

EN PRIMERA PERSONA

Miguel Caso Florez

RUTAS TÉCNICA

Rápida y acertada obra de emergencia en el puente de piedra sobre el Duero en San Esteban de Gormaz (Soria)

La evaluación y clasificación de la Seguridad Vial del conjunto de una red: nuevo enfoque e implementación en la red estatal de carreteras

Apartaderos: Un elemento funcional de la carretera

Intercomparación entre equipos estáticos y dinámicos para la obtención del coeficiente de retrorreflexión de la señalización vertical

Influencia de los vehículos eléctricos en el comportamiento de los actuales sistemas de contención de vehículos: ¿Son eficaces o requieren de adaptaciones y/o una nueva validación?



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



Tribuna Abierta

03 Ética en la ingeniería

Rafael López Guarga

En Primera Persona

05 Miguel Caso Florez, nuevo Secretario General de PIARC



Rutas Técnica

07 Obra de emergencia para la reparación del puente de piedra sobre el Duero en San Esteban de Gormaz (Soria)

Emergency works for the repair of the stone bridge over the river Duero at San Esteban de Gormaz (Soria, Spain)

Javier Fernández Armijo, José María Riu Grávalos y José Antonio Martín – Caro

14 La evaluación y clasificación de la Seguridad Vial del conjunto de una red: nuevo enfoque e implementación en la red estatal de carreteras

Network-wide road safety assessment and safety ratings: A New Approach and Implementation in the State Road Network

Roberto Llamas Rubio



24 Intercomparación entre equipos estáticos y dinámicos para la obtención del coeficiente de retrorreflexión de la señalización vertical

Intercomparison study between static and dynamic equipment for measuring the retroreflection coefficient of vertical traffic signs

Miguel Ángel González Manchado y Adolfo Hoyos-Limón Cortés

35 Apartaderos: Un elemento funcional de la carretera

The lay-bys: a functional elements of road infrastructure

José Vidal Corrales Díaz



47 Influencia de los vehículos eléctricos en el comportamiento de los actuales sistemas de contención de vehículos: ¿Son eficaces o requieren de adaptaciones y/o una nueva validación?

Influence of electric vehicles on the behavior of current vehicle restraint systems: Are these systems effective or do they require adaptations and/or revalidations?

Diego Santiago González

ATC

55 Conferencia Internacional: La Administración de Transportes (carreteras y movilidad) del futuro

65 Entrega de Distinciones ATC 2025

69 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)
María 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 Pedraza Majarrez	Presidente del CT de Movilidad, Planificación y Diseño
Manuel Romana García	Presidente del CT de Geotecnia Vial
Paula Pérez López	Presidenta del CT de Conservación y Gestión
Emilio Criado Morán	Presidente del CT de Puentes de Carreteras
Roberto Llamas Rubio	Presidente del CT de Seguridad Vial
Antonio Muruais Rodríguez	Presidente del CT de Carreteras Sostenibles y Resilientes
Mónica Laura Alonso 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.



RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Ilustración de portada:

Centenario del Circuito Nacional de Firms Especiales (1926-2026)

Nº 205 OCTUBRE - DICIEMBRE 2025

Ética en la ingeniería



Rafael López Guarga

Presidente Comité Técnico C5 "Túneles"

La ingeniería es el medio que por excelencia transforma el mundo para beneficio del hombre, es importante a nivel mundial y sus avances tecnológicos son muy rápidos. Los profesionales de la ingeniería no sólo se relacionan con instrumentos tecnológicos, sino que su trabajo se orienta en beneficio de la sociedad, es decir posee una carga de alto impacto social, ambiental, técnico y económico.

El concepto de ingeniero debe estar íntimamente relacionado con el código de ética, de modo que debe ser la solución y no el problema, mejorando la calidad de vida y la salud de los miembros de la comunidad. Muchas veces el ejercicio de la ingeniería se vuelca en prestar sus prácticas a los intereses particulares, vulnerando el derecho a una vida mejor de los demás y dejando a un lado la protección del componente humano como principal fin de sus actuaciones.

El profesional debe ser consciente de que cada una de sus decisiones, invenciones y ejecuciones conllevan una responsabilidad ética, por el incremento de las exigencias de transparencia y responsabilidad, el incremento de las regulaciones, las normativas y mejores prácticas, el incremento de la presión competitiva y la nueva dimensión de valor que ha tomado el capital humano en el escenario de lo ambiental, social, técnico e industrial.

El binomio ética-ingeniero está muy influenciado por la educación y la tradición, las dinámicas políticas y el imperativo económico, aspectos éstos que conforman la estructura ética del ingeniero. ¿Por qué llegamos a tan elevados niveles de falta de ética?, ¿por qué la corrupción camina oronda y se la deja pasar incluso haciéndole venias?, ¿de qué nos quejamos, si muchos decimos "hecha la ley, hecha la trampa?", ¿por qué el valor máspreciado es la audacia para "esquivar" la ley?, ¿por qué ser pillo se premia?

Una buena base de educación y tradición se adquiere en el hogar, los padres y la familia pero también en las aulas, los maestros, los programas de educación y en la universidad. Asentar unos buenos principios permiten que en el ejercicio de la profesión se respete la palabra y las buenas prácticas, se aplique la experiencia adquirida, se llame a los conceptos de la ética por su nombre y que prime en la toma de decisiones el bien común sobre el interés particular.

El impacto de las dinámicas políticas en sus diferentes contextos puede dar lugar a crear una simbiosis política-ingeniero que puede afectar a la naturaleza del servidor público y al ciudadano y estar influenciado por la opinión pública. El ser político nace de la necesidad de servir al público, de representarlo y de luchar por la equidad, mientras que el principio y la razón de ser del ingeniero es el de servir a los ciu-

dadanos mediante habilidades técnicas que permitan solucionar problemas y alcanzar un desarrollo justo de las sociedades. Por ello, con la excusa del progreso no se debe abandonar el componente humano, en la falsa idea de un crecimiento que no involucra a los individuos ni a la sociedad.

Por último, el imperativo económico que a veces da lugar a un crecimiento económico desigual en los territorios, a prácticas comunes dentro de la dinámica económica y en definitiva una contraposición entre la equidad y la corrupción. Por ello, el ingeniero debe velar por un desarrollo justo y equitativo bajo la convicción de un bien mayor, tomando conciencia del cambio y transformación que su trabajo conlleva permitiendo un crecimiento integral y un mejor desarrollo de los distintos potenciales territoriales, desnaturalizando la corrupción como inherente a ese desarrollo.

La concepción del ingeniero del siglo XXI debe representar un cambio de paradigma. El ingeniero debe de ser partícipe de su propia creación, debe poseer una formación integral, que en los últimos años se ha abandonado y se ha especializado en exceso, debe poseer una perspectiva y visión amplias de las diferentes realidades, ser líder, de espíritu emprendedor, capaz de trabajar en equipo y sobre todo comprometido con su entorno social, con principios éticos y con una noción clara del bien común.

Por ello, el ingeniero en la actualidad, envuelto muchas veces en una dinámica de comodidad en prácticas incorrectas, en su capacidad natural de razonar y de decidir, que actúa a menudo como actor político, social y económico, debe dar un paso atrás hasta alcanzar una conciencia ética propia del profesional de la ingeniería hasta obtener fortaleza moral, honestidad e integridad firmes. Debe romper paradigmas económicos y políticos, imponiendo la labor ingenieril como la base del desarrollo, no como resultado del juego de poder. Hay que recuperar la escuela, el espacio laboral, la comunidad y en definitiva al ingeniero como sujeto mismo y colocarlo en el centro como protector y guía de la sociedad.

Los profesionales deben ser modelo de comportamiento ético y, como ya se ha indicado, los ingenieros durante su proceso de formación deben prepararse para comprender los retos del momento y así desarrollar los futuros a los que se verán enfrentados. La credibilidad y la confianza que la sociedad tenga en la ingeniería y en los ingenieros es un factor esencial en el desarrollo profesional, que debe trascender al simple reconocimiento de sus habilidades y competencias, por lo que además de dominar las diferentes técnicas deben ser portadores del equilibrio, la justicia y la equidad. ❖



Miguel Caso Florez

Nuevo Secretario General de PIARC



Empecé a trabajar en PIARC, la Asociación Mundial de la Carretera, en 2005. En aquella época el gran evento de referencia era el XXIII Congreso Mundial de la Carretera en París en 2007, que iba a marcar el centenario de la Asociación y el regreso a París del Congreso Mundial, que dio origen a PIARC tras el Primer Congreso Mundial de la Carretera de 1908. Así que me pidieron que traba-

jara en PIARC al menos hasta 2007. Yo les dije que dos años podía ser mucho tiempo, y que firmásemos un contrato de un año y luego evaluásemos de nuevo a situación, y aquí sigo en PIARC 20 años después, agradecidísimo por esta experiencia profesional, por todos los temas interesantes que he podido abordar, por el impacto que hemos tenido desde PIARC mejorar la infraestructura vial,

el transporte por carretera y la vida de las personas a nivel mundial, y sobre todo por la magnífica gente que he encontrado a lo largo de estos 20 años, dispuestos a compartir las mejores prácticas sobre la infraestructura vial y el transporte por carretera y a mejorar juntos el sector de la carretera.

Comencé como Consejero Técnico en la Secretaría General, enviado

por España, apoyando el Tema Estratégico de la Resiliencia y trabajando para apoyar la participación de España e incrementar la participación de los países iberoamericanos. En 2016 se me nombró Director Técnico de PIARC, y desde entonces tengo el privilegio de apoyar en su misión a los 23 Comités Técnicos de PIARC, que movilizan a más de 2.000 expertos de más de 100 países diferentes. Gestiono el programa de Seminarios, Conferencias y Talleres internacionales con más de un evento internacional al mes, así como el programa de temas emergentes de los Proyectos Especiales de PIARC que responden a cuestiones urgentes en menos de 12 meses.

El pasado mes de octubre el Consejo de PIARC, donde están representados los 128 países miembros me nombró próximo Secretario General de PIARC. Me siento muy honrado y agradecido por ese nombramiento y la confianza que me han mostrado los países. Voy a ser el primer Secretario General no francés en más de un siglo de existencia de la Asociación. También es la primera vez que el Secretario General es propuesto por más de un país. Concretamente, 23 países me propusieron como próximo Secretario General, 8 países más enviaron cartas de apoyo a mi candidatura, y el Consejo me nombró por unanimidad. Asumiré el cargo en el primer trimestre de 2026, y trabajaré para cumplir todas las expectativas de los países miembros, incluso superándolas cada vez que sea posible.

Durante toda mi labor en PIARC, he tenido un apoyo continuo e inestimable de la ATC. Jamás habría llegado a este nombramiento sin el apoyo de la ATC y de todos sus dirigentes con los que he podido colaborar a lo largo de estos 20 años y que me han ofrecido su confianza. Mi sincero agradecimiento a todos ellos.



Ahora mismo estoy viviendo un momento muy bonito, con mucha gente y organismos mostrándose su apoyo y sus ganas de mejorar aún más PIARC, de aumentar su relevancia e impacto, de hacerla aún más transparente y accesible. Al mismo tiempo, soy consciente de que tenemos desafíos importantes por delante y me estoy preparando para ellos. Estoy reorganizando la Secretaría General para responder más eficazmente a las expectativas de los miembros, alinear la organización interna con los objetivos estratégicos de PIARC, y atraer personal de gran talento para la renovación de puestos. Un buen líder tiene que ser un poco como las matrioskas, ser la muñeca pequeña del centro y rodearse de los profesionales más grandes que pueda encontrar.

A nivel técnico también asumo el compromiso de mejorar PIARC. Soy el primer Secretario General que asume el cargo con 20 años de experiencia en la organización, así que mi rendimiento sería muy bajo si no mejorase a PIARC en todos sus aspectos. Los Comités Técnicos son el motor de la Asociación. Cerca de 2.000 expertos de más de 100 países trabajan en ellos con una dedicación admirable. Mi compromiso con ellos es que PIARC tiene que ser la mejor casa mundial para que los expertos

desarrollen su trabajo, y si no es el caso, les agradeceré que me lo digan, porque trabajaremos con humildad para conseguirlo.

PIARC es el organismo ideal para que los gobiernos se inspiren para desarrollar sus programas estratégicos, para afrontar sus desafíos y oportunidades nacionales, para compararlos con estrategias de multitud de países y entender qué está funcionando bien y cuáles son las barreras para que funcionen mejor, y todo ello a un coste extremadamente económico que puede ahorrar millones de euros en cada país. Esta misión la cumplimos gracias a los Comités Técnicos mundiales y a la participación activa de los gobiernos miembros, los comités nacionales y todos los profesionales del sector de la carretera.

