y en todos los proyectos innovadores para mi quizás es: "Atrévete a soñar y lucha por conseguirlo. Con trabajo y ganas todo es posible."

Quizás no estéis de acuerdo porque es cierto que hay veces que las cosas no salen exactamente como una quería, pero incluso los aprendizajes negativos son valiosos. Por ejemplo, ahora estamos generando indicadores para medir la vulnerabilidad de los usuarios del transporte, en el marco de la futura Estrategia Nacional contra la Pobreza de Trans-

porte. En algunos casos no hemos podido calcularlos con el grado de calidad deseable por falta de datos, pero eso también enseña dónde necesitamos mejorar. Equivocarse o no poder calcular algo no es un fracaso: simplemente abre nuevas vías y nuevas oportunidades.

Movilidad e inteligencia artificial

En estos últimos años en el ministerio estáis siendo pioneros en el empleo de fuentes de datos muy innovadoras para la planificación de transportes como son los datos Big Data de movilidad procedentes del análisis Big Data de los registros anonimizados de telefonía móvil. Desde tu experiencia liderando este proyecto, ¿qué ventajas tiene sobre los métodos tradicionales como las encuestas o los aforos de tráfico?

Antes, para la planificación de transportes utilizábamos encuestas. Incluso la alimentación de modelos dependía de ellas. Y aunque las encuestas son valiosas, suponen una gran inversión, no permiten monitorizar de forma continua y, además, las personas tendemos a simplificar nuestras respuestas, omitir detalles o no ser del todo precisos. Por eso, la información resultaba incompleta e insuficiente en una movilidad tan cambiante como tenemos ahora.

En estos últimos años el Big Data y la IA han revolucionado nuestra manera de conocer la movilidad, tanto cuantitativa como cualitativamente. Es increíble la cantidad de información que tenemos ahora, de forma continua y objetiva. Ya no dependemos de las respuestas de una encuesta, sino de datos anonimizados de telefonía móvil.

Desde 2017 he tenido la suerte de poder llevar a cabo este tipo de estudios en el Ministerio: el análisis Big Data de los registros anonimiza-

dos de telefonía móvil, que nos proporcionan datos de los flujos de movilidad en continuo por horas para toda España a nivel de distrito censal. Y somos capaces de diferenciar no solo origen y destino de los viajes sino perfil sociodemográfico o incluso motivo de viaje (poder diferenciar si vas al trabajo, estudio, casa o motivos frecuentes o no frecuentes) así como el modo de transporte utilizado en cada una de las etapas.

Estos datos tan detallados y continuos han supuesto un antes y un después en la planificación de transportes y, como se ofrecen en abierto en la web, están siendo utilizados por miles de administraciones, empresas, universidades e investigadores. La mejora, en carreteras, respecto a los aforos tradicionales es sustancial. Ahora sabemos, por ejemplo, para cada tramo no solo los vehículos que pasan sino cuantas personas lo utilizan en cada momento, con qué orígenes y destinos y con qué perfiles de usuario. Esta información es clave para dimensionar las infraestructuras y también para gestionar incidencias: si hay un corte o retención, podemos por ejemplo prever rutas alternativas o servicios alternativos de transporte público para minimizar el impacto sobre la población.

La inteligencia artificial está empezando a aplicarse en la gestión del tráfico. ¿Qué papel juega en la detección de riesgos viales?

Sí, la inteligencia artificial está revolucionando la forma en que entendemos y gestionamos el tráfico. Gracias a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, la IA permite detectar patrones de comportamiento que antes pasaban desapercibidos mediante el análisis de los datos de telefonía móvil ya comentado, pero también mediante la información transmitida por los vehículos conectados (*Floa-*

ting Car Data). Por ejemplo, se pueden identificar zonas con frenadas bruscas recurrentes, cambios de velocidad anómalos o congestiones inesperadas en tiempo real, lo que nos da pistas sobre posibles puntos de riesgo, permitiéndonos actuar preventivamente, ya sea ajustando la señalización, modificando los tiempos semafóricos o incluso rediseñando elementos de la infraestructura.

En definitiva, la IA nos ayuda a pasar de una gestión reactiva del tráfico a una gestión proactiva, donde la seguridad vial se refuerza gracias al conocimiento profundo del comportamiento de la movilidad.

Los “puntos negros” son tramos de carretera con alta siniestralidad. ¿Cómo puede la geolocalización ayudar a prevenir accidentes?

La geolocalización nos permite mapear con precisión estos tramos. Al cruzar datos de tráfico, meteorología y diseño vial, podemos proponer intervenciones específicas: desde mejoras en señalización hasta rediseños estructurales.

Además, al incorporar datos dinámicos —como la velocidad media, la densidad de vehículos o los tiempos de respuesta ante imprevistos— podemos generar modelos predictivos que identifican no solo los puntos negros actuales, sino también aquellos que podrían convertirse en zonas de riesgo en el futuro. Esta capacidad de anticipación es clave para una gestión proactiva de la seguridad vial. Desde el Ministerio, liderado por mis compañeros de innovación en carreteras, estamos trabajando en integrar esta información en sistemas de alerta temprana y planificación inteligente, de modo que las decisiones sobre inversión y mantenimiento se basen en evidencia sólida y orientada a salvar vidas.

Interoperabilidad y espacio de datos

¿Qué avances se han logrado en la interoperabilidad de datos entre comunidades autónomas y organismos estatales?

Hemos impulsado acuerdos técnicos y normativos que permiten compartir datos de forma eficiente. La creación de estándares comunes y plataformas abiertas ha sido clave para una movilidad más coordinada. También se intenta promover la comunicación con todos ellos. Creo que la colaboración con las entidades locales y comunidades autónomas es fundamental en todo este cambio hacia una disponibilidad de datos interoperables, y nos queda mucho por avanzar en este aspecto de acercarnos y tender puentes entre los diferentes niveles de la administración.

España cuenta con cuatro Puntos de Acceso Nacional (NAPs), pero el de Transporte Multimodal, responsabilidad del Ministerio de Transportes, destaca. ¿Por qué?

Su liderazgo se debe a una visión integradora, que prioriza la utilidad pública y la cobertura nacional. Hemos trabajado con operadores grandes y pequeños, adaptando herramientas a sus capacidades. El reto sigue siendo la heterogeneidad tecnológica y la falta de recursos en algunos actores. Pero la verdad es que hace unos años parecía increíble disponer en un único punto de acceso con todos los horarios, rutas y paradas de todos los transportes de España (trenes, metros, autobuses, aviones, etc.) y en breve se dispondrá también de los datos dinámicos como posición de los vehículos o incidencias. Esto revierte en una mejor experiencia de usuario ya que es el alimento principal



para las aplicaciones de MaaS (*Mobility as a Service*), que te permiten planificar viajes o incluso reservar y pagar billetes de forma cómoda incluso para viajes que combinen varios modos de transporte.

La futura Ley de Movilidad Sostenible contempla el Espacio de Datos Integrado de Movilidad (EDIM). ¿Qué es y cómo impactará en la ciudadanía?

Un Espacio de Datos es un ecosistema de compartición de datos que permite a los participantes acceder y proporcionar datos y servicios de una manera confiable y segura, y bajo los principios de gobernanza. Espacios de datos de movilidad habrá muchos y ya hay más de 10 iniciativas en España así como en el resto de países y en Europa (EMDS, etc). Pero lo que diferencia al EDIM es que será la plataforma digital pública nacional de

datos de movilidad, coliderada por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MITMS) y la Secretaría de Digitalización e Inteligencia Artificial (SEDIA). Reunirá información clave sobre oferta, demanda, infraestructuras y servicios procedente de las administraciones, de los gestores de infraestructuras o de los proveedores de servicios de transporte entre otros. Permitirá a los ciudadanos planificar mejor sus desplazamientos, a los operadores optimizar sus servicios o acceder a datos de terceros y a las administraciones tomar decisiones más informadas y tener una visión más global. Esto generará gran valor socioeconómico.

Visión

¿Cuál es tu visión sobre el futuro de la movilidad en España en la próxima década?

Veremos vehículos autónomos, plataformas multimodales integradas, uso intensivo de inteligencia artificial y datos abiertos. Pero también una movilidad más humana, que priorice la calidad de vida y el respeto al medio ambiente.

En términos prácticos, esto significa que habrá una disminución del uso del vehículo privado en favor de modos más sostenible o de vehículos compartidos. Los ciudadanos podrán planificar sus desplazamientos combinando distintos modos de transporte —tren, autobús, bicicleta, coche compartido— y atravesando los diferentes territorios de España desde una única aplicación, con información en tiempo real sobre horarios, ocupación, accesibilidad, emisiones y costes. Los vehículos autónomos no serán solo una novedad tecnológica, sino una solución para mejorar la accesibilidad en zonas rurales, reducir la siniestralidad y optimizar el uso del espacio urbano.

La inteligencia artificial jugará un papel clave en la gestión predictiva del tráfico, en la planificación de infraestructuras y en la personalización de servicios. Y los datos abiertos permitirán que tanto administraciones como empresas y ciudadanos participen en la mejora continua del sistema de movilidad.

Pero más allá de la tecnología, mi visión es que la movilidad del futuro debe ser profundamente social: pensada para las personas mayores, para quienes tienen dificultades de acceso, para quienes viven lejos de los grandes núcleos urbanos. Una movilidad que no solo conecte puntos en el mapa, sino que conecte oportunidades, servicios y derechos. Porque todos tenemos el mismo derecho a la movilidad.

Perspectiva personal

¿Qué te motivó a estudiar Ingeniería Técnica en Topografía e Ingeniería Superior en Geodesia y Cartografía, (ahora “Ingeniería de las Tecnologías de la Información Geospacial” e “Ingeniería Geomática y Topografía” y “Máster Universitario en Ingeniería Geomática y Geoinformación”) y cómo animarías a las jóvenes a elegir carreras STEM?

No puedo decir que mi vocación fuera clara, pero crecí en una familia con referentes: mi padre y una hermana eran ingenieros de caminos, otra hermana era física y mi madre, filósofa. Ella me aconsejaba no hacer una ingeniería, pero a mí me gustaban las matemáticas, la física, el dibujo y también salir al campo.

Elegí Topografía casi por casualidad, sin saber mucho en qué consistía, pero fue la mejor decisión. Es una ingeniería versátil y para mí, muy divertida. Con muchas ramas: topografía, fotogrametría, geodesia, cartografía, ingeniería sísmica, GIS,

astronomía, observación satelital, etc.

Además, quiero animar especialmente a las mujeres a estudiar carreras STEM. Las mujeres aportamos una visión diferente, muy necesaria en la ingeniería. Ahora, por ejemplo, que analizamos la pobreza de transporte, vemos que las mujeres son un grupo vulnerable por factores como la inseguridad nocturna o la menor conducción en zonas rurales. A pesar de que se va avanzando muchas mujeres tienen una movilidad diferente a la de los hombres, todavía al cuidado de niños o ancianos. Por eso y porque hay mucho talento femenino, es clave que haya más mujeres diseñando políticas de transporte y trabajando en el sector de la ingeniería en general.

A los estudiantes les diría que la movilidad es un campo apasionante, donde la tecnología se une con el compromiso social. Y que necesitamos su talento para construir el futuro.

Has sido número uno de promoción de tus dos carreras, de tus dos oposiciones y sin ir más lejos este año te han dado un cargo importante en el Ministerio y has quedado finalista en los premios NOVAGOB excelencia 2025 como mujer destacada del sector público. ¿Estás satisfecha con tu trayectoria profesional? ¿Cuál ha sido el motor de tus logros? ¿Qué legado te gustaría dejar como directora de la División de Estudios y Tecnología del Transporte?

Estoy muy contenta y todavía sorprendida por el giro que ha ido tomando mi carrera profesional y muy agradecida por todo el apoyo familiar y laboral que he recibido y por haber podido compatibilizar el trabajo con mis otras pasiones: la familia, los amigos, el deporte, la montaña y los viajes. Sobre todo, muy agradecida a mis padres porque ambos fueron funcionarios brillantes y humildes y me supieron transmitir esa ambición, pero no

por tener más, sino por aprovechar los talentos recibidos, sacarles el máximo partido y orientarlos al bien común con tu esfuerzo y tu mayor energía.

Saber que contribuimos al bienestar colectivo es mi mayor motor. Me mueve el impacto real que tiene nuestro trabajo en la vida de las personas.

Me gustaría dejar una administración más abierta, más tecnológica y conectada con las necesidades reales de la ciudadanía. Un ecosistema de movilidad donde los datos se conviertan en decisiones justas, sostenibles y centradas en las personas.

Pero ese legado no se construye solo con grandes declaraciones, sino con acciones concretas. Por ejemplo, que cualquier ciudadano pueda consultar en tiempo real la oferta de transporte público en su zona, planificar su viaje multimodal interterritorial con un solo click, o conocer el impacto ambiental de sus desplazamientos. Que las zonas rurales tengan opciones de conectividad que aumenten el acceso a oportunidades, que los pequeños operadores de transporte tengan acceso a herramientas digitales que les permitan competir en igualdad de condiciones, o que las decisiones sobre dónde invertir en infraestructuras se basen en datos objetivos, no en intuiciones.

También quiero que dejemos una cultura institucional que valore el dato como un bien público, que fomente la interoperabilidad entre administraciones y que entienda la tecnología como una aliada de la equidad. Si conseguimos que los datos de movilidad sirvan para mejorar la accesibilidad del que va en silla de ruedas o con un carrito de bebé, reducir los tiempos de espera de un estudiante, proporcionar un viaje seguro y cómodo para las personas mayores o evitar un accidente en carretera, y todo ello reduciendo paulatinamente las emisiones debidas al transporte, entonces habremos cumplido nuestra misión. ♦

Impulso al despliegue de infraestructura de recarga en la Red de Carreteras del Estado: iniciativas de la Dirección General de Carreteras



Driving the Rollout of EV Charging Infrastructure on the Spanish National Road Network: Initiatives of the Directorate-General for Roads

Rosalía Bravo Antón*Subdirectora General**Subdirección General de Planificación y Explotación**Dirección General de Carreteras, MITMS***Rodrigo Manuel Moltó Martín***Coordinador**Subdirección General de Planificación y Explotación**Dirección General de Carreteras, MITMS***Víctor Manuel Bernárdez Arias***Jefe de Servicio**Subdirección General de Planificación y Explotación**Dirección General de Carreteras, MITMS***Emilio Morcillo Martínez***Jefe de Servicio**Subdirección General de Planificación y Explotación**Dirección General de Carreteras, MITMS***Carmen Olmeda Clemares***Técnica Superior**Subdirección General de Planificación y Explotación**Dirección General de Carreteras, MITMS*

La electrificación del transporte por carretera resulta esencial para cumplir los objetivos climáticos de la Unión Europea, y requiere una red de recarga adecuada también en los corredores interurbanos. La Dirección General de Carreteras (DGC) ha adoptado un enfoque proactivo impulsando diversas iniciativas estratégicas: un programa piloto de nuevas áreas de servicio con estaciones de recarga ultrarrápida; la remodelación de áreas existentes adaptándolas a las nuevas exigencias de sostenibilidad, conectividad y servicios; la señalización de estaciones de recarga de alta potencia accesibles desde la red viaria; y la integración de zonas de estacionamiento seguras (ZESP)

para vehículos pesados e impulso a la creación de infraestructura de recarga eléctrica para estos vehículos. Estas actuaciones buscan contribuir al cumplimiento de los requerimientos del Reglamento AFIR y del nuevo Reglamento de orientaciones para el desarrollo de la red TEN-T, promoviendo el despliegue de infraestructura de recarga fiable en los principales corredores de la RCE, a través de fórmulas de colaboración público-privada. La DGC se posiciona de esta forma como agente activo en la transición energética del transporte por carretera, adecuando la infraestructura viaria a las nuevas demandas de servicios que exige la movilidad sostenible.

The electrification of road transport is a key pillar in achieving the European Union's climate goals, requiring a reliable charging infrastructure network that extends across interurban corridors. Spain's Directorate-General for Roads (DGR) has adopted a proactive approach through several strategic initiatives: launching a pilot program for new service areas equipped with ultra-fast charging stations; upgrading existing areas to meet new standards of sustainability, connectivity, and service provision; deploying signage for high-power charging stations accessible from the road network; and

promoting safe and secure truck parking areas (SSTPA), including the development of dedicated charging infrastructure. These actions support the implementation of the Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR) and the revised TEN-T guidelines, fostering the rollout of dependable charging infrastructure along the main corridors of the national road network. In doing so, the DGR positions itself as an active player in the energy transition of road transport, aligning road infrastructure with the evolving demands of sustainable mobility

1. La infraestructura de recarga como pieza clave en la movilidad eléctrica

La descarbonización del transporte por carretera constituye uno de los retos más relevantes de la transición energética en Europa. Según datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente, este sector representa cerca del 25 % de las emisiones de gases de efecto invernadero del continente. En este contexto, la electrificación del parque móvil, en combinación con otras soluciones como los biocombustibles avanzados y el hidrógeno renovable, es uno de los pilares estratégicos del Pacto Verde Europeo.

Para que esta transición sea real y efectiva, resulta imprescindible disponer de una **infraestructura de recarga suficiente, fiable y accesible**, no solo en el entorno urbano, sino también en la red viaria interurbana y en los principales corredores transeuropeos. Es aquí donde cobra especial relevancia la **Red de Carreteras del Estado (RCE)**, como soporte estructural de la movilidad de largo recorrido.

España cuenta ya con más de 40.000 puntos de recarga pública, de los cuales aproximadamente un 15 % corresponden a estaciones de recarga rápida. Sin embargo, diversos estudios coinciden en señalar una serie de **barreras persistentes**:

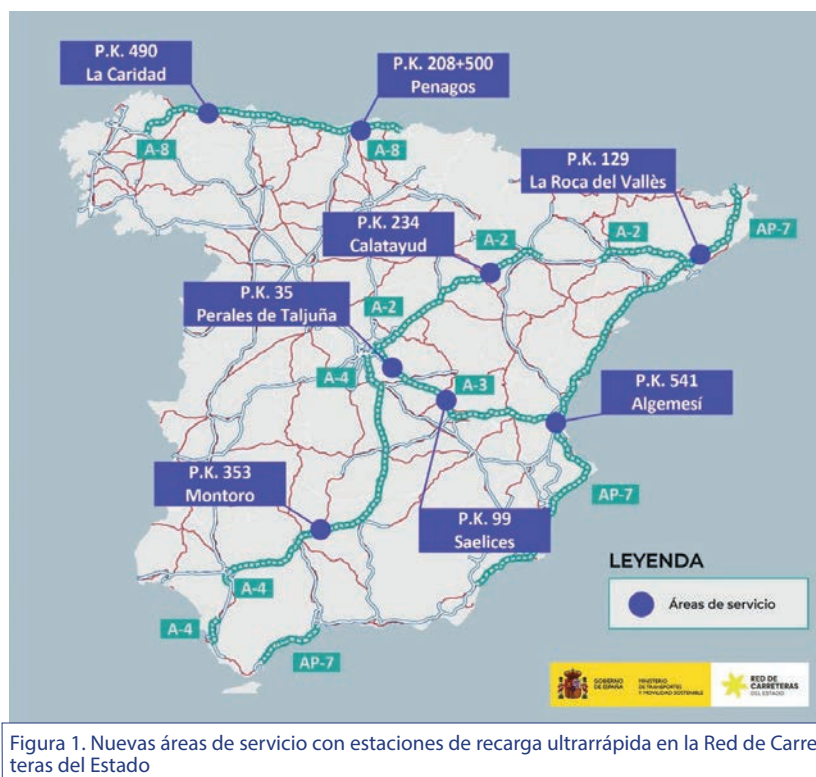
- **Concentración geográfica desigual**, con una cobertura limitada en zonas del interior peninsular.
- **Escasez de puntos de recarga de alta potencia (HPC)**, especialmente relevantes para viajes de larga distancia en los que la duración de la recarga es crítica.
- **Tasa de operatividad limitada**, con una parte significativa de los puntos inactivos por fallos técnicos, obsolescencia o problemas de mantenimiento, lo que genera dudas sobre la fiabilidad del sistema y ralentiza la electrificación del parque de vehículos.
- **Fragmentación de la información al usuario**, con diferencias en los estándares de acceso, métodos de pago, interfaces digitales y señalización física, desalentando su uso.

- **Plazos administrativos largos** para la conexión eléctrica y la obtención de permisos, que dificulta la puesta en servicio de la infraestructura.

Estos problemas no son exclusivos de España, pero su solución resulta crítica para que el vehículo eléctrico se convierta en una alternativa real al vehículo de combustión interna, especialmente para aquellos usuarios que recorren largas distancias o no disponen de punto de recarga privado.

2. El papel crucial de la Red de Carreteras del Estado

La RCE, **con más de 26.400 km de longitud**, incluye los ejes estructurantes de la movilidad de largo recorrido en nuestro país, y coincide en gran medida con las carreteras de la **Red Transeuropea de Transporte (TEN-T)**. Esta condición la convierte en un espacio idóneo para el despliegue de infraestructura de recarga de alta potencia, tal como establece el nuevo **Reglamento (UE) 2023/1804 (AFIR)** so-



bre el desarrollo de infraestructura de combustibles alternativos. Este Reglamento introduce **objetivos mínimos vinculantes** en materia de distancia entre estaciones, potencia instalada y cobertura, tanto para vehículos ligeros como pesados, a lo largo de la red básica y la red global de la TEN-T.

La norma impone, por ejemplo, que antes de finalizar 2025, en todos los corredores de la red básica debe haber estaciones de recarga de, al menos, **400 kW de potencia total cada 60 km**, incluyendo al menos un punto individual de 150 kW, elevándose esta exigencia a una potencia total mínima por estación de 1.400 kW cada, como máximo, 120 km, para atender las necesidades de los vehículos pesados en, al menos, un 15% de la Red Transeuropea de carreteras. En paralelo, se establecen objetivos similares para el despliegue de estaciones de recarga para camiones eléctricos y de estaciones de repostaje de hidrógeno.

3. Programa piloto de nuevas áreas de servicio con estaciones de recarga ultrarrápidas

Una de las iniciativas en marcha es el **Programa Piloto para el despliegue de nuevas áreas de servicio dedicadas en exclusiva a la recarga eléctrica ultrarrápida**, que se está desarrollando en ubicaciones estratégicas de la RCE. Esta actuación responde a parte de la necesidad de dotar al sistema de transporte de largo recorrido de una red fiable, homogénea y de alta potencia, para paliar la denominada “ansiedad de autonomía” entre los usuarios de vehículo eléctrico.

3.1 Características del programa

El despliegue se realizará mediante contratos de **concesión de obras**, conforme a la Ley 9/2017, de Contratos del Sector Público. Se ha planteado la localización de las nue-

vas áreas en terrenos de dominio público viario infrautilizados (áreas de descanso, playas de peaje de autopistas revertidas, etc.) que presentan condiciones favorables para la implantación de este tipo de estaciones.

Las **principales características** de las áreas son:

- **Ubicación en la Red Básica TEN-T**, donde los requisitos europeos son más exigentes.
- **Reservas de potencias de 1.500 o 3.000 kW**, en función de la presencia de una o dos márgenes.
- **Instalación mínima de 6 postes de recarga para vehículos ligeros** de 300 kW cada uno, para 12 plazas de recarga simultánea y de 4 postes de recarga para vehículos pesados, de 350 kW cada uno, para 4 plazas de recarga simultánea, adaptados a su tipología y tiempos de carga.
- **Instalaciones de servicio al**

usuario adecuadas en cada caso (cafetería-restauración, suministro de comidas y bebidas mediante máquinas expendedoras automáticas, aseos públicos y gratuitos, zonas verdes, servicios específicos para transportistas, etc.)

- **Plazos concesionales de larga duración** (a partir de 20 años), que se consideran los adecuados para garantizar la amortización de la inversión.
- **Reserva de capacidad y punto de entronque** a la red de distribución eléctrica realizada de forma anticipada por la Administración, transfiriéndose al adjudicatario de la concesión.
- **Expropiaciones necesarias** por cuenta de la Administración para facilitar la ejecución de las obras de conexión a la red eléctrica.

3.2 Avance del programa

Actualmente se están finalizando los **anteproyectos técnicos y estudios de viabilidad, que serán sometidos al preceptivo trámite de información pública**, para las ubicaciones seleccionadas, que incluyen emplazamientos como Algemés (AP-7), La Roca del Vallès (AP-7), Perales de Tajuña (A-3), Montoro (A-4), y Penagos (A-8), entre otros.

El calendario tentativo prevé:

- **2025:** aprobación definitiva de anteproyectos, licitación y adjudicación de los contratos de concesión de obras.
- **2026:** redacción de proyectos constructivos por los concesionarios, aprobación de los mismos e inicio de obras.
- **2028:** entrada en funcionamiento de las instalaciones.



Figura 2. Propuesta de imagen en áreas de servicio de la Red de Carreteras del Estado

4. Remodelación de áreas de servicio existentes

Apoyado en las lecciones aprendidas en el programa piloto y siendo conscientes de que con este programa y el despliegue de la iniciativa privada no se alcanzan los objetivos de la reglamentación europea, la Dirección General de Carreteras está impulsando un **programa de modernización de las áreas de servicio existentes** en la RCE, muchas de las cuales fueron diseñadas bajo parámetros que han quedado obsoletos en cuanto a funcionalidad, sostenibilidad e imagen.

A medida que se vayan alcanzando los plazos de vencimiento de las distintas concesiones, la DGC plantea planteará la reordenación de la oferta de servicios y modernización de más de 30 áreas de servicio, incorporando, entre otros:

- Estaciones de recarga de alta potencia.
- Cafetería-restauración adaptada a la demanda y a las nuevas tendencias.
- Zonas de servicio acondicionadas y accesibles.
- Imagen corporativa homogénea con la marca RCE.

- Zonas de descanso adaptadas a las necesidades específicas de los vehículos pesados.
- Servicios complementarios como aseos, duchas, zonas verdes o espacios familiares.

El modelo de gestión seguirá siendo el de **concesión de obras**, con plazos adaptados a la inversión requerida en cada caso, lo que permitirá **alinear los criterios de explotación con los nuevos estándares de sostenibilidad**, facilitar la entrada de nuevos operadores y aprovechar sinergias con el despliegue de nuevos suministros de energía y combustibles alternativos.

5. Señalización de estaciones de recarga

Una de las barreras no tecnológicas más relevantes para los usuarios del vehículo eléctrico es la **falta de visibilidad en ruta** de las estaciones de recarga existentes. Para abordar este problema, la DGC está impulsando, por razones de interés general, la **señalización de oficina de aquellas estaciones de recarga eléctrica de alta potencia en la RCE** que cumplen los requisitos de la nueva **Orden Circular 2/2024**, con criterios alineados con el **Reglamen-**

to (UE) 2023/1804 (AFIR), entre los que destacan:

- Potencia total disponible ≥ 400 kW.
- Al menos un punto individual de ≥ 150 kW.
- Ubicación accesible y abierta al público.
- Cumplimiento de los criterios de distancias, condiciones de acceso y visibilidad de la Norma 8.1-IC.

6. Plan de Descarbonización 2030

Además de todo lo anterior, la Dirección General de Carreteras está embarcada actualmente en el desarrollo de su Plan de Descarbonización 2030, una estrategia orientada no sólo a reducir la huella de carbono de la propia infraestructura viaria, sino también a impulsar medidas que contribuyan a la descarbonización del transporte, como la promoción de modos de movilidad activa, la implantación de carriles bici en la Red de Carreteras del Estado, o el fomento de puntos de recarga para vehículos eléctricos, entre otros, aspecto central del presente artículo

7. Conclusión

La Dirección General de Carreteras ha asumido como **nueva responsabilidad estratégica**, ser un agente activo que contribuya a la prestación al usuario de un servicio eficiente de recarga eléctrica en la red viaria estatal, como parte de su transformación y transición hacia una movilidad más sostenible, teniendo la generación de valor público como visión.

Mediante las **iniciativas desarrolladas**, como el programa piloto, la posterior remodelación y moderniza-



Figura 3. Señal del servicio de recarga de vehículo eléctrico en la RCE.

ción de áreas de servicio existentes, la señalización activa y la integración de nuevos espacios de estacionamiento, la DGC contribuye a convertir la RCE en palanca hacia **la movilidad eléctrica, poniendo al usuario en el centro**.

Este esfuerzo exige escucha activa, coordinación interadministrativa, colaboración público-privada, adaptación normativa y visión a largo plazo. Pero, sobre todo, requiere entender que la **movilidad sostenible es una responsabilidad compartida**, y que el éxito de la transición energética no dependerá solo de la tecnología, sino de nuestra capacidad para planificar, ejecutar y transformar.

Referencias

- [1] Agencia Europea de Medio Ambiente. (2023). Transporte y emisiones de gases de efecto invernadero. Recuperado de <https://www.eea.europa.eu>
- [2] Anuario 2024-2025 de la Movilidad Eléctrica AEDIVE.

- [3] Comisión Europea. (2023). Reglamento (UE) 2023/1804 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2023, relativo al despliegue de una infraestructura para los combustibles alternativos. Diario Oficial de la Unión Europea, L 234.

- [4] Comisión Europea. (2024). Reglamento (UE) 2024/1679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, sobre las orientaciones de la Red Transeuropea de Transporte (TEN-T). Diario Oficial de la Unión Europea, L 232.

- [5] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2024). Estadísticas de infraestructura de recarga en España. Recuperado de <https://www.idae.es>

- [6] Observatorio Europeo de Combustibles Alternativos (EAFO). (2024). EV charging infrastructure in Europe. Recuperado de <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu>. ❖

Señalización de las estaciones de recarga eléctrica en la Red de Carreteras del Estado



Signage for electric charging stations on the Spanish National Road Network

Paula Pérez López

Subdirectora General

Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos

Dirección General de Carreteras, MITMS

María Santino Ortega

Jefa de Servicio

Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos

Dirección General de Carreteras, MITMS

Alicia Rodríguez Llorente

Directora de Proyectos

I·P·S vial, s.l.

La electrificación del transporte juega un papel fundamental en la consecución de una movilidad sostenible. Así pues, más allá del desarrollo de los propios vehículos, resulta necesario ofrecer al usuario una adecuada red de estaciones de recarga eléctrica siendo clave su señalización para garantizar una adecuada información.