PIARC se ha construido desde hace más de un siglo sobre los excelentes aportes sucesivos de numerosas personas. Mi mandato como Secretario General estará siempre abierto a la participación de todos y al servicio de los países miembros y a la comunidad del sector vial mundial. Siéntanse cordialmente invitados a participar en PIARC, su casa, para perfeccionar aún más el sector de la carretera y seguir mejorando la vida de las personas. ❖

Obra de emergencia para la reparación del puente de piedra sobre el Duero en San Esteban de Gormaz (Soria)



Emergency works for the repair of the stone bridge over the river Duero at San Esteban de Gormaz (Soria, Spain)

Javier Fernández Armiño

*Jefe de Demarcación Carreteras del Estado
Castilla y León Oriental*

José María Riu Grávalos

*Jefe de Unidad Carreteras del Estado
Soria*

José Antonio Martín – Caro

*CEO
INES ingenieros*

El artículo describe el colapso del tajamar 10 del puente de piedra sobre el río Duero en San Esteban de Gormaz (Soria) durante la borrasca Jana en marzo de 2025 y la rápida respuesta para restituir el tráfico. Gracias al conocimiento previo de la estructura se diagnosticó una implosión del tajamar por empujes de los rellenos saturados, descartando la socavación de la pila. Se expone el diseño y ejecución de un nuevo puente interior de hormigón armado sobre losa micropilotada, junto con inyecciones de consolidación, impermeabilización y drenaje, que permitieron recuperar la plataforma en ocho semanas respetando al máximo el carácter patrimonial del puente.

The article describes the collapse of cutwater no. 10 of the stone bridge over the river Duero at San Esteban de Gormaz (Soria) during storm Jana in March 2025 and the swift response to restore traffic. On the basis of existing studies, the failure was diagnosed as an implosion of the cutwater due to pressures from saturated infill, ruling out scour of the pier. The paper presents the design and construction of an internal reinforced-concrete bridge on a micropiled slab, together with consolidation grouting, waterproofing and drainage, which allowed the platform to be reopened within eight weeks while preserving the heritage character of the bridge.

1. Introducción

El paso de la borrasca Jana en la provincia de Soria, a principios de marzo de 2025, dejó malas noticias desde el punto de vista de las infraestructuras de transporte terrestre por carretera, en especial sobre el puente de piedra sobre el río Duero en el municipio soriano de San Esteban de Gormaz, en el p.k. 70+000 de la carretera N-110, concretamente en el tajar número 10 aguas abajo.

En la actualidad, la recurrencia de fenómenos catastróficos asociados a DANAS, crecidas fluviales, movimientos sísmicos, incendios y otros eventos naturales extremos, ha incrementado de manera significativa el grado de exposición y deterioro de nuestro patrimonio. Esta realidad ha puesto de relieve la necesidad de superar el enfoque tradicional de conservación, centrado exclusivamente en la evaluación del estado material de los bienes, para incorporar de forma sistemática el análisis de su vulnerabilidad frente a dichas amenazas.

El tránsito hacia este nuevo paradigma implica no solo dictaminar y diagnosticar el estado de nuestros monumentos, sino también comprender y modelizar su respuesta estructural y funcional ante eventos cada vez más intensos y recurrentes. De este modo, al igual que los indicadores de conservación han facilitado la planificación de tareas de mantenimiento y restauración, los indicadores de vulnerabilidad permitirán el diseño de estrategias de adaptación específicas, ajustadas a la naturaleza de los riesgos que enfrenta cada bien patrimonial.

No es fácil sustituir, corregir o reforzar nuestros bienes patrimoniales de alto valor que presentan un adecuado estado de conservación, pero que, al mismo tiempo, muestran una elevada vulnerabilidad frente a fenómenos extremos. Del mismo modo, tampoco es

razonable obviar su grado de susceptibilidad, entendida como la probabilidad de fallo ante dichos eventos.

El puente de San Esteban de Gormaz es un buen ejemplo de patrimonio en correcto estado y vulnerable, proyectado y construido para unas condiciones de seguridad muy diferentes a las que soporta y bajo un marco de seguridad que no tenía en cuenta estos fenómenos extremos (no parece lógico pensar que en el S XVI se hablara de avenidas de periodo de retorno de 500 años). La Dirección General de Carreteras lleva ya, desde hace muchos años, implementando una gestión inteligente de sus puentes donde ha ido introduciendo estos conceptos de manera paulatina. Conceptos como indicadores de estado, mantenimiento predictivo, vulnerabilidad, medidas adaptativas, están ya asumidos, pero esto no evita que a veces se produzcan fallos locales en nuestros bienes por su especial vulnerabilidad pero si permiten que la respuesta ante ellos sea rápida y precisa como veremos a continuación.

En este artículo, se presenta el caso del puente de San Esteban de Gormaz en Soria que sufrió un colapso parcial ante las avenidas del río Duero acaecidas los días 7,8 y 9 de marzo de 2025.

2. El puente, su localización y su estructura

La estructura está situada en el P.K. 70+000 de la carretera nacional N-110, en el municipio de San Esteban de Gormaz, provincia de Soria. Soporta el paso de tráfico rodado de la carretera nacional, salvando el cauce del río Duero. La estructura se inserta dentro del entramado urbano de la localidad.

Se trata de un puente de bóvedas de fábrica de 16 vanos sobre el río Duero, con rasante en lomo de asno. Las bóvedas son de medio punto y de luces distintas. Las pilas presentan tajamares aguas arriba y aguas abajo, que en su parte superior sirven de refugio para los peatones. La plataforma cuenta con dos andenes para aumentar su anchura. Estos andenes consisten en vigas empotradas, trabajadas en ménsula, de hormigón armado, que permiten aumentar el ancho de la calzada, y disponer de aceras y barandillas de protección en ambos sentidos. La longitud total del puente es de 200 metros aproximadamente. El puente no presenta esviaje.

Bajo la estructura, el río Duero se encauza por dos grandes cursos, como se puede apreciar en la figura



Figura 1. Vista en planta del puente. (Fuente: vuelo aéreo realizado en octubre 2010).

nº1. El caudal más importante corre próximo al estribo 2, mientras que el resto discurre junto al estribo 1. En los vanos centrales únicamente circula agua en caso de avenidas excepcionales.

De la documentación previa se sabe que los distintos elementos constitutivos de la estructura datan de tres fechas diferentes. En primer lugar, existe el puente antiguo, de fecha de construcción desconocida y que es el resultado de un gran número de intervenciones ocurridas hasta el siglo XIX, cuya configuración anterior ha sido posteriormente modificada conforme a las operaciones recogidas en estudio histórico del documento [6], en segundo lugar, en el proyecto de reparación de mayo del año 1.908, y posteriormente y en tercer lugar, modificado otra vez con las obras del ensanche y reparación del año 1.929.

- **Cimentación:** Las cimentaciones de la estructura no se sabe con seguridad de qué época son. En los documentos anteriores consultados no se hace mención expresa de la cimentación y,

por lo tanto, se puede tratar de la original del puente que podría pertenecer, a un puente romano derruido y haber sido aprovechada para la construcción de este puente. En las reformas llevadas a cabo en el siglo XX no se preveía el refuerzo, la ampliación o la ejecución de nuevas cimentaciones. Los posteriores ensanches se han ejecutado a costa de los tajamares preexistentes.

Las pilas y estribos de la estructura se asientan sobre los depósitos aluviales cuaternarios del río Duero, concretamente sobre un nivel de gravas muy próximo en profundidad a otro nivel rocoso del Terciario. Un sondeo inclinado realizado durante la redacción del proyecto del año 2016 bajo una de las pilas permitió confirmar que la estructura de las pilas del puente está conformada con sillares de caliza que encierran un relleno granular en su interior (gravas y arenas) y que apoyarían sobre un cimiento formado por bloques de arenisca muy dura (cuarzoarenitas) de dimensiones similares a los sillares que apoya

directamente, mediante un contacto neto, sobre las gravas.

- **Estribos y pilas:** La estructura cuenta con dos estribos y quince pilas. Las pilas cuentan con tajamares aguas arriba y aguas abajo, que se prolongan hasta la rasante, proporcionando apartaderos a ambos lados de la calzada. En las doce primeras pilas los tajamares de aguas arriba son triangulares (vistos en planta), mientras que los tajamares de aguas abajo son arcos de circunferencia. Las pilas 13, 14 y 15 (ejecutadas en 1.908) presentan igualmente tajamares triangulares aguas arriba, pero aguas abajo son de planta rectangular. Los estribos son cerrados, y su altura es reducida.

La altura de las pilas es variable, por ser la rasante en lomo de asno. El cambio de rasante se produce sobre la sexta pila, que en consecuencia es la más alta. La anchura de las pilas también es variable.

- **Bóvedas:** Según la memoria del proyecto del año 1908, el espesor en la clave de los arcos recons-

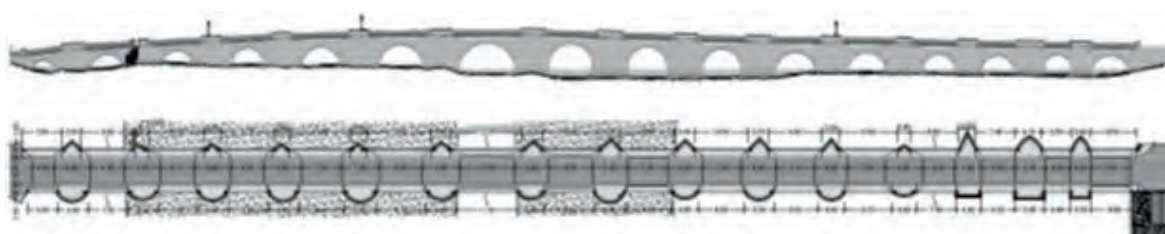


Figura 2. Alzado aguas arriba y planta de la estructura.

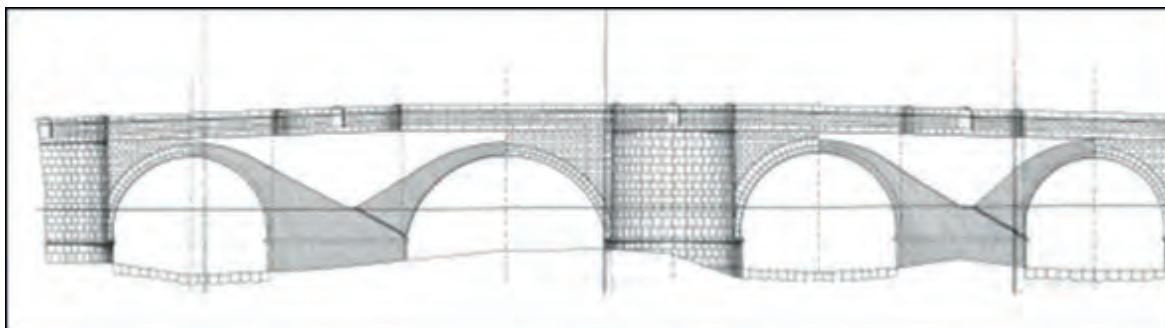


Figura 3. Vanos 5 al 8. Alzado aguas abajo / sección longitudinal.

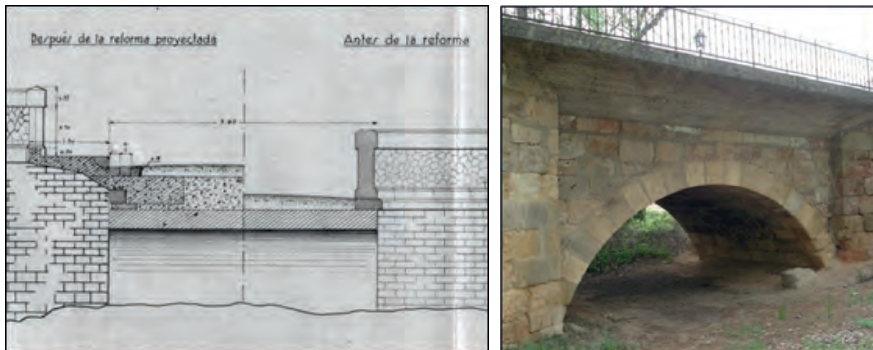


Figura 4. Sección transversal antes de la reforma y después de la reforma. Andenes laterales construidos. (Fuente: Proyecto original de la Reparación del Puente en 1929).

truidos está deducido por la fórmula de Croizzette. Sobre todas las roscas se ha dispuesto un relleno de hormigón hidráulico. El espesor de este relleno varía de 0,10 metros sobre la clave de cada arco, al punto de la pericicloide de Dejardin en la junta correspondiente sobre cada pila. La pericicloide (o epicicloide) es la curva generada por la trayectoria de un punto de una circunferencia que rueda, sin deslizamiento, por el exterior de otra circunferencia directriz (en este caso la bóveda). Es un tipo de ruleta cicloidal. En la intersección de las epicicloides de los dos arcos se encuentra el punto bajo del relleno de mortero. Desde este punto parte el desagüe entubado del relleno.

Según esto, el punto bajo del relleno rígido varía en función de la altura de las bóvedas contiguas. Sobre el relleno rígido, el material aportado es granular.

- **Tímpanos y voladizos:** Los tímpanos fueron reconstruidos, según la documentación previa, en el año 1908. Los voladizos, de hormigón armado, son de 1.929. Los andenes se proyectaron como vigas empotradas transversalmente de hormigón armado, con contrapesos del mismo material. Los contrapesos quedan bajo el firme y el acerado, en el trasdós de los tímpanos.

Transversalmente, los andenes permiten disponer a ambos lados de la calzada de un zuncho de anclaje para la barandilla de 20 centímetros de anchura, y una acera de 1,25 metros para cada sentido de circulación, además de ampliar el ancho de calzada hasta un total de 5,10 metros.