En este contexto, el artículo repasa los distintos pasos dados por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, recordando los actuales criterios para la señalización de estaciones de recarga eléctrica, pictogramas y su utilización, coincidiendo además con la reciente aprobación del nuevo Catálogo Oficial de Señales de Tráfico.

The electrification of transport plays a fundamental role in achieving sustainable mobility. Therefore, beyond the development of the vehicles themselves, it is necessary to offer users an adequate network of electric charging stations, with signage being key to ensuring adequate information.

In this context, the article reviews the various steps taken by the Directorate-General for Roads of the Ministry of Transport and Sustainable Mobility, recalling the current criteria for the signage of electric charging stations, pictograms and their use, coinciding with the recent approval of the new Official Catalogue of Traffic Signs.

1. Movilidad eléctrica y señalización: un paso más hacia el futuro sostenible.

Con la electrificación del transporte como eje de la movilidad futura, la señalización vial en España continúa su evolución para incorporar de forma clara y coherente los nuevos servicios de recarga.

La transición hacia una movilidad sostenible no solo depende del desarrollo tecnológico de los vehículos eléctricos, sino también de una infraestructura de recarga adecuada, visible y accesible. En este contexto, la señalización juega un papel esencial como herramienta para garantizar la información al usuario y promover la interoperabilidad en la red viaria.

La transformación de la movilidad en España con la aparición del vehículo eléctrico y las estaciones de recarga eléctrica ha motivado la incorporación de nuevos elementos de señalización vertical y el establecimiento de criterios técnicos que regulen la señalización de las estaciones de recarga en la Red de Carreteras del Estado.

La Dirección General de Carreteras, adaptándose a los retos tecnológicos y sociales actuales, publicó en el año 2024 la Orden Circular 2/2024 Sobre incorporaciones en señalización vertical, con el objetivo de introducir en la norma 8.1-IC Señalización vertical de la Instrucción de Carreteras, nuevos criterios relativos a la señalización de las estaciones de recarga eléctrica.

El contenido de la OC 2/2024 establece los criterios técnicos y de diseño que aplican a la señalización de estos establecimientos, recoge los pictogramas normalizados que en su día se publicaron en la instrucción MOV 2022/12 y aclara y regula su utilización de forma que estos sean correctamente comprendidos por los usuarios de las vías de su competencia.

2. Criterios para la señalización de estaciones de recarga eléctrica.

La OC, en consonancia con los preceptos establecidos en el Reglamento (UE) 2023/1804 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de septiembre de 2023, relativo a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos y por el que se deroga la Directiva 2014/94/UE, establece unos requisitos de potencia mínima en la instalación con el objetivo de garantizar que las estaciones señalizadas respondan a las necesidades de los usuarios de vehículos eléctricos que requieren recargas rápidas, especialmente en recorridos de larga distancia.

Las estaciones de recarga eléctrica —o los grupos de recarga integrados en estaciones de servicio de acceso público— deberán disponer de una potencia total instalada igual o superior a 400 kW. Además, al menos uno de los puntos de recarga deberá ser capaz de proporcionar una potencia individual mínima de 150 kW a un solo vehículo.

Aquellas instalaciones que no cumplan con los requisitos de potencia antes mencionados no serán actualmente susceptibles de señalización, al considerarse que no ofrecen un nivel de servicio adecuado para su integración en la red señalizada de la red de carreteras del Estado.

Asimismo, las estaciones de recarga que cumplan los criterios técnicos deberán ajustarse a los parámetros establecidos en la norma 8.1-I.C. para estaciones de servicio. Esto asegura una coherencia gráfica, funcional y normativa en todo el sistema de señalización.

La señalización vertical en las carreteras españolas se basa en la norma 8.1-I.C. Señalización Vertical de la Instrucción de Carreteras, cuya última actualización —a través de la Orden FOM/534/2014— sienta las bases técnicas para diseñar e implantar señales en los proyectos viarios. Entre sus objetivos destaca la correcta identificación de servicios y puntos de interés público adyacentes a las vías, como estaciones de servicio, hospitales, zonas industriales o urbanizaciones.

La OC 2/2024 integra las estaciones de recarga eléctrica en esta normativa incorporando estos servicios dentro de los apartados 3.2.2.4 y 4.2.2.4, dedicados a la señalización de “Otros destinos” en autopistas, autovías y carreteras convencionales.

Con este cambio, las estaciones de recarga eléctrica pasan a considerarse estaciones de servicio a todos los efectos, formando parte del grupo de Servicios, lo que asegura su tratamiento uniforme en la señalización, siguiendo los mismos criterios establecidos para las gasolineras tradicionales.

La OC actualiza el orden de prioridad de los destinos señalizados en carretera, reflejando las necesidades del nuevo ecosistema de movilidad. El listado jerárquico queda así:

1. Estación de servicio y/o estación de recarga eléctrica
2. Hospital
3. Estación de tren



4. Estación de autobús
5. Inspección técnica de vehículos (ITV)
6. Restaurante
7. Cafetería
8. Hotel
9. Taller
10. Polígono industrial

Las especificaciones incluidas en la norma para la señalización de estaciones de servicio, ahora extensibles a estaciones de recarga, responden a criterios técnicos que buscan garantizar la información clara y útil al conductor. Solo se señalizan aquellas estaciones que cumplan al menos una de las siguientes condiciones:

1. Acceso directo o por vía de servicio.

Se señalizan las estaciones que se encuentran en el mismo margen de la carretera y cuya entrada se realiza directamente o a través de una vía de servicio conectada a dicha margen.

2. Acceso desde el margen opuesto.

También pueden señalizarse estaciones ubicadas en el margen contrario al sentido de circulación, siempre que dispongan de un acceso directo desde un enlace a menos de 100 metros y se permita el retorno al tronco principal de la carretera por el mismo punto.

3. Estaciones en poblaciones cercanas.

Las estaciones situadas en una población pueden señalizarse si no existe otra estación del tipo anterior a menos de 25 km en el sentido de la marcha, ni a menos de 10 km de la anterior. Además, el recorrido total necesario para obtener el servicio no debe su-

perar los 5 km. En estos casos, la norma recalca la importancia de mantener la continuidad de la señalización hasta alcanzar la estación.

Como condición adicional en este caso la norma establece que si se autoriza una nueva estación que cumple condiciones más favorables (según los puntos 1 o 2), puede modificarse o incluso retirarse la señalización de estaciones previamente autorizadas conforme al punto 3.

3. Pictogramas

La instrucción MOV 2022/12 estableció en su día el conjunto de pictogramas normalizados que se incorporaron a la señalización vertical de las carreteras españolas.

En cumplimiento del artículo 15 de la Ley 7/2021, de Cambio Climático y Transición Energética, el actual Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y el Ministerio del Interior recibieron el encargo de incorporar en el Catálogo Oficial de Señales de Circulación los símbolos necesarios para identificar los puntos de recarga en las vías. En coordinación con el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, se acordaron tanto el contenido como el diseño de estas nuevas señales.

Esta medida respondía a la necesidad urgente de señalar adecuadamente los puntos de recarga eléctrica ya instalados, tanto en carreteras como en vías urbanas, con el objetivo de facilitar su localización por parte de los usuarios y garantizar un entorno de movilidad más claro y accesible.

Se definieron los siguientes pictogramas:

Surtidor de carburante y estación de recarga eléctrica



Identifica estaciones de servicio que ofrecen tanto combustibles tradicionales como infraestructura de recarga eléctrica.

Estación de recarga eléctrica



Señal exclusiva para puntos de recarga que no están integrados en estaciones de servicio. Facilita su rápida identificación en tramos donde solo se dispone de electricidad como fuente de energía.

Surtidor de carburante, GLP y estación de recarga eléctrica



Diseñado para aquellas estaciones que, además de combustible convencional y electricidad, ofrecen gas licuado del petróleo (GLP) o autogás, reflejando la diversidad de fuentes energéticas disponibles.

Pictograma de vehículo eléctrico



Además, se introduce un pictograma específico de vehículo eléctrico.

co, que se utilizará para indicar que el alcance de la señalización está restringido a esta tipología de vehículos. Este símbolo será clave para delimitar accesos, servicios o restricciones específicas, y permitirá una mayor precisión en entornos urbanos y zonas de bajas emisiones.

4. Utilización de los pictogramas referentes a estaciones de recarga eléctrica en la señalización vertical de la Red de Carreteras del Estado.

La Dirección General de Carreteras, en consonancia con lo establecido en la norma 8.1 I.C., define criterios específicos para la utilización de pictogramas que representan estaciones de recarga eléctrica. Estos pictogramas se incorporan tanto en las señales de reglamentación del grupo de Servicio, como en los carteles de orientación que indican las salidas hacia estaciones de recarga eléctrica, ya sea integradas en estaciones de servicio o ubicadas en instalaciones independientes.

Las nuevas señales de Servicio introducidas para este fin son las indicadas en la Tabla 1.

En relación con los carteles de orientación, la Orden Circular 2/2024 establece los criterios para la inclusión de pictogramas relativos a estaciones de recarga eléctrica en la señalización de servicios, así como el diseño específico de los carteles en función de la ubicación de dichas estaciones. En todos los casos, se emplean carteles del mismo tipo que los utilizados para señalar estaciones de servicio convencionales, siendo la principal novedad el pictograma utilizado para representar los servicios eléctricos.

Tabla 1.		
	S-105d	Surtidor de carburante y estación de recarga eléctrica
	Indica la situación de un surtidor o estación de servicio de carburantes con disponibilidad de estación de recarga eléctrica	
	S-105e	Estación de recarga eléctrica
	Indica la situación de una estación de recarga eléctrica	
	S-105f	Surtidor de carburante, GLP y estación de servicio de recarga eléctrica
	Indica la situación de un surtidor o estación de servicio de carburantes con disponibilidad de gas licuado de petróleo (GLP) o autogás y estación de recarga eléctrica	

La orden contempla tres supuestos principales, en función de la ubicación y relación entre los servicios de recarga eléctrica y los de carburantes convencionales:

4.1. Señalización combinada: Carburante y electricidad

Cuando una estación de recarga eléctrica está ubicada dentro de una estación de servicio tradicional y ambas comparten el mismo horario, se utilizará un pictograma combinado que representa el surtidor de carburante y el punto de recarga. En el caso de estaciones que también dispongan de GLP, se añadirá el correspondiente símbolo.

El cartel se diseña con una estructura clara:

- ☒ Subcartel superior: pictograma, distancia hasta la estación y horario de atención.
- ☒ Si hay otros servicios en la salida, estos se añaden en líneas inferiores siguiendo el orden de prioridad oficial.
- ☒ En carreteras de alta capacidad o tráfico elevado, se incorpora un subcartel inferior con información sobre el próximo servicio inme-

diato en el sentido de la marcha, ya sea una gasolinera, una estación mixta o un punto de recarga aislado, salvo que este subcartel requiera más de una línea de texto, en cuyo caso se omite.

4.2. Estaciones de recarga eléctrica independientes

Las instalaciones de recarga que no formen parte de estaciones de servicio se señalizan con el pictograma exclusivo de “Estación de recarga eléctrica”. Se siguen los mismos principios de diseño:

- ☒ Pictograma, horario y distancia en el subcartel superior.
- ☒ Posibles servicios adicionales en líneas inferiores.
- ☒ Subcartel inferior con el próximo servicio, salvo que, como en el caso anterior se requiera más de una línea para mostrar la información. En ese caso el subletrero inferior se elimina.

4.3. Servicios separados pero en la misma salida

Cuando en una misma salida existen una gasolinera y una estación de recarga eléctrica en distintas

ubicaciones, pero ambas cumplen los criterios para ser señalizadas, se refleja esta situación con claridad:

- El subcartel superior incluye primero la información de la gasolinera (pictograma, horario y distancia) y después la de la estación de recarga.
- En caso de que se incluyan más de dos líneas por la presencia de otros servicios, se suprime el subcartel inferior para evitar sobrecargar la señal y mantener proporciones adecuadas.

En los carteles se eliminan las preposiciones del texto. Esta medida responde a la necesidad de mejorar la legibilidad y rapidez de lectura, aspecto especialmente relevante en vías de alta velocidad.

Todos estos nuevos elementos de señalización figuran en el nuevo Catálogo Oficial de Señales de Tráfico, elaborado conjuntamente por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y el Ministerio del Interior. Este catálogo forma parte de la modificación del Reglamento General de Circulación, cuya entrada en vigor tuvo lugar el 1 de julio de 2025.

5. Actuaciones llevadas a cabo.

Una vez definidos en la Orden Circular 2/2024 los criterios que rigen la señalización de las estaciones de recarga eléctrica, la Dirección General de Carreteras, atendiendo al interés general y con el objetivo de contribuir de forma proactiva al impulso de la movilidad eléctrica y la descarbonización del transporte por carretera, ha iniciado de oficio una campaña de señalización para determinadas Estaciones de Recarga de Vehículos Eléctricos (ERVE) que presten servicio a las carreteras de la Red del Estado, siempre que cumplan los re-



Figura 1. Preaviso en autopista o autovía que indica la salida hacia una estación de servicio y una estación de recarga eléctrica ubicadas en la misma localización, junto con el resto de servicios disponibles en dicha salida, conforme a los criterios establecidos en la OC 2/2024.



Figura 2. Cartel indicativo de salida inmediata en autopista o autovía que informa sobre la posición y el horario de una estación de recarga eléctrica independiente, así como de otros servicios localizados en la vía de servicio, de acuerdo con los criterios de la OC 2/2024.



Figura 3. Ejemplo de diseño de preavisos en autopista o autovía con y sin subcartel inferior. Ambos muestran en el subcartel superior información sobre una estación de servicio y una estación de recarga eléctrica ubicadas en posiciones independientes dentro de la misma salida. En el cartel sin subcartel inferior, la inclusión de otros servicios disponibles en la salida obliga a suprimir dicho subcartel, conforme a los criterios establecidos en la OC 2/2024, por exceso tanto de información como de proporciones en el conjunto del cartel.

quisitos establecidos. La iniciativa se encuentra en su fase inicial (Fase 1), centrada en la señalización de las estaciones accesibles desde las carreteras de la Red Básica Transeuropea y desde la autovía A-6. Aunque esta última no forma parte de la citada Red, se considera de gran relevancia y, por ello, se ha incluido en las actuaciones correspondientes a la Fase 1. En fases posteriores se abordarán otras ubicaciones, incluyendo la Red Global Transeuropea y la RCE fuera de la Red Transeuropea.

Para ello, se llevó a cabo un estudio preliminar de distintos establecimientos ubicados en zonas que, a

priori, se consideraban susceptibles de prestar servicio a la vía en cuestión. De cada estación de recarga eléctrica se analizó en primer lugar el cumplimiento del criterio de potencia mínima exigido por la OC 2/2024. En los casos que lo cumplieran, se verificó además la conformidad con los criterios normativos establecidos en la norma 8.1 IC, aplicables desde la publicación de la orden también a las estaciones de recarga, por analogía con las estaciones de servicio convencionales.

En cada caso se analiza la forma más adecuada de actualización, que puede consistir en la sustitución de



Figura 4. Instalación de un nuevo cartel de servicios en el enlace 649 de la autovía A-7, en la provincia de Murcia, diseñado conforme a la normativa vigente y en aplicación de los criterios establecidos en la OC 2/2024.



Figura 5. Instalación de un nuevo cartel de preaviso de servicios en el enlace 14 de la autovía A-62, en la provincia de Burgos, diseñado conforme a la normativa vigentes y en aplicación de los criterios establecidos en la OC 2/2024.



Figura 6. Instalación de un nuevo cartel de preaviso de servicios en el enlace 231 de la autovía A-6, en la provincia de Valladolid, diseñado conforme a la normativa vigentes y en aplicación de los criterios establecidos en la OC 2/2024.

pictogramas antiguos por los nuevos mediante adhesivos aplicados a los carteles existentes o en la fabricación e instalación de nuevos carteles de servicios conforme a las normativas vigentes.

Este conjunto de actuaciones, aún en desarrollo, refuerza la uniformidad y claridad de la señalización vial, a la vez que constituye una herramienta eficaz para la orientación del conductor en un entorno de energías diversificadas. Así, las nuevas señales no solo informan, sino que materializan el compromiso con una movilidad más eficiente, accesible y sostenible.

Referencias

- [1] Comisión Europea. (2023). Reglamento (UE) 2023/1804 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de septiembre de 2023, relativo a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos.
- [2] Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética.
- [3] Norma 8.1-IC señalización vertical de la Instrucción de Carreteras, aprobada por Orden FOM/534/2014, de 20 de marzo.
- [4] Orden Circular OC 2/2024 Sobre incorporaciones en Señalización Vertical.
- [5] Real Decreto 465/2025, de 10 de junio, por el que se modifica el Reglamento General de Circulación, aprobado por Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, en materia de señalización de tráfico. ❖

Impacto de las actividades de rehabilitación del pavimento sobre las emisiones de CO₂ y el consumo de combustible de los vehículos.

Caso de estudio de la autovía M-50



Impact of pavement rehabilitation activities on CO₂ emissions and vehicle fuel consumption. Case study of the M-50 highway

Camino Arce Blanco

Directora Técnica y Desarrollo de Negocio
SEITT SME SA

José Carlos Valdecantos Álvarez

Director
Xouba Ingeniería S.L.

David Llopis Castelló

Profesor Titular de Universidad
Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC)
Universitat Politècnica de València

Revisado por: Comité Técnico de Firms, Asociación Técnica de Carreteras (ATC)

Este estudio evalúa el impacto medioambiental de las actuaciones de repavimentación en la autovía M-50 (Madrid, España), a partir de un análisis antes-después basado en datos de vehículos conectados. El objetivo fue cuantificar el efecto de la mejora de la regularidad superficial sobre el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ de los vehículos. La metodología se estructuró en cinco fases: (i) validación de datos de regularidad procedentes de vehículos autónomos y conectados; (ii) caracterización del parque de vehículos; (iii) recopilación y filtrado de datos de vehículos conectados; (iv) tramificación de la vía según la regularidad, el trazado en alzado y las zonas intervenidas; y (v) análisis comparativo antes-después.

El parque vehicular estuvo compuesto mayoritariamente por turismos diésel (45%) y gasolina (30%), furgonetas (12%), camiones (8%) y autobuses (5%). Se analizaron tramos homogéneos en condiciones de hora valle para evitar distorsiones por congestión, comparando datos de noviembre de 2023 y 2024, asegurando condiciones climáticas similares. Se estudiaron siete tramos intervenidos en sentido creciente de circulación

(≈30 km) y tramos de control sin actuaciones. Los datos incluyeron velocidad, consumo, emisiones y regularidad superficial.

Los resultados mostraron mejoras significativas tras la repavimentación: (i) reducción de la regularidad, (ii) aumento de la velocidad media y (iii) disminución del consumo y las emisiones. Asimismo, se identificó que el trazado en alzado influye notablemente, siendo los beneficios mayores en tramos con mayor inclinación media. En promedio, se logró una reducción del 9–10 % en consumo y emisiones. Teniendo en cuenta que por esta carretera transita aproximadamente 115.000 veh/día y suponiendo una distribución 50-50 entre sentidos de circulación, se estimó un ahorro diario en los tramos intervenidos –sentido creciente– de 16.206 litros de combustible y 43,75 toneladas de CO₂, que anualmente equivale a aproximadamente 6 millones de litros de combustible y casi 16.000 toneladas de CO₂. Estos resultados evidencian el potencial de las actuaciones de mejora del pavimento para contribuir a la descarbonización del transporte.

This study assesses the environmental impact of pavement rehabilitation works on the M-50 motorway (Madrid, Spain) through a before-and-after analysis based on connected vehicle data. The objective was to quantify the effect of improved roughness on vehicle fuel consumption and CO₂ emissions. The methodology was structured into five phases: (i) validation of regularity data from autonomous and connected vehicles; (ii) vehicle fleet characterization; (iii) collection and filtering of connected vehicle data; (iv) segmentation of the road based on surface roughness, vertical alignment, and intervention areas; and (v) comparative before-and-after analysis.

The vehicle fleet was composed mainly of diesel passenger cars (45%), gasoline cars (30%), vans (12%), trucks (8%), and buses (5%). The analysis focused on homogeneous road sections during off-peak hours to avoid congestion-related distortions, comparing data from November 2023 and 2024 under similar weather conditions. Seven rehabilitated sections (≈30 km) and

control sections with no intervention were studied. The dataset included speed, fuel consumption, emissions, and surface roughness.

The results revealed significant improvements after repaving: (i) reduced surface irregularity, (ii) increased average speed, and (iii) decreased fuel consumption and emissions. Additionally, the influence of vertical alignment was notable, with greater benefits observed in sections with steeper gradients. On average, a 9–10% reduction in fuel consumption and emissions was achieved. Considering an average daily traffic volume of approximately 115,000 vehicles and assuming a 50-50 directional split, the estimated daily savings in the rehabilitated (inbound) sections amounted to 16,206 liters of fuel and 43.75 tonnes of CO₂. On an annual basis, this translates to roughly 6 million liters of fuel and nearly 16,000 tonnes of CO₂. These results highlight the potential of pavement improvement actions to contribute to the decarbonization of transport.

1. Introducción

El adecuado mantenimiento de la red vial es un aspecto fundamental para preservar y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, así como para garantizar la competitividad económica y la sostenibilidad ambiental del sistema de transporte [1, 2]. Las infraestructuras viarias en buen estado permiten una circulación fluida, segura y eficiente, minimizando tanto el riesgo de accidentes como el consumo energético de los vehículos. En contraposición, un firme en mal estado puede generar importantes perjuicios: incrementa el consumo de combustible, acelera el desgaste de los neumáticos, incrementa las emisiones contaminantes —en especial los gases de efecto invernadero (GEI)— y puede llegar a causar daños estructurales en los vehículos [3, 4]. Estos efectos, además de implicaciones eco-

nómicas directas para usuarios y operadores, suponen también una carga ambiental creciente y una reducción de la calidad del servicio público de movilidad.

En el caso de España, la situación del estado de conservación de la red viaria ha venido deteriorándose progresivamente en las últimas décadas. Según el informe de la Asociación Española de la Carretera correspondiente al año 2020, las carreteras españolas se encuentran en un estado “deficiente”, muy próximo al nivel “muy deficiente” [5]. Uno de cada trece kilómetros de la red nacional presenta daños significativos en más de la mitad de la superficie del pavimento, con presencia de baches, roderas y grietas longitudinales y transversales. Esta falta de conservación ha provocado una pérdida del valor patrimonial del 36 % en las carreteras del Estado y del 38 % en

las gestionadas por Comunidades Autónomas y Diputaciones Forales, entre los años 2001 y 2017. Esta degradación progresiva impacta directamente en la seguridad vial, la eficiencia energética del transporte y la competitividad territorial, al mismo tiempo que encarece los costes de mantenimiento y genera mayores emisiones contaminantes.

La primera institución española, que quiso demostrar a los gestores públicos la importancia de un correcto mantenimiento de la red viaria, no solo para garantizar una conducción cómoda y segura, sino para luchar, también, contra la contribución del sector transportes al nivel de emisiones de CO₂, fue la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASE-FMA), la cual lleva más de diez años de la mano de su homóloga europea, EAPA (European Asphalt Pavement Association) intentando

demostrar cómo un buen estado del firme supone un ahorro de combustible y por ende, de reducción de emisiones contaminantes. Juntos, ASEFMA y EAPA, con el inestimable empuje del presidente español, Juan José Potti, desarrollaron el proyecto EMIPAV (www.emipav.eu) así como el día internacional de la conservación de las carreteras, más conocido como el IRMD (primer jueves de abril, cada año, desde el año 2017) para concienciar sobre esta realidad y buscar una nueva visión sobre las inversiones en mantenimiento de carreteras.

El presente estudio, desarrollado por la sociedad estatal SEITT en colaboración con la Universidad Politécnica de Valencia y la empresa XOUBA, considera como punto de partida las hipótesis lanzadas por ambas instituciones para, precisamente, demostrar su veracidad, procediendo a medir características reales del pavimento, de la flota de los usuarios y de las emisiones, antes y después de llevar a cabo trabajos integrales de rehabilitación de un firme para cuantificar, de manera científica, los posibles ahorros de combustible y su repercusión en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

La gestión eficiente del patrimonio viario requiere contar con sistemas fiables de evaluación del estado del pavimento. En la actualidad, las técnicas habituales de auscultación emplean equipos especializados —como perfiles láser, deflectómetros o vehículos instrumentados— que permiten medir parámetros como el Índice de Regularidad Internacional (IRI) o la capacidad estructural del firme [6-9]. No obstante, estas técnicas requieren recursos humanos, logísticos y económicos considerables, lo que limita su aplicación a la totalidad de la red. Como resultado, las

campañas de evaluación suelen concentrarse en los corredores con mayor tráfico o en tramos estratégicos, dejando sin inspeccionar amplias zonas de la red secundaria o de menor jerarquía, lo que dificulta una gestión preventiva y eficiente de los recursos disponibles.

Ante esta situación, el uso de nuevas tecnologías asociadas a la conectividad y sensorización de los vehículos representa una oportunidad para ampliar la cobertura y frecuencia de la evaluación de la infraestructura viaria. Los fabricantes de equipos originales (OEM) han comenzado a integrar sensores de aceleración, velocidad y posición, junto con sistemas de comunicación móvil, que permiten recopilar datos de forma continua y en condiciones reales de circulación. Esta modalidad de crowdsourcing vehicular permite estimar la calidad de la rodadura a partir de parámetros como la velocidad de giro de las ruedas, el comportamiento de la transmisión o las aceleraciones verticales, lo que permite inferir valores aproximados del IRI sin necesidad de desplegar equipos instrumentados sobre el terreno [10]. En particular, recientemente parte de los autores de este trabajo han validado de manera satisfactoria los valores de regularidad obtenidos por los vehículos al compararlos con los datos obtenidos a partir de auscultaciones, poniendo de manifiesto el potencial de los datos provenientes de los vehículos gracias a su inmediatez y frecuencia —prácticamente en tiempo real— [11]. Además, muchos de estos vehículos conectados registran también datos relativos al consumo de combustible y las emisiones GEI, lo que abre la posibilidad de analizar no solo el estado del pavimento, sino también su impacto directo sobre la eficiencia energética del transporte.

En este contexto, el presente artículo pretende explicar el análisis realizado sobre una autovía fundamental para la ciudad de Madrid, la autovía de circunvalación M50, en relación con el impacto que las actuaciones de rehabilitación de firme, planificadas para los años 2024 y 2025, provocarían sobre el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ de los vehículos que circulan por ella, buscando reafirmar y concretar los valores de reducción ya concretados en bibliografías especializadas [5, 12, 13].

La M-50 es una vía de gran capacidad que rodea parcialmente la capital española, con una longitud de 85 kilómetros y un tráfico medio diario que, en algunos tramos, supera los 100.000 vehículos. Esta infraestructura forma parte de la red gestionada por la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEITT), empresa pública adscrita al Ministerio de Transportes que opera más de 700 km de autopistas (415 km) y autovías (285 km), tras asumir en 2019 la gestión de la explotación de 9 autopistas antes gestionadas por ocho sociedades concesionarias que, en el año 2012, habían entrado en concurso de acreedores. En el marco de su plan inversor 2023-2027, SEITT contemplaba la inversión de 73 millones de euros en la mejora del pavimento de la citada autovía M-50.

Era la ocasión perfecta, por tanto, para poder analizar, mediante un enfoque antes-después y con datos procedentes de vehículos conectados, el efecto de las intervenciones sobre varios factores: el estado superficial del firme, la velocidad de circulación, el consumo y las emisiones asociadas al transporte.

2. Metodología

El presente estudio se estructura en torno a un enfoque metodológico compuesto por cinco fases principales: (1) validación de datos de regularidad procedentes de vehículos autónomos y conectados (CAVs); (2) determinación del parque de vehículos que circula habitualmente por la autovía M-50; (3) recopilación y filtrado de datos procedentes de vehículos conectados; (4) segmentación de la infraestructura en tramos homogéneos en función de variables geométricas y de condición superficial del pavimento; y (5) análisis comparativo antes-después, del consumo de combustible y las emisiones de CO₂ tras la ejecución de las obras de rehabilitación del firme.

El objetivo del diseño metodológico es aislar el efecto del estado del pavimento sobre el comportamiento energético de los vehículos, minimizando la influencia de factores externos como la congestión o las condiciones meteorológicas. Para ello, se han seleccionado periodos comparables (noviembre de 2023 y noviembre de 2024), se han empleado datos correspondientes a horas valle —en las que puede asumirse un régimen de circulación en condiciones de flujo libre— y se han delimitado segmentos homogéneos desde el punto de vista del trazado y la regularidad superficial antes de las obras de rehabilitación. Esta aproximación permite obtener estimaciones robustas del impacto real de la mejora del pavimento sobre el consumo energético y las emisiones asociadas al transporte en condiciones reales de operación.

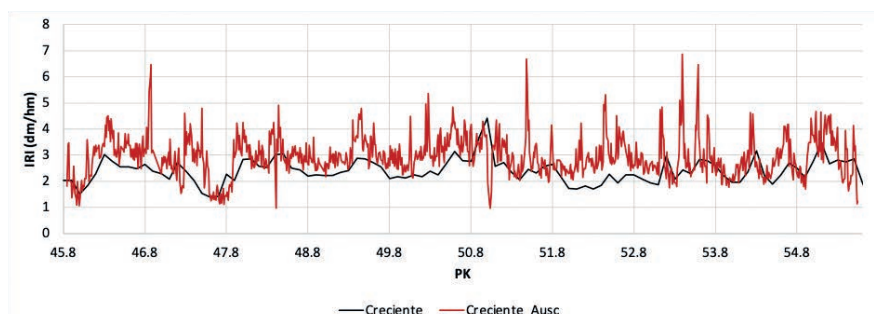


Figura 1. Comparación entre datos de regularidad procedentes de CAVs y valores de IRI obtenido mediante equipos de auscultación.

2.1. Validación de datos de regularidad

Previo al desarrollo del estudio, fue necesario comprobar la validez de los datos de regularidad superficial proporcionados por los vehículos conectados (CAVs), dado que constituyen la base para la segmentación de la vía y la estimación del impacto de las actuaciones. Para ello, se llevó a cabo una comparación directa entre los valores de IRI derivados de los CAVs y los obtenidos mediante campañas de auscultación con equipos especializados, concretamente para las mismas fechas de observación (noviembre de 2023).

La Figura 1 muestra la evolución de la regularidad a lo largo de un tramo representativo de la autovía M-50 en sentido creciente, donde se superponen los datos obtenidos a través de vehículos conectados (línea negra) y los datos de IRI de auscultación (línea roja). Como se puede observar, ambas series presentan una tendencia claramente similar, reflejando con precisión los mismos patrones de deterioro y variación en la regularidad. No obstante, se aprecia que los valores absolutos registrados por los vehículos conectados tienden a ser ligeramente inferiores a los medidos mediante equipos de auscultación.

Esta diferencia, ya identificada en estudios previos —incluido el desarrollado por los autores de este trabajo [11]—, se explica por la distinta naturaleza de los métodos de medición: mientras los CAVs capturan el comportamiento dinámico de la rodadura en condiciones reales de circulación, los equipos de auscultación emplean sensores de alta precisión en condiciones controladas. Pese a ello, la coincidencia en la evolución de los valores a lo largo del eje viario valida la fiabilidad de los datos de los CAVs para fines analíticos, especialmente cuando el objetivo es comparar diferencias relativas.

Dado que este estudio se centra en evaluar la mejora de la regularidad tras las actuaciones de rehabilitación —es decir, en variaciones relativas de la regularidad entre dos momentos en el tiempo—, se considera que los datos de regularidad procedentes de los vehículos conectados son adecuados y suficientemente robustos para el desarrollo del análisis.

2.2. Parque de vehículos e intensidad de tráfico

La primera fase del estudio consistió en la identificación y caracterización del parque de vehículos que circula por la autovía M-50, así como en la determinación de las

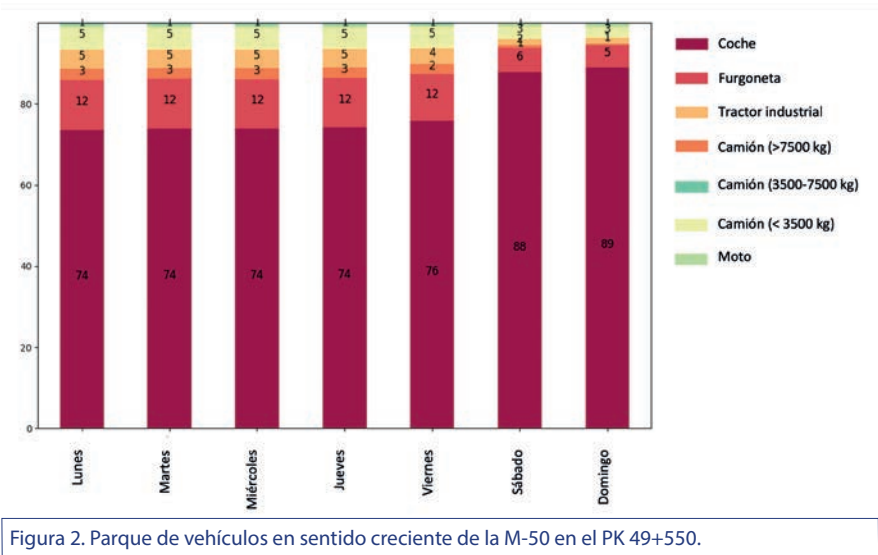


Figura 2. Parque de vehículos en sentido creciente de la M-50 en el PK 49+550.

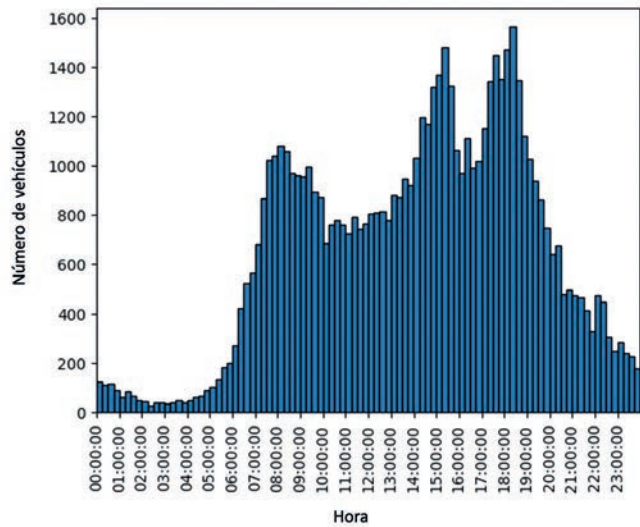


Figura 3. Distribución diaria del tráfico en sentido creciente de la M-50 en el PK 49+550 durante día laborable tipo.

franjas horarias de mayor y menor intensidad de tráfico. Para ello, se utilizaron datos proporcionados por la Dirección General de Tráfico (DGT), obtenidos a partir de cámaras de tráfico instaladas en ambos sentidos de circulación en las inmediaciones de los puntos kilométricos PK 18+000 y PK 50+000. Estos dispositivos permitieron recopilar información detallada de cada vehículo, incluyendo tipo de vehículo, tipo de combustible, año de matriculación y etiqueta ambiental.

Tras un proceso de depuración y clasificación, se estableció la distribución del parque de vehículos para días laborables, descartando categorías minoritarias. Los datos revelan que la flota está compuesta mayoritariamente por turismos diésel (45 %), turismos gasolina (30 %), furgonetas diésel (12 %), camiones diésel (8 %) y autobuses diésel (5 %) (ver Figura 2). Esta distribución resulta esencial para ponderar adecuadamente el impacto energético y ambiental de las actuaciones de rehabilitación,

dado que cada tipología presenta patrones de consumo y emisiones diferenciados. En días festivos, como era de esperar, se observó una reducción significativa en la circulación de vehículos comerciales (furgonetas, camiones y autobuses), mientras que aumentó la proporción de turismos.

Adicionalmente, a partir de las curvas de intensidad horaria de tráfico obtenidas en los dos puntos de observación, se identificaron las horas valle para días laborables (Figura 3). Estas franjas horarias —de 00:00 a 07:00, de 10:00 a 13:00 y de 19:00 a 00:00— se seleccionaron como referencia para el análisis antes-después, ya que permiten aislar el efecto del estado del pavimento sin que la congestión u otros factores asociados al volumen de tráfico interfieran en el consumo de combustible. Este enfoque asegura que las diferencias observadas en el rendimiento energético de los vehículos puedan atribuirse con mayor certeza a las condiciones de la infraestructura vial.

2.3. Datos procedentes de vehículos autónomos y conectados

La segunda fase del estudio se basa en el uso de datos proporcionados por vehículos autónomos y conectados (CAVs), una fuente emergente de información que permite ampliar la cobertura y frecuencia del monitoreo del estado de las infraestructuras viarias. Estos vehículos, equipados con sensores integrados por los fabricantes (OEM), como acelerómetros, sensores de velocidad y sistemas de posicionamiento y conectividad móvil, generan de manera continua datos relevantes para la evaluación del comportamiento operativo de la vía. A diferencia de los métodos tradicionales de auscultación o

inspección visual —que requieren equipamiento específico, personal técnico y despliegue sobre el terreno—, el enfoque basado en CAVs ofrece una alternativa más eficiente y menos costosa para obtener información detallada sobre la calidad superficial del firme.

En este estudio se han empleado datos de los meses de noviembre de 2023 y 2024, aunque para la conceptualización y validación metodológica también se han utilizado datos adicionales correspondientes a otros meses. Las variables principales analizadas han sido la velocidad de circulación, el consumo de combustible y la regularidad superficial. La velocidad y el consumo han sido proporcionados por los proveedores Webfleet e INRIX, que entregan registros temporales con una frecuencia variable según marca y modelo del vehículo, en intervalos de varios segundos. Por su parte, la información relativa a la regularidad del pavimento ha sido suministrada por NIRA Dynamics, a partir del análisis agregado de datos procedentes de vehículos que circulan de forma rutinaria por la red viaria. En este sentido, el proveedor entrega información referida a segmentos de carretera de aproximadamente 20 metros de longitud, generados a partir de cartografías comerciales empleadas por aplicaciones de navegación. Para el desarrollo de este estudio los valores proporcionados se han empleado para estimar la regularidad por hectómetro de vía en dm/hm.

El uso de este tipo de datos representa una ventaja significativa frente a métodos convencionales, no solo por reducir costes y eliminar subjetividades, sino también por aumentar la fiabilidad de las mediciones. Al contar con múltiples observaciones generadas por flotas completas de vehículos en

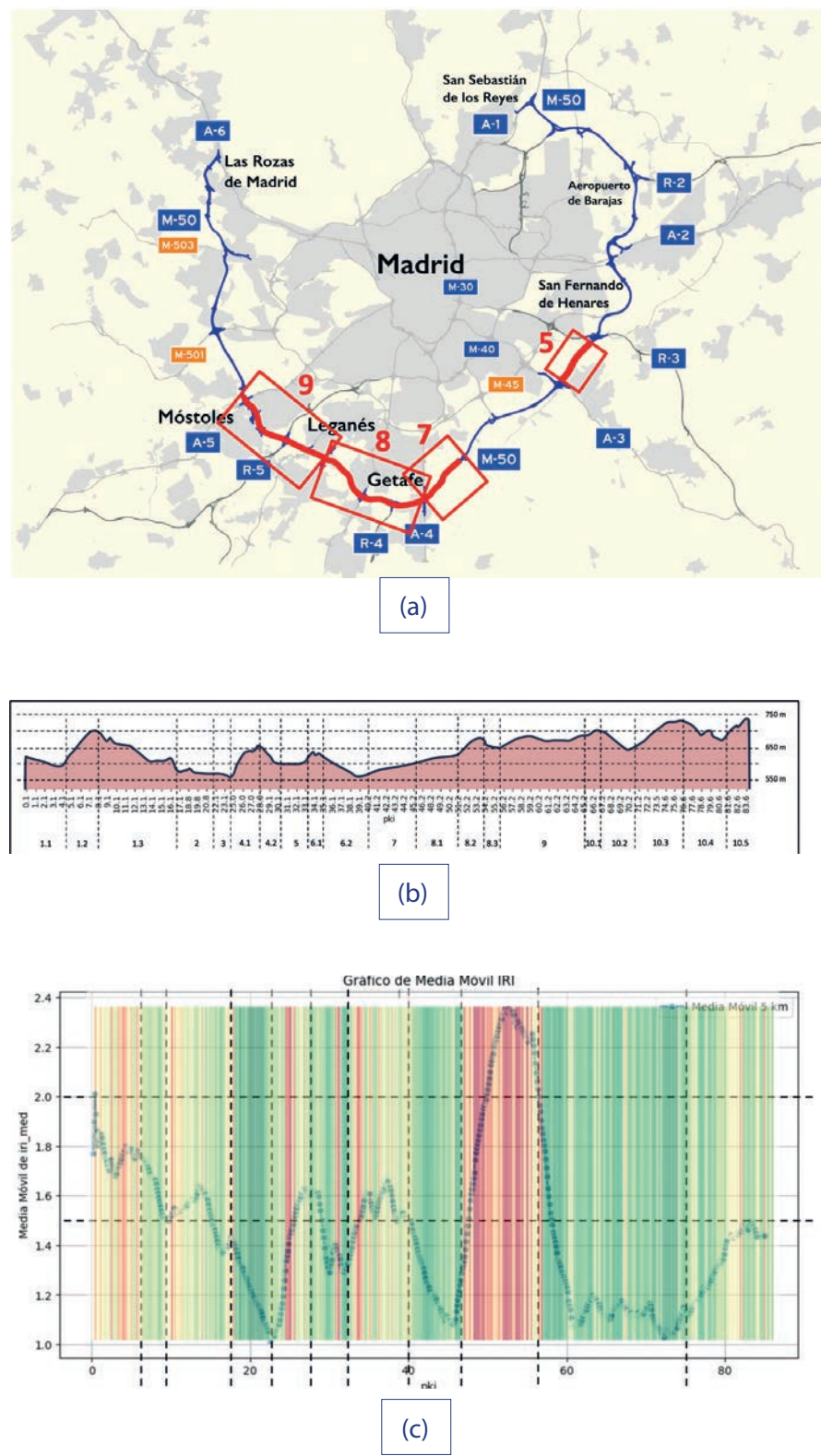


Figura 4. Identificación de tramos homogéneos: (a) planificación de actuaciones en la M-50, (b) trazado en alzado de la vía y (c) regularidad superficial en noviembre 2023.

circulación real, es posible caracterizar con mayor precisión el estado de la vía, detectar zonas de deterioro y realizar un seguimiento continuo de la evolución del firme sin necesidad de instrumentar vehículos o desplegar campañas de auscultación periódicas.

2.4. Identificación de segmentos homogéneos

La tercera fase metodológica consiste en la segmentación de la autovía M-50 en tramos homogéneos, con el objetivo de garantizar que las condiciones analizadas en cada unidad de estudio sean comparables y permitan atribuir con precisión los efectos observados al estado del pavimento.

Para ello, en primer lugar se incorporó la información relativa a la planificación y ejecución de las actividades de rehabilitación de firme proporcionada por SEITT. Esto permitió identificar y delimitar los tramos en los que efectivamente se ejecutaron intervenciones entre noviembre de 2023 y noviembre de 2024, asegurando la consistencia del análisis antes-después (Figura 4a). El segundo de los criterios considerados fue el trazado en alzado de la vía, dado que la inclinación longitudinal de la vía influye de manera significativa en el consumo energético de los vehículos, especialmente en flotas pesadas (Figura 4b). Asimismo, se ha incluido como tercer criterio el estado de la condición superficial del firme, representado por los valores de la regularidad del pavimento disponibles para noviembre de 2023, es decir, antes de la ejecución de las obras de rehabilitación (Figura 4c).

Dado que los datos de regularidad presentan cierta variabilidad local asociada al método de medición y al entorno de circulación,

Tabla 1. Tramos de estudio de la M-50 en sentido creciente de circulación.					
Id	PK inicial	PK final	L (km)	Inclinación media	Regularidad ₂₀₂₃
5	30+300	33+600	3,30	0,14%	1,45
7.1	40+100	42+300	2,20	1,14%	1,07
7.2	42+400	45+800	3,40	0,80%	1,65
8.1	45+900	51+000	5,10	0,50%	2,41
8.2	51+100	54+000	2,90	2,07%	2,25
8.3	54+100	55+400	1,30	-2,30%	2,53
9	55+500	65+400	9,90	0,40%	1,16

se aplicaron distintos tamaños de medias móviles (500 metros, 1 kilómetro, 2 kilómetros y 5 kilómetros) para suavizar las oscilaciones puntuales y detectar cambios significativos de tendencia en la calidad del pavimento. Esta técnica permitió identificar de forma más robusta los límites entre segmentos con condiciones claramente diferenciadas.

Como resultado del proceso de segmentación, se identificaron un total de 23 tramos homogéneos a lo largo del recorrido de la M-50 en sentido creciente. De ellos, se seleccionaron siete tramos para el desarrollo del análisis detallado, correspondientes a aquellos en los que, a fecha de noviembre de 2024, ya se habían completado las actuaciones de rehabilitación (Tabla 1). Estos tramos representan una muestra diversa en términos de trazado y condición previa, lo que permite evaluar el impacto de las mejoras del pavimento en distintos contextos operativos.

2.5. Estudio antes-después

La cuarta y última fase metodológica corresponde al análisis comparativo antes-después del consumo de combustible y las emisiones de CO₂, con el objetivo de cuantificar el impacto derivado de

las actuaciones de rehabilitación del firme. Este análisis se desarrolla exclusivamente sobre los siete tramos homogéneos previamente identificados en los que, a fecha de noviembre de 2024, ya se habían completado las obras de mejora del pavimento. La comparación se realiza entre los datos correspondientes a noviembre de 2023 (situación previa) y noviembre de 2024 (situación posterior), garantizando así condiciones climáticas equivalentes y evitando sesgos estacionales.

El procedimiento se inicia con el cálculo del consumo de combustible para cada vehículo individual. A partir de los datos proporcionados por los vehículos conectados, se dispone de registros temporales de la cantidad de combustible consumido entre dos puntos de medición consecutivos, lo que permite estimar el consumo medio entre ellos y, posteriormente, por hectómetro. Una vez determinados los valores individuales, se agregan los datos para obtener el consumo medio por hectómetro para cada combinación de tipo de vehículo y tipo de combustible.

Cabe señalar que, con el fin de minimizar la influencia de la congestión u otros factores externos al estado del pavimento, todos los

cálculos se han realizado exclusivamente con datos correspondientes a las horas valle identificadas en días laborables. Estas franjas horarias —de 00:00 a 07:00, de 10:00 a 13:00 y de 19:00 a 00:00— representan condiciones de circulación en régimen de flujo libre, lo que permite atribuir con mayor certeza las diferencias en consumo y emisiones a las condiciones de la infraestructura viaria.

Con base en la distribución del parque vehicular de la M-50 en días laborables, se construye un vehículo tipo o vehículo de diseño, compuesto por una combinación ponderada de turismos diésel (45 %), turismos gasolina (30 %), furgonetas ligeras (12 %), camiones (8 %) y autobuses (5 %). Esta composición permite realizar un cálculo representativo del comportamiento medio del tráfico en la vía. El consumo medio por hectómetro del vehículo de diseño se calcula ponderando los valores obtenidos por tipo de vehículo y combustible, en función de su peso relativo en la flota.

En paralelo, se estima la emisión de CO₂ para cada tramo homogéneo mediante un procedimiento análogo. En este caso, el primer paso consiste en transformar el consumo de combustible de

cada vehículo en emisiones de CO₂ utilizando los factores de conversión establecidos por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: 2,64 kg CO₂/litro para diésel y 2,35 kg CO₂/litro para gasolina. A partir de estas conversiones, se determina la emisión individual por hectómetro, que se agrega por tipo de vehículo y, finalmente, se pondera para estimar las emisiones del vehículo de diseño.

Este enfoque permite estimar, con elevada resolución espacial y bajo condiciones reales de operación, el consumo medio de combustible y las emisiones de CO₂ en cada uno de los tramos analizados, tanto antes como después de las actuaciones. De esta forma, es posible aislar el efecto directo de la mejora de la regularidad superficial sobre el rendimiento energético de los vehículos, aportando evidencias cuantificables sobre los beneficios medioambientales derivados del mantenimiento y rehabilitación del pavimento.

3. Resultados

Los resultados del análisis antes-después revelan una mejora significativa en el comportamiento

energético y medioambiental de los vehículos tras la ejecución de las actuaciones de rehabilitación del firme en la autovía M-50, específicamente en el sentido creciente de circulación. La comparación se ha realizado sobre siete tramos homogéneos, en los que se han analizado los cambios en regularidad superficial, consumo de combustible, emisiones de CO₂ y velocidad media de circulación (Tabla 2).

En primer lugar, cabe destacar que las actuaciones han supuesto una mejora media en la regularidad superficial del 27 %, lo que ha tenido un efecto directo en la eficiencia operativa de los vehículos (ver Tabla 3). En términos absolutos, el consumo de combustible por vehículo se ha reducido en un 9,9 % y las emisiones de CO₂ en un 9,7 %. Esta mejora se produce a pesar de que la velocidad media ha aumentado en más de un 3,6 % respecto al periodo previo, lo cual podría haber incrementado el consumo. Sin embargo, los datos confirman que la mejora del pavimento ha compensado sobradamente dicho incremento, mostrando una clara eficiencia derivada de la rehabilitación de la superficie de rodadura.

El análisis por tramos individuales muestra una coherencia clara

Tabla 2. Datos de regularidad, consumo, emisiones y velocidad de noviembre de 2023 y 2024.								
	Noviembre 2023				Noviembre 2024			
	Regularidad	C (l/100km)	E (g CO ₂ /km)	V (km/h)	Regularidad	C (l/100km)	E (g CO ₂ /km)	V (km/h)
5	1,45	10,72	278,05	108,16	1,13	9,73	252,05	110,45
7.1	1,07	12,06	312,80	110,33	1,02	10,65	275,65	111,85
7.2	1,65	10,22	265,30	109,93	1,04	8,19	211,63	113,90
8.1	2,41	10,14	263,14	102,93	1,48	9,24	238,97	106,89
8.2	2,25	12,47	323,53	102,18	1,60	11,43	295,98	106,74
8.3	2,53	6,96	180,31	101,63	1,47	6,77	174,80	106,31
9	1,16	9,70	251,02	103,66	0,99	9,06	234,31	109,01

entre la reducción del consumo y la mejora de la regularidad. Por ejemplo, el tramo 7.2, con una mejora del 37 % en la regularidad y una inclinación media del 0,8 %, muestra una de las mayores reducciones tanto en consumo como en emisiones (aprox. 20%). Del mismo modo, en los tramos 8.1 y 9, también con inclinaciones ascendentes y mejoras superiores al 35 % en la regularidad, se registran reducciones en el consumo superiores al 8% y en las emisiones por encima de 0,12 kg CO₂/veh.

Un caso especialmente ilustrativo es el del tramo 8.3, que presenta una inclinación negativa media de -2,3 %. En este tramo, a pesar de una mejora significativa en la regularidad (-41,74 % en regularidad), la reducción del consumo y de las emisiones ha sido prácticamente nula. Este hecho pone de manifiesto que el trazado en alzado desempeña un papel clave en la magnitud del beneficio ambiental obtenido.

La Figura 5 muestra esta relación, evidenciando que las ganancias en consumo son mucho mayores en tramos ascendentes que en descendentes, donde la influencia del pavimento es más limitada debido al menor esfuerzo requerido por el motor (el tamaño de los puntos indica el valor de regularidad). Esta observación se ve reforzada por el análisis de regresión que vincula el consumo de combustible con la inclinación media del tramo. Las curvas de ajuste correspondientes a los periodos de noviembre de 2023 y noviembre de 2024 muestran un alto grado de correlación ($R^2 = 0,898$ y $R^2 = 0,776$, respectivamente), lo que confirma que el alzado influye de forma directa y significativa en el consumo energético. Además, se observa claramente un desplazamiento hacia abajo de la curva ajustada tras

Tabla 3. Variación de la regularidad, el consumo, las emisiones y la velocidad entre noviembre de 2023 y 2024.

	(nov-24 - nov-23)/nov-23			
	Regularidad	C (l/100km)	E (kg de CO ₂ /veh)	V (km/h)
5	-22.31%	-9.21%	-9.35%	2.11%
7.1	-4.94%	11.66%	-11.88%	1.38%
7.2	-37.19%	19.91%	-20.23%	3.61%
8.1	-38.61%	-8.89%	-9.19%	3.85%
8.2	-28.73%	-8.34%	-8.52%	4.46%
8.3	-41.74%	-2.79%	-3.06%	4.61%
9	-14.80%	-6.59%	-6.66%	5.16%

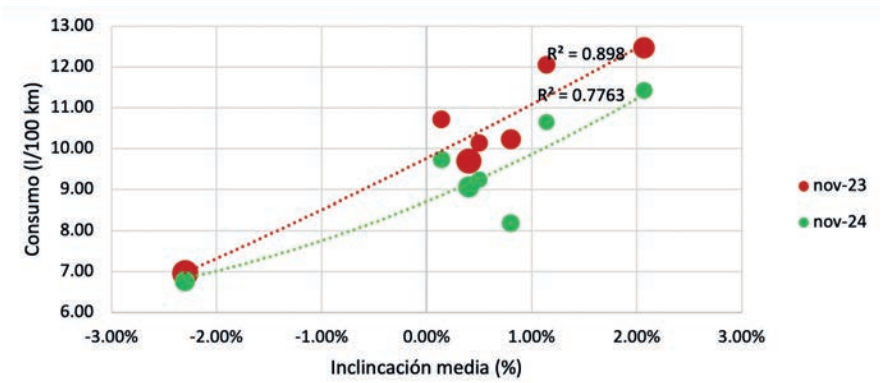


Figura 5. Relación entre la inclinación media de la vía, el consumo y la mejora de la regularidad.

la rehabilitación, indicando una reducción generalizada del consumo en todos los niveles de inclinación.

En conjunto, los resultados demuestran que las mejoras en la regularidad del pavimento, especialmente en tramos con trazado ascendente, permiten reducir de forma significativa el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a una operación más sostenible y eficiente de la red viaria. Estos hallazgos subrayan la relevancia de considerar no solo el volumen de tráfico o la funcionalidad de la vía, sino también su geometría longitudinal al momento de planificar y priorizar intervenciones de conservación y rehabilitación del firme.

4. Discusión

Los resultados presentados en el apartado anterior ponen de manifiesto que la mejora de la regularidad superficial del pavimento en la autovía M-50 ha generado beneficios sustanciales en términos de reducción del consumo de combustible, de las emisiones de CO₂ y del aumento de la eficiencia en la circulación. La mejora media del 27 % en el valor de la regularidad se ha traducido en una reducción del consumo por vehículo cercano al 10 %, lo que confirma que el estado del pavimento no solo afecta a la comodidad y la seguridad de la conducción, sino que tiene un impacto directo sobre el rendimiento energético de los vehículos.

Una de las aportaciones más relevantes del estudio ha sido la capacidad de aislar el efecto real de

Tabla 4. Variación del consumo, las emisiones y la velocidad en tramos sin actuaciones de rehabilitación entre noviembre de 2023 y 2024.

					(nov-24 - nov-23)/nov-23		
Id	PK inicial	PK final	L (km)	Inclinación media	C (l/100km)	E (g CO ₂ /km)	V (km/h)
4.1	23+500	28+000	4,50	2,33%	-2.36%	-2.55%	-1.42%
6.1	33+700	35+100	1,40	1,00%	-0.86%	-0.90%	-0.10%

la mejora del firme en condiciones operativas de flujo libre —mediante el uso de datos en horas valle— y su análisis en función del trazado en alzado. Como se ha mostrado, la eficacia de la rehabilitación se incrementa notablemente en tramos con inclinación positiva, en los que la reducción del esfuerzo requerido por el vehículo debido a una menor irregularidad superficial es más significativa. En cambio, en tramos con inclinación descendente, el beneficio derivado de la mejora de la regularidad tiende a reducirse, al ser el esfuerzo motor menor. Este hallazgo refuerza la necesidad de considerar de forma integrada el estado del pavimento y la geometría de la vía en las estrategias de conservación y planificación de inversiones.

Para reforzar la validez de los resultados obtenidos, se ha llevado a cabo un análisis comparativo en varios subtramos de la M-50 donde no se han realizado actuaciones de mejora del firme. Los datos correspondientes a los subtramos 4.1 y 6.1 muestran que, en condiciones operativas similares y con inclinaciones longitudinales positivas, los valores de consumo y emisiones por vehículo se han mantenido estables entre los periodos antes y después del análisis (ver Tabla 4). Por ejemplo, en el subtramo 6.1 el consumo medio por vehículo fue de 1,14 l/100 km antes y 1,01 l/100 km después, mientras que las emisiones de CO₂ se mantuvieron prácticamente constantes (110,61 frente a 110,50 g/km). Estos resultados

indican que, en ausencia de intervenciones, no se han producido mejoras sustanciales en los parámetros analizados, lo que refuerza la atribución directa de los beneficios observados en los tramos rehabilitados al efecto de la mejora de la regularidad superficial del pavimento.

Además del valor técnico y operativo de los resultados, es fundamental dimensionar su repercusión a escala real. Según datos oficiales de SEITT correspondientes al tramo II de la M-50 (PK 16+900 a PK 55+500), la Intensidad Media Diaria (IMD) de tráfico en 2023 fue de 106.823 vehículos/día. Considerando la evolución reciente del tráfico y el crecimiento sostenido en el área metropolitana de Madrid, se ha considerado una IMD estimada de 115.000 vehículos/día en 2025. Esta cifra se ha repartido en un 50 % por sentido de circulación, lo que permite calcular los impactos diarios en el sentido creciente —donde se ejecutaron las actuaciones— de forma representativa.

Aplicando los resultados obtenidos en los siete tramos analizados se ha estimado un ahorro diario aproximado de 16.206 litros de combustible y 43,75 toneladas de CO₂, que anualmente equivale a aproximadamente 6 millones de litros de combustible y casi 16.000 toneladas de CO₂. Expresado por unidad de longitud, este ahorro representa aproximadamente 576 litros de combustible y 1,52 toneladas de CO₂ por kilómetro rehabilita-

do y día, lo que refuerza la eficacia de este tipo de intervenciones desde una perspectiva de sostenibilidad.

Estas cifras confirman el potencial de las actuaciones de rehabilitación del firme como medida efectiva para contribuir a la sostenibilidad ambiental del transporte por carretera, alineándose con los objetivos de descarbonización establecidos en las políticas nacionales y europeas.

En conjunto, estos resultados aportan evidencia empírica clara para justificar, desde una perspectiva tanto técnica como medioambiental, la necesidad de mantener una inversión continuada y estratégica en la conservación de firmes. Asimismo, refuerzan el valor del uso de datos provenientes de vehículos conectados como herramienta de evaluación, seguimiento y apoyo a la toma de decisiones en la gestión de la infraestructura viaria.

5. Conclusiones

Este estudio ha permitido evaluar, a partir de un enfoque antes-después y mediante el uso de datos procedentes de vehículos conectados, el impacto de las actuaciones de rehabilitación del pavimento en la autovía M-50 sobre el consumo de combustible y las emisiones de CO₂. La metodología empleada, basada en la caracterización del parque vehicular, el análisis de datos en condiciones de flujo libre,

la segmentación homogénea de la vía y la construcción de un vehículo de diseño, ha permitido aislar con precisión el efecto de la mejora del firme sobre el comportamiento energético de los vehículos.

Los resultados muestran que una mejora media del 27 % en la regularidad superficial del pavimento puede suponer reducciones cercanas al 10 % en el consumo de combustible y en las emisiones de CO₂ por vehículo. Estas reducciones se producen incluso en contextos donde la velocidad media aumenta, lo que refuerza el papel del estado del pavimento como variable determinante en la eficiencia energética del transporte. Asimismo, se ha evidenciado que el impacto de las mejoras es mayor en tramos con inclinación positiva, lo que pone de manifiesto la importancia de considerar el trazado en alzado en la planificación de actuaciones.