- **Plataforma:** La calzada, como ya se ha indicado anteriormente, está constituida por un firme de 5,10 metros de ancho, dos aceras

de 1,25 metros, y dos zunchos para la base de la barandilla de 0,20 metros, en total 8,00 m. Presenta rasante en lomo de asno, teniendo pendiente más pronunciada hacia el estribo 1 que hacia el estribo 2.

3. Los primeros análisis de vulnerabilidad y las primeras medidas adaptativas en 2016

En el año 2016 como respuesta a los primeros análisis de vulnerabilidad del puente frente a las crecidas del río Duero se llevó a cabo un proyecto de reparación y adaptación. Este proyecto además de una puesta en valor de los alzados del puente (que requería de una rehabilitación integral debido al paso de los años) recogía una serie de medidas adaptativas en cuanto a la mejora en la interacción entre cauce y estructura.

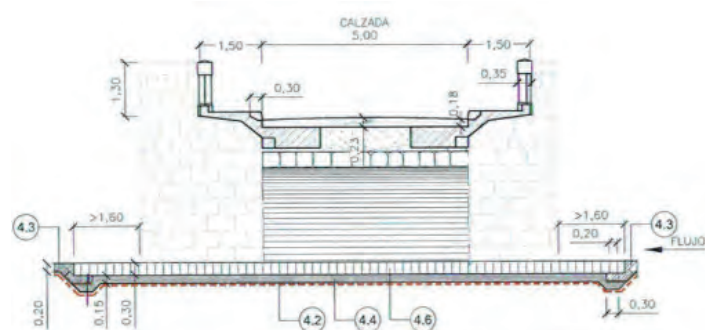


Figura 5. Solera mediante adoquines ejecutada en 2017.



Figura 6. Vista de la obra terminada en 2017. Se puede ver la solera ejecutada y su rastrillo de escollera y se señala el tajamar de la pila 10.

Estas medidas se centraban en evitar fenómenos de socavación tanto general como local, ejecutándose una nueva solera natural materializada mediante adoquines impresos de hormigón para proteger mejor las cimentaciones de las pilas y mejorar en general el comportamiento e interacción entre el Duero y la estructura. Estas medidas se complementaron con la colocación de escollera en pilas y allí donde se detectaron saltos de agua.

En esta misma actuación se reparó uno de los tajamares circulares aguas abajo que, debido a los empujes hidrostáticos que ejercía el relleno contenido, se encontraban agrietados verticalmente. Se intervino materializando unos anclajes radiales y un elemento circunferencial de zunchado en dos niveles para evitar su colapso.

4. El colapso local del tajamar número 10

El 9 de marzo de 2025 se produjo el colapso parcial del tajamar de aguas abajo de la pila 10, arrastrando en su caída parte del tímpano y la ampliación de la plataforma realizada en 1929. Este colapso, si bien parcial, obligaba a cortar al tráfico tanto rodado como peatonal en el puente, con el consiguiente trastorno a la población.

Gracias al conocimiento previo del puente y a las medidas adaptativas tomadas en el pasado se pudo dictaminar con premura que el colapso no se había producido por socavación de la pila sino por implosión del tajamar debido a los empujes generados por los rellenos interiores que derivaban en unas tensiones circunferenciales que la sillería no es capaz de absorber. Los rellenos en ese momento se encontraban totalmente saturados por las lluvias ocurridas en los últimos días.

Este dictamen rápido permitió incluso antes de que bajara el nivel del agua del río Duero, planificar y proyectar las reparaciones pertinentes en la semana siguiente al colapso.

5. La actuación de emergencia

En este caso, las obras de emergencia debían encontrar un equilibrio entre el respeto al bien patrimonial y

devolver el tráfico peatonal y rodado lo antes posible. Este equilibrio obligó a plantear las obras en dos fases.

En la primera, se debía restaurar el tráfico rodado, tanto de vehículos ligeros como de pesados, en el menor plazo posible por lo que se decidió llevar a cabo una nueva estructura en el interior de la existente. Esta estructura es, a su vez, un nuevo puente de hormigón armado de dos vanos. El puente consiste en una losa micro pilotada de 33.25 metros



Figura 7. Vista aérea del colapso del tajamar aguas abajo de la pila 10.



Figura 8. Vista parte superior del colapso del tajamar aguas abajo de la pila 10



Figura 9. Colocación de la ferralla en la losa micropilotada de los dos vanos nuevos



Figura 10. Vista de la prueba de carga realizada sobre la estructura una vez ejecutado un puente interior de hormigón armado.

de longitud total y con luces de 13.30 y 13.00 metros. Esta solución no está justificada en la incapacidad de las bóvedas existentes (se habían llevado a cabo estudios de capacidad de éstas dando resultados satisfactorios incluso para las cargas de la normativa actual) sino en la premura por recuperar la plataforma para restituir el tráfico.

Quizás no sea la solución más respetuosa con el puente ya que alte-

ra y sustituye el mecanismo resistente original, pero reconstruir el puente de manera tradicional hubiera obligado a esperar a que el Duero bajara de nivel y a una obra tradicional de reconstrucción con un plazo de más de 8 meses, el compromiso adquirido era devolver el tráfico en 8 semanas. Así mismo, una vez finalizadas las obras de emergencia, este nuevo puente dentro del antiguo no se va a ver, no rompe el aspecto exterior del puente de piedra.

Además, en esta fase, se aprovechó el corte total sobre el puente para llevar a cabo una actuación fundamental para la vida de estas estructuras, su impermeabilización y la instalación de un sistema de drenaje y desagüe en plataforma, siendo esto muy necesario. La impermeabilización de los puentes de fábrica es fundamental, y no es sencilla, al no contar con una superficie franca sobre la que poder impermeabilizar y además estar “llenos” de servicios y elementos pasados. En este caso, la impermeabilización se llevó a cabo gracias al fresado del pavimento existente, el extendido de una capa de MBC de 3 cm, la colocación de una doble lámina asfáltica y el extendido final de una capa de MBC de 7 cm de espesor de firme. Igualmente se impermeabilizaron aceras y tajamares mediante la aplicación de una membrana impermeable de resina de poliuretano monocomponente y se ejecutaron gárgolas en la plataforma del puente para evacuar la escorrentía de la calzada en los centros de vano.

En la segunda fase, ya con el puente en servicio, se procedió, por una parte, a reconstruir el tajamar caído y los tímpanos que había arrastrado y, por otra parte, a consolidar los rellenos de los tajamares y a repararlos. La consolidación de los tajamares se ha hecho mediante la inyección de lechada de cal a la que se ha ido añadiendo árido en función del volumen de admisión. Los volúmenes de lechada inyectados han sido muy importantes, lo que da una idea de la desconsolidación de los rellenos interiores. El objetivo de estas inyecciones no sólo radicaba en el relleno de los huecos sino en la cementación de los rellenos granulares interiores, dotándoles de cohesión y evitando o reduciendo sus empujes. Previo a las inyecciones se llevó a cabo el rejuntado de las fábricas y al término de las mismas, la limpieza de los paramentos y alzados del puente.



Figura 11. Vista de los alzados una vez terminadas las operaciones de consolidación y limpieza



Figura 12. Reconstrucción del tajamar caído.

La reconstrucción del tajamar se llevó a cabo reutilizando los sillares caídos hasta donde se pudieron recuperar y con el uso de sillares y piezas nuevas de cantera. En el interior del tajamar se vertió hormigón ciclópeo por tongadas de hasta 60 cm donde la carcasa exterior de sillares reconstruida servía de encofrado. Aunque se cuidó la estereotomía y variedad cromática de los nuevos sillares, se nota diferencia entre los nuevos y antiguos (aspecto que no es negativo ya que sirve para diferenciar la intervención). Esta diferencia actual se irá atenuando con los años.

6. Conclusiones

Los eventos climáticos extremos son cada vez más frecuentes e intensos, afectando a nuestro patrimonio que se encuentra en una situación vulnerable por la propia genealogía de su construcción. Especial atención hay que prestar a nuestros puentes, que llevan en servicio, en ocasiones más de 200 años, soportando condiciones de explotación cada vez más exigentes y siendo piezas fundamentales en nuestra movilidad.

El paso de la borrasca Jana en la provincia de Soria, a principios de marzo de 2025, provocó el corte de la carretera N-110, en el p.k. 70+000, término municipal de San Esteban

de Gormaz, debido al colapso del tamar número 10, aguas abajo, del puente de piedra sobre el río Duero. Situación que se produjo, fundamentalmente, por la naturaleza de los rellenos granulares del puente, de mala calidad y con un alto porcentaje de finos, estando éstos nada cementados. Si a esto le sumamos la filtración de aguas pluviales por el pavimento y aceras hacia el interior del puente se puede asegurar que se produjo un empuje hidrostático sobre el tamar de sillería que no fue capaz de resistir, al generar en él unas tensiones circunferenciales que la sillería no fue capaz de absorber.

Por otro lado, hay que recalcar la rápida y acertada intervención de los diferentes agentes que han participado en la solución urgente del problema, tanto la Ingeniería Ines, como la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Oriental junto con la Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos y con la Dirección Técnica del MITMS, así como el contratista principal de obras Orión. Pues en menos de dos meses conseguimos abrir el puente de piedra sobre el río Duero en la N-110, p.k. 70+000, a todo tipo de tráfico y a peatones.

Debemos prestar atención no solo a los fenómenos más habituales y peligrosos asociados a las avenidas como puedes ser, la socavación de sus pilas y estribos, el impacto de elementos de arrastre, la subpresión en el tablero, etc. sino a otros, como la saturación de rellenos en puentes de fábrica que pueden derivar en colapsos parciales. Estos fenómenos menos comunes se están produciendo cada vez con más frecuencia por el cansancio de nuestros puentes (daños acumulados con el tiempo como la pérdida de los rellenos por su lavado) y por la intensidad concentrada de las lluvias que se están produciendo en los nuevos escenarios climáticos. ❖

La evaluación y clasificación de la Seguridad Vial del conjunto de una red: nuevo enfoque e implementación en la red estatal de carreteras



Network-wide road safety assessment and safety ratings: A New Approach and Implementation in the State Road Network

Roberto Llamas Rubio

Presidente del Comité de Seguridad Vial de la ATC

*Jefe de la Unidad de Seguridad Vial Dirección General de Carreteras.
Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (España)*

La gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias ha evolucionado desde enfoques puramente reactivos, centrados en el análisis de la accidentalidad, hacia un modelo proactivo e integral enmarcado en la filosofía del “Sistema Seguro”. Este nuevo paradigma, que busca crear infraestructuras que “perdonen” el error humano (carreteras benignas), ha sido impulsado en Europa por la Directiva (UE) 2019/1936, que modifica la anterior Directiva 2008/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias. La nueva legislación establece la obligatoriedad de realizar una evaluación de la seguridad vial del conjunto de la red (Network-wide road safety assessment), un procedimiento novedoso que integra el análisis de la seguridad intrínseca de la vía con el estudio de la siniestralidad.

Este artículo describe el marco normativo europeo, detalla la metodología propia desarrollada por la Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MTMS) para dar cumplimiento a la Directiva, y presenta los primeros resultados obtenidos tras su aplicación en unos 12.500 km de la Red de Carreteras del Estado (RCE). El modelo español, que combina una evaluación proactiva y otra reactiva, ha demostrado ser una herramienta eficaz para clasificar la red según su nivel de seguridad e identificar los tramos donde las inversiones en mejoras tendrán un mayor impacto en la reducción de la siniestralidad.

Road infrastructure safety management has evolved from purely reactive approaches focused on accident analysis to a proactive and comprehensive model framed within the “Safe System” philosophy. This new paradigm, which seeks to create infrastructures that “forgive” human error (forgiven roads), has been promoted in Europe by Directive (EU) 2019/1936, which amends Directive 2008/96/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on road infrastructure safety management. The new legislation makes it mandatory to conduct a Network-wide road safety assessment, a novel procedure that integrates the analysis of the in-built safety with the study of accidents.

This paper describes the European regulatory framework, details the methodology developed by the Directorate General for Roads (DGC) of the Ministry of Transport and Sustainable Mobility (MTMS) to comply with the Directive, and presents the initial results obtained after its application on approximately 12,500 km of the State Road Network (RCE). The Spanish model, which combines proactive and reactive assessments, has proven to be an effective tool for classifying the network according to its safety level and identifying the sections where investment in improvements will have the greatest impact on reducing accidents.

1. Introducción: hacia un nuevo paradigma en la seguridad vial

La seguridad vial se ha consolidado como un eje estratégico de la política de transportes europea. Desde comienzos del siglo XXI, la UE ha alineado objetivos ambiciosos —reducir a la mitad las víctimas mortales y, a largo plazo, alcanzar el “cero”— con instrumentos normativos y técnicos que han permeado toda la cadena de valor de la infraestructura: planificación, proyecto, construcción, conservación y explotación.

La Directiva 2008/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias, nació con un ámbito de aplicación obligatorio circunscrito a la red transeuropea (TEN-T) y dejaba a criterio de los Estados su extensión al resto de redes. Su experiencia fue positiva —gracias a auditorías, inspecciones y el análisis de tramos de concentración de accidentes—, pero heterogénea en alcance y resultados.