Al extrapolar estos resultados al volumen real de tráfico de la M-50, se estima que las intervenciones realizadas permiten un ahorro anual de más de 6 millones de litros de combustible y 16.000 toneladas de CO₂, únicamente en los tramos donde se ha actuado y en un único sentido de circulación. Expresado por unidad de longitud, este ahorro representa aproximadamente 576 litros de combustible y 1,52 toneladas de CO₂ por kilómetro rehabilitado y día. Estos datos refuerzan la idea de que una gestión eficiente de la conservación del pavimento no solo mejora la funcionalidad y seguridad de las infraestructuras, sino que también constituye una herramienta eficaz para avanzar hacia una movilidad más sostenible y alineada con los objetivos de descarbonización del sector viario.

Referencias

- [1] Bull, A., & CEPAL, N. (2003). Traffic Congestion: The Problem and how to Deal with it. ECLAC.
- [2] Hajj, E. Y., Loria, L., & Sebaaly, P. E. (2010). Performance evaluation of asphalt pavement preservation activities. Transportation research record, 2150(1), 36-46.
- [3] Santero, N. J., & Horvath, A. (2009). Global warming potential of pavements. Environmental Research Letters, 4(3), 034011.
- [4] Lee, J., Abdel-Aty, M., & Nyame-Baafi, E. (2020). Investigating the effects of pavement roughness on freeway safety using data from five states. Transportation research record, 2674(2), 127-134.
- [5] Asociación Española de la Carretera, 2020. Análisis de la relación entre el estado de conservación del pavimento, el consumo de combustible y las emisiones de los vehículos.
- [6] Pierce, L. M., McGovern, G., & Zimmerman, K. A. (2013). Practical guide for quality management of pavement condition data collection.
- [7] Attoh-Okine, N., & Adarkwa, O. (2013). Pavement condition surveys—overview of current practices. Delaware Center for Transportation, University of Delaware: Newark, DE, USA.
- [8] Seraj, F., Van Der Zwaag, B. J., Dilo, A., Luarasi, T., & Havinga, P. (2014, April). RoADS: A road pavement monitoring system for anomaly detection using smart phones. In International Workshop on Modeling Social Media (pp. 128-146). Cham: Springer International Publishing.
- [9] Kamranfar, P., Lattanzi, D., Shehu, A., & Stoffels, S. (2022). Pavement Distress Recognition via Wavelet-Based Clustering of Smartphone Accelerometer Data. Journal of Computing in Civil Engineering, 36(4), 04022007.
- [10] Magnusson, P.; Svantesson, T. (2021). Road Condition Monitoring. U.S. Patent 10,953,887 B2, 23 March 2021.
- [11] Llopis-Castelló, D., Camacho-Torregrosa, F. J., Romeral-Pérez, F., & Tomás-Martínez, P. (2024). Estimation of Pavement Condition Based on Data from Connected and Autonomous Vehicles. Infrastructures, 9(10), 188.
- [12] National Cooperative Highway Research Programme – Report 720 Estimating the Effects of Pavement Condition on Vehicle Operating costs, Transport Research Board, 2012.
- [13] Li, Q., Qiao, F., & Yu, L. (2017). How the roadway pavement roughness impacts vehicle emissions. Environ Pollut Climate Change, 1(134), 10-4172. ❖

Evolución histórica e implantación actual de las distintas técnicas de reciclado y reutilización de firmes y pavimentos en España



Historical evolution and current implementation of different techniques for recycling and reusing road surfaces

Grupo GT2: Comité de Firms
Asociación Técnica de Carreteras

Anna París
PARMA Ingeniería

Paula Pastor
MITMA

Mar Subarroca
SORIGUÉ

El presente artículo recoge una de las tareas desarrolladas por el grupo de trabajo GT-2 Pavimentos reciclados del Comité de Firms que consistió en analizar la implantación alcanzada en España por las diferentes técnicas de reutilización de firmes y pavimentos de carreteras desde el año 1983, cuando se produjeron las primeras mezclas bituminosas recicladas en central en caliente. Mediante encuestas cumplimentadas por más de ochenta entidades públicas y privadas, y gracias a la colaboración de un gran número de profesionales involucrados en el proyecto, dirección, construcción, supervisión o control de las obras de reutilización de firmes, ha podido reunirse la información

con la que ha sido elaborado el presente texto. Recoge la producción de mezclas reutilizadas en central e in situ; en caliente, semicalientes, templadas o en frío; con betún, emulsiones bituminosas o cemento; y para tasas de reciclado comprendidas entre el 10 y el 100% de la masa de la mezcla final. Se considera que las conclusiones alcanzadas pueden resultar de utilidad para todos los agentes implicados en la construcción y conservación de firmes de carreteras pues permiten anticipar las tecnologías que presentan las mejores expectativas de futuro, de acuerdo con la evolución observada.

One of the tasks developed by the working group GT-2 Recycled pavements of the Road Technical Association Committee during the period 2020-2022 consisted in analysing the implementation achieved in Spain by the different techniques of recycling pavements and road pavements during the last forty years, that is, since 1983, when the first recycled bituminous mixtures were produced in a hot plant. Through surveys completed by more than 80 public and private entities, and thanks to the collaboration of many professionals involved in the project, management, construction, supervision or control of the recycling and reuse of pa-

vements, it has been possible to gather the information with which this text has been prepared. It corresponds to the production of mixtures recycled or reused centrally and in situ; hot, semi-heated, tempered or cold; with bitumen, bituminous emulsions or cement; and for recycling rates between 10 and 100% of the mass of the final mixture. It is considered that the conclusions reached can be useful for all actors involved in the construction and maintenance of road pavements as they allow anticipation of technologies with the best future expectations, according to the observed evolution.

1. Introducción

La reutilización de las mezclas bituminosas recuperadas de la demolición de firmes envejecidos se remonta a principios de los años 70 del pasado siglo, cuando estas técnicas fueron impulsadas por el brusco encarecimiento de los productos asfálticos como consecuencia de la crisis petrolera iniciada en 1973. Las primeras aplicaciones tuvieron lugar en los Estados Unidos mientras que en Europa comenzaron a generalizarse a partir de 1980. En España se cuenta con experiencias de reutilización en central en caliente desde 1983, cuando ACE-SA ejecutó varias obras de rehabilitación del firme de la autopista A-2, en las provincias de Lleida y Huesca. Sin embargo, y a pesar de los buenos resultados obtenidos, la posterior contención de precios del betún asfáltico, la relativa abundancia y el bajo coste de los áridos en la zona, y una todavía poco generalizada conciencia ambiental, propiciaron un prematuro abandono de la técnica apenas superado el terreno puramente experimental. El interés por la reutilización en de las mezclas bituminosas se recuperó a partir de 1995, con la reutilización



Figura 1. Central de fabricación equipada con dos tolvas para la introducción de RA

en caliente in situ del pavimento de la carretera N-125 (Zamora) y de 1998 con los primeros equipos de reciclado instalados en centrales discontinuas.

Por su parte, la reutilización en frío in situ con emulsión se desarrolló en los Estados Unidos a partir de 1980. La experiencia española se remonta a 1990, cuando se construyó un tramo de prueba en la CN-II (Huesca). En 1993, en esa misma carretera, se llevó a cabo la primera gran obra de reutilización en frío in situ (los 43 km que transcurren en la provincia de Huesca). La segunda gran obra tuvo lugar en 1994, en la CN-630 (tramo Cañaveral-Cáceres) mientras que en las redes de carreteras autonómicas y locales co-

menzó a utilizarse en 1996. La reutilización en frío en central es una alternativa de producción utilizada más raramente, pues sus costes suelen superar los de la reutilización in situ, aunque ofrece ventajas en relación con el control de calidad de la mezcla reutilizada. La producción en central con emulsiones ha sido, hasta hoy, más utilizada para producir mezclas reutilizadas templadas con emulsión.

Finalmente, la reutilización de firmes in situ con cemento viene siendo utilizada ininterrumpidamente desde 1991, si bien puede considerarse más una técnica de reconstrucción de firmes que de reutilización.

2. Reutilización en caliente en central

La reutilización en caliente en central es, con mucho, la técnica de reutilización de los materiales recuperados por fresado o demolición de las capas bituminosas (RA) más utilizada en España, desde 1983, cuando tuvieron lugar las primeras experiencias en la autopista AP-2 y se produjeron mezclas bituminosas con hasta un 40% de RA. En 1989 se inició la primera de las dos grandes obras de rehabilitación estructural realizadas en la autovía A-92 por la Junta de Andalucía, alcanzándose tasas de reutilización del 45%. También en 1998 se instalaron los primeros tambores independientes para secar y calentar el RA en centrales discontinuas fijas. Equipadas con este sistema de doble tambor, tres centrales ubicadas en Barcelona y Girona se utilizaron para producir mezclas bituminosas en caliente con un 40% de RA. Otras obras muy relevantes fueron las realizadas en la CN-230, tramo Viella-frontera francesa (Lleida) y en la autovía A-7 (Murcia) con una central continua, tipo double-barrel, los años 2004 y 2005, respectivamente, en ambos casos con mezclas conteniendo un 50% de RA. La misma central se utilizó en 2007 en la rehabilitación de la carretera A-140, tramo Tamarite-Binéfar (Huesca), donde se produjeron mezclas con un 60% de RA.

Además de las citadas, en la tabla 1 se han recopilado otras actuaciones singulares (por su extensión o por las tasas de reciclado utilizadas) llevadas a cabo en los cuarenta años transcurridos desde que se pusieron en obra las primeras mezclas recicladas en central en la autopista A-2. En el gráfico de la figura 2 se han representado las cantidades de RA reutilizadas anualmente en esas actuaciones.

Tabla 1. Obras singulares de reciclado en central en caliente en el periodo 1983-2022			
AÑO	OBRA	TASA máx.	RA usado
1983-89	AP-2 y AP-7, varios tramos (Lleida y Huesca)	40%	20.000 t
1998-99	A-92 PK 229 al 242, T6 Santa Fe (Granada)	45%	20.000 t
2000	C-25 Gurb-Riudellots de la Selva (Gerona)	40%	15.000 t
2000-03	A-92 PK 195 al 210 T4 Loja (Granada)	45%	30.000 t
2003	CN-541, CN-120 y CN-525 Orense	35%	40.000 t
2004	CN-230 Viella-frontera francesa (Lleida)	50%	28.318 t
2005	A-7 P.K. 566 al 572 (Murcia)	50%	20.000 t
2007	A-140 Tamarite-Binéfar (Huesca)	60%	14.868 t
2007	A-5 Cáceres	40%	10.000 t
2009	A-1 Santo Tomé del Puerto-Burgos (Burgos)	40%	20.000 t
2011	N-521 Cáceres	35%	26.480 t
2019	A-66 (León)	25%	21.960 t
2021	TF-5 PK 0+000 al 51+000 fase III (Tenerife)	50%	26.470 t
2022	TF-1 PK 43+000 al 81+000 fase III (Tenerife)	50%	43.395 t
2023	Rehabilitación estructural del firme en la carretera A-23 PK 353 A 372	30%	17.771 t

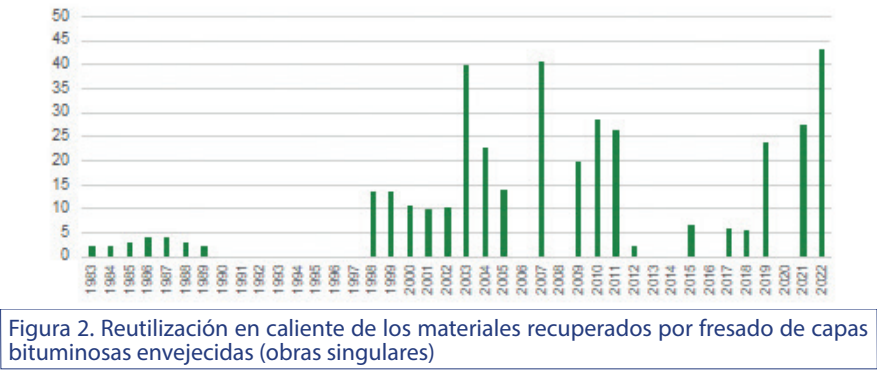


Figura 2. Reutilización en caliente de los materiales recuperados por fresado de capas bituminosas envejecidas (obras singulares)

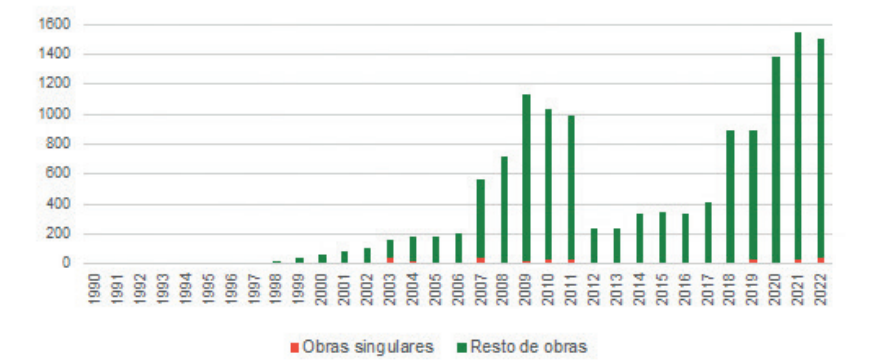


Figura 3. RA reutilizado en obras singulares y en el resto de las obras, en los ejercicios 1990 a 2022

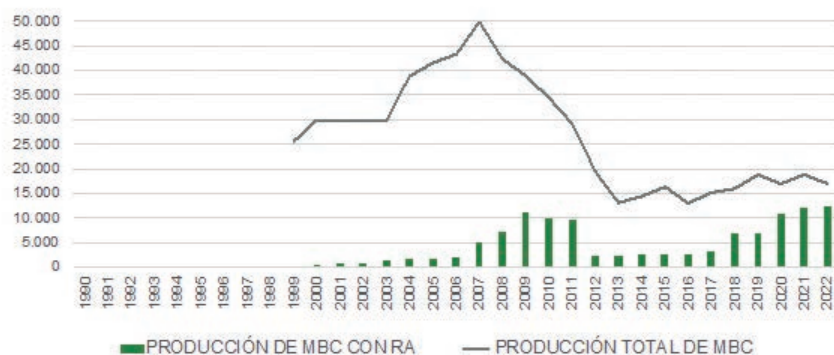


Figura 4. Mezclas bituminosas en caliente producidas con alguna proporción de RA y producción total en los ejercicios 1990 a 2022

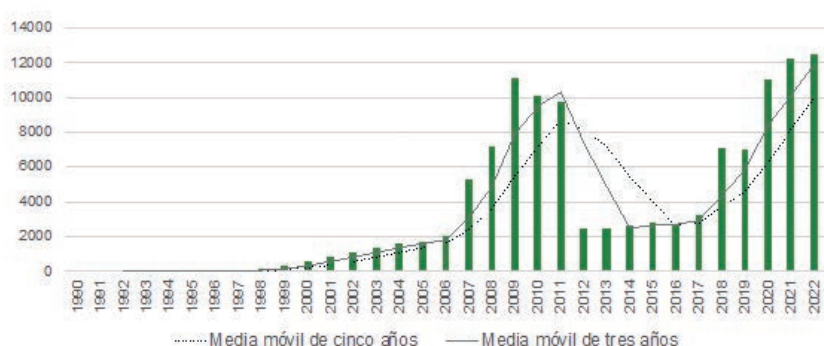


Figura 5. Mezclas bituminosas en caliente producidas con alguna proporción de RA y producción total en los ejercicios 1990 a 2022



Figura 6. Reutilización en caliente in situ

En 1998 se inició la adaptación de las centrales fijas para la reutilización de bajas tasas de RA. Actualmente, casi la totalidad de las centrales más activas cuentan con estos equipos y la mayor parte de la reutilización de RA tiene lugar en estas instalaciones. En el gráfico de la figura 3, elaborado con información proporcionada por la asociación europea EAPA, puede comprobarse cómo el RA reutilizado en obras singulares constituye, desde hace años, una proporción insignificante del RA total reutilizado en España, tal como debe esperarse de una tecnología usada hoy rutinariamente por los fabricantes de mezclas bituminosas. Sin duda, la modificación normativa realizada en 2014 para elevar del 10% al 15% la proporción de RA que reutilizarse sin necesidad de autorizaciones específicas también contribuyó a impulsar los importantes crecimientos registrados desde esa fecha.

En el gráfico de la figura 4 se ha representado la producción de mezclas bituminosas con RA junto con la producción total de cada ejercicio, tratando de aislar el efecto de la contracción del mercado que se produjo a partir de 2007. En la figura 5 puede observarse, aún con mayor claridad, que la reutilización de RA en central en caliente progresa sostenidamente, de modo que hoy más del 60% de las mezclas bituminosas en caliente producidas en España contienen alguna proporción de RA.

3. Reutilización en caliente in situ

Es la primera técnica de reutilización de firmes utilizada en España pues ya durante los años 70 del pasado siglo se emprendieron varias actuaciones, aunque muy ocasionales y de poca extensión,

utilizando equipos provistos de calefactores para elevar la temperatura de la superficie del firme y facilitar la disgregación del material. Sin embargo, estas intervenciones no tuvieron continuidad y no es hasta 1995 cuando se ejecuta una gran obra en la provincia de Zamora que comprendió la reutilización en caliente de más de 60.000 t de mezcla bituminosa. En este caso, el fresado se realizó en frío, con equipos convencionales y se dispuso de una planta continua itinerante para producir, en el propio lugar de empleo, una base bituminosa de alto módulo. En 1998, Autopista Vasco-aragonesa aplicó la técnica de termo-reciclado (calentamiento y fraccionamiento del material, adición de ligante y áridos nuevos) en la que ha sido la última actuación de reciclado en caliente in situ realizada hasta hoy.

4. Reutilización in situ con cemento

Por la profundidad de las actuaciones habituales y el tipo de vías donde se emplea con mayor frecuencia, la reutilización in situ con cemento es, estrictamente, una técnica de reconstrucción de firmes. Suele ejecutarse con la misma maquinaria empleada en la estabilización de suelos o para la ejecución in situ de materiales tratados con cemento y por ello, a veces se confunde con estas operaciones. En el presente texto se considerarán, exclusivamente, las reutilizaciones con cemento realizadas sobre vías pavimentadas lo que puede llevar a discrepancias con las mediciones encontradas en otras recopilaciones.

Se utilizó por primera vez en España en 1991, en la carretera N-431, entre las poblaciones de Huelva y Cartaya. En 1994, el II Congreso

Tabla 2. Obras de reutilización en caliente in situ en el periodo 1983-2022

AÑO	OBRA	TASA máx.	RA usado
1995	N-125 Mombuey - L.P. Orense (Zamora)	100%	60.000 t
1998	AP-68 Logroño-Haro (La Rioja)	80%	4.000 t



Figura 7. Reutilización in situ con cemento

Tabla 3. Obras singulares de reciclado con cemento in situ en el periodo 1983-2022

AÑO	OBRA	Superficie
1991	N-431 Huelva-Cartaya (Huelva)	94.871 m²
1994	C-519 Villadefrades-Medina de Rioseco	106.000 m²
1995	N-630 L.P. Salamanca – Cañaveral (Cáceres)	283.098 m²
1998	C-3331 Jimena de la frontera-Puerto Gámez	327.800 m²
2004	LE-510 y ZA-510 Valencia de D. Juan a Fuentes	213.400 m²
2012	Autovía A-231 de León a Burgos	190.750 m²

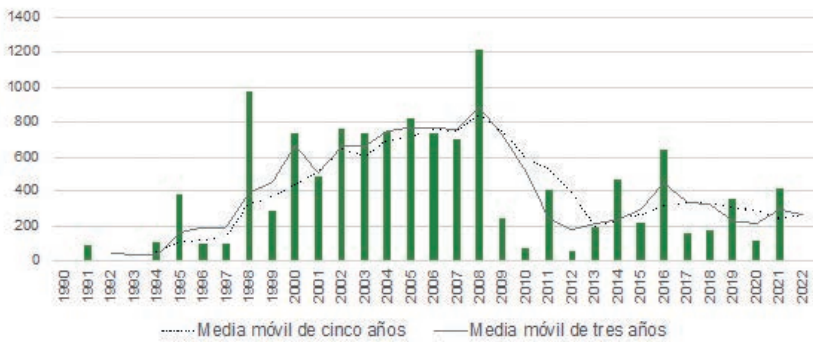


Figura 8. Superficie reutilizada anualmente con cemento en el periodo 1990-2021



Figura 9. Reutilización in situ en frío con emulsión

Tabla 4. Algunas obras singulares de reutilización en frío con emulsión in situ ejecutadas en el periodo 1983-2022

AÑO	OBRA	Superficie
1990	N-II Candanos (Huesca) Tramo piloto	14.000 m²
1993	N-II L.P Zaragoza-L.P. Lleida (Huesca)	230.300 m²
1994	A-68 Cenicerio-Navarrete (La Rioja)	32.375 m²
1994-95	Cañaveral Sur - Cáceres	294.000 m²
1996	C-143 Sort-Esterri d'Aneu	239.310 m²
1996	C-612 de Palencia a Zamora por Villapando	98.000 m²
1997-2000	A-92 Varios tramos	500.000 m²
1998	A-494 Mazagón-Matalascañas (Huelva)	168.000 m²
1999	A-4 PK-12+300 al 38+500 (Sevilla)	131.741 m²
2005	A-494 Moguer-Palos de la Frontera	64.303 m²
2009	A-472 Sanlúcar-San Juan del Puerto (Sevilla)	121.380 m²
2022	L-902 Almacelles-L.P. Huesca	88.900 m²

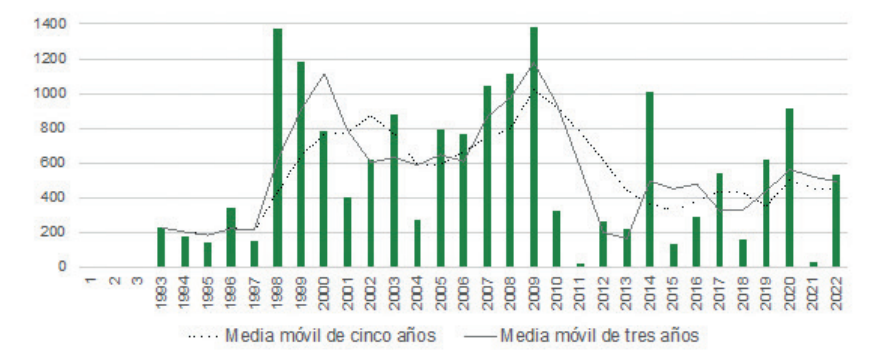


Figura 10. Evolución de la reutilización in situ con emulsión desde 1993

Nacional de Firms celebrado en Valladolid, se hizo coincidir con la ejecución del tramo experimental de la obra que se ejecutaría a continuación en la carretera CN-519. En esta misma obra se introdujo como novedad en la ejecución, el requisito de prefisurar la capa reutilizada con cemento empleando el equipo denominado OLIVIA, desarrollado poco antes en Francia. El año 1995 se reutilizó con cemento un tramo de 36 km de la N-630 (Cáceres) con tráfico T1. En 1998 se ejecutó una de las mayores obras realizadas hasta ahora: casi 60 km de la carretera C-3331 (Cádiz) sobre los que se extendió una lechada bituminosa como capa de rodadura. En 2012 tuvo lugar la primera actuación en una vía sometida a tráfico T0: se reutilizaron con cemento 55 km de carril lento en la autovía A-231, de León a Burgos. Estas y otras actuaciones singulares han sido reunidas en la tabla 3.

En la figura 8 se han representado gráficamente las superficies reutilizadas anualmente con cemento, de acuerdo con la información recopilada en el GT-2 del Comité de Firms de la ATC. Según puede observarse, la máxima actividad corresponde a la década 1998-2008, cuando se llegaron a reutilizar con cemento 1,2 millones de metros cuadrados anuales. Actualmente, esta cifra parece tender a estabilizarse en unos 400.000 m²/año.

5. Reutilización en frío con emulsión in situ y en central

La reutilización en frío con in situ se utilizó por primera vez en España en la CN-II (Huesca) en un tramo de 43 km sometido a tráfico T0, y en la autopista A-68 en La Rioja, en ambos casos usándose como ligante emulsión ECL-2. En

1994-95 se reutilizaron 45 km de la CN-630 (Cáceres) empleándose en esta ocasión, una emulsión con rejuvenecedores. EN 1996 se efectuó una reutilización mixta en la carretera C-612 (Palencia), incorporándose un 2% de cemento, además de la dotación de emulsión habitual (3,5%), y se ejecutó la obra Sort-Esterri. En 1997 se iniciaron las obras de rehabilitación del firme de la autovía A-92 en Sevilla y Granada, donde se superaron los 500.000 m² de superficie reutilizada. Las mezclas reutilizadas puestas en obra en la carretera A-494, en Moguer (Huelva) en 2005, como las de la A-472 en Sanlúcar la Mayor (Sevilla) en 2009, fueron objeto de un seguimiento especial (tipo de ligante, uso de adiciones, espumación, compactación) porque se incluyeron en los proyectos de investigación SCORE y Fénix, respectivamente. En 2022, en la carretera L-902 (Lleida) dejaron de utilizarse los equipos compactos empleados en todas las actuaciones anteriores para recurrirse a un equipo compuesto por una fresadora-recicladora independiente de la extendedora, con el propósito de mejorar la regularidad transversal y longitudinal obtenida con los equipos tradicionales .

En la actualidad, la reutilización en frío in situ con emulsión puede considerarse una técnica plenamente consolidada, aunque la superficie tratada anualmente varía tanto como puede observarse en el gráfico de la figura 10, elaborado con la información recopilada por el GT-2 del Comité de Firms de la ATC. El reciclado en frío con emulsión en central, por su parte, ha empezado a usarse en 2016 y, hasta el momento, solo se conocen tres realizaciones (tabla 5) aunque las posibilidades que presenta hacen pensar que pueda ser otra de las tecnologías de reutilización de

Tabla 5. Obras de reutilización en frío con emulsión en central en el periodo 1983-2022

AÑO	OBRA	Superficie
2016	TO-2421 Villaluenga-Cobijos	23.800 m ²
2021-22	LP-3322 Linyola-Mollerussa	43.480 m ²
2022	C-26 Balaguer- Castelló de Farfanya	22.400 m ²

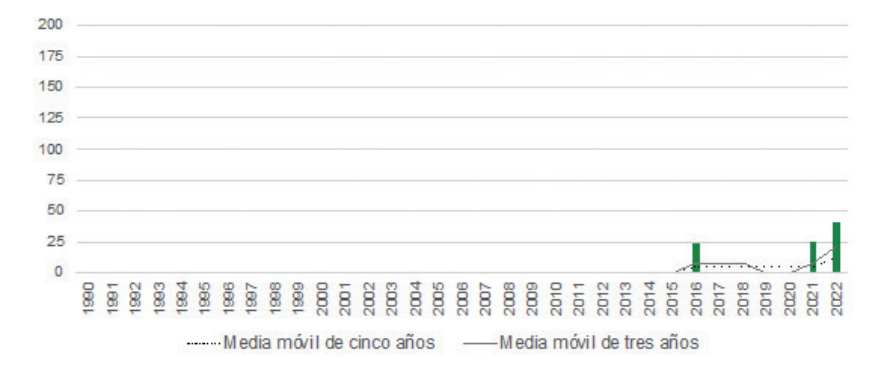


Figura 11. Evolución de la reutilización en frío en central

firms que se desarrollará en los próximos años.

6. Reutilización templada con emulsión

En España comenzó a experimentarse con los reciclados templados con emulsión en 2009, en el marco del proyecto de investigación internacional denominado TRACC, que llevó a la construcción de un tramo experimental en la carretera CL-600, entre Puente Duero y Viana de Cega (Valladolid). En 2009 también se ejecutaron obras en Lugo, Tarragona y Guipúzcoa. En 2012 se desarrolla el proyecto Investigación y Desarrollo de un nuevo material reciclado total templado de mezclas bituminosas que comprende la construcción de dos tramos experimentales en las autovías A-1 (Burgos) y A-231 (Palencia). También en 2012 se pusieron en obra 5.000 t de mezcla bituminosa templada tipo AC 22 S con un 80% de RAP en capa de rodadura, en la carretera GI-3591 al Santuario de Arantzazu, de la Diputación

Foral de Guipúzcoa. En 2015 el proyecto de investigación LIFESUR comprendió la rehabilitación de la Avenida Méndez Álvaro de Madrid utilizando mezclas templadas tipo AC16 S Y AC16 D, con 70% y 100% de RAP, respectivamente, en capas intermedia y de rodadura. Más recientemente ha seguido utilizándose este tipo de mezclas en algunas obras, si bien, casi en su totalidad a cargo del gobierno vasco o de las diputaciones forales de Guipúzcoa y Vizcaya.

En el gráfico de la figura 12, elaborado con la información recopilada por el GT-2 del Comité de Firms, puede verse como, a pesar de los esfuerzos desarrollados hasta el momento y transcurrida más de una década de las primeras aplicaciones, se trata de una técnica que aún no puede darse por consolidada. La inexistencia de normativa puede hallarse detrás este progreso tan lento que ha llevado a que ya en 2022 la superficie rehabilitada con mezclas en frío en central haya superado la correspondiente a las mezclas templadas reutilizadas.

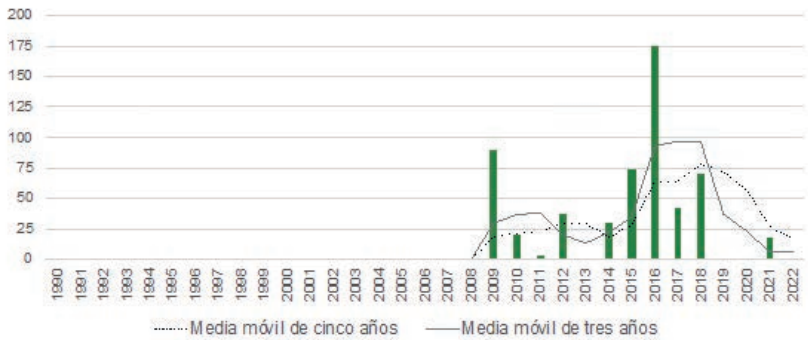


Figura 12. Evolución de la reutilización templada

Tabla 6. Obras singulares de reutilización templada con emulsión en central en el periodo 1983-2022

AÑO	OBRA	Superficie
2009	CL-600 Puente Duero-Viana de Cega	12.000 m²
2011	GI-3652 a San Andrés y Urkiazelai	3.060 m²
2012	A-1 (Burgos)	8.000 m²
2012	A-231 (Palencia)	36.900 m²
2012	GI-3591 al Santuario Arantzazu	29.600 m²
2015	Avenida Méndez Álvaro (Madrid)	73.800 m²

Tabla 7. Presencia de las técnicas de reutilización de firms en el periodo 1983-2022 (10³ m² eq)

TÉCNICA	1983-2022	2022	Cuota 2022
En central en caliente ^{1, 2}	71.881	9.059	89,9 %
En caliente in situ	381	-	0,0 %
Con cemento ¹	12.526	422	4,2 %
En frío con emulsión in situ	16.737	535	5,3 %
En frío en central	90	41	0,4 %
Templado en central ¹	558	19	0,2 %
SUMA	102.173	10.043	100,0 %

(1) En este caso los datos se refieren al periodo 1983-2021 y al ejercicio 2021
(2) En la conversión de masa a superficie se ha supuesto un espesor promedio de 7 cm

7. Implantación de las técnicas de reutilización

En la tabla 7 puede observarse la implantación alcanzada por las distintas técnicas de reutilización, en el periodo 1983-2022 y en el último ejercicio del que se cuenta con datos. Como ya se indicó anteriormente, la reutilización en central en caliente predomina absolutamente y, puesto que se sigue invirtiendo adaptar las centrales de fabricación para elevar las tasas de reutilización accesibles, es probable que este predominio se mantenga o incluso se acreciente. Las técnicas de reutilización en caliente in situ, con o sin calentamiento del pavimento existente no han vuelto a ser utilizadas desde finales de los años 90 del pasado siglo ni se prevén aplicaciones futuras, pues se consideran excesivamente agresivas con el entorno y con el propio firme que ha de ser objeto de rehabilitación.

La reutilización con cemento es, fundamentalmente una técnica de reconstrucción del firme y, por tanto, guarda menos relación con la evolución del resto de procedimientos, más dirigidos a la reutilización de las mezclas bituminosas. Entre estos últimos la reutilización en frío in situ aparece como la técnica más consolidada. La reutilización en frío en central tal vez pueda progresar significativamente si, como ha sucedido en otros países, sirve para ampliar el campo de aplicación de las tecnologías en frío. Por su parte, existen pocas referencias internacionales de la reutilización en templado y es difícil establecer expectativas en cuanto a su futuro.

Finalmente, la tabla 8 y el gráfico de la figura 13 permiten apreciar el uso hecho por las distintas administraciones de las técnicas de

Tabla 8. Participaciones de las diferentes administraciones en el período 1983-2022					
TÉCNICA	MITMA	CCAA	AD. LOCAL	OTROS	SUMA
En central en caliente ^{1,2} (10³ t RA)	127	150	48	62	386
En caliente in situ (10³ t RA)	60	0	0	4.000	64.000
Con cemento ¹ (10³ m² eq)	924	7.258	3.810	534	12.526
En frío in situ (10³ m² eq)	4.162	8.743	2.747	1.085	16.737
En frío en central (10³ m² eq)	0	66	24	0	90
Templada en central ¹ (10³ m² eq)	20	356	182	0	558
(1) 1983-2021					
(2) Solo obras singulares					

reciclado de firms. Destaca especialmente el papel que juegan las Comunidades Autónomas ya que son el primer consumidor de todos los tipos de mezcla reutilizada, con la única salvedad de las que se obtuvieron mediante el procedimiento, hoy en desuso, de la reutilización en caliente in situ.

8. Conclusiones

Los datos recopilados muestran que durante estas cuatro últimas décadas se han producido grandes avances hacia el objetivo de reutilizar la totalidad del RA disponible. La reutilización en caliente en central (la técnica más antigua si prescindimos de las reutilizaciones en caliente in situ ejecutadas durante los años 70 del pasado siglo, con procedimientos hoy descartados) va a seguir siendo la técnica dominante pues, además de tratarse de una tecnología que permite obtener mezclas bituminosas de calidad comparables a las mezclas tradicionales, es la que obtiene mayor valor del RA disponible. En todo caso, como en la producción de mezcla bituminosas en caliente sin RA, cabe esperar que la reutilización en caliente evolucione hacia

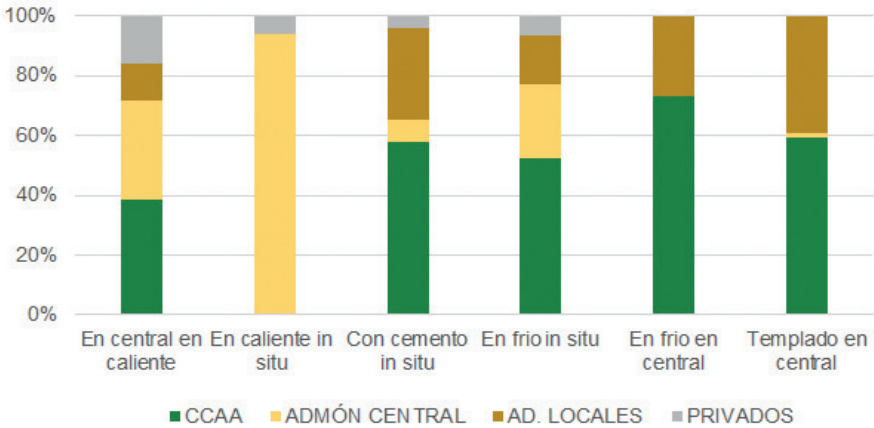


Figura 13. Participación de las administraciones en las distintas técnicas de reutilización

la reducción de las temperaturas de fabricación mediante la implantación de tecnología semicalientes, tal como está sucediendo con las mezclas sin RA. También se espera que mantengan todo su interés las reutilizaciones en frío con emulsión, porque abren campos de aplicación adicionales a los propios de la reutilización en caliente, necesarios para perseguir la reutilización completa del RA. La reutilización en frío en central puede proporcionar nuevas expectativas a esta técnica. Y habrá que ver la evolución de la reutilización en templado cuando se disponga de una normativa que apoye la técnica. La aprobación de las ordenes circulares 1 y 2/2023 están representando una palanca

propiciadora de una tendencia creciente en el grado de adaptación del sector para la maximización de las tasas de reutilización.

Por su parte, la reutilización con cemento también puede considerarse una tecnología completamente consolidada, que dispone de un campo de aplicación propio y distinto del correspondiente a las técnicas dirigidas a la reutilización de las mezclas bituminosas. En todo caso, su evolución está ligada a las necesidades de reconstrucción de los firms de carreteras.

Las Comunidades Autónomas aparecen como las administraciones más comprometidas con la

reutilización de los firms, y con la innovación en general, sus vías con intensidades de tráfico medias – bajas permiten las pruebas que derivan en desarrollos de normativa propia para facilitar el empleo de las mejores tecnologías disponibles. La revisión realizada a las cuatro últimas décadas ha puesto de manifiesto que, las innovaciones alcanzadas se consiguen cuando la Administración participa con las empresas fabricantes junto con las ingenierías que desarrollan proyectos novedosos es por tanto inevitable destacar la importancia de desarrollar procedimientos de contratación y control compatibles con la aplicación de las soluciones más innovadoras como los procedimientos de Compra Pública Innovadora.

Como hemos visto en los gráficos, el empleo de las técnicas, en cualquiera de sus tipologías ha sido muy similar y sostenido en estos cuarenta años de existencia, sin embargo, la reciente aprobación de las Ordenes Circulares 1 y 2/2023, que se publican con el claro apoyo hacia el empleo del material reutilizado siendo obligatoria la justificación de su NO empleo en un proyecto, cambiará los paradigmas de la técnica para los próximos años y es esperable que las tendencias en número de obras con las técnicas de reutilización, tipologías, tasas, distribuciones sea muy distinta en los próximos cuarenta años.

Referencias

- [1] Del Pozo, J. (2001), Pruebas experimentales de reciclado de mezclas bituminosas con agentes rejuvenecedores. Jornadas sobre mezclas bituminosas recicladas en caliente, Asociación Española de la Carretera (AEC), Barcelona.
- [2] Morillo, D. (1997): Termorreclado TSM. Experiencia en la N-525. VI Jornadas de conservación. Murcia, 4, 5 y 6 de junio de 1997.
- [3] Moreno, L. (2001), Experiencia de Pavimentos Barcelona S. A. en el reciclado en planta en caliente. Jornadas sobre mezcla bituminosas recicladas en caliente, AEC. Barcelona
- [4] Pérez, F.; Miró, R.; Martínez, C. (2003): Proyecto Paramix: Investigación sobre reciclado de pavimentos. Revista Carreteras, nº 130, p. 77, noviembre-diciembre de 200.
- [5] Hernando del Cura, A. (1998): Reciclado en frío in situ de mezcla bituminosa con emulsión en la carretera N-II, P. K. 394,4 al 443,6. Provincia de Huesca. IV Congreso Nacional de Firms. Segovia, junio de 1998.
- [6] Ortiz Ripoll, J. (1998): Reciclado en frío "in situ" de firms y pavimentos de carreteras con adición de emulsión. I Congreso andaluz de carreteras. Granada, 10 al 13 de febrero de 1998.
- [7] Pérez Jiménez, F. (1999). Reciclado en frío con emulsión de las capas asfálticas de la carretera C-147, tramo Sort-Esterri d'Aneu. Control de ejecución: Seguimiento y análisis. 10º Congreso Ibero-latinoamericano del Asfalto. Sevilla, 1 al 6 de noviembre de 1999.
- [8] Barral, M. ; Cembrero, M.; Navarro, J. A.; Izaga, A. y García Siller, A. (2012): Experiencia con mezclas bituminosas recicladas templadas y en caliente para capas de rodadura en firms de carreteras de baja intensidad de tráfico. VII Jornada Nacional ASEFMA. Madrid, 2012.
- [9] Cabanillas, A.; París, A. y Romo, J. (2011) Reciclado en central en media tasa. Experiencia en la carretera N-521. VI Jornada Nacional de Asefma
- [10] Barral, M; Navarro, J. A.; García Siller, A. y Cembrero, M. (2016): Rehabilitación de la carretera GI-3591 al Santuario de Arantzazu (Oñate-Guipúzcoa) con una mezcla bituminosa reciclada templada del 80%. Parte II. Seguimiento del estado de obra. ASEFMA, XI Jornadas Técnica. Madrid, mayo de 2016.
- [11] París, A.; Lucas, F.J. y Vaquero, J. (2016): Instalaciones de fabricación de mezclas bituminosas recicladas. Revista Rutas nº168. Julio -Septiembre 2016.
- [12] García Santiago, J. L. y Lucas, F. J. (2014): Mezclas templadas con reutilización del RAP con tasa alta y tasa total. Aplicación, experiencias reales y resultados. Revista Asfalto & Pavimentación. Núm. 14 IV Trimestre 2014
- [13] Cianca, R, Ortiz Ripoll, J.; García Siller, A.; Sanfeliu, A y Pérez, V. (2022): Reciclado de mezclas bituminosas en central y en frío en las carreteras LP-3322 y C-26. 26º VYODEAL. Badajoz, del 16 al 18 de noviembre de 2022.
- [14] París, A.; Romo, J. y Del Val, M.A. (2010): Análisis del comportamiento de un firme reciclado en caliente en central en alta tasa tras un año de servicio. V Jornada Nacional de Asefma
- [15] Díaz Minguela, J. y López Bachiller, M. (2019): Reciclado de firms in situ con cemento. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) y Asociación Técnica de Estabilización de Suelos y Reciclado de firms (ANTER). ❖

Control y seguimiento de tramos de excepcionalidad

Normativa en la Red de Carreteras del Estado

Capítulo I



Control and monitoring of exceptional sections Regulations on the State Road Network (Spain) Chapter I

María N. Sánchez Pallarés*Jefe de Área de Materiales para Firmes.**Centro de Estudios del Transporte del CEDEX.***Jorge Carnerero Manzano***Jefe de Área Ingeniería de firmes.**Centro de Estudios del Transporte del CEDEX***Valverde Jiménez Ajo***Dirección Técnica**Dirección General de Carreteras, MITMS*

La Orden Circular 1/2022 sobre declaraciones de excepcionalidad normativa para impulsar la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica en carreteras publicada por el actual Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha permitido la ejecución de tramos de ensayo en diferentes carreteras de la Red de Carreteras del Estado, en donde se han probado soluciones innovadoras no recogidas en la normativa vigente. A lo largo de estos dos últimos años, desde que lleva en marcha esta iniciativa, el CEDEX ha sido el responsable del seguimiento del comportamiento de los materiales y técnicas constructivas utilizados en cada uno de estos tramos.

En este artículo se detallan cuáles han sido las soluciones tecnológicas utilizadas en tres de los tramos ejecutados y cómo están evolucionando sus propiedades a lo largo del tiempo.

The Orden Circular 1/2022 about exceptional regulatory declarations to stimulate research, development and technological innovation in roadways published by the current Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible has allowed the implementation of trial areas on different roads of the national road network where innovative or alternative solutions to those recognized in current legislation have been tested. Over the last few years, since this initiative was launched, CEDEX has been responsible for monitoring the behavior of the materials used in each of these areas.

This article describes the technological solutions which have been used in three of the trial areas and how the properties of the materials evolve over time.

1. Introducción

En abril de 2022 se aprobó la Orden Circular 1/2022 la cual, mediante una declaración de excepcionalidad normativa (DEN) particularizada para cada caso en cuestión, pretende eliminar los obstáculos derivados de la dificultad de cumplir con la normativa vigente a la hora de utilizar soluciones innovadoras en las carreteras. De esta forma, se permite la realización, en la propia carretera o en sus márgenes, de pruebas controladas que sirvan para confirmar la bondad de cierto tipo de soluciones. Con ello se pretende avanzar en el conocimiento en la aplicación de nuevas técnicas o materiales que pueda incluso conducir a la redacción de normativa apropiada en la que se tenga en cuenta el resultado de las experiencias realizadas.

Desde su publicación se han ejecutado ya varios tramos en diferentes tipos de carreteras de la red estatal nacional en donde se han utilizado materiales y/o técnicas que actualmente no vienen recogidos en la normativa vigente, ya sea por el tipo de material del que se trata, o por la cantidad empleada o por la técnica utilizada.

Para el control y seguimiento de dichos tramos, el actual Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible firmó con el CEDEX el “Encargo para la realización de asistencia técnica en el estudio científico técnico y seguimiento de las prestaciones de tramos experimentales de firme declarados de excepcionalidad normativa según la O.C. 1/2022”. El trabajo del CEDEX consiste en analizar las propuestas de tramos DEN, controlar los materiales utilizados desde el momento del diseño de las fórmulas de trabajo hasta su puesta en obra, y realizar el seguimiento posterior a lo largo de los años

para comprobar la evolución de sus propiedades. Con ello se pretende tener toda la información desde el momento inicial, lo que permite tener perfectamente controlado el tramo DEN. Además, en todos los casos se debe tener colocada, en la misma carretera, la solución de firme “convencional” alternativa, para poder comparar los resultados que se van obteniendo con un tramo que se considera de referencia.

Hasta el momento se han ejecutado cinco tramos DEN, de los que, en este artículo, se detallan tres, los cuales han consistido en lo siguiente:

- El primer tramo DEN se ejecutó en la autovía A-32 entre las poblaciones de Villacarrillo y Villanueva del Arzobispo, y consistió en el extendido de una mezcla bituminosa en rodadura tipo BBTM 11B con betún de penetración y un aditivo de caucho predigerido en una cantidad superior a la actualmente permitida en normativa.
- En la carretera VA-30, entre los PPKK 15+000 y 20+000 se extendió una doble capa de microaglomerado en frío con la incorporación de asfalto recuperado en la capa inferior y empleando una emulsión de altas prestaciones en la capa superior.
- En la AP-7, a la altura del pk 130+000 se han extendido dos mezclas bituminosas en capa de rodadura tipo SMA 11, utilizando betunes de penetración a los que se les ha añadido dos tipos de aditivos plásticos diferentes, procedentes de residuos de otras industrias.

A continuación, se procede a analizar las distintas innovaciones que han sido implementadas en los tramos DEN enumerados.

2. Aditivo de caucho en proporción superior a la permitida

El tramo DEN consiste en la ejecución de un kilómetro en la calzada izquierda de la autovía “A-32: Villacarrillo-Villanueva del Arzobispo” con una mezcla bituminosa en caliente en rodadura tipo BBTM 11B con betún de penetración 35/50 y aditivo de caucho (RAR-X) incorporado por vía semihúmeda en proporción suficiente para igualar las características de la mezcla bituminosa a la de una con betún modificado. Esta proporción supone una cantidad equivalente de caucho del 15%, superior a la actualmente permitida, que es hasta del 12%.

En el resto del tramo de la autovía la capa de rodadura está constituida por una mezcla tipo BBTM 11B con betún modificado con polímeros PMB 45/80-65.

El objetivo de este estudio es analizar la posible extensión del procedimiento de la sustitución de un betún mejorado con caucho (BC) por un betún de penetración y un aditivo de caucho (NT 02/2020) al campo de los betunes modificados con caucho. Además, también se comprobará si mediante el uso de aditivos de caucho, pero sin la presencia de otros polímeros como el SBS, es posible igualar las características de los betunes modificados con polímeros y de las mezclas bituminosas fabricadas.

La ejecución de la capa de rodadura tuvo lugar en noviembre de 2022. Para ello, previamente, se diseñaron las fórmulas de trabajo de ambas mezclas bituminosas, cuyas características principales se indican en la Tabla 1.

Durante la ejecución de la obra se tomaron muestras, que luego se ensayaron, y posteriormente se extrajeron testigos para comprobar las características reales del material colocado. Estos testigos se extrajeron en los meses de febrero de 2023 y de 2024, al cabo de dos meses y de un año, respectivamente, después de ejecutada la obra. Además, con el objetivo de analizar la evolución de las características superficiales de estas mezclas, se han realizado auscultaciones periódicas para evaluar la resistencia al deslizamiento, la macrotextura, la regularidad longitudinal y el ruido de rodadura, así como una inspección visual al año de la ejecución.

2.1. Evolución de las propiedades de las mezclas bituminosas

Se indica a continuación la evolución de las propiedades de las mezclas bituminosas con el tiempo, a través de los datos iniciales de las probetas, así como de los testigos a diferentes edades (2 meses y 1 año) (Tabla 2).

Se observa cómo la densidad de los testigos en ambas mezclas es muy inferior a la de las probetas. Esto es habitual en este tipo de mezclas, lo que resulta en un contenido de huecos superior, sin que esto implique necesariamente una falta de compacidad. Ello se debe a que las mezclas bituminosas tipo BBTM 11B tienen una gran macrotextura, que influye a la hora de determinar la densidad mediante el método geométrico, ya que los huecos superficiales causados por la macrotextura de la mezcla se tienen en cuenta en el cálculo de volumen de la muestra, al determinarse este geométricamente. Cuanto menor sea el espesor de la muestra, más influencia tendrá la macrotextura en el resultado de la densidad, lo que da lugar a una subestimación de esta

Tabla 1. Características de las mezclas bituminosas.

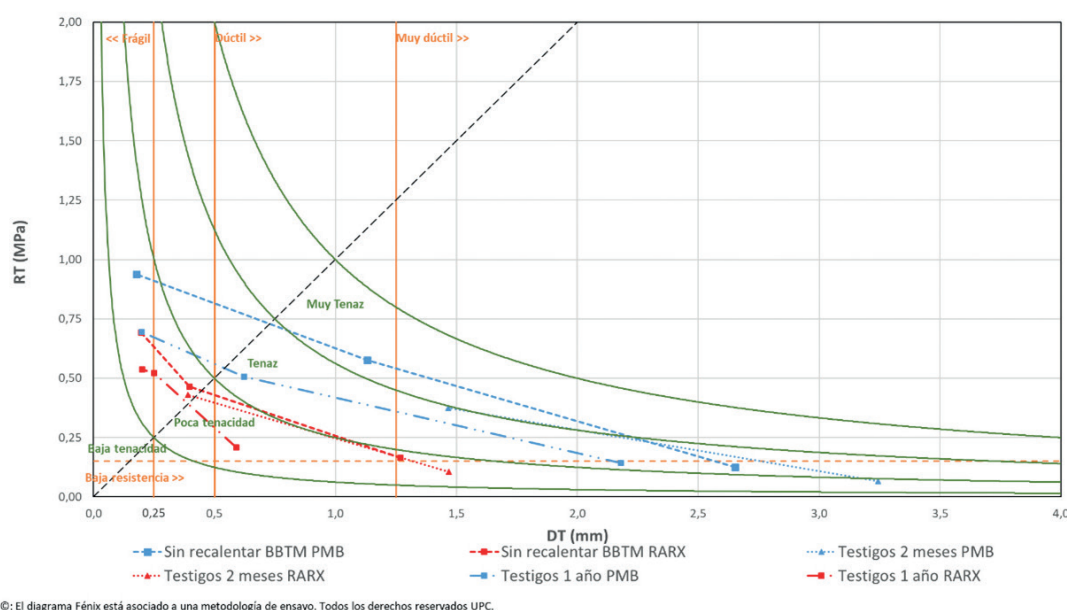
	PMB 45/80-65	35/50+RARX
% betún /mezcla	5,10	4,86
% RARX/mezcla	-	1,36
% caucho/ligante	-	14,4
Densidad aparente (Mg/m3)	2,090	2,146
Huecos mezcla (%)	18,0	16,1
ITSR (%)	90,4	90,1
WTS aire (mm/1000 ciclos)	0,064	0,068



Figura 1. Extendido de la mezcla BBTM 11 B 35/50+RARX

Tabla 2. Evolución de las propiedades de las MBC.

	Densidad aparente (Mg/m³)	Módulo 20°C (MPa)	Módulo 5°C (MPa)
Probetas PMB	2,158	4276	10523
Testigo 2 meses PMB	2,000	1015	4817
Testigo 1 año PMB	2,003	2021	6612
Probetas RARX	2,173	5481	12301
Testigo 2 meses RARX	2,054	1987	7184
Testigo 1 año RARX	2,069	4042	8853



©: El diagrama Fénix está asociado a una metodología de ensayo. Todos los derechos reservados UPC.

Figura 2. Diagrama del ensayo Fénix de las MBC.

cada vez mayor. Esto es lo que ocurre en los testigos, ya que, mientras que las probetas tienen un espesor aproximado de 6 cm, el de los testigos es de unos 3 cm.

No se aprecia un aumento de la densidad con el tiempo en los testigos, que a veces es habitual observar como consecuencia de la postcompactación debida a las cargas del tráfico.

En cuanto a los módulos de rigidez, medidos en el ensayo a tracción indirecta (UNE-EN 12697-26 Anexo C), estos también son menores en los testigos respecto a las probetas, y en este caso, sí se observa un incremento de su valor en los testigos de 1 año frente a los de dos meses. Este hecho se achaca al envejecimiento causado tanto por el paso del tráfico como por las condiciones ambientales. En todos los casos los resultados de rigidez de las mezclas con betún 35/50 y aditivo RARX son superiores a los de la mezcla con PMB.

El ensayo Fénix (Figura 2) indica que la resistencia a la fisuración de la mezcla con PMB es muy superior,

ya que, a cualquier temperatura de ensayo, es más dúctil, tenaz y resistente que la que contiene B35/50 y RARX, siendo las diferencias muy apreciables. Las temperaturas ensayadas han sido 20°, 5° y -5°C.

La interpretación de los resultados del ensayo Fénix lleva a la misma conclusión que los datos del módulo, pero en este caso se observa además que la mezcla con betún 35/50 y aditivo de caucho predigerido ha experimentado un mayor envejecimiento, ya que las propiedades que indican resistencia a la propagación de la fisuración se han visto muy recortadas. Mientras que la mezcla BBTM 11B con betún modificado sigue clasificándose, tras 1 año de puesta en servicio, como dúctil y tenaz, a 5°C, la mezcla con B35/50 y RARX se definiría como frágil y con baja tenacidad.

2.2 Resultados de las auscultaciones del firme

Se ha realizado una inspección visual en ambos tramos (DEN y referencia), en la que no se encontró

ningún deterioro, ni estructural ni superficial. Por lo que, actualmente, se considera que ambos tramos presentan un comportamiento correcto.

En cuanto a la resistencia al deslizamiento, los valores de CRT obtenidos se han ido igualando en ambos tramos. Inicialmente existía una mayor diferencia, con valores de CRTS superiores en el tramo con RARX, probablemente debido al betún que envuelve a los áridos y que se va perdiendo paulatinamente con el paso del tráfico. Pasados los primeros meses, los valores son muy similares, dado que la naturaleza de los áridos de las dos mezclas es la misma.

Respecto a la macrotextura, en ambos tramos, el parámetro medido (MPD, Mean Profile Depth) comenzó con una tendencia descendente, posiblemente motivado por la postcompactación que sufre la capa de rodadura al paso del tráfico circulante, estabilizándose en el último año de seguimiento.

En relación con el ruido de rodadura, los valores de CPXI obtenidos en las tres mediciones efectuadas

son similares para cada tramo. Mientras que, si comparamos las dos mezclas, los valores son ligeramente superiores en el tramo de referencia (tramo con PMB), aunque sin ser esta diferencia significativa ya que es inferior a la incertidumbre de medición.

En cuanto a la regularidad longitudinal, los valores de IRI10 calculados en la única medición de perfiles longitudinales realizada, se corresponden con un buen estado de la carretera desde el punto de vista de la regularidad longitudinal.

2.3. Conclusiones

Tras los controles y seguimientos realizados hasta el momento, se puede considerar que el tramo de excepción normativa se ha comportado de manera satisfactoria hasta el momento.

Respecto a los ensayos que miden las propiedades de las mezclas, se aprecia que los ensayos exigidos en el PG-3 no son suficientes para evaluar las diferencias entre estos dos tipos de mezclas. Tanto la mezcla BBTM 11B con PMB como la que tiene B35/50 y el aditivo de caucho, tienen propiedades muy similares en cuanto a densidad, sensibilidad al agua y resistencia a la deformación. Son los ensayos de módulo de rigidez y de resistencia a la fisuración (ensayo Fénix), los que marcan diferencias de comportamiento entre ambas, indicando que la mezcla con PMB tiene menor rigidez y una resistencia a la fisuración muy superior, que no es capaz de igualar la mezcla con el aditivo de caucho.

En las auscultaciones periódicas de las características del firme, hasta el momento, no se han encontrado diferencias apreciables en ambas mezclas. En cualquier caso, se seguirá realizando este seguimiento en el tiempo para comprobar su comportamiento a largo plazo.

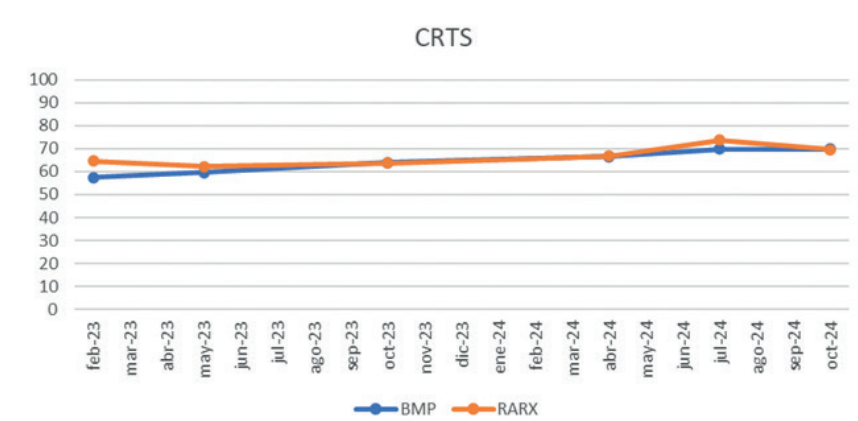


Figura 3. Resultados de la resistencia al deslizamiento (CRTS) a diferentes edades

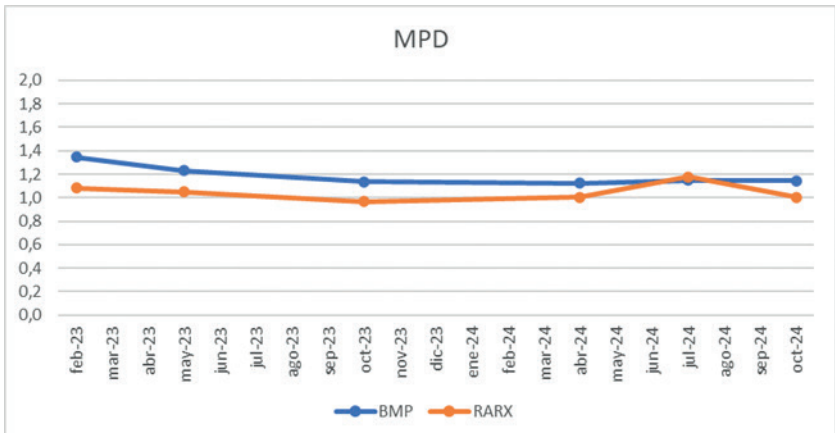


Figura 4. Resultados de macrotextura (MPD en mm) a diferentes edades.