Esta Directiva supuso un primer salto cualitativo en Europa al introducir procedimientos reglados de

gestión de la seguridad viaria. Una década después, el objetivo tradicional de la reducción de accidentes ha impulsado un cambio conceptual profundo en la seguridad vial, que ha ido evolucionando desde sus orígenes, de los procedimientos reactivos empleados inicialmente, como la identificación y tratamiento de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), hacia procedimientos proactivos, aunque sin olvidar los primeros, desembocando en una gestión integral de la seguridad vial.

Este cambio se materializa en un nuevo enfoque cuyo objetivo es llegar a realizar una gestión integral de la seguridad vial, tanto desde el punto de vista de la infraestructura, incluyendo las etapas de planificación, diseño, construcción y explotación, como desde el punto de vista de todos los usuarios de la vía.

Esta nueva visión se sustenta en los principios del “sistema seguro” que asume dos premisas fundamentales: los seres humanos cometen errores y el cuerpo humano tiene una tolerancia limitada a las fuerzas de un impacto.

Bajo este prisma, la responsabilidad de la seguridad no recae únicamente en el usuario, sino en todo el sistema, incluyendo a quienes

diseñan, construyen y gestionan las infraestructuras

La concepción de la gestión integral implica que se deben seguir estudiando los accidentes para entender y abordar las causas fundamentales que los provocan, pero, además, se debe actuar de forma PROACTIVA.

En el enfoque proactivo la prevención es la clave. La acción preventiva en el ámbito de la seguridad vial se articula en los siguientes pilares:

- Crear carreteras que impidan la ocurrencia de accidentes o sus consecuencias más drásticas ante un fallo humano, carreteras diseñadas para minimizar las consecuencias de los errores de conducción, evitando que estos se traduzcan en accidentes graves o mortales (“forgiving roads” o “carreteras que perdonan”)
- Adaptar las carreteras existentes a los principios de carreteras “benignas”, actuando antes de que ocurra el accidente.
- Disponer de procedimientos de gestión de la seguridad de las infraestructuras “proactivos”.

Este enfoque preventivo o proac-

tivo es el pilar de la nueva Directiva (UE) 2019/1936, que modifica la Directiva 2008/96/CE.

La revisión de la normativa surgió ante la evidencia de que, tras años de mejoras continuas, la reducción de víctimas mortales en la Unión Europea se había estancado, haciendo previsible el incumplimiento de los objetivos de seguridad vial. La nueva Directiva busca dar un nuevo impulso (revulsivo) a la seguridad de las infraestructuras, mejorando el seguimiento, ampliando su ámbito de aplicación e incorporando y promoviendo metodologías más integradas y proactivas.

2. Implicaciones de la Directiva (UE) 2019/1936 en los procedimientos de gestión

La Directiva 2019/1936 introdujo cambios sustanciales en la gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias. La implicación más relevante en relación con los procedimientos de gestión es el establecimiento de un procedimiento denominado "Evaluación de la seguridad de las carreteras del conjunto de la red" (Network-wide road safety assessment) que integra los procedimientos anteriores de gestión de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA) y la clasificación de la seguridad de la red.

Este procedimiento combina dos enfoques: uno proactivo, basado en la seguridad intrínseca de la infraestructura, y otro reactivo, centrado en la accidentalidad registrada, para clasificar la red en, al menos, tres categorías de seguridad. Esta integración persigue permitir una clasificación más precisa del nivel de seguridad de cada tramo de carretera.

Una vez realizada la evaluación y clasificados los tramos de la red

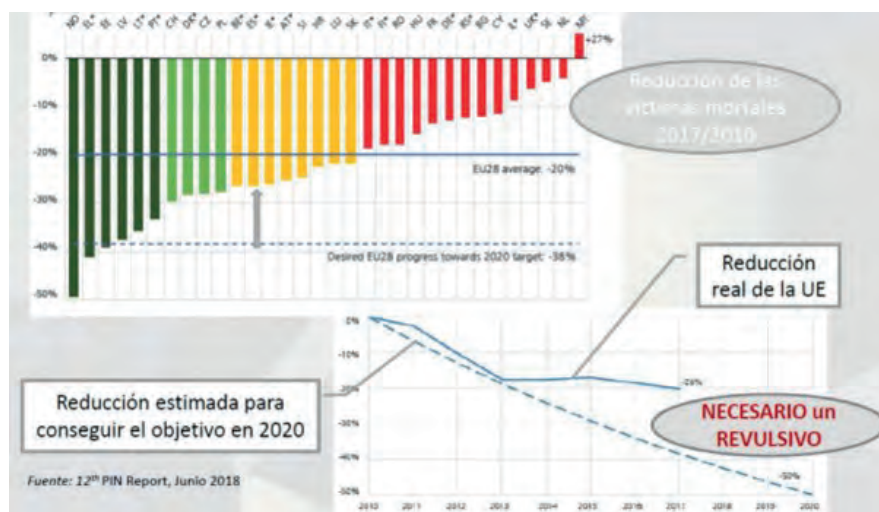


Figura 1. Situación de la evolución de las víctimas mortales en accidentes de tráfico que motivó el cambio de enfoque en la seguridad vial.

en función de su seguridad, los tramos con prioridad alta deben ser objeto de inspecciones detalladas para definir medidas correctoras. Las evaluaciones deberán repetirse cada cinco años.

La primera evaluación debía realizarse antes de finales de 2024 y comunicarse a la Comisión Europea los resultados de la clasificación de los tramos completos de la red antes del 31 de octubre de 2025, la cual publicará un mapa europeo de seguridad vial. Este proceso se repetirá cada cinco años.

3. Marco normativo y transposición en España

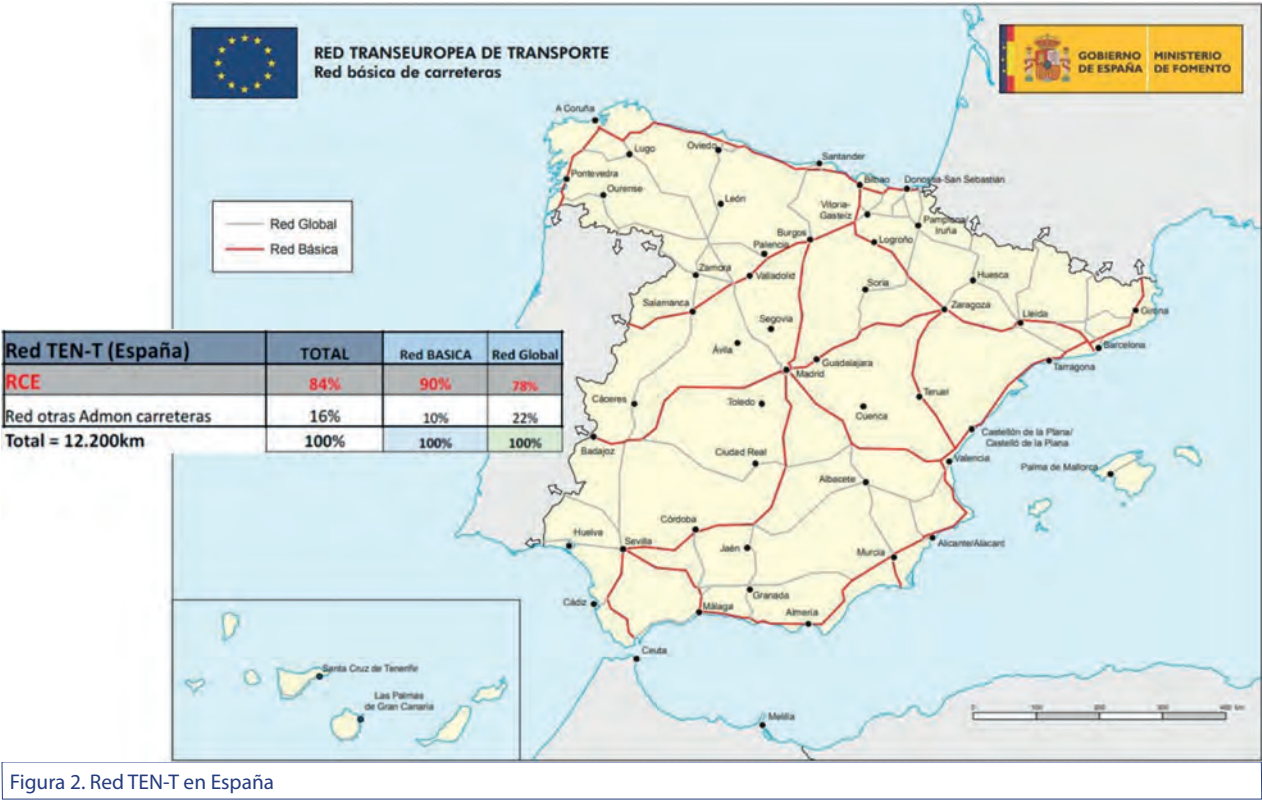
La transposición de la Directiva 2019/1936 en España se ha materializado mediante el Real Decreto 61/2022, que modifica el RD 345/2011, de 11 de marzo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado. Este nuevo marco establece la obligatoriedad de evaluar la seguridad vial en toda la red TEN-T, autopistas, autovías y en otras carreteras principales, que los Estados miembros deben definir y comunicar a la Comisión Europea,

incluyendo aquellas financiadas con fondos europeos.

En el caso de España, en principio, esto abarca la totalidad de las autopistas y autovías de la Red de Carreteras del Estado (RCE) y las carreteras convencionales y multicarril que forman parte de la red TEN-T en la Red de Carreteras del Estado (RCE), así como todas las autopistas de las redes de carreteras del resto de administraciones con competencias en carreteras y las autovías, carreteras convencionales y multicarril que forman parte de la red TEN-T en las redes de carreteras del resto de administraciones con competencias en carreteras, así como las que consideren como carreteras principales.

4. Metodología española de evaluación del nivel de seguridad

Si bien la Comisión Europea propuso una metodología orientativa, esta no era de obligado cumplimiento y tampoco convincente para la mayor parte de los países con "peso" dentro de la Unión Europea. Así, tras un análisis detallado, la Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Transportes



tes y Movilidad Sostenible (MTMS) de España, al igual que otros Estados miembros, concluyó que dicha metodología presentaba carencias significativas para reflejar adecuadamente la realidad de su red viaria y optaron por el desarrollo y aplicación de una metodología propia.

Entre otras cuestiones, se concluyó que otorgaba una preponderancia excesiva a la seguridad “intrínseca” frente a la accidentalidad real, y que aplicaba penalizaciones y umbrales poco adecuados para las características del diseño de las carreteras españolas (p. ej., penalización por la mera existencia de barreras de seguridad o penalización excesiva por la coexistencia de usuarios vulnerables en la calzada, admitiendo sólo vías segregadas para estos usuarios o umbrales de radios de curvatura muy restrictivos)

Por ello, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha desarrollado una metodología pro-

pia para realizar las evaluaciones en la Red de Carreteras del Estado, respetando los principios de la Directiva y compatible con ellos, pero adaptándolos a las características de su red viaria e incorporado mayor número de elementos evaluables que en la propuesta de la Comisión (22 parámetros frente a 12).

La finalidad de este modelo no es solo cumplir con la normativa, sino disponer de una herramienta robusta para identificar y priorizar los tramos con mayor potencial de mejora de la seguridad, optimizando así la inversión.

El resto de las administraciones con competencias en carreteras en las que resulta aplicable la Directiva 2019/1936 han seguido diferentes caminos. Algunas han aplicado su propia metodología, otras utilizan la metodología del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y otros han tomado como base esta metodología adaptándola a las particularidades de su red.

La metodología desarrollada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible se basa, al igual que la de la Comisión, en una combinación de dos enfoques complementarios:

1. Evaluación proactiva: Analiza la seguridad “intrínseca” de la carretera, basada en sus características geométricas, equipamiento y entorno. Utiliza hasta 17 elementos o parámetros, frente a los 10 de la propuesta europea, e incluye aspectos geométricos, equipamientos, accesos y condiciones para usuarios vulnerables.
2. Evaluación reactiva: Analiza la accidentabilidad registrada en el tramo incorporando datos de accidentes, TCA e índices de peligrosidad. Concretamente, utiliza 5 elementos o parámetros, frente a los 2 de la propuesta europea.

4.1. Parámetros de evaluación

La selección de parámetros se realizó diferenciando entre carreteras de gran capacidad (autopistas y autovías), multicarril y carreteras convencionales.

Cada uno de los parámetros o elementos evaluados se califica en óptimo, aceptable, mejorable y deficiente, y con distinto grado, en su caso, indicado con “+/-”

Los aspectos y elementos o parámetros a evaluar en la evaluación proactiva se recogen en la tabla 1.

Los elementos o parámetros a evaluar en la evaluación reactiva son los indicados en la tabla 2.

Tabla 1. Aspectos y elementos o parámetros a evaluar en la evaluación proactiva			
ASPECTOS	ELEMENTOS O PARÁMETROS		
	AUTOPISTAS (Y AUTOVÍAS)	CTRAS CONVENCIONALES	MULTICARRIL
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	Ancho de carriles		
	Ancho de arcenes		
	Radios de curvatura		
	Pendientes (solo para resto de ctras) y rampas		
ENLACES, INTERSECCIONES Y ACCESOS	Densidad de entradas y salidas de enlaces		Densidad de entradas y salidas de enlaces
	Densidad y número de accesos directos al tronco	Densidad de accesos directos al tronco	
	Distancia entre enlaces		Distancia entre enlaces
		Distancia entre intersecciones	
	Configuración de carriles de cambio de velocidad		Configuración de carriles de cambio de velocidad
		Canalización de intersecciones	
		Visibilidad de intersecciones	
		Señalización de intersecciones	
MÁRGENES	Obstáculos y desniveles sin proteger		
	Bandas sonoras longitudinales		Bandas sonoras longitudinales
	Sistemas de contención de vehículos: IPN, colas de pez		
TÚNELES	Deslumbramientos en las bocas		
INSTALACIONES PARA USUARIOS VULNERABLES		Acondicionamiento longitudinal del tramo por presencia de peatones	
		Acondicionamiento de cruces específicos para peatones	
	Acondicionamiento longitudinal del tramo por presencia de ciclistas		
		Acondicionamiento de cruces específicos para ciclistas	
	Existencia de Sistemas de protección de motociclistas		

Tabla 2. Elementos o parámetros a evaluar en la evaluación reactiva		
AUTOPISTAS (Y AUTOVÍAS)	CTRAS CONVENCIONALES	MULTICARRIL
Existencia de TCA		
Existencia de TCA de motocicletas		
Densidad de accidentes con víctimas		
Número de accidentes de elevada gravedad		
Índice de peligrosidad IP		

4.2. Puntuación y clasificación por riesgo

A la calificación resultante para cada parámetro o elemento evaluado se le asigna una valoración de 0 (deficiente) a 100 (óptimo). Para obtener una puntuación final de un tramo para cada evaluación (proactiva y reactiva), los valores de cada elemento o parámetro se ponderan según su importancia relativa para la seguridad vial. Estas ponderaciones se obtuvieron mediante el método Delphi.

En base a esa puntuación final cada tramo se clasifica en tres niveles de riesgo (Bajo, Medio, Alto) para cada evaluación (proactiva y reactiva) según unos umbrales predefinidos y diferenciados para autopistas y autovías, carreteras multicarril y carreteras convencionales.

4.3. Integración de resultados y clasificación final

El paso final de la metodología consiste en combinar los resultados de las dos evaluaciones para obtener una clasificación integrada y definitiva. Esta clasificación determina la prioridad de actuación en cada tramo de la red. Para ello, se utiliza una matriz de integración que conjuga las tres clases de riesgo proactivo con

las tres clases de riesgo reactivo, dando lugar a cinco categorías o niveles de prioridad final, desde “Prioridad muy baja” (Clase 1) hasta “Prioridad muy alta” (Clase 5), según se refleja en la tabla 3.

Esta clasificación es la herramienta clave para la toma de decisiones, ya que permite focalizar los recursos en aquellos tramos que presentan una combinación de deficiencias de diseño y una alta siniestralidad. Por ejemplo:

- Prioridad muy alta (Clase 5): Riesgo Alto proactivo y Riesgo Alto reactivo. Precisa de actuaciones prioritarias para garantizar la seguridad.
- Prioridad alta (Clase 4): Riesgo Medio proactivo y Riesgo Alto reactivo. Requiere actuaciones a corto plazo.
- Prioridad muy baja (Clase 1): Riesgo Bajo o Medio proactivo y Riesgo Bajo reactivo. Condiciones óptimas o adecuadas de seguridad. No son necesarias actuaciones.

En base a la clasificación del nivel de prioridad (o clase) de esta evaluación integrada o final de cada tramo, se llevarán a cabo inspecciones detalladas en aquellos con mayor prioridad para determinar las medidas de mejora más adecuadas y planificar su realiza-

ción en función de las disponibilidades presupuestarias.

- En los tramos de clase 1 no se requerirán inspecciones detalladas ni acciones específicas derivadas de la evaluación.
- En los tramos de clase 4 y 5 deberán realizarse inspecciones detalladas de seguridad vial y programar la realización de las mejoras de seguridad vial prioritarias derivadas de dichas inspecciones y acciones de seguimiento.
- Y en los tramos de las clases 2 y 3 será optativo someterlos a inspecciones de seguridad vial de detalle en función de su idoneidad y disponibilidad presupuestaria, pudiéndose determinar acciones de seguimiento adicionales.

5. Situación actual de las evaluaciones de seguridad vial en España

En la Red de Carreteras del Estado ya se ha llevado a cabo una primera evaluación durante 2024, cumpliendo con el plazo establecido por la Comisión Europea, la cual abarca unos 12.500 (12.456) km de la Red de Carreteras del Estado, correspondientes a la totalidad de la red de autovías y autopistas (11.743 km) estatales y a los tramos de carreteras convencionales y multicarril de la red TEN-T estatal (713 km), con un coste aproximado de 0,86 millones de euros y una duración de 9 meses.

Los resultados globales, correspondientes a esta primera evaluación efectuada, son notablemente positivos y reflejan el alto nivel de seguridad de la red principal española. La mayoría de la red presenta niveles de segu-

Tabla 3. Matriz de integración para la clasificación de la seguridad de los tramos de carretera

Resultados de la evaluación proactiva	Resultados de la evaluación reactiva		
	Riesgo alto (clase 3)	Riesgo medio (clase 2)	Riesgo bajo (clase 1)
Riesgo alto (clase 3)	Prioridad muy alta (clase 5)	Prioridad intermedia (clase 3)	Baja prioridad (clase 2)
Riesgo medio (clase 2)	Prioridad alta (clase 4)	Baja prioridad (clase 2)	Prioridad muy baja (clase 1)
Riesgo bajo (clase 1)	Prioridad intermedia (clase 3)	Baja prioridad (clase 2)	Prioridad muy baja (clase 1)

Tabla 4. Resultados globales de la clasificación definitiva de la seguridad en la RCE			
LONGITUD DE RED EVALUADA SEGÚN LA CATEGORÍA O CLASIFICACIÓN OBTENIDA (KM)			
CLASE 1 Y CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 5
12.300 (98,4%)	148 (1,2 %)	52 (0,4 %)	0

ridad adecuados, aunque se han identificado zonas prioritarias para intervención. (Tabla 4)

Como se puede observar, el 98,4% de la red evaluada presenta un nivel de riesgo bajo o muy bajo. Solo un 0,4% (56 km) se ha identificado con una prioridad alta de actuación y el 1,2% restante con prioridad media, y, lo que es más significativo, ningún tramo ha obtenido la peor clasificación de “prioridad muy alta”.

Estos resultados se han volcado en un sistema de información geográfica (GIS) que permite una visualización y consulta detallada de la clasificación de cada tramo de la red, así como de los factores proactivos y reactivos que han determinado su puntuación.

La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, como Organismo español competente en esta materia frente a la Comisión Europea, ha solicitado al resto de las administraciones titulares de carreteras englobadas dentro de la Red TERN, los resultados de sus evaluaciones para unificarlos con los de la Red de Carreteras del Estado y enviar la información conjunta a la Comisión Europea antes de la fecha límite, aunque el grado de realización de este tipo de evaluaciones por parte de estas administraciones es muy variable.

La Comisión, una vez recibidos los resultados de estas evaluaciones por parte de todos los países miembros, elaborará y publicará

un mapa “on line” indicando el nivel o clasificación de seguridad de todas las carreteras europeas evaluadas. Además, de para facilitar a los ciudadanos de información sobre los itinerarios más “seguros”, servirá también para priorizar las ayudas y/o subvenciones que otorgue la Comisión por tema de siniestralidad y seguridad vial.

5.1. Aspectos Críticos Identificados

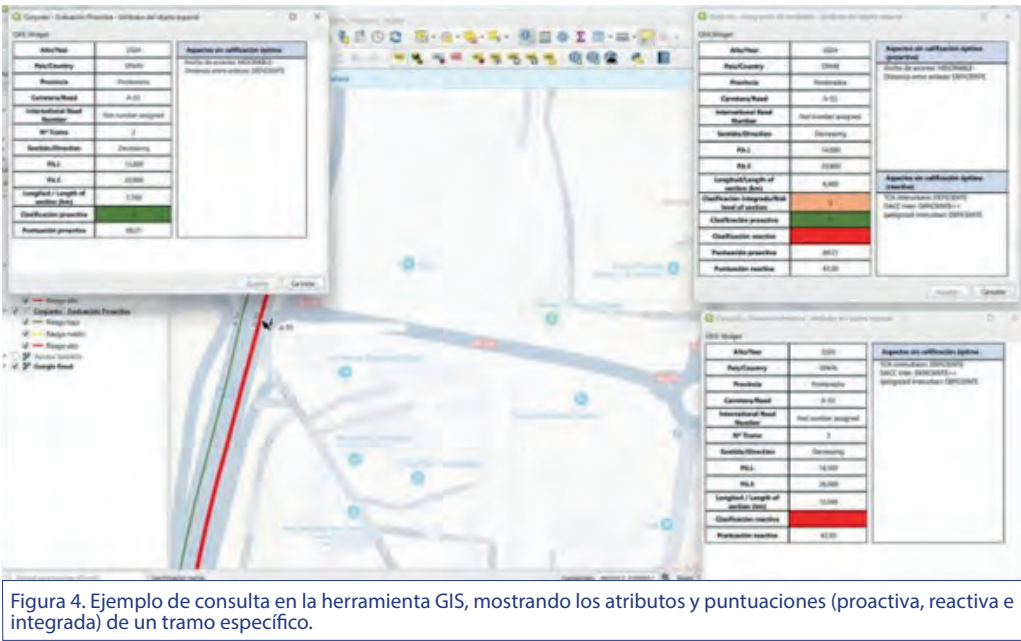
El análisis de los tramos que han obtenido peores clasificaciones (Clase 3 y 4) en las evaluaciones realizadas en la Red de Carreteras del Estado ha permitido identificar los factores más influyentes, lo que facilitará conocer mejor el origen de los problemas de seguridad viaria y diseñar actuaciones correctivas más eficaces y también tenerlos en cuenta a la hora de proyectar futuras vías o diseños viales.

Entre los elementos o parámetros que más influyen en las peores clasificaciones destacan los siguientes:

- Aspectos Proactivos recurrentes:
 - o Ancho de arcén insuficiente.
 - o Alta densidad de accesos directos al tronco.
 - o Distancia reducida entre enlaces.
 - o Presencia de sistemas de contención obsoletos (terminales tipo “cola de pez”).



Figura 3. Representación GIS de los resultados de la evaluación de seguridad en la RCE. El color verde predominante indica un nivel de seguridad alto.



- Aspectos Reactivos recurrentes:
 - o Existencia de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA).
 - o Alta densidad de accidentes con víctimas (ACV).
 - o Elevado Índice de Peligrosidad (IP).

5.2. Ejemplo ilustrativo

Se presenta en este apartado un ejemplo de evaluación de la seguridad vial realizada en un fragmento de 26,8 km de longitud de un itinerario de una autovía de la Red de Carreteras del Estado.

En la evaluación proactiva no existe ninguna zona con riesgo alto en ninguna de las dos calzadas, pero en la evaluación reactiva aparece la misma zona en



Figura 5. Foto de una autovía evaluada. Se realiza por calzadas independientemente.

ambas calzadas con riesgo alto por elevada densidad y gravedad de accidentes (pp.kk. 16,9- 23,5). Esta zona coincide en la calzada derecha con una zona de riesgo bajo de la evaluación proactiva, por lo que la calificación final presenta una prioridad intermedia (clase 3). Sin embargo, en la calzada izquierda hay una zona de

900 metros (pp.kk. 16,9-17,8) que coincide con una zona de riesgo medio de la evaluación proactiva por la coincidencia de arcones con anchuras entre 0,5 y 1,5 m y parejas de enlaces con interdistancia < 1.600 m, por lo que la calificación final presenta una prioridad alta (clase 4) en esa zona de la calzada izquierda.

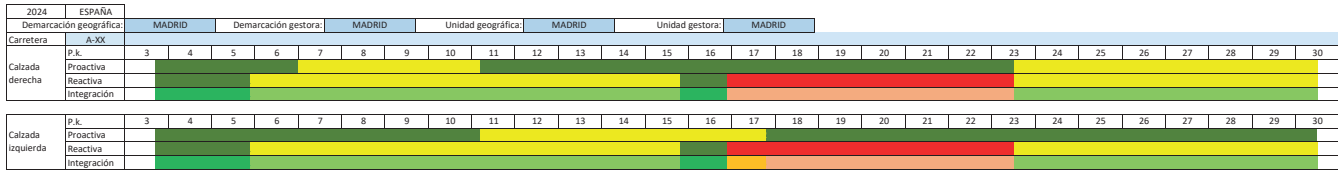


Figura 6. Representación gráfica por hectómetro de los niveles de calificación de la evaluación proactiva y reactiva y de la clasificación final o integrada.

La priorización se justifica incluso cuando la capa proactiva aislada asigna riesgo medio o bajo en subtramos adyacentes; la integración evita falsos negativos.