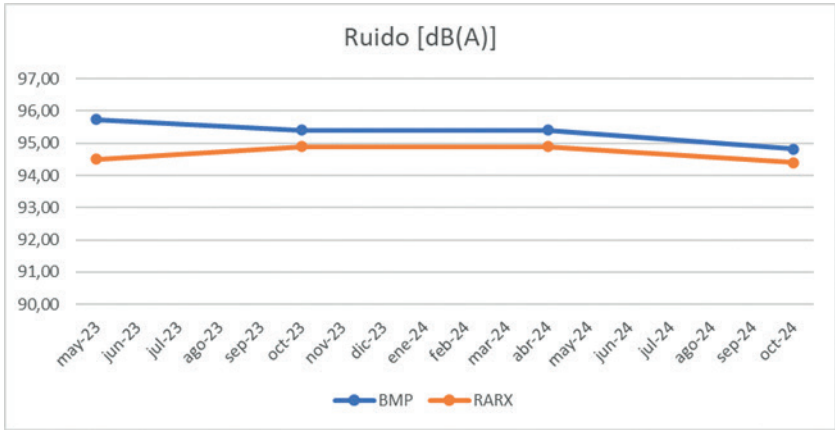


Figura 5. Resultados del ruido de rodadura (CPXI a 80 km/h en dB(A)) a diferentes edades.

3. Microaglomerado en frío con emulsión de altas presiones en rodadura y ra en base

El tramo experimental se ubica en la VA-30, ronda exterior de Valladolid, en dos zonas entre los PP.KK. 15+000

– 17+300 y 18+600 – 20+000. Se trata de dos tramos donde existía un problema de fisuración superficial, pero contaban con suficiente capacidad estructural. La actuación ha consistido en el extendido de una doble capa de microaglomerado en frío con incorporación de RA en la capa infe-

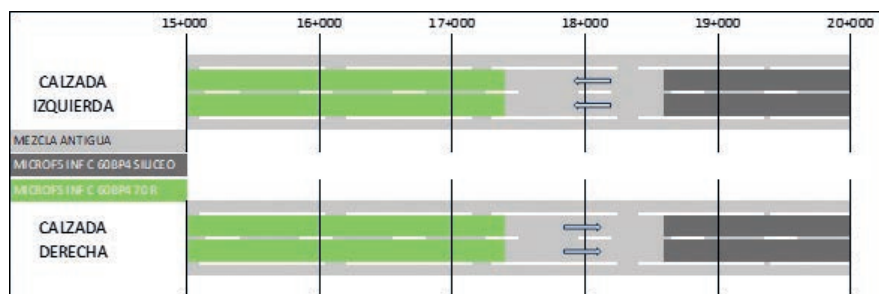


Figura 6. Ubicación de las diferentes capas de MICROF5 en la capa inferior

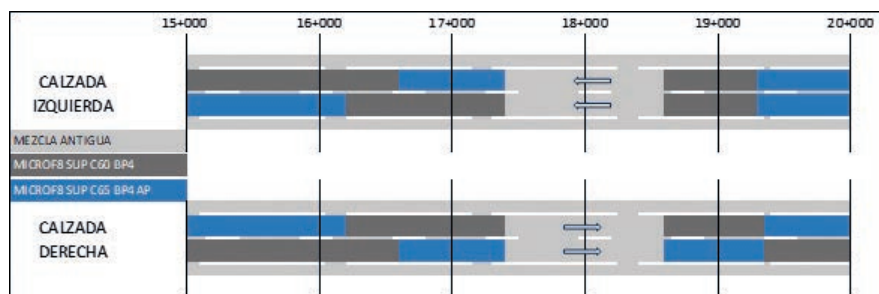


Figura 7. Ubicación de las diferentes capas de MICROF8 en la capa superior

rior y empleando una emulsión de altas prestaciones en la capa superior o de rodadura.

El objetivo de este tramo experimental es, precisamente, la comprobación del comportamiento de microaglomerados en frío en cuya composición entran los tamaños inferiores de RA en una elevada proporción.

Además, con ello se quiere comprobar el empleo de emulsiones modificadas de altas prestaciones que incorporan porcentajes de polímeros superiores a los habituales utilizados en la capa superior de rodadura.

A la vez que las zonas de tramo experimental se han ejecutado otros tramos con microaglomerados “convencionales”, sin RA y con emulsiones habituales, para poder comparar resultados.

La ejecución se realizó en agosto de 2022 y, desde entonces, se vienen realizando inspecciones y auscultaciones para comprobar las características superficiales.

3.1. Resultados de las auscultaciones del firme

La inspección visual realizada en febrero de 2024, 1 año y 6 meses después de la ejecución, indica que existen fisuras transversales equiespaciadas a lo largo de ambos tramos, en ambas calzadas y en todos los carriles de circulación. La mayoría de estas fisuras transversales coinciden y son continuación de fisuras transversales situadas en la zona de arcén (zona no tratada con microaglomerado en frío), lo

cual denota que dicha fisuración se encontraba anteriormente en el antiguo firme. En consecuencia, podría concluirse que dicha fisuración es consecuencia del reflejo de fisuras existentes en capas inferiores.

Además, se localizaron numerosas fisuras longitudinales, principalmente en las zonas de rodadura de los carriles derechos en ambas calzadas.

Respecto a los resultados de la resistencia al deslizamiento, la heterogeneidad en los valores de CRTS obtenidos hace que, aunque se vea una tendencia descendente de dichos valores, de momento, sea muy difícil hacer una valoración de lo que está ocurriendo.

Tanto los subtramos con MICROF8 con emulsión convencional (tramo de referencia), como los que tienen emulsión de altas prestaciones (tramo de excepcionalidad normativa), presentan en la última medición (2 años y 2 meses después de la puesta en obra) valores medios de CRTS por debajo de 50. No obstante, el problema radica en su heterogeneidad, ya que, en un mismo subtramo, existen valores por debajo de 40 y por encima de 65, por lo que hay zonas con un valor de CRTS muy bajo, que pueden dar lugar a problemas de fricción. El artí-



Figura 8. VA-30 p.k.17+500 Cz1

culo 540 “Microaglomerados en frío” del PG-3, según la redacción dada en la OC 1/2024, establece 65 como valor mínimo de CRTS, medido una vez transcurridos, como mínimo, 7 días desde la aplicación del microaglomerado en frío.

En cualquier caso, desde la perspectiva del estudio de la evolución de este parámetro, se puede pensar que todavía no se ha llegado a una estabilidad en los valores de CRTS ya que, al tratarse de una mezcla con un alto contenido en betún (residual), parece que, en algunas zonas, aún no ha desaparecido el betún que envuelve a los áridos en la superficie de rodadura, y de ahí la heterogeneidad que presentan las mediciones.

Para evaluar la macrotextura el valor que se ha obtenido es el de la MPD (Mean Profile Depth) que, si bien evalúa la macrotextura, al igual que lo hace la MTD (Mean Texture Depth), no comparte ni el mismo rango ni escala que esta última; la MPD es calculada a partir de un perfil de textura obtenido con un perfilómetro láser (equipo de alto rendimiento) y la MTD, a partir de la medición de la profundidad de la macrotextura mediante el método volumétrico (ensayo manual de bajo rendimiento). El valor medio es de 0,5 mm en los dos tramos con microaglomerado, con una ligera tendencia descendente desde la primera medición, no observándose diferencias relacionadas con el tipo de emulsión colocada en ambos casos. Los valores de la mezcla existente son muy superiores al tratarse de una mezcla totalmente diferente, mucho más abierta que las otras.

En cuanto al ruido de rodadura, los valores del CPXI obtenidos en la última medición han mostrado una diferencia de tendencia entre las mezclas con microaglomerado y la mezcla existente.

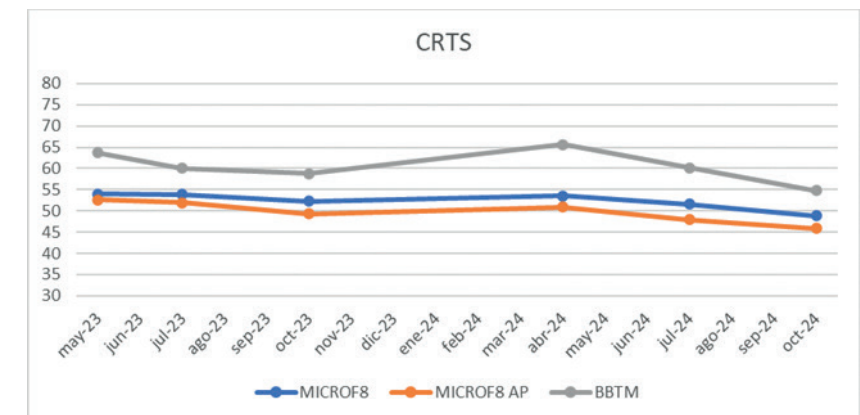


Figura 9. Resultados de la resistencia al deslizamiento a diferentes edades

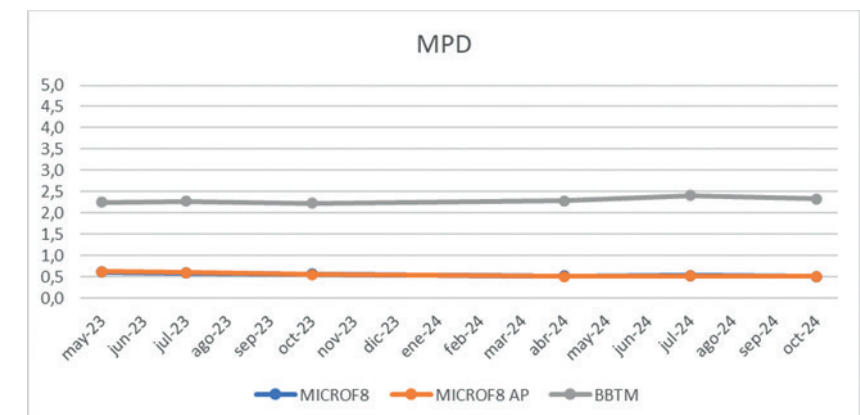


Figura 10. Resultados de macrotextura (MPD en mm) a diferentes edades.

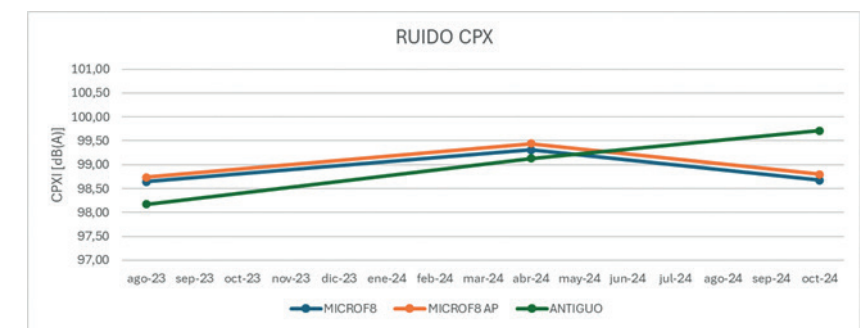


Figura 11. Resultados del ruido (CPXI a 80km/h en dB(A)) a diferentes edades.

Tanto los tramos con microaglomerados como la mezcla existente presentaban una evolución hasta la medición de abril muy similar con diferencias no significativas, pero, en esta última medición, en los microaglomerados se ha visto una ligera disminución del ruido de rodadura. En cualquier caso, la diferencia de valores está por debajo de los 2 dB(A) por lo que no es significativa, ya que la norma indica que los valo-

res esperados para el valor de la repetibilidad y la reproducibilidad del método descrito son de 0,5 dB(A) y 2,0 dB(A), respectivamente.

Hay que destacar, que la desviación de los valores del CPXI para una velocidad en la mezcla antigua (zona sin rehabilitar) es superior a la que existe en los tramos de referencia y de excepcionalidad normativa.

3.2. Conclusiones

Las auscultaciones periódicas realizadas en el tramo DEN indican que, un año después de la ejecución de la doble capa de microaglomerado en frío, independiente de si incluye RA o no, o emulsión de altas prestaciones, se han localizado fisuras tanto transversales como longitudinales en la superficie del firme.

Los valores de CRTS, que determinan la resistencia al deslizamiento, son muy heterogéneos, con valores muy dispares, lo que indicaría que todavía no se ha llegado a su estabilidad debido a la gruesa película de betún que recubre los áridos.

Los valores de la MPD apenas han variado en las dos mezclas objeto de estudio durante el periodo de seguimiento.

En cuanto al ruido de rodadura, no se aprecian diferencias entre el microaglomerado con emulsión de altas prestaciones y el convencional, y tampoco con la mezcla bituminosa sin rehabilitar. Aunque sí se ha producido un cambio en la tendencia de las dos primeras, que ha pasado a ser descendente. En cualquier caso, está previsto seguir analizando su comportamiento a lo largo del tiempo.

4. Aditivos plásticos en mezclas SMA

En la AP-7 se ha ejecutado un tramo DEN en el que se han incorporado aditivos plásticos de la marca MacRebur, procedentes de residuos poliméricos reciclados, a una mezcla bituminosa en caliente SMA 11 en la capa de rodadura. Se han realizado dos experiencias: una de ellas, colocada entre el pk 130+000 y el 130+250, sentido sur, es una



Figura 12. Extendido de la mezcla SMA 11 en la AP-7

SMA 11 con betún 50/70 y un 6% de aditivo tipo MR6 (cantidad sobre ligante). La segunda, colocada en la vía de servicio entre los PPKK 141+700 y 141+350, sentido norte, se trata de una SMA 11 con betún 35/50 y un 15% de aditivo MR8 (cantidad sobre ligante). Además, en el resto del tramo, se ha colocado una mezcla de referencia tipo SMA 11 PMB 45/80-65.

Los objetivos principales de la ejecución de este tramo son la obtención de mejoras medioambientales (tales como el aprovechamiento de residuos o la reducción de gases de efecto invernadero) a través de la incorporación de plásticos reciclados en mezclas bituminosas manteniendo o mejorando sus propiedades, y la mejora en las

prestaciones de la mezcla obtenida con betunes convencionales, que permitan, en lo posible, reducir la cantidad de betún o alcanzar prestaciones suficientes que permitan la sustitución de los betunes modificados por polímeros.

4.1. Propiedades de las mezclas bituminosas

La obra se ejecutó en octubre de 2023, durante la cual se tomaron muestras para luego efectuar los diferentes ensayos que caracterizan las mezclas.

El primer dato para analizar es el contenido de betún. Dado que no se conoce la solubilidad de los aditivos plásticos, se ha realizado la determinación del contenido de

Tabla 3. Contenido de ligante de las mezclas SMA 11.

Mezcla	% betún /mezcla	% betún /mezcla
	(UNE-EN 12697-1)	(UNE-EN 12697-39)
SMA11 surf PMB 45/80-65	6,19	6,43
SMA11 surf 50/70 MR6 6%	5,84	6,46
SMA11 surf 35/50 MR8 15%	5,43	6,48

betún mediante dos métodos diferentes: la norma UNE-EN 12697-1 “Contenido de ligante soluble”, y la norma UNE-EN 12697-39 “Contenido de ligante por ignición”. Los resultados obtenidos (Tabla 3) indican diferencias según el método de ensayo. Al no conocer la composición y características de los aditivos empleados, no se sabe si estos se disuelven junto con el betún en el ensayo de solubilidad; o, por el contrario, quedan con los áridos y el polvo mineral. Por ello, se va a tomar como referencia el ensayo de ignición, en el que se puede determinar el contenido de betún junto con los aditivos, y ese sería el dato que comparar con el resultado de betún modificado con polímeros de la mezcla de referencia. En los tres casos se observa que el resultado final (betún + aditivos) es muy similar.

Las características de las mezclas bituminosas medidas a través de los ensayos especificados en el PG-3 indican densidades y contenido de huecos, ITSR y resistencia a la deformación muy similares

Tabla 4. Resultados de los ensayos de las mezclas SMA 11.

Mezcla	Densidad Aparente (Mg/m³)	Contenido de huecos (%)	ITSR (%)	WTSaire
	(UNE-EN 12697-6)	(UNE-EN 12697-8)	(UNE-EN 12697-12)	(UNE-EN 12697-22)
SMA11 surf PMB 45/80-65	2,324	4,6	91	0,039
SMA11 surf 50/70 MR6 6%	2,326	4,4	91	0,034
SMA11 surf 35/50 MR8 15%	2,296	6,3	84	0,07

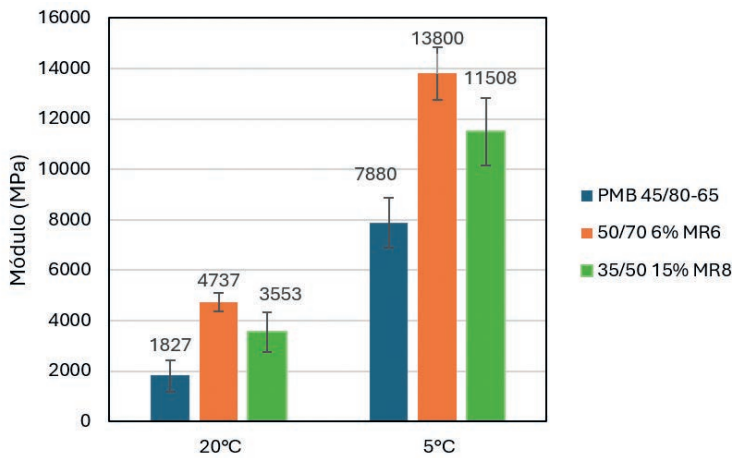


Figura 13. Módulos de rigidez de las mezclas SMA 11.

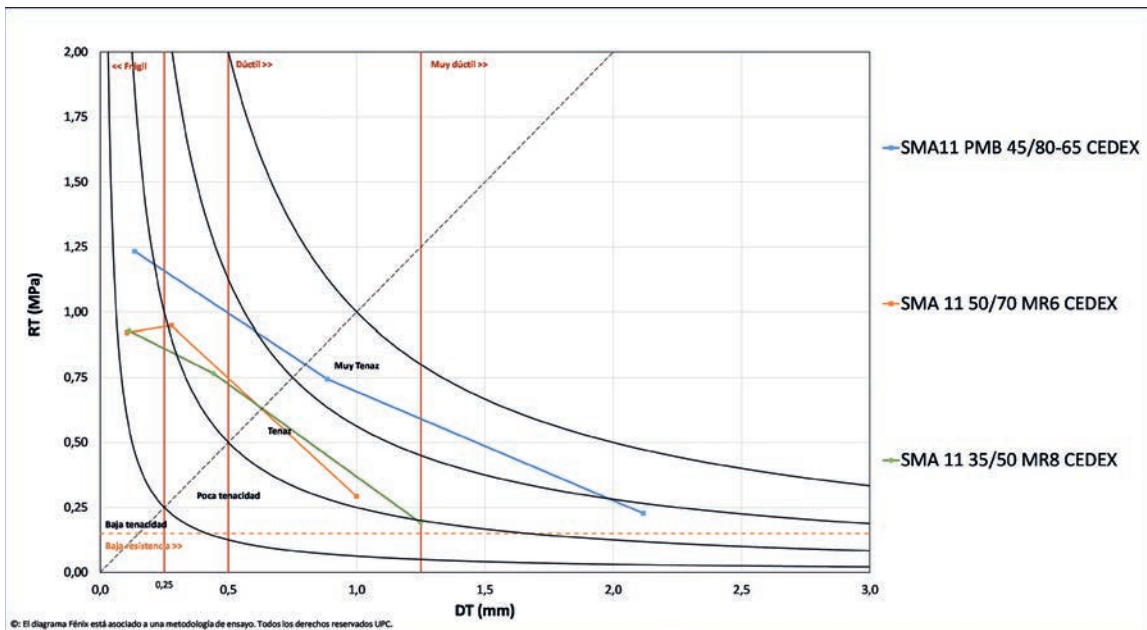


Figura 14. Diagrama Fénix de las mezclas SMA

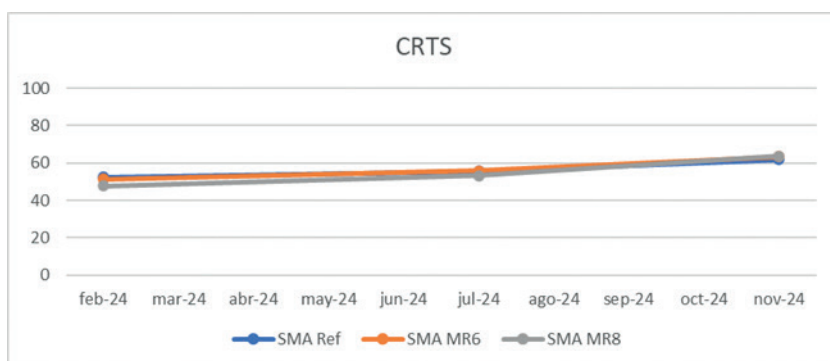


Figura 15. Resultados de la resistencia al deslizamiento (CRTS) a diferentes edades

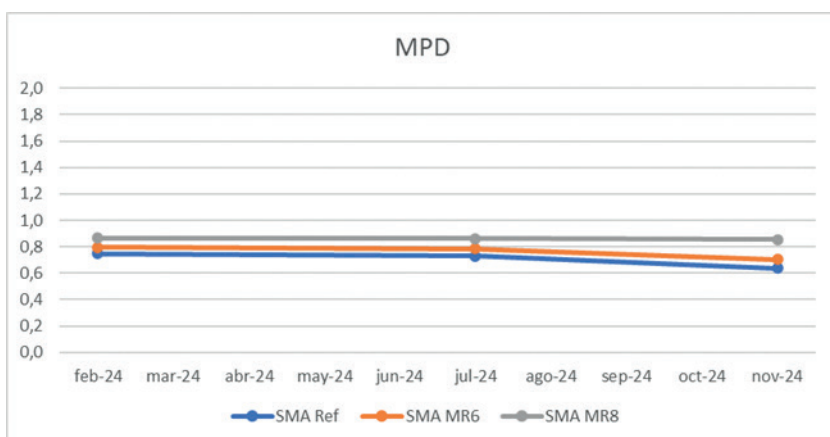


Figura 16. Resultados de macrotextura (MPD en mm) a diferentes edades

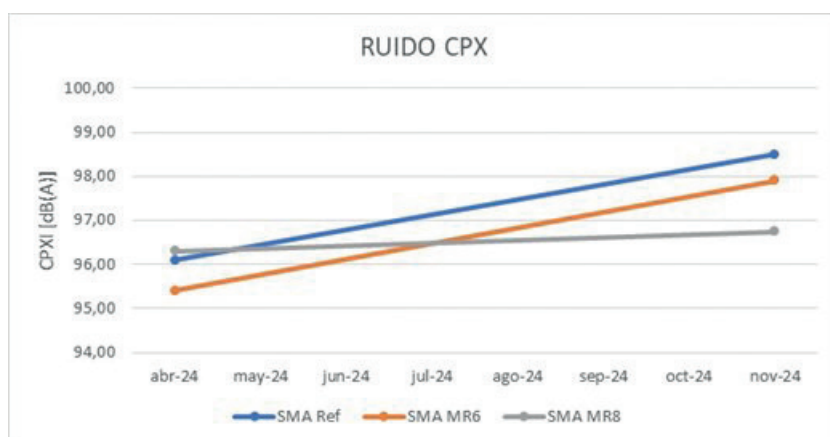


Figura 17. Resultados de ruido de rodadura (CPXI a 80 km/h en dB(A)) a diferentes edades

entre la mezcla de referencia y la que contiene el aditivo MR6, y resultados algo peores en la mezcla con MR8, que no cumpliría con el contenido de huecos y con la sensibilidad al agua.

Los resultados del ensayo de módulo de rigidez (UNE-EN 12697-

26 Anejo C) indican que las mezclas fabricadas con betunes convencionales y aditivos plásticos son bastante más rígidas a ambas temperaturas que la mezcla de referencia con betún modificado PMB 45/80-65. Conviene destacar que la mezcla con MR8, que incorpora un mayor porcentaje de aditivo y un

betún más duro (35/50), es menos rígida que la fabricada con MR6 y betún 50/70, cuando cabría esperar lo contrario, lo cual puede ser debido a la tipología de polímeros o de otros componentes presentes en cada aditivo. Esta mezcla con MR6 es la que presenta los mayores valores de módulo a las dos temperaturas de ensayo.

Según los resultados del ensayo Fénix, realizado a 20, 5 y -5°C, la que presentaría a priori mejores características de resistencia a la fisuración sería la mezcla de referencia, fabricada con PMB, con una elevada tenacidad sobre todo a 5°C. Las dos mezclas con aditivos plásticos ofrecen resultados similares entre sí, aunque la fabricada con MR6 y betún 50/70 parece tener un comportamiento a 20° y a 5°C menos dúctil y con mayor resistencia a tracción que la mezcla con 35/50 y MR8, lo cual estaría de acuerdo con el elevado módulo de rigidez obtenido en aquella mezcla a dichas temperaturas.

4.2. Resultados de las auscultaciones del firme

En cuanto a la resistencia al deslizamiento, los valores medios de CRTS obtenidos en la primera medición, tanto en el tramo de referencia como en los tramos de excepcionalidad normativa, se encontraban por debajo de lo establecido en el artículo 544, que exige valores superiores a 60 un mes después de puesta en servicio la capa de rodadura, pudiendo deberse a que todavía no se había llegado a una estabilidad en los valores de CRTS. No obstante, aunque aún no esté claro que se haya estabilizado el valor del CRTS, sí se puede observar que en la última medición ya se encuentran por encima de 60. En cualquier caso, no hay diferencias entre los tres tramos analizados.

Respecto a la macrotextura, los valores medios de la MPD obtenidos inicialmente y que cumplían con lo fijado en el artículo 544 del PG-3, han seguido una tendencia descendente que, al igual que en el caso del tramo de la A-32, posiblemente esté motivada por la post-compactación que sufre la capa de rodadura al paso del tráfico circulante. Se puede observar que esta tendencia descendente es más acusada en el tramo de referencia y en el que contiene MR6, ya que ambos están ejecutados en el tronco de la autovía, que soporta un tráfico pesado mucho más elevado que la vía de servicio, donde se ha ejecutado el tramo con MR8.

En relación con la regularidad superficial longitudinal, los valores de IRI1010 calculados en el tramo de referencia se corresponden con un buen estado de la carretera desde el punto de vista de la regularidad longitudinal, mientras que los tramos de excepcionalidad normativa presentan algunas irregularidades, principalmente, el tramo con plásticos MR8, que se ejecutó en la vía de servicio.

En el ruido de rodadura, los valores de CPXI presentan una tendencia de mayor ruido en las mezclas colocadas en el tronco. En este sentido, al igual que en el caso de la MPD, se podría decir que la mayor cantidad de tráfico pesado ha podido cerrar más las mezclas del tronco y, por tanto, hay menos efecto de absorción del ruido por los huecos. No obstante, la diferencia en los índices CPXI se encuentra dentro del límite de la incertidumbre de medición del equipo.

4.3. Conclusiones

En general, se podría afirmar que las dos mezclas con aditivos poliméricos, al margen de las ex-

cepciones normativas aplicadas, cumplen razonablemente bien con los requisitos en cuanto a las propiedades básicas que se exigen en el artículo 544 (OC 3/2019) referente a mezclas tipo SMA, tales como la granulometría, las características volumétricas, la susceptibilidad a las deformaciones plásticas o la sensibilidad al agua. Las diferencias entre la mezcla fabricada con 6% de MR6 y la que incorpora el 15% de MR8, aunque existen, no son especialmente reseñables, salvo, tal vez, la mayor rigidez de la primera.

No obstante, los ensayos que miden propiedades prestacionales, como el ensayo Fénix, indicarían que la mezcla que muestra a priori un mejor comportamiento (a la fisuración en este caso) sería la de referencia, fabricada con betún modificado con polímeros.

En cuanto a los resultados de las auscultaciones efectuadas, las características superficiales parecen haberse visto más afectadas por la diferencia de tráfico entre las zonas donde se ha ejecutado que por las diferencias entre las propias mezclas.

5. Conclusiones finales

La publicación de la Orden Circular 1/2022 sobre declaraciones de excepcionalidad normativa para impulsar la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica en carreteras ha permitido que se hayan ejecutado ya varios tramos en diferentes tipos de carreteras de la red estatal en donde se han utilizado materiales y técnicas que actualmente no vienen recogidos en la normativa vigente. Los datos que se están obteniendo, a partir de ensayos de laboratorio y de auscultaciones periódicas del firme, permiten tener un mayor conocimiento de los

materiales y soluciones probados, lo que posibilitará tomar decisiones sobre la bondad o no de cada uno de ellos.

Los tramos ejecutados hasta el momento han puesto de manifiesto la importancia de realizar ensayos que actualmente no están prescritos en la normativa vigente, que nos den datos de propiedades hasta ahora no evaluadas, como pueden ser la resistencia a la fisuración o la rigidez.

Además, dejan patente también la necesidad de establecer relaciones entre la durabilidad de los materiales obtenida en ensayos de laboratorio con las durabilidades que se obtienen a partir de las auscultaciones periódicas.

Es, por tanto, de gran importancia el continuar con el seguimiento de los tramos DEN ya ejecutados, y de realizar otros nuevos, donde se prueben soluciones con materiales alternativos, reciclados, secundarios, etc., ya que ello nos permitirá construir nuestras carreteras de forma más sostenible y segura.

Agradecimientos

A los directores de obra de los tres tramos analizados (Manuel Carazo Carazo, Javier Payán de Tejada y M^a Ángeles Fernández Ruiz), a la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, así como a todo el personal del CEDEX involucrado en la ejecución de los ensayos y las auscultaciones. ❖

No hay carreteras sin sentimiento ni organizaciones sin empatía.

Las carreteras se hacen al andar con discernimiento



Ignacio García-Arango

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

En estos momentos brilla de nuevo la preocupación social por un mundo de cambios que da a los humanos la sensación climática de moverse entre negras aguas sin fondo que crean angustia incertidumbre e inseguridad. Es la eterna duda implícita al ser humano en un mundo en cambio permanente, que lleva a todas las generaciones a las mismas perplejidades, lo que en nuestra civilización se refleja sin ir más lejos, en los discursos de Pericles en la Historia de la Guerra del Peloponeso o en el mito (que tan bien pintó Botticelli) de Venus saliendo de las aguas para abrir un mundo nuevo. Ello podía considerarse tan ingenuo como considerar a la primavera un mundo nuevo y no una vuelta más a lo largo de los eternos círculos del universo, lo que es positivo tal como vemos los que vivimos la eterna primavera de la vida que se acaba, porque la ilusión de ver lo de siempre (las oportunidades y los fracasos, las tristezas y las alegrías, las

esperanzas y los terrores) como una explosión naciente aporta una energía que permite avanzar si a ella se une el sentido común y la comprensión de las grandes verdades, terribles y sencillas, que rigen una realidad a nuestra escala siempre diferente e imprevisible. Esa energía en España la tenemos desde que don Agustín de Betancourt y Molina, copió el modelo napoleónico para dar a luz a la Escuela de Caminos de Madrid. y al Cuerpo de Caminos para volver a una racionalidad fundamentada en la de la Ilustración que se desarrolló desde la llegada a España de los Borbones para construir una sociedad fundamentada en las ideas frente al magma de la improvisación y de las creencias. Por eso se creó el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, con la idea de generar a unos profesionales técnicamente muy bien preparados, cultos, conocedores e integrados en su sociedad que, sobre todo, tuvieran una mente flexible y que fueran

valientes para afrontar los problemas de la vida, así como conscientes de su obligación en el mundo que era la de estar al servicio de todos y sobre todo (recuerdo al Evangelio) de los más pequeñuelos: el pueblo llano ajeno a los estamentos y a los intereses creados.