6. De la evaluación al plan de medidas: inspecciones y actuaciones

Los tramos con peor clasificación requieren inspecciones detalladas ("targeted inspections") para identificar medidas de actuación y establecer un plan corrector. La lógica de intervención sigue el principio de coste-efectividad: actuaciones preventivas de bajo coste (señalización, marcas, balizamiento, desbroces, SPM, amortiguadores, transiciones) se implantan de forma preferente cuando reducen riesgos dominantes; cuando el problema es estructural, se programan actuaciones de proyecto/obra.

Flujo de trabajo de esta tarea se puede resumir de la siguiente forma:

1. Inspección detallada del tramo priorizado con listas de chequeo.
2. Diagnóstico causal (conexión proactivareactiva).
3. Definición de medidas (bajo coste/medias/estructurales) y estimación de coste.
4. Priorización multicriterio (seguridad, coste, plazo, afecciones).
5. Programación e integración en contratos de conservación/obras.
6. Seguimiento de eficacia (antes/después) e incorporación al ciclo quinquenal.

7. Retos y oportunidades

La implementación de esta metodología implica un mayor esfuerzo técnico, económico y social.

El despliegue del sistema exige inversión en: datos (inventario geométrico, aforos); formación especializada de equipos y auditores; campañas de evaluación e inspección; y obras correctoras para la mejora de tramos críticos.

La publicación del mapa europeo incrementará la exigencia social y mediática. Convertir esa presión en palanca positiva requiere transparencia y comunicación técnica comprensible: qué significa cada clase, cómo se prioriza y cuáles son los plazos realistas de actuación.

8. Conclusiones

La Directiva 2008/96/CE y la Directiva (UE) 2019/1936, con la incorporación del nuevo procedimiento de evaluación de la seguridad vial de tramos completos de la red, han supuesto un avance cualitativo en la gestión de la seguridad vial en España. Gracias a ellas se ha consolidado un enfoque integral de la seguridad viaria en España, incorporando e implementando sistemáticamente nuevos procedimientos tales como el de las auditorías (desde 2012), inspecciones (desde 2020) y, más recientemente, las evaluaciones periódicas del conjunto de la red (desde 2024). Esta nueva metodología representa un avance novedoso y significativo en la identificación de las zonas o tramos con problemas de seguridad vial. Y con la adopción de una metodología propia, rigurosa y adaptada a la realidad nacional, integrando la visión proactiva y la visión reactiva

con umbrales diferenciados por tipo de vía, ha permitido realizar una primera radiografía exhaustiva y objetiva del nivel de seguridad de la Red de Carreteras del Estado, identificando con precisión dónde sería mejor invertir para maximizar la reducción de accidentes y su gravedad.

Las principales conclusiones que se extraen de este primer proceso llevado a cabo recientemente son:

- Metodología Eficaz: El nuevo procedimiento es una herramienta novedosa y potente para identificar y priorizar las necesidades de inversión en seguridad vial, combinando el diseño de la infraestructura con la accidentalidad real.
- Integración de Procedimientos: La nueva evaluación no sustituye, sino que integra y potencia las herramientas proactivas y reactivas que ya han demostrado su eficacia, como el tratamiento de los TCA.
- Resultados Positivos para la RCE: La red principal de carreteras en España presenta un nivel de seguridad muy elevado, con más del 98% de su longitud clasificada con un riesgo bajo. Esto es fruto de décadas de inversión en la construcción de una red de alta capacidad moderna y en la mejora y conservación continua de la red existente.
- Hoja de Ruta Clara: Los resultados proporcionan una hoja de ruta clara para las futuras actuaciones. El siguiente paso será realizar inspecciones detalladas en los tramos con peor clasificación para definir las medidas correctoras más adecuadas y establecer un plan de actuación.

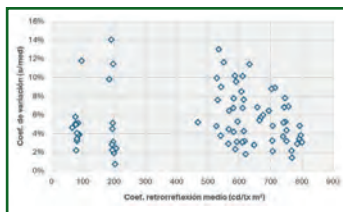
Asimismo, indicar que este proceso se enmarca en un ciclo de mejora continua. Los resultados serán remitidos a la Comisión Europea para la elaboración de un mapa de seguridad vial a escala continental, y la evaluación completa de la red se repetirá cada cinco años, garantizando un seguimiento constante y una gestión cada vez más eficiente de la seguridad en nuestras carreteras.

Para finalizar, reseñar que la metodología de evaluación desarrollada por la DGC del MTMS, cuyas pautas o directrices de implementación se han aprobado mediante la Orden Circular OC2/2025 y publicada en la web del Ministerio, aspira a constituirse en la guía de referencia nacional para el conjunto de titulares de vías en España, de forma que progresivamente se vayan homogeneizando y uniformizando criterios y métodos de evaluación entre las distintas administraciones competentes en carreteras, tal como ha sucedido con otros procedimientos ya muy consolidados tras el paso del tiempo, como el de los tramos de concentración de accidentes (TCA).

9. Bibliografía

- [1] Directive 2008/96/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on road infrastructure safety management (Directiva 2008/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias).
- [2] Directive (EU) 2019/1936 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2019 amending Directive 2008/96/EC on road infrastructure safety management (Directiva (UE) 2019/1936 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2019, por la que se modifica la Directiva 2008/96/CE sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias).
- [3] Study on a Methodology for Network-wide Road Assessment. Written by National Technical University of Athens, University of Zagreb, FRED Engineering s.r.l. October 2023. European Commission.
- [4] Deliverable D.4.1d - Integrated network-wide safety assessment methodology. Deliverable D.4.2 - Network-wide safety assessment tool and guidance document. Deliverable D.3 - Assessment of roads on the basis of accident occurrence. Deliverable D.2 - Assessment and rating of the in-built safety of roads.
- [5] Network Wide Road Safety Assessment - Methodology and Implementation Handbook. European Commission. Directorate-General for Mobility and Transport. 2023.
- [6] Network Wide Road Safety Assessment - Proactive tool. European Commission. Directorate-General for Mobility and Transport. 2023.
- [7] Network Wide Road Safety Assessment - Reactive tool. European Commission. Directorate-General for Mobility and Transport. 2023.
- [8] Real Decreto 345/2011, de 11 de marzo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado. BOE del 12 de marzo de 2011.
- [9] Real Decreto 61/2022, de 25 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 345/2011, de 11 de marzo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado. BOE del 29 de enero de 2022.
- [10] Orden Circular OC 2/2025 de la DGC del MTMS, por la que se aprueban las directrices del procedimiento para la evaluación de la seguridad de los tramos completos de las carreteras del conjunto de la red en servicio (ESC) y la clasificación de los tramos de carreteras según su nivel de seguridad en la Red de Carreteras del Estado. ❖

Intercomparación entre equipos estáticos y dinámicos para la obtención del coeficiente de retrorreflexión de la señalización vertical



Intercomparison study between static and dynamic equipment for measuring the retroreflection coefficient of vertical traffic signs

Miguel Ángel González Manchado

Jefe del Servicio de Proyectos

Dirección Técnica

Dirección General de Carreteras, MITMS

Adolfo Hoyos-Limón Cortés

ICCP

INECO

La visibilidad nocturna de la señalización vertical resulta fundamental para garantizar la seguridad de los usuarios que circulan por la carretera. El coeficiente de retrorreflexión es un parámetro directamente relacionado con la percepción de las señales y carteles en servicio bajo condiciones de escasa iluminación. Tradicionalmente, este parámetro, se ha determinado, mediante el uso de equipos estáticos cuyos rendimientos operativos son incompatibles con una auscultación sistemática a nivel de red. El avance de la técnica ha permitido el desarrollo de equipos que obtienen los datos de forma dinámica. Sin embargo, a nivel mundial, no existe ninguna norma que regule el empleo de sistemas de medida dinámicos.

Con el fin último de optimizar la gestión del estado de la señalización vertical de la Red de carreteras del Estado, la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras coordinó un ensayo de intercomparación, en 2024, entre los equipos estáticos y dinámicos de auscultación del coeficiente de retrorreflexión de la señalización vertical (incluida cartelería) para analizar el comportamiento de estos últimos. El presente artículo muestra los resultados del estudio realizado, profundiza en los factores de influencia de la medida del coeficiente de retrorreflexión obtenido con los equipos de alto rendimiento, e incluye una síntesis de los métodos de evaluación de la retrorreflexión actualmente disponibles y las características de los principales tipos de láminas retrorreflectantes.

Nighttime visibility of vertical signage is essential to ensure the safety of road users. The retroreflection coefficient is a parameter directly related to the perception of signs and panels in service under low-light conditions. Traditionally, this parameter, has been determined using static equipment, whose operational performance is incompatible with systematic network-level monitoring. Technological advancements have enabled the development of equipment that acquires data dynamically. However, at a global level, there is no standard regulating the use of dynamic measurement systems

With the ultimate goal of optimizing the management of the condition of vertical signage of the State Road Network, the Technical Directorate of the General Directorate of Roads coordinated an intercomparison test, in 2024, between static and dynamic equipment for inspection of the retroreflection coefficient of vertical signage (including gantries). The purpose was to analyze the performance of dynamic systems. This paper presents the results of the study conducted, examines the influencing factors of the retroreflection coefficient measurements obtained with high-performance equipment, and provides a summary of the evaluation methods currently available for retroreflection and the characteristics of the main types of retroreflective sheets.

1. Contribución de la retroreflexión a la visibilidad nocturna

La señalización vertical desempeña un papel fundamental en la seguridad vial, ya que orienta, informa y regula el comportamiento de los conductores en las vías. Sin embargo, su eficacia depende en gran medida de su visibilidad, especialmente durante la noche o en condiciones de baja iluminación. En estos contextos, la retroreflexión de los materiales utilizados en las señales se convierte en un elemento esencial para garantizar que la información vial pueda ser percibida de forma clara y oportuna.

La retroreflexión es una propiedad óptica mediante la cual una superficie refleja la luz en la misma dirección de la que proviene, es decir, hacia la fuente luminosa. En el caso de la señalización vial, esto significa que la luz emitida por los faros de los vehículos se refleja de vuelta hacia el conductor, permitiendo que las señales sean visibles especialmente durante la noche. Los materiales retroreflectantes dirigen el haz luminoso hacia el punto de origen, lo que aumenta notablemente la eficacia visual de la señalización vertical.

Durante la conducción nocturna, la capacidad visual del ser humano disminuye considerablemente. El campo de visión se reduce, la percepción de profundidad es menor y el tiempo de reacción ante un estímulo visual aumenta. En este contexto, la retroreflexión proporcionada por la señalización vertical ayuda a compensar estas limitaciones fisiológicas al proporcionar una detección temprana y clara de la información vial, como límites de velocidad, advertencias de curvas o indicaciones de sentido de circulación. Esto permite a los conductores

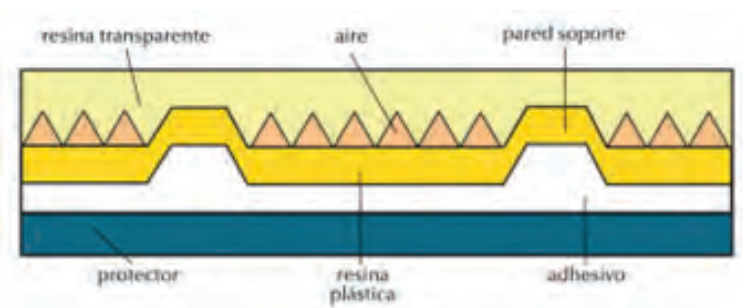


Figura 1. Sección transversal de una lámina microprismática. Fuente: 3M.

anticipar maniobras y tomar decisiones seguras con suficiente tiempo de reacción.

Por otra parte, la incorporación de materiales retroreflectantes en la señalización también representa una medida de eficiencia y sostenibilidad, ya que elimina la necesidad de iluminación artificial directa en las señales, reduciendo costos de energía y mantenimiento.

Por tanto, la retroreflexión en los materiales de señalización vertical es un componente crucial de la seguridad vial. Gracias a ella, las señales permanecen visibles y legibles durante la noche o en condiciones de baja iluminación, facilitando la conducción segura y evitando accidentes. La elección adecuada de materiales retroreflectantes y su correcto mantenimiento son, por tanto, aspectos indispensables para garantizar una infraestructura vial eficiente y segura para todos los usuarios.

2. Materiales

La señalización vertical utiliza hoy principalmente dos familias de materiales retroreflectantes: láminas prismáticas (microprismas de alto rendimiento) y láminas con microesferas de vidrio. Cada tecnología tiene características ópticas, durabilidad y aplicaciones distintas.

2.1. Láminas microprismáticas

Son películas formadas por microprismas que redirigen la luz de forma muy eficiente hacia su origen. Ofrecen altos niveles de retroreflexión a distancias medias-largas y mejor rendimiento angular (visibilidad desde ángulos oblicuos). Dentro de esta familia hay gamas industriales que se usan en señales permanentes en carreteras de alto tráfico y donde se requiere larga vida útil y buena visibilidad nocturna. Sus principales ventajas es que proporcionan una alta retroreflexión, presentan una buena estabilidad cromática y ofrecen una larga vida útil. Como contrapartida ofrecen un coste de adquisición superior al de los materiales microesféricos. Actualmente es la tecnología predominante en la señalización vertical instalada en zonas interurbanas o vías de alta intensidad de tráfico.