En este momento estamos (por otra parte como siempre en un universo que perpetuamente es cambio) perplejos e inseguros ante unos cambios que subjetivamente vemos profundos y disruptores. Para superarlos en la construcción pública española, tenemos en la tradición citada un agarradero que nos ha permitido superar muchas crisis: resiliencia se llama ahora. Un valor que ha dado a nuestra industria constructora un prestigio mundial por su eficacia y eficiencia productiva. Algunos creen que ello se debe a la sólida experiencia que el sector ha adquirido a lo largo del tiempo, pero no debemos olvidar que ello es el desarrollo de

unos fundamentos que no deben obviarse pues las fachadas no son nada sin estructura.

Dicho lo anterior es obvio que estamos en una época de cambio de paradigmas económicos y sociales e, incluso recientemente de los equilibrios geopolíticos vigentes durante las últimas décadas. Lo que por otra parte tampoco es nuevo en la historia. Sin profundizar mas recomiendo releer a Tonybee. Por ello es útil volver a los fundamentos y discernir tras valorar el alcance de la situación considerándolo todo, tanto (quizá fruto de nuestra capacidad de enredarnos) para hacer complejo el mercado interior, como para mantener la competitividad en el exterior, lo que, por otra parte estoy seguro que saben hacer nuestras empresas fieles seguidoras de un pragmatismo del que nacieron san Ignacio de Loyola y el rey Fernando el Católico, inspirador de Maquiavelo: padres de la estrategia actual. Todo exige pensar juntos para debatir y analizar con el fin de potenciar estrategias, tácticas y herramientas que nos permitan mantener el liderazgo mundial. Todo ello sin olvidar que, por encima de la complejidad, tamaño y complicación de los desarrollos los grandes fundamentos son sencillos: repasad los de las tres mecánicas de las que nace todo.

En ese contexto global, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (tan ligada a esta revista) esta revisando y actualizando sus procesos con el objetivo de aumentar la eficiencia en la creación de infraestructuras viarias para lo cual ha abierto un debate con el sector sobre las potenciales líneas de mejora que ha resumidos en las siguientes líneas. :

- Explicitación del Estudio del Riesgo de las actuaciones.
- Puesta en valor del proyecto económico de las obras como factor insoluble del proyecto técnico.



- Potenciación de la normalización de la calidad en las obras.
- Consideración explícita de la constructividad e industrialización de los procedimientos constructivos.
- Introducción de procesos colaborativos para la gestión de proyectos y obras.
- Adaptación de los pliegos a las dinámicas reales de los contratos.
- Exploración de nuevas modalidades de contratación.

Con ello (acompañadas de procesos de digitalización inteligente) se considera que se puede ganar eficiencia en la creación de la infraestructura viaria.

Contribuyo dando una opinión porque además cuando fui ingeniero de caminos contribuí bastante a la redacción del Libro de la Calidad publicado en 1995. En mi opinión lo primero es enmarcar el asunto con algunas ideas generales, que son lo poco que me queda desde mi poco saber de la técnica actual:

A mi juicio, ante todo se necesita es tener buen juicio y persistencia para saber que la técnica es muy necesaria pero que el equilibrio psíquico y el sentido común son mucho más importantes, ya que el éxito en cualquier misión esta en el funcionar para llegar a soluciones útiles. Por ello antes de abordar cualquier proyecto de inversión hay que poner

especial esmero en equilibrar el análisis, la experiencia y la síntesis desde la consciencia de que las grandes verdades son simples y que, por tanto, pueden aplicarse, en toda su complejidad, con sencillez.

A la hora de diseñar desde una red viaria a cualquiera de los elementos de una carretera, todo lo cual lleva implícito el proyecto, la construcción, la explotación y el mantenimiento hay que ser conscientes. Por ello (sean estos elementos desmontes, terraplenes, túneles o viaductos, tras considerar su longitud, su inclinación -rampas y pendientes- el entorno -urbano, campo abierto, alta montaña- el uso, la IMD, el tráfico pesado, las mercancías peligrosas, la psicología de los usuarios, las instalaciones...) antes que nada hay que saber que hay que partir de un concepto básico que es que todos ellos son únicamente un paso más en el camino, aunque algunos (grandes movimientos de tierras, túneles y viaductos) por su propia naturaleza muy difíciles de modificar. Por ello hay que ser conscientes de que terminada la "obra civil", no tenemos más que un soporte indispensable pero exento normalmente de las condiciones necesarias para poder abrirlo a la circulación vial para el que se construyó. Si a ese se le añaden los complementos estaremos en condiciones favorables para que por la vía pueda pasar el tráfico con seguridad. Pero ello en la realidad no será así si la obra civil, y las instala-

ciones (variables en función del tipo de elemento) no han sido concebidas conjuntamente desde la perspectiva del funcionamiento, explotación u operación: se podrá tener algo parecido a una carretera o autovía, pero no tales.

En esas carreteras incompletas las condiciones de la explotación estarán siempre marcadas por la falta de sintonía entre lo que se ha diseñado y su objetivo final que es el servicio a los usuarios, clientes a los que hay que servir. Ello trae la consecuencia de complicar y en ocasiones impedir el uso correcto de la vía y siempre hará la explotación y el mantenimiento más arduo, complejo y costoso de lo que es necesario.

Si todo se diseña con la adecuada visión global después de ponerlo en servicio se inicia el período de la conservación y explotación. No hay que olvidar que durante ese tiempo es indispensable un mantenerlo correcto para que las condiciones sean las adecuadas para permitir el paso del tráfico en condiciones fluidas y seguras.

Ello implica también reponer en los momentos adecuados los elementos y las instalaciones, desde los firmes hasta la señalización, tras pasar por las variaciones de los elementos singulares,

De lo que acabo de decir se deduce que es esencial que desde los primeros esbozos de la posible solución se consideren todas las cuestiones que incidirán en la futura explotación. Por ello reitero que es esencial tener claro el concepto de globalidad para después transmitírselo a aquellos que construyen y financian la vía pues una carretera no es un objeto que se pueden construir y olvidar.

Continuo con los fundamentos pues lo mismo que los elementos no son una cosa que se construye sino un ser que vive, tampoco son autó-

nomos dado que están integrados dentro de un conjunto que es la carretera o autopista y esta a su vez es solo una parte de ese sistema que es el territorio.

Desde ese punto de vista opino también que las obras públicas no tienen significado ni por sus dificultades técnicas, o constructivas, ni, matizadamente, por su belleza; ni mucho menos por ser un objeto de la comercialización política, sino por su utilidad y por el servicio que dan.

En la mente de cada viajero, así como en el acervo colectivo, tanto las características del paisaje, como las de la propia carretera marcan la psique de modo distinto al discurrir por los diferentes espacios de una vía que atraviesa muy diversos entornos (altos desmontes, profundos terraplenes, vertiginosos puentes y la temerosa negritud de los túneles que nos hunden en la tierra, los cuales nos traen los ancestrales temores de nuestra raíz animal, durante épocas en la que la llama era un temeroso dios: todo ello, a modo de mito, se agolpa de modo inconsciente, en nuestra mente.

Este carrusel crea condiciones subjetivas de seguridad en unos sitios (una recta en la estepa castellana) o de inseguridad al pasar un altísimo puente o al adentrarse en un túnel. Ello lleva a los gestores, deseosos de satisfacer los deseos, racionales o irracionales, de los usuarios, a tomar en determinados sitios (especialmente túneles) con el consiguiente despilfarro, medidas especiales, que no son homogéneas con las que se adoptan en el resto de la carretera. Por ello ningún elemento debe ser visto de modo especial (otra cosa es que deben serlo del modo adecuado en función de sus características) sino que todos deben ser contemplados en función de su grado de importancia pero dentro del contexto de una seguridad global homo-

génea, sin caer en la tentación de, en algunos puntos, acentuar, por encima de lo normal, la seguridad y en consecuencia el gasto, para dar una imagen de una tranquilidad ideal que impregne mediáticamente el resto de la carretera aunque los otros elementos tengan una objetivamente menor. Este desajuste produce el efecto, que no es el más idóneo para los intereses de los ciudadanos, de no utilizar el dinero donde los resultados son más favorables.

Por el contrario, la racionalidad nos llevara a una gestión que aplique la teoría del valor, tras considerar todos los daños de igual modo y tras analizar los riesgos de cada lugar para homogeneizar el resultado final, sea donde sea donde se produzca el daño: y olvidar así la tentación de dar un peso distinto a los diversos lugares en función de su rentabilidad mediática.

Para acabar el asunto de lo que significa una carretera voy a entender un arco desde ella al conjunto de la convivencia humana y decir que esta es un lugar más de la vida y que por tanto el papel de la carretera (al igual que cualquier infraestructura física o espiritual) debe valorarse en función del resultado del balance acerca de las ventajas e inconvenientes relativos que produce a la Sociedad, tras dejar al margen otras ventajas e inconvenientes que solo atañen al interés de quienes la promocionan. En consecuencia, conjugo lo anterior para que penséis por un momento, y en este campo de la seguridad en la respuesta a las preguntas siguientes:

¿Dónde estamos? ¿De dónde venimos? ¿A dónde vamos?

Para tratar de un modo global el asunto, lo primero que hay que señalar, al margen de cada valor material fijado por la indemnización de un seguro, es que, aunque sea completamente distinto desde el punto de vista mediático y en consecuencia

del esfuerzo político en la gestión, la misma catástrofe es un accidente con 100 muertos, que 100 muertos en 100 accidentes distintos. Por ello lo más sensato sería aplicar, como ya señalé un criterio homogéneo, pero en nuestra sociedad eso no sucede. Ello es debido a una serie de motivos que los utópicos desearíamos cambiar y que, incluso, es hasta utópico mencionar.

El primero es el tipo de sociedad que formamos los europeos. Europa se hizo la proa del mundo sobre la base de unas virtudes (sobriedad, discreción, señorío y elegancia) que llevaron a sus ciudadanos al aguante y a la entereza ante la adversidad, así como a la asunción, por todos, de sus responsabilidades. Ello dio lugar a mantener un clima de trabajo colectivo, en equipo, dentro, pese a las rivalidades entre naciones, de un marco de convivencia que nos llevó a ser la avanzada del mundo. Ahora, cuando, tras superar las múltiples guerras civiles y a partir de los ideales de algunos que comprendieron el desastre de la Segunda Guerra Mundial, se va hacia la unidad y se llegó a la idea de Europa, tras conciliar las visiones de muchos países que piensan en Europa en función de sus diversos sueños, súbitamente esa Europa se ha convertido desde una tierra de ciudadanos en una de pequeños déspotas quejumbrosos que creen tener derecho a todo y obligación de nada, que defienden que las consecuencias de sus actos debe resolverlas el Estado y que, incluso exigen a los demás que les sacan de inmediato las castañas del fuego que ellos incendiaron:

Los poderes del Estado, sus intereses egoístaelectorales así lo aconsejan, van a rebufo de estos niños malcriados, porque el adular esa egolatría vende. Los grandes señores mediáticos azuzan a una caterva de periodistas que espolean a los ciudadanos a despotricar contra todo, a pedir responsabilidades por cualquier cosa: con lo que, lo que



se logra es apremiar y hostigar a los pocos miembros de la sociedad que trabajan para operar a un enfermo o para que el agua salga del grifo. Todo ello, únicamente, porque el ciudadano vive más feliz si puede echar la culpa de cualquier desgracia a otro, que, obviamente, es el que hace, sin que nadie tenga la cruda sinceridad de decirle, que si nadie hace nada el sistema se rompe.

Dentro de esa perversa cadena, el poder ejecutivo con el fin de mantenerse en la poltrona alimenta esas pasiones. En esa misma línea el poder judicial aplica la justicia no independientemente, sino en función de la opinión popular.

El circuito del desatino lo cerramos los funcionarios, gestores del interés público, que, con falta de valentía, acabamos adoptando decisio-

nes que, aunque en el fondo sean un despilfarro nos garantizan el no tener responsabilidades ni administrativas, ni judiciales.

La normativa europea cierra el gran cuadro porque, como amalgama de elucubraciones teóricas, deseos de protagonismo egocéntrico, intereses nacionales, se transfieren a la misma criterios cuyas consecuencias no se valoran totalmente. Ello está trufado, además, de una cierta irresponsabilidad derivada, quizás, de no ser conscientes los lejanos redactores, y los países asumidores, que, al final, las directivas y normas tienen que aplicarse. Y que, por otra parte, para bien o mal, nunca son inocuas, aunque se hagan sólo para satisfacer la demagogia quizá sin un interés de aplicarlas totalmente al pensar que Bruselas está muy lejos.

Sobre todo ello flota, como un malvado espíritu inspirador, el interés económico que, amoldándose al nicho “ecológico” sobrevenido, produce una floración de buitres que se alimentan de todo el sistema a través de crear necesidades más o menos ficticias, que producen productos más caros y complicados, que aparentemente mejoran la calidad y la seguridad pero sin que se sepa cuanto, ni a que coste.

Se ha estabilizado así aquella situación que preocupó al presidente Eisenhower cuando criticó al complejo militar industrial, que satisfaciendo la deformación profesional de los militares aceleraba la carrera del armamento, utilizando la “obsolescencia” para sustituirlo, en espiral, cada día por uno más nuevo y caro:

Quizá, ahora que vemos (Trump, Putin y compañía están ahí) los vertiginosos de la muerte cambiemos de paradigma de ahí las preocupaciones y las propuestas como la de los informes de Letta y Draghi

Por eso es importante conocer de una manera sencilla y sin grandes pretensiones, lo que hay en torno y dentro de una carretera, así como saber para qué se utiliza, por qué se hace y cómo se gestiona. Quiero señalar que quizás sea el momento de mandar parar la fiesta y analizar qué es lo mejor en cada sitio dentro de su marco de global.

Para adelantar algunas opiniones diré que no es bueno basar esa seguridad en procedimientos, aparatos y artilugios, cada vez más complicados y de costosa conservación, aunque ello satisfaga a nuestro orgullo de técnicos, genere mucha I+D+i, sea popular, guste a los políticos y nos ayude frente a los jueces en caso de incidentes porque el resultado de ello es que se gasta mucho dinero público sin saber cuánto se mejoran la calidad y la seguridad, así como sin conocer, además, los beneficios

sociales y económicos de las alternativas posibles.

Creo, por el contrario, que antes de redactar ninguna norma, ni gastar un solo euro, hay que plantear un análisis estratégico de la funcionalidad y seguridad relativa de todos los elementos de la carretera. Así como el análisis de porqué son necesarios un túnel, o un puente qué podría ser sustituido, en muchos casos, por un desmonte o un terraplén; incluso, aunque parezca paradójico, con beneficio ambiental pues a veces se valora el efecto sobre el paisaje, pero no que por ejemplo un túnel es una cueva de CO₂

No se suele analizar la ventaja de lo que se puede conseguir con medidas físicas, cuyo coste sólo se paga una vez y que no tienen mantenimiento, tales como la de aumentar el ancho de un arcén o acentuar la dulzura de una berma en el cielo abierto, las cuales en muchas ocasiones ahorran más muertos que un complicado sistema de detección de incendios en un túnel.

Hay también que aumentar el esfuerzo en el campo de la gestión para conseguir éxitos tan simples como, por ejemplo, que los conductores respeten los límites de velocidad y la distancia de seguridad.

Hay que valorar el mantenimiento así como, en consecuencia, el coste total de lo que instalamos: lo que va en contra de las soluciones muy complejas.

Es prioritario dar la debida importancia a la formación de las personas que manejan y mantienen la carretera; pues equipos más baratos, mejor gestionados y con personal más formado, son más rentables que la solución de gastar más cada día en nuevos y más complejos equipamientos.

Considero también que cualquier elemento singular solo se debe cons-

truir cuando sea necesario para que después se explote de la manera más sencilla y barata posible, ya que la complejidad innecesaria sólo genera el coste y la confusión que en ocasiones impregnan la obra pública y quizás la vida de nuestro tiempo. Es por ello indispensable recuperar la forma de trabajo de los maestros medievales, que a partir del Renacimiento se integrarán con la ciencia. Por todo ello reivindicó el trabajo serio, humilde y tecnificado, frente al planteamiento comercial y mediático del mismo.

Por eso abandono la erudición (que además con esto de la “inteligencia artificial” conocen hasta los churreros y desecho la tentación de elevarme a las esferas más altas para utilizar, a lo largo del camino, una sinfonía de “elementos” de diversas índoles y especies, tan de moda, desde la desaparición de la regla de cálculo para recuperar la artesanía y al conocimiento que atesoraban los viejos encargados, unidos a la sabiduría que da la ciencia, para volver a integrar a los profesionales en la observación, el conocimiento de la naturaleza y el sentido común para así hacer ingeniería. Una ingeniería en la que es esencial, sobre todo en épocas de tribulación, imaginar como posible algo diferente de lo conocido o heredado.

Ese discernimiento es lo que practica la siempre viva Compañía de Jesús desde que lo implantó San Ignacio y no le va tan mal. Por eso este artículo es un brindis a la salud de ese modelo de ingeniería que debe renacer para que vuelva a dominar el Ingeniero,

Recuerdo al respecto que la carretera forma parte del paisaje con cuya fisonomía y naturaleza hay que jugar, sea este de llanuras fértiles o de salvajes montañas. En todo él es lógico respetar los suelos necesarios, o útiles, para otras actividades

distintas al transporte, por eso las vías suelen llevarse al pie de las laderas pues las medias, sobre todo en sitios complejos y lluviosos como Asturias generan peligros y las coronaciones están alejadas. Ese criterio no debe olvidarse jamás. Ello en territorios como el asturiano produce trazados con cantidad parecida de túneles y viaductos y unos pocos desmontes muy importantes. Él hacerlo bien exige, además de estudiar los planos la geotecnia y demás, embarazarnos del terreno pues es necesario antes de dibujar una sola línea quedar preñados del mencionado paisaje: de sus curvas, de sus aguas, de sus bosques, de sus gentes...: y de su interior Por lo que que antes de ponerse a calcular hay que saber conceptualmente como va a funcionar lo que se pretende puente. o túnel. Yo, aunque estoy al día de la técnica y conozco las posibilidades del diseño de las carreteras virtuales y hasta de la llamada inteligencia artificial, que no es tal sino un algoritmo de aprendizaje y simulación, considero que en todas las actividades humanas lo primero es ver, observar y pensar (obviamente con los más datos posibles y para eso cuantas más prospecciones mejor) para después decidir con criterio. Por ello dejarse llevar por las herramientas no debe ser para personas técnicamente preparadas, cultas e integradas en su sociedad.

Por tanto no creo en la manera de hacer proyectos improvisados, muchas veces baratos con la intervención de muchos licenciados en ingeniería que venden muchos kilos de dibujos y de listados de ordenador porque el avatar lo aguanta todo. Reitero que me quedé en un ingeniero que piensa después de mirar y conocer el terreno, lo que es caro y conflictivo porque genera inquietudes a la burocracia. Pese a ello creo que es la ingeniería del futuro pues de vez en cuando la naturaleza, poco



respetuosa con la autoridad “competente” genera conflictos y desfeitas.

Desciendo otra vez a lo concreto para decir que hay que respetar las personalidades de la carretera y del paisaje fundiéndolas cuando hacia falta: no se como explicarlo: imaginaos a una pareja bailando un rock, o unas sevillanas, los ves separados girando cada uno a su aire y más tarde se funden, unos distintos y vueltos uno, al rematar la vuelta; por ejemplo, en el final de cada sevillana.

Si los terrenos son geológicamente complejos hay variedad de rocas, formaciones y contactos que, unidos a la abundancia de agua, hace compleja la construcción y necesario un conocimiento tanto geológico como geotécnico, como también unas prospecciones exhaustivas, tanto en la fase inicial como en el seguimiento: racanear en eso es suicida.

Voy a culminar estas generalidades con una serie de recomendaciones de una persona alejada ya de la ingeniería aunque aficionada a los asuntos generales.

- Las grandes verdades de la ingeniería son sencillas, por ello las soluciones retorcidas solo son fruto de mentes retorcidas. no de la naturaleza: ello no tiene nada que ver con que sean complejas.

- Se debe partir del conocimiento del funcionamiento de las soluciones sin dejarse llevar por los resultados de sofisticados cálculos elaborados desde la ignorancia de la globalidad. Ellos son buenos únicamente desde el criterio.
- El rumbo debe marcarlo la propiedad. Los consultores pueden manejar las jarcias y las velas pero no el timón. Abandonarlo siempre redundará en menos seguridad y más costes para los ciudadanos, aunque pueda ser ventajoso para los políticos al ser usados por ellos como chivos expiatorios: eso no es tolerable en un Estado de Derecho.
- Los puentes y los túneles solo son un paso más en el camino que solo tiene significado por el servicio que dan que es el mismo que el resto de la vía.
- Cualquier otro elemento de la carretera debe proyectarse pensando no solo en su construcción sino en toda su vida útil
- Por eso, aunque estén en lugares más complejos, tales como túneles y viaductos, todas las obras y las instalaciones deben ser, ni más ni menos, las justas para tener la misma viabilidad, seguridad, comodidad, respeto al medio y minimización de los efectos am-

bientales que cualquier otro elemento de la carretera.

- En consecuencia todas las obras e instalaciones alcanzan su sentido en cuanto son correctamente gestionadas pues la máxima eficiencia final es el resultado de la amalgama de ambos factores, de modo que unas carreteras sofisticadas inicialmente excelentes, posteriormente insuficientemente conservadas y explotadas, darán peor resultado que unas más sencillas y perfectamente gestionadas.
- No hay que olvidar tampoco que la conservación de la infraestructura y las instalaciones es, dada la complejidad de algunos sistemas actuales y el duro ambiente en el que están instaladas, un aspecto quizás de mayor importancia que la propia construcción. Ello exige firmeza y criterio en el manejo de las riendas pues el inexorable avance de la ciencia, de la tecnología, del temor político ante la responsabilidad y de los intereses comerciales, pueden llevar a la inmoralidad de despilfarrar el dinero de los ciudadanos.
- Podría seguir con infinitos ítems, pero voy a resumirlo al decir que es preferible lo bueno robusto a lo sublime débil por lo que, a ser posible todo debe realizarse de acuerdo a pautas previstas de modo que lo más imprevisible, que siempre surgirá, se pueda resolver con el perfume del vaso vacío de lo ya aprendido. Para ello son necesarias, competencia, sentido de la responsabilidad y sobre todo lealtad.

En síntesis que reivindico el trabajo serio, humilde y tecnificado, frente al planteamiento comercial y mediático del mismo. Porque gestionar una obra pública, requiere tener unos objetivos claros, un mando con vista larga y pulso seguro y un entorno

donde reinen la disciplina, el, orden, la organización y la armonía. Ello requiere conciliar, exigir y tener empatía fundamentada en el respeto mutuo, el sentimiento y la mutua lealtad:

Eso os sonará porque es lo que decían en la Edad Media cuando sostenían que las grandes obras públicas no eran obra humana sino que las hacía el diablo, es decir, en términos de hoy unas personas solidarias que trabajan en equipo.

Voy a centrarme en la gestión porque, como ya escribí y sucede en toda emisión humana, lo esencial es saber que todo es un proceso para alcanzar unos objetivos, en este caso el servicio público de transporte, no siendo ni la construcción, ni la conservación, ni la explotación más que herramientas.

Por ello el proceso de gestión de una carretera, desde su construcción hasta su muerte debe ser desarrollado con rigor, con inteligencia y con espíritu de innovación pues las vidas largas dan muchas vueltas. Lo primero que hay que decir es que para que el proceso funcione es que sea asumido e impulsado por la cabeza de la organización (empresa, ministerio o estado) Eso lo aprendí durante los 90 cuando El libro de la calidad en las obras de carreteras del Ministerio de Fomento, en gran parte de mi puño y letra en 1995 y después estuve dando "cursillos de cristiandad" por las demarcaciones para implantarlo, por ello estudien bastante para hacerlo y como ese asunto ya estaba implantado desde hacía años en la industria empecé leyendo mucho sobre los sistemas de calidad industrial. Aunque sigue vigente y es obligatorio al cabo de unos años el sistema (el autocontrol. los consultores y los "pastores" -nuestros funcionarios) decayó. porque falló el principio que consideran todos los manuales de todos los sectores industriales como piedra angular. Es que la única manera de que la

calidad se imponga en una organización o empresa es que la adopte como prioridad su jefe supremo (en el Gobierno el presidente, en nuestra dirección el director, en las empresas el presidente...) y que eso no puede ser suplido por los inferiores por solventes que sean.

Obviamente ese sistema requiere gasto para hacer las actividades necesarias, pero no me extendiendo en logística ahora, aunque reitero que sin él liderazgo del jefe supremo no hay nada-

Voy a decir algo sobre cómo se organiza el sistema, lo que en mi opinión es más importante que las normas que incluso pueden ser perjudiciales sobre todo si son prolijas, farragosas y contradictorias. Ello me lleva a hablar de la gestión global de la organización y por encima de la propia Europa pues ella no tiene un poder que impulse la acción para llegar a la Nueva Frontera pues ni siquiera tenemos fe en un proyecto común que sea nuestro motor moral, social y económico. Ello se deriva de que no hay sentido de Estado por lo que no tenemos un gobierno efectivo, substituido en Bruselas por un psudogobierno de comisarios sin coherencia y sin poder político real y en manos de una burocracia endogámica, rica y poderosa, que ha convertido a esa ciudad en un nido de lobbies que nos vacían a la vez que genera leyes inútiles para que las cumplan los que no tienen poder. Y que incluso solo cumplen íntegramente los países imbéciles como nosotros en la norma de túneles en la que (contra mio) asumimos unos criterios ruinosos, lo que no hicieron nuestros vecinos. En mi opinión Europa debe podar leyes y normas para dedicarse, tras aplicar el criterio de mi pariente Jovellanos, a hacer un cambio que ponga en pie los eternos valores de: pocas leyes buenas que se cumplan. decisión. valentía y gestión eficiente. ❖

Sevilla durante 3 días se convirtió en el epicentro europeo de la movilidad inteligente



Presidentes de las distintas asociaciones nacionales de ITS, representando a ITS España Soledad Pérez-Galdós Enríquez de Salamanca

Del 19 al 21 de mayo de 2025, Sevilla se transformó en el núcleo europeo de la innovación en transporte con la celebración del XVI Congreso Europeo de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS). Bajo el lema “Movilidad limpia, resistente y conectada”, el evento congregó a más de 3.000 participantes de 71 países, consolidando el papel de Europa —y especialmente de España— en el liderazgo global del sector.

Un congreso con respaldo institucional y vocación transformadora

Organizado por ERTICO - ITS Europe, con el apoyo de la Comisión Europea, el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, el Ministerio del Interior, la DGT, la Junta de Andalucía y el Ayuntamiento de Sevilla, el congreso evidenció el firme compromiso del sector público con la movilidad sostenible. La participación de ITS

España como socio local fue clave para integrar el talento nacional en el debate europeo, y posicionar a Sevilla como capital tecnológica en el ámbito del transporte inteligente.

Ceremonia inaugural: una declaración de intenciones para la movilidad europea

El Congreso arrancó el 19 de mayo en el Palacio de Congresos FIBES con una ceremonia vibrante



El Ministro del interior Fernando Grande Marlaska acompañado de Ana Blanco y Ana Luz Jiménez de la DGT visitan los principales stands del congreso

presidida por autoridades locales, regionales, nacionales y europeas. Intervinieron figuras como José Luis Sanz (alcalde de Sevilla), Fernando Grande-Marlaska (Ministro del Interior), Rocío Díaz Jiménez (Consejera de Fomento), representantes de la Comisión Europea, ERTICO e ITS España. Uno de los discursos más destacados fue el de Mar Cogollos, Directora de AESLEME, quien recordó que “detrás de cada estadística hay una vida”, reivindicando la seguridad vial como una prioridad ética en el desarrollo tecnológico.

Más de 150 sesiones: visión de futuro y retos reales

El programa técnico incluyó más de 150 sesiones con más 500 ponentes internacionales. Las tres plenarias abordaron temas cruciales: sostenibilidad climática, resiliencia operativa y despliegue de tecnologías conectadas, cooperativas y automatizadas (CCAM). Se discutieron avances en inteligencia artificial, gemelos digitales, tarificación inteligente, ciberseguridad y nuevas arquitecturas de datos, trazando una hoja de ruta para una movilidad europea más eficiente e inclusiva.

El ITS español: conocimiento aplicado en el corazón del Congreso

El liderazgo español en movilidad inteligente quedó patente en cada demostración, visita técnica y ponencias.

Los asistentes pudieron presenciar 6 demostraciones en tiempo real y 7 visitas técnicas que mostraron la infraestructura de Sevilla como laboratorio urbano de innovación.