2.2. Láminas con microesferas de vidrio

Esta tecnología se está utilizando cada vez con menos frecuencia. Consisten en láminas con una capa de microesferas (parcialmente embebidas) que reflejan la luz proveniente de la fuente luminosa en la dirección del observador. Funcionan bien en condiciones normales y suelen ser más económicas que los microprismas, pero los niveles de retroreflexión proporcionados por

estos materiales suelen ser sensiblemente inferiores. Todavía se emplean en determinadas aplicaciones en señalización urbana y en algunas carreteras de baja intensidad de tráfico. Su mantenimiento puede ser más exigente en entornos agresivos (suciedad, abrasión) y su vida útil es más reducida que en el caso de los materiales microprismáticos.

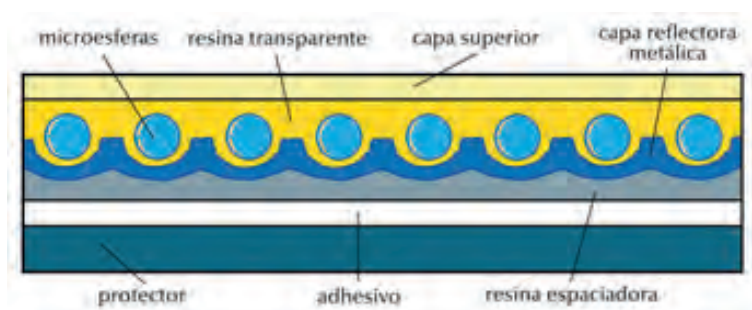


Figura 2. Sección transversal de una lámina con microesferas de vidrio. Fuente: 3M.

2.3. Normativas principales

En primer lugar, la norma armonizada europea UNE-EN 12899-1 [1] establece, principalmente, los requisitos técnicos en referencia a las láminas retrorreflectantes microesféricas para garantizar la visibilidad y legibilidad de las señales verticales fijas. Esta norma, también incluye las prescripciones para el marcado CE, que acredita el cumplimiento de las especificaciones técnicas esenciales de estos productos.

Por otro lado, la norma UNE 135340 [2] define los requisitos técnicos y métodos de ensayo para láminas retrorreflectantes microprismáticas poliméricas utilizadas en señales verticales. Dentro de las clases, según el nivel de retrorreflexión proporcionado, que define esta norma, se crean tres subgrupos en la clase 3 (la clase que define los materiales que proporcionan valores más elevados de retrorreflexión) en función de su comportamiento y su adaptación a condiciones geométricas y de trazado diferentes. Estas subclases (RA3ZA, RA3ZB y RA3ZC) permiten a los fabricantes y administraciones seleccionar el tipo de lámina más adecuado según el entorno y los requisitos de seguridad vial.

La Norma 8.1-IC [3] de la Instrucción de Carreteras establece los siguientes principios generales en relación con la retrorreflexión:

- La retrorreflexión es un requisito esencial para garantizar la visibi-

lidad nocturna y en condiciones adversas.

- Todas las señales verticales deben incorporar material retrorreflectante conforme a los niveles definidos en el PG-3, artículo 701 [4], y las normas UNE correspondientes.

También determina qué clase de retrorreflexión debe emplearse según el tipo de vía.

Por último, el artículo 701 del PG-3 establece de forma principal, las especificaciones técnicas mínimas de los materiales empleados en cuanto a retrorreflexión (y otros parámetros como coordenadas cromáticas, factor de luminancia, durabilidad, ...). Este documento indica que, los materiales microesféricos (RA1 y RA2) deben cumplir con la UNE-EN 12899-1. Por otro lado, los materiales microprismáticos (RA1, RA2 y RA3) deben cumplir con la UNE-EN 12899-1 y la UNE 135340.

3. Métodos de evaluación de la retrorreflexión

Según se ha indicado anteriormente, dado que el objeto de la señalización vertical es mantener la seguridad, eficiencia y comodidad de la circulación, las señales deben ser visibles y legibles en todo momento, especialmente durante la noche. La visibilidad de una señal dependerá de su localización, del

estado de conservación o limpieza, del tipo de material y del tamaño, así como de la agudeza visual del conductor y de si el entorno está o no iluminado. La visibilidad debe garantizarse a largo plazo, ya sea en condiciones de iluminación difusa o con la luz de los propios faros del vehículo en condiciones nocturnas, manteniendo siempre unos valores mínimos de retrorreflexión.

El documento reglamentario 'Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD)' [5] de la Federal Highway Administration (FHWA) describe una variedad de sistemas y métodos utilizados para evaluar el estado de la señalización y mantener los niveles de retrorreflexión de las señales, que son:

3.1. Inspección subjetiva mediante valoración visual nocturna con un inspector capacitado

En este caso, el inspector utiliza señales o láminas patrón como referencia para compararlas con las señales instaladas. Aunque este método permite evaluar la señalización en condiciones reales y en entorno nocturno, se trata de un procedimiento altamente subjetivo, de dudosa repetibilidad y reproducibilidad, incluso cuando se intenta mantener las mismas condiciones de ensayo e iluminación de los faros.

3.2. Medición con retrorreflextómetro sobre la propia señal

La medición consiste en determinar el valor de la retrorreflexión con los ángulos de incidencia y de observación establecidos en la normativa correspondiente.

Este método es totalmente objetivo y es el que se utiliza también en laboratorio para la aceptación de los materiales retrorreflectantes. Sin embargo, se trata de un procedimiento laborioso y potencialmente peligroso para la seguridad vial de los técnicos, que requiere dedicar recursos y emplear elementos auxiliares, especialmente cuando se desea realizar la medición en pórticos o banderolas.

Además, este método no tiene en cuenta otros atributos relacionados con la visibilidad o la legibilidad de las señales, ya que se basa en una medida puntual en un área muy reducida.

Por lo general, existen normativas nacionales que establecen el número de puntos a ensayar en cada señal, así como las anotaciones que deben realizarse sobre su estado general (arañazos, golpes, corrosión, etc.). [6]

3.3. Auscultación mediante el uso de equipos de alto rendimiento

Dado los inconvenientes que presenta la medición de la retrorreflexión con equipos estáticos, se han desarrollado sistemas que permiten la auscultación de la señalización a velocidad de tráfico, obteniendo la retrorreflexión de cada uno de los colores que componen las señales. Disponer de equipos de medida a velocidad de tráfico elimina la presencia en la calzada de vehículos y personal estacionados, evita el uso de elementos auxiliares e incrementa el rendimiento de las auscultaciones, lo que permite aumentar la frecuen-



Figura 3. Medida del coeficiente de retrorreflexión mediante equipo estático durante los trabajos de intercomparación

cia de los controles o la longitud de los tramos sometidos a estudio.

Los sistemas dinámicos utilizan equipos que eliminan la influencia de otras fuentes de iluminación externas (los propios faros del vehículo portador del sistema, los faros del resto de vehículos presentes en la vía, así como la iluminación de la vía en el caso de estar presente). Además, controlan en cada momento la cantidad de luz emitida y su distribución, al objeto de eliminar la influencia de fuentes de luz externa en la medida del coeficiente de retrorreflexión.

Los sistemas de visión que portan están diseñados para medir la luminancia en condiciones nocturnas de baja iluminación y en el caso de utilizar sistemas de adquisición de imágenes para la medida de luminancia es posible distinguir la zona de la imagen donde se cumple la geometría especificada, así como distinguir las zonas de la superficie de la señal correspondientes a cada color. Dichos sistemas de medida de luminancia operan en el rango visible del espectro dentro de la sensibilidad del ojo humano.

Además de los equipos de visión instalados disponen de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) que permiten realizar el control de la posición geométrica de la señal con

respecto a la carretera. Asimismo, se controla en cada momento la inclinación del equipo de medida, para garantizar que las medidas se realizan con la geometría de medida correcta. Adicionalmente y en conjunción con los sistemas de posicionamiento indicados, los vehículos están equipados con odómetros para obtener un posicionamiento relativo durante el recorrido.

El aumento de la frecuencia de las inspecciones con los sistemas dinámicos mejora el conocimiento del estado de la señalización de la red de carreteras, posibilitando planificar las actuaciones sobre la base de decisiones apoyadas en datos suficientes y objetivos, y contribuyendo de manera sostenida a la mejora de la seguridad vial.

El uso de equipos de alto rendimiento sustituye o complementa a otros métodos que consideran la vida útil estimada de un determinado tipo de lámina en una región o zona, realizando la sustitución en función de la estimación efectuada para cada tipología de señal. También complementa a otros enfoques que plantean la reposición de las señales basándose en que, en un momento determinado y en un área concreta, deben sustituirse todas, con independencia del estado de servicio individual. Los in-

tervalos de sustitución pueden establecerse en función del conocimiento de la vida útil estimada.

4. Factores de influencia en la medida del coeficiente de retrorreflexión

Tanto con equipos dinámicos como con equipos estáticos existen una serie de factores que influyen en la medida de la retrorreflexión de las señales en servicio y que deben tenerse en cuenta. Los más importantes son los siguientes:

- Tipo y clase del material retroreflectante: el tipo de lámina (microesferas de vidrio, microprismática, etc.) y la clase de retrorreflexión de la lámina.
- Condiciones geométricas de medida: Ángulos de observación y de incidencia definidos por la normativa y su posible ángulo de rotación, ϵ . En general, al aumentar estos ángulos, disminuye el coeficiente de retrorreflexión.
 - El ángulo de observación, α , es el formado entre la dirección de la luz incidente en la lámina retroreflectante procedente de la fuente de iluminación y la de la luz devuelta por dicha lámina hacia el observador [7].

- El ángulo de incidencia, β , es el comprendido entre el haz de luz incidente en la lámina retroreflectante y la normal a la superficie de la misma.
- El ángulo de rotación, ϵ , medido en el plano de la lámina, desde el semiplano de observación hasta el eje de referencia. Es clave para aquellos materiales retroreflectantes, en los que su comportamiento fotométrico se ve influenciado por la orientación del propio material, como, por ejemplo, la tecnología microprismática.

- Condiciones de la superficie: la presencia de suciedad, polvo, humedad, arañazos, abrasión o deterioro del recubrimiento superficial puede afectar significativamente al valor de retrorreflexión medido.
- Condiciones ambientales y meteorológicas: la humedad ambiental, el rocío, la lluvia o la condensación influyen en los resultados obtenidos, por lo que debe evitarse la realización de ensayos en tales condiciones.

En el caso de la auscultación con equipos a velocidad de tráfico, la medida de la retrorreflexión también se ve afectada por la orientación y colocación de la señal respecto al eje del carril de circulación. No obstan-

te, debe tenerse en cuenta que estas corresponden a las condiciones reales de observación para el usuario de la carretera. Asimismo, es imprescindible, que los sistemas de alto rendimiento sean capaces de anular la influencia de todas las fuentes de luz externa, como se ha indicado anteriormente.

5. Ensayo comparativo

Dada la creciente necesidad de optimizar la gestión del estado de la señalización vertical en la Red de Carreteras del Estado, la Dirección Técnica de la DGC impulsó un estudio para analizar el comportamiento de los métodos de auscultación de alto rendimiento y su correlación frente al método tradicional de medida del coeficiente de retrorreflexión que emplea equipos estáticos.

Con este propósito, en el año 2024, se organizó una serie de ensayos de intercomparación entre equipos estáticos y dinámicos coordinados por personal de la Dirección Técnica en la que participaron dos compañías que actualmente prestan servicios de auscultación en continuo (AMAC EUROPA y EUROCONSULT Nuevas Tecnologías). Asimismo, se contó con la colaboración de técnicos del CEDEX para las tareas de campo y gabinete.

5.1. Equipos participantes y tramos de ensayo

En el estudio intervinieron tres equipos de medición estáticos correspondientes a dos fabricantes distintos de retrorreflectómetros portátiles manuales. Estas tres unidades, pertenecientes a ambas empresas y el CEDEX, fueron operadas de forma independiente por sus titulares.

Los dispositivos se configuraron con la geometría de ángulos contemplada en la Norma europea

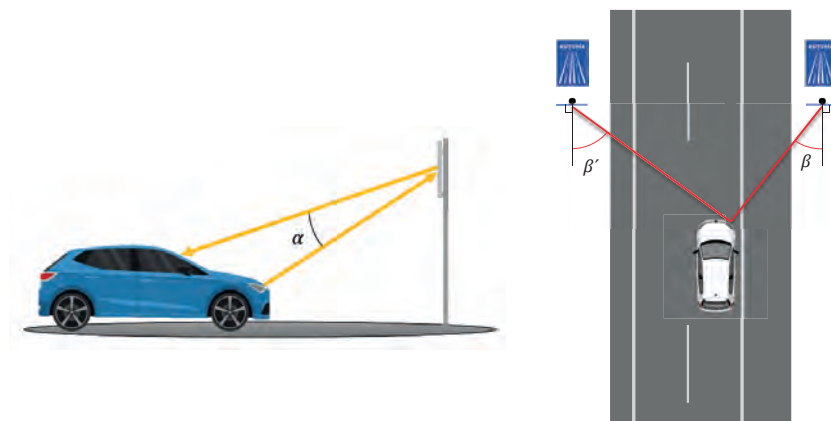


Figura 4. Ángulos de observación (α) e incidencia (β). Fuente: Elaboración propia.