Cogollos directora general de AESLEME, dentro de la Ceremonia inaugural, se encargó de la charla inspiracional

Entre las entidades participantes destacaron:

- DGT presentó un sistema avanzado de control aéreo con drones (Phantom 4 y Matrice 200) que transmiten imágenes en tiempo real con capacidad sancionadora, integrando tecnología RPA en operaciones de tráfico.
- Desde Groningen, se mostró un autobús autónomo de 12 metros que operó con código abierto en un circuito cerrado, demostrando su viabilidad en rutas específicas.
- El Centro de Control del Ayuntamiento de Sevilla evidenció cómo la analítica avanzada y la coordinación institucional permiten prevenir incidentes en tiempo real y tomar decisiones operativas.
- En el centro logístico robótico de Amazon, los asistentes observaron cómo los ITS y la automatización transforman la cadena de suministro con eficiencia y sostenibilidad.
- En el Puerto de Sevilla, CTAG probó su lanzadera autónoma y conectada (Nivel 4, V2X), operando entre puntos emblemáticos de la ciudad.
- Opus RSE mostró un sensor remoto (RSD) que mide emisiones contaminantes y parámetros cinemáticos del vehículo con visión artificial.
- Los paneles de mensajería variable de Fixalia guiaron a los asistentes, demostrando cómo la señalización inteligente mejora la toma de decisiones y la gestión del tráfico.
- El sistema Automated Valet Parking de CTAG, apoyado por sensores de infraestructura, permitió una maniobra autónoma



DGT y Airbus presentan los usos del "Starobvserver" sobre la ciudad de Sevilla. Ana Luz Jiménez, jefa provincial de Tráfico en Sevilla (DGT – Ministerio del Interior), y Roser Roca Tohà, CEO y Managing director de Airbus GeoTech

ma segura, incluso ante presencia de usuarios vulnerables.

- Esyspark presentó una plataforma integrada de aparcamiento (on-street y off-street) que permite a las ciudades aplicar políticas basadas en datos y mejorar la supervisión urbana.
- Argos Mobility demostró un sistema patentado para controlar velocidad y tipo de VMP mediante sensores incrustados, facilitando regulación dinámica en carriles bici.
- En la visita al centro CATEC y planta de AIRBUS, se conocieron instalaciones y proyectos pioneros en transporte inteligente y tecnología aeroespacial.
- Un recorrido por un corredor urbano e interurbano C-ITS en Sevilla mostró servicios cooperativos activos como alertas, mensajes en tiempo real e interacción vehículo-infraestructura, reforzando seguridad y eficiencia vial

Entre las sesiones técnicas destacaron:

- Interoperabilidad de pago en transporte público, donde se presentó el sistema cEMV como solución práctica.
- Espacios de datos de movilidad, con iniciativas como el proyecto DS4M.
- El proyecto europeo SCALE-C ITS, sobre servicios cooperativos escalables.
- Una sesión dedicada a los proyectos emblemáticos del ITS español, desde plataformas de carretera inteligente hasta la gestión de competencias regionales en movilidad.

Cumbre de Ciudades y Regiones: de la ambición a la acción

En paralelo al Congreso, más de 50 líderes europeos participa-

ron en la Cumbre de la Movilidad Inteligente, abordando temas como electrificación urbana, gobernanza del transporte aéreo emergente y gestión de datos urbanos. Las Ciudades Misión europeas impulsaron compromisos conjuntos y propuestas para acelerar una movilidad más justa, sostenible y conectada.

Sesiones plenarias: visión estratégica para la movilidad del mañana

Imprescindibles las tres sesiones plenarias de alto nivel que marcaron el rumbo del futuro del transporte inteligente en Europa. La primera, El movimiento verde - Acelerar un futuro sostenible mediante los ITS, abordó cómo los sistemas ITS pueden acelerar una transición sostenible mediante herramientas digitales como la inteligencia artificial, gemelos digitales y soluciones para la logística urbana. La segunda sesión, Resiliencia

desde el diseño, enfatizó la necesidad de infraestructuras robustas, ecosistemas seguros de datos y redes multimodales flexibles para afrontar retos climáticos, tecnológicos y geopolíticos. La tercera plenaria, centrada en el liderazgo europeo en CCAM (Movilidad Conectada, Cooperativa y Automatizada), destacó los avances en vehículos automatizados, normativa de interoperabilidad y desarrollo de capacidades técnicas, subrayando la importancia de generar confianza pública en estos sistemas. Cada sesión reunió líderes de instituciones europeas, expertos del sector y autoridades nacionales para construir una movilidad más inclusiva, segura y resiliente.

ITS Arena, demostraciones y exposición tecnológica

Una de las grandes novedades fue el ITS Arena, espacio interactivo con más de 20 debates públicos entre autoridades, innovadores y

empresas. La zona de exposición albergó a 140 expositores y acogió 6 demostraciones en vivo, mostrando aplicaciones de drones, inteligencia artificial, gestión de tráfico, vehículos automatizados y aparcamiento inteligente. Siete visitas técnicas permitieron ver el funcionamiento de la infraestructura sevillana.

Clausura: Sevilla como símbolo del progreso europeo

La ceremonia final reconoció los mejores trabajos de investigación, ponencias y sesiones. El profesor Eric Sampson ofreció una poderosa reflexión sobre el impulso generado por Sevilla en el campo de los ITS. La jornada dejó claro que Europa avanza con determinación hacia una movilidad accesible, resiliente, conectada y sin víctimas.

Foto 4 Foto de familia tras la clausura de los organizadores del congreso (de izquierda a derecha): D. Francisco Sánchez (CTAG), Dña. Ana Luz Jiménez Ortega (DGT), Dña. Soledad Pérez-Galdós Enríquez de Salamanca, D. DR ANGELOS AMDITIS Presidente ERTICO, D. Joos Vantomme (CEO Ertico)

El legado de Sevilla 2025

Sevilla se consagró como punto de inflexión para el futuro de la movilidad inteligente. Gracias a la implicación de entidades públicas, empresas tecnológicas, asociaciones como ITS España y líderes del conocimiento, el Congreso puso en común soluciones reales y alianzas estratégicas para construir ciudades más habitables, sostenibles y seguras. ❖



Foto de familia tras la clausura de los organizadores del congreso (de izquierda a derecha): D. Francisco Sánchez (CTAG), Dña. Ana Luz Jiménez Ortega (DGT), Dña. Soledad Pérez-Galdós Enríquez de Salamanca, D. DR ANGELOS AMDITIS Presidente ERTICO, D. Joos Vantomme (CEO Ertico)

Evento *Networking*

El nuevo ecosistema de la movilidad eléctrica en las áreas de servicio



Madrid, 1 de octubre 2025

El miércoles 1 de octubre de 2025 tuvo lugar en la sede nacional del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en Madrid el primer evento networking organizado por la ATC y AEDIVE (Asociación empresarial para el Desarrollo y el Impulso del Vehículo Eléctrico) con motivo del nacimiento del “nuevo ecosistema de la movilidad eléctrica en las áreas de servicio” de las carreteras.

El objetivo del evento era poner en valor la contribución de cada uno

de los agentes intervinientes en la concepción, diseño, construcción, puesta en marcha y operación de un área de servicio al conjunto, y promover el intercambio de sinergias entre ellos de cara a las iniciativas que se están poniendo en marcha desde las distintas administraciones.

Con casi aforo completo, las sesiones despertaron gran interés entre empresas constructoras, empresas de conservación de carreteras, consultoras, y también empresas ope-

radoras de estaciones de recarga, empresas distribuidoras de energía eléctrica y aseguradoras, entre otras.

La bienvenida estuvo a cargo de Miguel Ángel Carrillo Suárez, Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Adriano Mones Bayo, Presidente de AEDIVE y Álvaro Navareño Rojo, Presidente de la ATC.

En una primera sesión, moderada por Rodrigo Moltó Martín,

Coordinador del GT2 del Comité C-14 Carreteras Sostenibles y Resilientes de la ATC, distintas administraciones y empresas públicas compartieron con el público las actuaciones relacionadas con áreas de servicio y movilidad eléctrica en las que están trabajando. Entre ellas se habló de las iniciativas para la movilidad eléctrica en Áreas de Servicio de la DGC, por Rosalía Bravo Antón, Subdirectora General de Planificación y Explotación de la Dirección General de Carreteras, MITMS; de los proyectos de Recarga Eléctrica en la Infraestructura Viaria gestionada por SEITT, presentada por Camino Arce Blanco, Directora Técnica y de Desarrollo de Negocio de SEITT, MITMS; del despliegue de Infraestructura de Recarga en Áreas de Servicio de la Generalitat de Catalunya, por Ferran Camps Roque, Subdirector General de Descarbonización y Carreteras Inteligentes del Departament de Territori, Generalitat de Catalunya; y de la remodelación de Áreas de Servicio en autopistas en la Diputació Foral de Gipuzkoa, incluyendo Servicios de Recarga Eléctrica, compartida por Alfredo Etxebarria Murua, Director General de BIDEGI.

En un segundo bloque, tuvo lugar una interesante Mesa Redonda sobre las “Nuevas sinergias en el ecosistema de la movilidad eléctrica para áreas de servicio”. Moderada por Antonio Muruais Rodríguez, Presidente del Comité C-14 Carreteras Sostenibles y Resilientes de la ATC, la mesa sirvió para debatir sobre los desafíos asociados a la implantación de puntos de recarga en las áreas de servicio de las carreteras españolas a través del intercambio de experiencias y fomentando la colaboración entre los actores clave del sector. Intervinieron en la discusión Julián Núñez Sánchez, Presidente de SEOPAN;



Primera sesión durante la intervención de Rosalía Bravo



Mesa Redonda sobre las “Nuevas sinergias en el ecosistema de la movilidad eléctrica para áreas de servicio”, moderada por Antonio Muruais

Concha Santos Pedraz, Presidenta de ANCI; Federico Soria Martínez, Presidente de ACEX; Arturo Pérez de Lucía, Director General de AEDIVE; Miguel Prieto Barral, Presidente de la Comisión de Servicios Tecnológicos de TECNIBERIA y Sergio Rodríguez Castillo, Vocal de la Junta Directiva de CCIES.

Al finalizar hubo tiempo para numerosas preguntas del auditorio a la mesa, y se produjo también un interesante debate sobre la situa-

ción y planificación de las áreas de servicios con estaciones de recarga eléctrica.

El evento concluyó con un desayuno networking para seguir fomentando el intercambio de opiniones entre los asistentes. ❖



Jornadas Nacionales de Seguridad Vial 2025 (II)

Conclusiones generales

Roberto Llamas Rubio

Ponente General

Durante los días 23 y 24 de abril de 2025 tuvieron lugar en Alicante las Jornadas Nacionales de Seguridad Vial 2025, bajo el lema “Seguridad Vial 360°”. El reto global de las carreteras del futuro”. Estuvieron promovidas por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y co-organizadas por la Asociación Técnica de Carreteras (ATC). Y la

Asociación Española de la Carretera (AEC) y congregaron a más de 500 profesionales.

En esta reseña se tratará de exponer las principales conclusiones extraídas de esos dos intensos días de trabajo. En esta ocasión se antoja una tarea difícil de cumplir por el denso contenido tratado y la in-

tensa actividad desarrollada, con 60 disertaciones de expertos (entre ponencias y comunicaciones) y una interesante exposición de stands con desarrollos y novedades tecnológicos de importantes empresas que tuvo lugar paralelamente a las sesiones técnicas de las Jornadas. Pero intentaré hacer ese esfuerzo de síntesis.

A continuación, se enumeran más de una veintena de las conclusiones más relevantes a tener presentes:

- 1.- Se requiere invertir (que no gastar) en mejorar la seguridad de nuestras carreteras si se quiere alcanzar el objetivo comunitario del 50% de fallecidos en el 2030 y “cero” muertes y heridos graves en el 2050. Las administraciones conocen y disponen de hojas de ruta a seguir, pero demandan una mayor y eficiente inversión pues sino se verán frustrados los esfuerzos y anhelos perseguidos.
- 2.- La evaluación de la seguridad de las carreteras se constituye como un procedimiento, más proactivo y objetivable, a seguir para una mejor clasificación del riesgo y de esta forma ser más eficientes y eficaces en mejorar los niveles de seguridad de nuestras carreteras. Ya aplicada en la red estatal, la rápida extensión de la implementación de este procedimiento al resto de redes viarias españolas se antoja fundamental para reducir las cifras de siniestralidad en España.
- 3.- Alta relevancia de los usuarios vulnerables en la participación en la siniestralidad de las carreteras, tanto a nivel nacional como europeo, y que se ha visto incrementada en los últimos años. Así, el 40% de los fallecidos en accidentes de tráfico en la Unión Europea son usuarios vulnerables (peatones, ciclistas y motociclistas). Sólo los peatones representan el 17% de los fallecidos en Europa frente al 22% en el conjunto de España, ocupando nuestro país la 1ª posición en el ranking de países europeos de víctimas mortales de peatones.

4.- En España la mitad de los peatones fallecidos en carreteras interurbanas tienen lugar en autovías y autopistas. Y, por otro lado, que el 45% de los peatones fallecidos en carreteras interurbanas dieron positivo en alcoholemia. Debe aumentarse la concienciación social sobre este aspecto para erradicarlo.

5.- Se está llevando a cabo un importante impulso de actuaciones de humanizaciones de travesías y protección de usuarios vulnerables, gracias a la financiación europea a través de los fondos Next Generation y el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), y están permitiendo una mayor integración de las vías en las ciudades, acomodando o calmando el tráfico automovilístico a la mayor actividad de los usuarios no motorizados y mejorando así la seguridad en estas zonas.

6.- Para mejorar la seguridad de los ciclistas, es fundamental independizar el ciclismo deportivo del resto pues presentan problemáticas muy diferentes y, por tanto, se requieren soluciones diferenciadas. El ciclista deportivo siempre circulará por la plataforma de la carretera. En cambio, los otros son más proclives a evitarla.

7.- Debe evitarse la práctica del ciclismo por carreteras con elevado tráfico y altas velocidades de circulación, en especial por la red estatal. Para resolver el problema de la convivencia ciclista-automóvil debe abogarse por el “respeto” mutuo, también del ciclista hacia el automovilista pues parece que a veces se les olvida. Campañas de concienciación en este aspecto se consideran esenciales al igual

que las vías ciclopeatonales segregadas del tráfico automovilístico.

8.- Los motociclistas representan el 27% de los fallecidos en carretera en España. La moto es 18 veces más peligrosa que el coche. Se reveló de especial importancia para la seguridad de los motociclistas el evitar los sucesivos repintados de las marcas viales y, en todo caso, a partir de un determinado espesor de éstas, que fuese obligatorio eliminarlas (fresarlas) y volverlas a pintar. También se destacó la importancia de hacer más previsible el trazado y con mayor anticipación en las curvas, siendo los radios variables decrecientes como muy peligrosos, al hacer muy difícil una buena trazada por parte de los motoristas. En este sentido, la instalación de la marca vial específica para una trazada segura por parte de éstos puede ayudar, aunque existen voces discordantes sobre su idoneidad por parte del colectivo motorero. Deben conciliarse posturas en este aspecto. La mayor adherencia del firme y la limpieza de la calzada, junto con una mayor empatía con este colectivo y mucho sentido común por parte de todos se reivindicaron como medidas esenciales para incrementar su seguridad. Al igual que una formación avanzada en la conducción motera, que no existe en las autoescuelas.

9.- La evaluación sobre la efectividad de los airbags para motociclistas, revela que los modelos actuales se muestran eficaces solamente para bajas velocidades (30km/h). Y se plantearon nuevos desarrollos y ensayos basados en criterios biomecánicos.



- 10.- Se hace necesario establecer ayudas para poder extender la implantación de las numerosas ARS (dispositivos o ayudas electrónicas de seguridad para motos) ya disponibles entre el colectivo motero, dado el actual envejecimiento del parque automovilístico español.
- 11.- Los vehículos eléctricos e híbridos plantean dudas con respecto al comportamiento de los actuales sistemas de contención o barreras de seguridad. Ensayos preliminares evidencian un comportamiento indeseable, por una tendencia a incrustarse por debajo de las vallas de las barreras. Es necesario seguir analizando este tema y trabajando para resolverlo, incluso estudiar su comportamiento frente a las barreras con SPM.
- 12.- Para mejorar sensiblemente el comportamiento ante el impacto de un vehículo de los pretilos tipo "pajarita" que aún existen en nuestras carreteras, se recomienda instalar en su parte superior una barrera metálica atornillada en cada pieza de hormigón de dicho pretil tipo pajarita, siendo el coste de esta solución del orden de 2,5 veces inferior al de sustituir el pretil por uno nuevo.
- 13.- Los apartaderos en autovías deben disponerse en zonas con buena visibilidad (evitar zonas curvas), con amplias cuñas o carriles para su incorporación y salida de ellos, con longitudes superiores a las mínimas recomendadas y deben estar señalizados para el buen uso de ellos por parte de los conductores, ya que no siempre es el adecuado (sólo para casos de emergencia).
- 14.- En España, un tercio de todos los accidentes anuales en vías interurbanas son por atropellos de animales, pero sólo el 1,78% de los accidentes con animales ocasionan víctimas humanas, mayoritariamente leves. Y la especie animal que más genera es el jabalí. No obstante, además de la visión general a nivel nacional, es importante los análisis particularizados para cada tipo de red viaria a la hora de buscar soluciones, pues las diferentes características existentes entre ellas, especialmente entre la red estatal y el resto, conllevan problemáticas y medidas diferenciadas. De ahí la dificultad o complejidad de abordar el problema, y no siempre posible, hacerlo de una forma semejante.
- 15.- Pero, para un análisis más completo y riguroso de la potencialidad del riesgo existente, además de las cifras "oficiales" de los accidentes contabilizados por los agentes de tráfico, deben considerarse los otros sucesos con animales contabilizados por los servicios de conservación de las carreteras (que son del orden de 5 veces, aunque no generan daños personales importantes). En definitiva, se deben contemplar todos

los incidentes viales con animales (accidentes registrados por la policía más los sucesos contabilizados por los equipos de conservación) y también el tamaño y constitución de los animales para identificar los tramos con mayor riesgo (pues depende de estos aspectos la posible gravedad de los incidentes).

16.- Existe un elevado porcentaje de participación de los animales domésticos (principalmente caninos) en los accidentes con animales. Así, en la red estatal de carreteras, los animales domésticos representan la tercera parte del total de los incidentes y casi la mitad de los accidentes con víctimas ocasionados con animales (el 47%).

17.- El MTMS tiene un ambicioso plan de medidas de este tipo por un importe de 90 millones de euros, habiéndose finalizado o se encuentran en ejecución el 54% de las actuaciones previstas en dicho plan. Pero, a pesar de este esfuerzo, dado el desmesurado aumento de la población animal, es necesario involucrar a los agentes medioambientales para controlar la población de la fauna salvaje si realmente hay voluntad de resolver o reducir drásticamente este problema.

18.- Se planteó la posible modificación del artículo 7.11.2 de la norma 8.1IC de señalización para que los criterios en él contenidos estén más ajustados a la realidad y así evitar la sobreafluencia de señales de advertencia de peligro por posible presencia o cruce de animales pues ello conlleva a pérdida de su efectividad. Y en este sentido, también ha abogado por no disponer señales con la espe-

cie específica más frecuente en cada tramo (jabalí, ciervos, etc) y utilizar una única, la reglamentaria.

19.- Se puso en valor el papel de las auditorías de seguridad vial como herramienta para garantizar que, ya desde la fase de diseño y hasta en la obra, se contemplan medidas para evitar intrusiones de animales o prevenir su presencia en las vías, especialmente de gran capacidad (donde también tienen lugar un significativo número de incidentes con animales).

20.- Por otro lado, se reveló que el 60% del total de vehículos asegurados en España no incluyen la cobertura por daños con animales; es decir unos 20 millones no están cubiertos ante golpes con animales. Además, los costes medios por los daños corporales por accidentes ocasionados con animales se han multiplicado por 2 en los últimos 5 años y las reparaciones son 2,4 veces más caras., lo que debe hacernos replantarnos o, al menos, comprobar o revisar nuestras pólizas.

21.- Esperanzadoras son las nuevas y futuras aplicaciones tecnológicas aplicadas a la seguridad vial. Algunas ya desarrolladas e implementadas, tales como el cono conectado, como sistema de señalización de incidencias en la vía o el “aspa flecha conectada”, como sistema inteligente de señalización móvil en las labores de conservación, y aviso a los conductores en tiempo real de estas situaciones, a través de las de gestión de tráfico (DGT 3.0, Google Maps, Waze,...). También sistemas inteligentes de protección de los propios trabajadores o alerta de su presen-

cia en la calzada, mediante el denominado “trabajador conectado”, ofreciéndoles una mayor visibilidad, anticiparse al peligro de intrusiones de vehículos en la zona de trabajo y avisándoles para que se resguarden.

22.- Dentro del presente y futuro de las Smart Roads, se reveló como esencial el garantizar o asegurarse la no desconexión del vehículo conectado, requiriéndose una cobertura telefónica-internet del 100% a lo largo de toda la geografía nacional y en cualquier condición. Para ello, es fundamental ahondar en la conectividad vehículo-carretera.

23.- Por otro lado, se apuntó la importancia de hacer validaciones previas de los nuevos desarrollos innovadores para su contraste de seguridad y aplicabilidad antes de su implementación. Pues la innovación que mejora la situación preexistente es buena, pero innovar por el hecho de innovar no lo es.

24.- Y, por último, se concluyó que se deben hacer infraestructuras cada vez más seguras, pero que no lo son aquellas que mejor resisten los accidentes sino las que los evitan o previenen.



PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto los siguientes eventos:

- **Conferencia Internacional “La administración de transportes (carreteras y movilidad) del futuro** Madrid, 21 y 22 de octubre de 2025
- **Curso Explotación y Centros de Control de Túneles** Madrid, 21, 22 y 23 de octubre 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



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 Plá
- 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

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 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

Socios natos, Socios institucionales y Socios protectores

Administración General del Estado

- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MITMS
- 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 MEDIO AMBIENTE, INFRAESTRUCTURAS Y 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

- AREA METROPOLITANA DE BARCELONA
- AYUNTAMIENTO DE MADRID
- MADRID CALLE 30

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 CÁCERES
- 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 INSULAR DE MALLORCA. DIRECCION INSULAR DE INFRAESTRUCTURAS Y DE ITV

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 NACIONAL DE CONSTRUCTORES INDEPENDIENTES, ANCI
- ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS, ATEB
- FORO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL TRANSPORTE, ITS ESPAÑA

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 ATLANTICO, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S.A.
- CEDINSA CONCESIONARIA, S.A.
- CONCESIONARIA VIAL ANDINA, S.A.S. (COVIANDINA)
- 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)
- ALAUDA INGENIERIA, S.A.
- ALEÁTICA S.A.U.
- ALUMBRADOS VIARIOS, S. A.
- ALVAC, S.A.
- AMIBLU PIPES
- ANTER
- API MOVILIDAD, S.A.
- APPLUS NORCONTROL S.L.
- AQUATERRA SERVICIOS INFRAESTRUCTURAS S.L.
- ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.
- ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A.
- ASFALTOS Y PAVIMENTOS, S.A.
- ASIMOB S.L.
- AUDECA, S.L.U.
- AYESA, INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
- 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.
- CARTOLÓGICA, S.L.
- CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- CIN VALENTINE
- CINTRA SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- COLLOSA
- COMSA INSTALACIONES Y SISTEMAS INDUSTRIALES, S.L.U.
- CONSTRUCCIONES MAYGAR, S.L.
- CONSTRUCCIONES SAN JOSÉ
- CONSTRUCCIONES SARRIÓN, S.L.
- CPS INFRAESTRUCTURAS MOVILIDAD Y MEDIOAMBIENTE, S.L.
- 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.
- ELECNOR SERVICIOS Y PROYECTOS, S.A.U.
- ELSAMEX GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.L.
- 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.
- FERROVIAL CONSTRUCCIÓN
- FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.
- FIXALIA ELECTRONIC SOLUTIONS, S.L.
- FOROVIAL
- FREYSSINET, S.A.
- GEOCONTROL, S.A.
- GIVASA S.A.
- GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
- GRUPO ALDESA S.A.
- HIRODEMOLICIÓN, S.A.
- HOWDEN SPAIN, S.L.
- HUESKER GEOSINTÉTICOS, 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 ESPECIALIZADA OBRA CIVIL E INDUSTRIA S.A.
- INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
- INTECSA
- 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.
- 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.
- METALESA SEGURIDAD VIAL, S.L.
- MOEVE COMMERCIAL
- 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.
- PABASA EUROASFALT, S.A.
- PADECASA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
- PINTURAS HEMPEL, S.A.U.
- PONDIO INGENIEROS, S.L.
- PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
- PROES CONSULTORES, 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.
- SERVEO INFRAESTRUCTURAS, S.A.U.
- SGS TECNOS, S.A.
- SIPRO INGENIERÍA, S.A.
- SISTEMAS Y MONTAJES INDUSTRIALES, S.A.
- SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
- SODECA, S. L. U.
- SOLUTIOMA, S.L.
- SOLER & PALAU VENTILATION GROUP, S.L.U.
- SOLMAX IBERIA S.L.
- SORIGUE, S.A.
- S&P REINFORCEMENT SPAIN, S.L.
- T25 IBERICA, S.L.
- TALLERES ZITRÓN, S.A.
- TECASEM
- TECLIVEN, S.L.
- TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPASA)
- TECNIVIAL, S.A.
- TECNOLOGÍA DE FIRMES, S.A.
- TEKIA INGENIEROS, S.A.
- TESPA PROTECCIÓN PASIVA, S.L.
- TPF GETINSA EUROESTUDIOS, S.L.
- TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
- TRS - TYRE RECYCLING SOLUTIONS
- TUNELIA INGENIEROS, S.L.
- TYLIN
- URETEK SOLUCIONES INNOVADORAS
- VIDARA SPAIN
- 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.

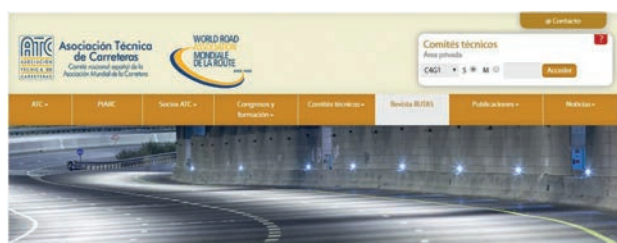
RUTAS

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.



Revista RUTAS / Revista RUTAS



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.

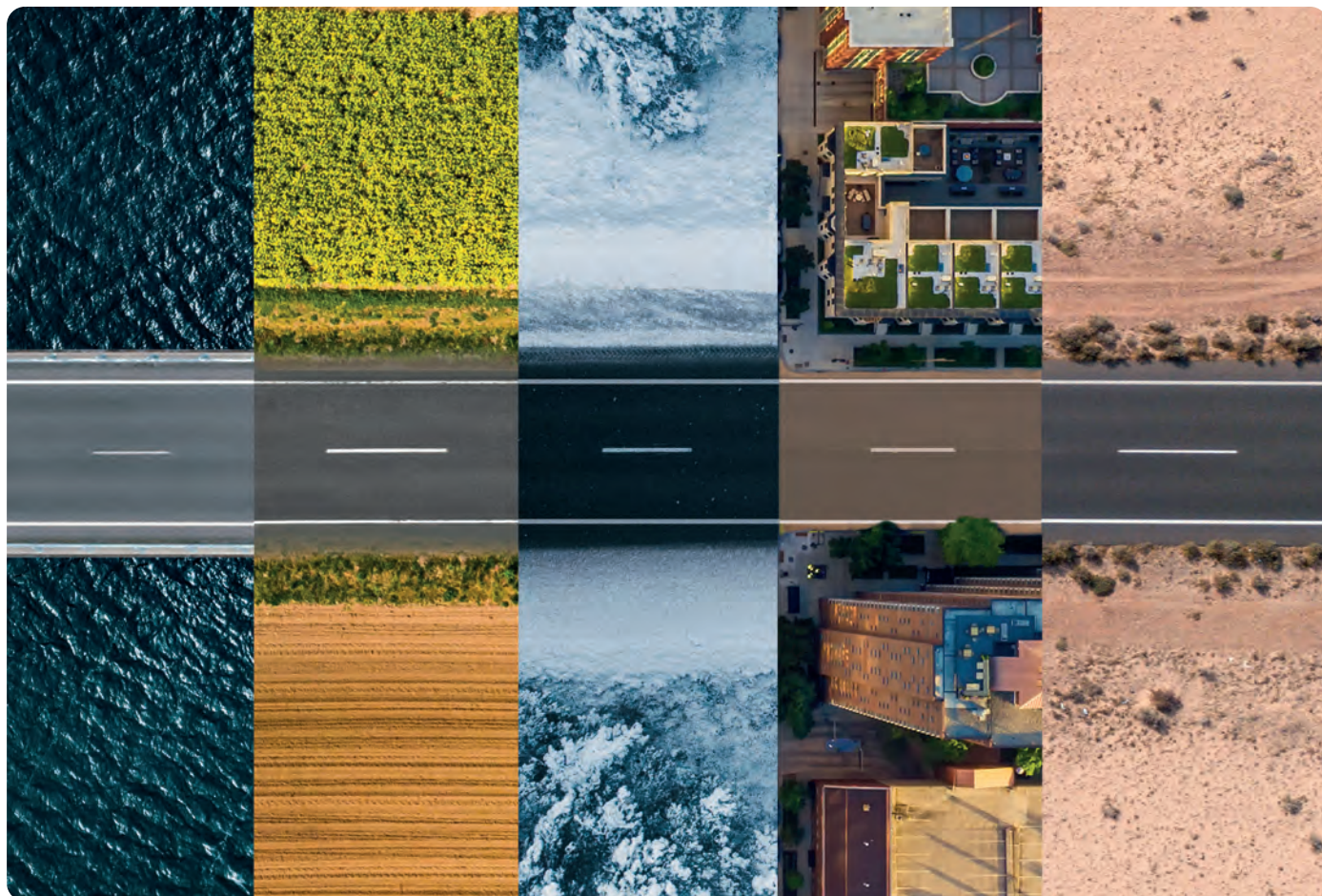
PORTADA RUTAS:

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

“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en
www.atc-piarc.com



Asfaltos Repsol, abriendo camino a la eficiencia y 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:

PAVE, PERFORM, ADVANCE, COLOR e ISOLATE.

✓ **Altas prestaciones**

Asfaltos de calidad y garantía certificada con nuestra asistencia técnica y desarrollo.

✓ **A tu medida**

Elige el que mejor se adapte a ti entre más de 120 referencias, con diversidad de formatos.



Descubre más