EN 12899-1 (ángulo de observación $\alpha = 0,33^\circ$ y ángulo de incidencia $\beta = 5,0^\circ$). En todas las medidas se tomaron precauciones para colocar los retrorreflectómetros en posición vertical con el objetivo de minimizar la influencia del ángulo ϵ .

Con relación a los equipos dinámicos, se emplearon los sistemas denominados AMAC Y VISUALISE desarrollados por las compañías AMAC EUROPA y EUROCONSULT Nuevas Tecnologías, respectivamente.

Para realizar el estudio, los tramos de ensayo fueron previamente seleccionados, con el fin de obtener una gran variabilidad, tanto en cuanto a los tipos de señales (carteles, paneles, señales) así como en cuanto a las fechas de instalación y sus condiciones de visibilidad nocturna.

En una primera fase de estudio se seleccionó la autovía A-40 entre los pp.kk 90+000 y 130+000 y la carretera convencional N-401 entre los pp.kk 80+000 y 132+000 por contar con distintas tipologías de señales y colores.

La A-40 es un tramo con valores medios del coeficiente de retrorreflexión propios de señales de reciente instalación (blanco por encima de 500 cd/lx m², rojo superior a 100 cd/lx m² y azul por encima de 50 cd/lx m²) que conecta las localidades de Maqueda y Olías de Rey en la provincia de Toledo en dirección Sureste-Noroeste. El tramo de la N-401 discurre en dirección Norte-Sur entre los municipios de Burguillo de Toledo y Urda en la provincia de Toledo con valores de retrorreflexión altos (blanco por encima de 500 cd/lx m², rojo superior a 85 cd/lx m² y azul por encima de 50 cd/lx m²).

En la segunda fase, se escogió un tramo de la carretera convencional N-620 con un periodo de señaliza-



Figura 5. Izqda. Equipos Delta GRX-3 y GRX-7 utilizados por las empresas EUROCONSULT N.T. y AMAC EUROPA, respectivamente. Dcha. Equipo Zehntner ZRS 6060 empleado por el CEDEX.



Figura 6. Equipos dinámicos AMAC y VISUALISE para la medida del coeficiente de retrorreflexión de la señalización vertical.

ción en servicio mayor a las otras dos carreteras en base a los datos de inventario facilitados por el sistema de información geográfico de la DGC. El tramo seleccionado fue el comprendido entre los pp.kk. 157+000 y 182+000 situado en la provincia de Valladolid, entre las localidades de Tordesillas y Alaejos. Los valores medios del coeficiente de retrorreflexión son: blanco por debajo de 325 cd/lx m², rojo inferior a 100 cd/lx m² y azul por debajo de 50 cd/lx m².

5.2. Metodología de ensayo

En la fase inicial, se realizaron las mediciones de los dos equipos dinámicos. Los vehículos de ensayo circularon en sentido creciente, y por los carriles exteriores en el caso de la A-40, registrando todas las señales presentes en el tronco de calzada, tanto en el margen izquierdo como en el derecho y los pórticos y

banderolas sobre la calzada. No se consideraron las señales presentes en las entradas y salidas de la carretera, aunque gran parte de ellas, por su posición y geometría, pudieran haberse medido con los equipos dinámicos.

Las medidas de los equipos dinámicos se efectuaron a velocidad del tráfico, en la misma noche y un equipo a continuación del otro para minimizar cualquier diferencia en las condiciones de medida obteniéndose los valores medios sobre cada color de la señal o un área seleccionada de la misma.

Una vez recepcionados los resultados procedentes de los sistemas dinámicos y en las semanas siguientes a dichas medidas, se llevaron a cabo las auscultaciones con los equipos estáticos. La toma de datos, supervisada por personal de la

Tabla 1. Señales evaluadas mediante equipos estáticos.							
	Nº señales	BLANCO ESTÁTICO R _A (cd/lx m²)		AZUL ESTÁTICO R _A (cd/lx m²)		ROJO ESTÁTICO R _A (cd/lx m²)	
		Promedio	Percentil 85	Promedio	Percentil 85	Promedio	Percentil 85
A-40	24	660	771	51	58	107	112
N-401	22	598	737	53	54	90	116
N-620	32	311	598	40	67	86	115

Dirección Técnica, se programó en los mismos días para los tres retroreflectómetros. Tanto los ensayos dinámicos como los estáticos se realizaron en condiciones climatológicas adecuadas.

En los tramos se seleccionó un lote de señales de distintas características que a su vez estuvieran menos expuestas al tráfico, descartándose aquellas señales instaladas en pórticos o banderolas que dificultan en gran medida la toma de datos incluso con la ayuda de pértigas. Estas señales del lote fueron evaluadas por los tres equipos estáticos en el mismo instante con el propósito de minimizar variaciones externas al método de medida.

En cada señal, se practicaron nueve lecturas puntuales en cada color con los retrorreflectómetros, tres por cada equipo, con las que se calculó la media por color. En la tabla 1 se distingue un menor nivel de coeficiente de retrorreflexión en la señalización de la N-620 en comparación al resto de tramos, particularmente para el color blanco.

5.3. Análisis de resultados

Previo al estudio de los resultados de la intercomparación se debe aclarar que las mediciones realizadas con los equipos estáticos pueden experimentar una variabilidad relevante, en parte debida a las propias características del dispositivo o bien, a posibles deterioros, acumulación de suciedad u otras causas que ori-

ginen una falta de homogeneidad de la superficie de la lámina que interfiere en la naturaleza puntual de la medida. Esta distorsión justifica que los valores de referencia de cada señal se obtengan a partir de la media de las nueve lecturas de los equipos estáticos.

Aunque el análisis de la repetibilidad de los retrorreflectómetros no formaba parte del objetivo principal de estudio, se estimó la dispersión de las medidas estáticas de cada color mediante la desviación típica de las nueve lecturas dividida por su valor medio y expresado en valor porcentual. Se observó que, en el caso del color blanco, el coeficiente de variación así calculado era inferior al 14%, situándose la mayor parte de valores por debajo del 8%, siendo esta dispersión más que aceptable para la incertidumbre esperable en estos equipos.

Abordando la comparativa entre mediciones estáticas y dinámicas simultáneamente para las tres carreteras, se calcularon las rectas de regresión para los colores blanco, azul y rojo que correlacionan cada medida dinámica con su correspondiente valor medio estático considerado como patrón, tratándose independientemente los resultados de cada equipo de alto rendimiento. Estas rectas se forzaron a pasar por el origen. En un escenario ideal la representación gráfica debería mostrar una recta de pendiente 1:1.

En esta primera evaluación en la que se consideró la totalidad de las medidas separadas por colores, se observó una relación significativa entre los resultados de ambas tecnologías, con unas rectas de ajuste cuyas pendientes no difieren en más de un 20% de la ideal y que por otra parte arrojan unos coeficientes de determinación R² comprendidos entre 0,57

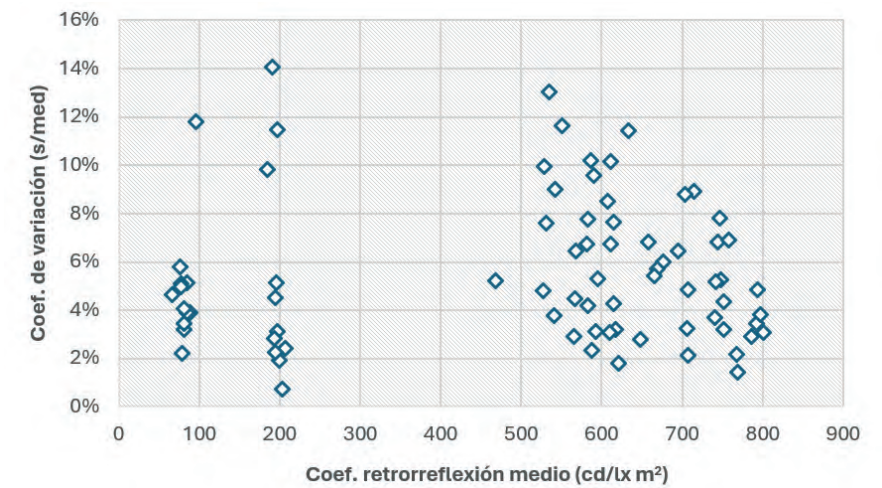


Figura 7. Dispersión para medidas estáticas, en color blanco, de los tres tramos.

y 0,95, siendo la correlación menos aproximada para el color azul y mayor en el blanco. El análisis revela que la bondad del ajuste disminuye para aquellos valores de retrorreflexión muy elevados (especialmente por encima de 500 cd/lxm2 en el blanco) correspondientes a señales que cumplen sobradamente con las especificaciones de coeficiente de retrorreflexión exigidas a la señalización recién instalada. Dado que el valor de retrorreflexión de una señal nueva es muy superior al umbral mínimo exigido y la variabilidad de la medida, en ese rango de valores, no es relevante, parece conveniente focalizar el estudio en aquellas lecturas por debajo de los mínimos recogidos en las normativas que podrían ser indicativas de la necesidad de reposición de las señales que no garantizan la visibilidad nocturna a causa de su envejecimiento y/o deterioro.

Conviene recordar que los valores mínimos de coeficiente de retrorreflexión exigidos a la señalización durante su periodo de garantía dependen de su clase de retrorreflexión. Actualmente, existen tres clases de retrorreflexión independiente de la naturaleza microesférica o microprismática de los materiales; Clases RA1, RA2 y RA3. La Norma 8.1.1.C fija los criterios de selección para la clase de retrorreflexión mínima (tabla 2). A su vez, la Clase RA3 se divide en las tres clases, mencionadas al comienzo del artículo; RA3-ZA, RA3-ZB y RA3-ZC, específicas para los entornos de ubicación indicados en el apartado 701.3.6 del PG-3.

Tabla 2: Clase de retrorreflexión mínima en señales y carteles (tabla 1 de la Norma 8.1-I.C. Señalización vertical de la Instrucción de Carreteras).

TIPO DE SEÑAL O CARTEL	ENTORNO DE UBICACIÓN DE LA SEÑAL O CARTEL		
	ZONA PERIURBANA (Travesías, circunvalaciones...)	AUTOPISTA, AUTOVÍA Y ANTOGUAS VÍAS RÁPIDAS	CARRETERA CONVENCIONAL
SEÑALES DE CONTENIDO FIJO	Clase RA2	Clase RA2	Clase RA2
CARTELES	Clase RA3	Clase RA3	Clase RA2

No obstante, dichos criterios son de mínimos y aplican exclusivamente a los métodos de ensayo puntual (apartado 701.8.2 del PG-3), asimismo, cabe la posibilidad de que los pliegos de prescripciones técnicas particulares fijen unos estándares más elevados o que los gestores prefieran reforzar la visibilidad de la señalización en puntos donde la seguridad vial esté comprometida. Ante la ausencia de certidumbre plena en la determinación de la clase de retrorreflexión de las señales y carteles analizados, se optó por limitar el análisis al conjunto de señales cuyos registros correspondientes a la media de los valores estáticos fuera inferior a los valores mínimos establecidos para la clase de retrorreflexión RA3-ZA, que ofrece mayores prestaciones. De este modo, se asegura, con una certeza razonable, que cualquier señal o cartel examinado incumple al menos una de las especificaciones de las clases de rendimiento existentes, centrando de este modo, el análisis en el rango de valores más interesante desde el punto de vista de la conservación de la señalización.

Según el PG-3, el grado de cumplimiento de las prestaciones de los materiales retrorreflectantes de clase RA3 se evalúa conforme a lo dispuesto en la Norma UNE 135340 que, en su tabla A.3, establece los valores mínimos de coeficientes de retrorreflexión de la clase RA3-ZA en 425 cd/lx m² para el color blanco, 85 en el rojo y 28 en el azul, siendo estos umbrales los definidos para una angularidad $\alpha\alpha = 0,33^\circ$ y $\beta\beta = 5,0^\circ$.

Aclarado este punto, se analizaron exclusivamente las señales con promedios estáticos que no satisfacían los requisitos anteriores del color blanco, el rojo, o ambos si coexisten en la misma señal. El color azul no se consideró al no ser representativa la muestra obtenida dado que apenas se obtuvieron valores inferiores a 28 cd/lx m². Las rectas de regresión obtenidas en base a estos criterios se muestran en la figura 8.

En los gráficos se observa una elevada concentración de valores entorno a las rectas de regresión calculadas, las cuales muestran pendientes entre 0,98 y 1,08, con valores de R² superiores a 0,93. El ajuste en

Tabla 3: Valores mínimos del coeficiente de retrorreflexión de clase RA3-ZA, en cd/lx m² (extracto de la tabla A.3 de la Norma UNE 135340).

Angularidad		Colores no fluorescentes							
Ángulo de observación α	Ángulo de incidencia β	Blanco	Amarillo	Rojo	Verde	Azul	Marrón	Naranja	Gris
0,33°	+5°	425	275	85	40	28	13	210	210

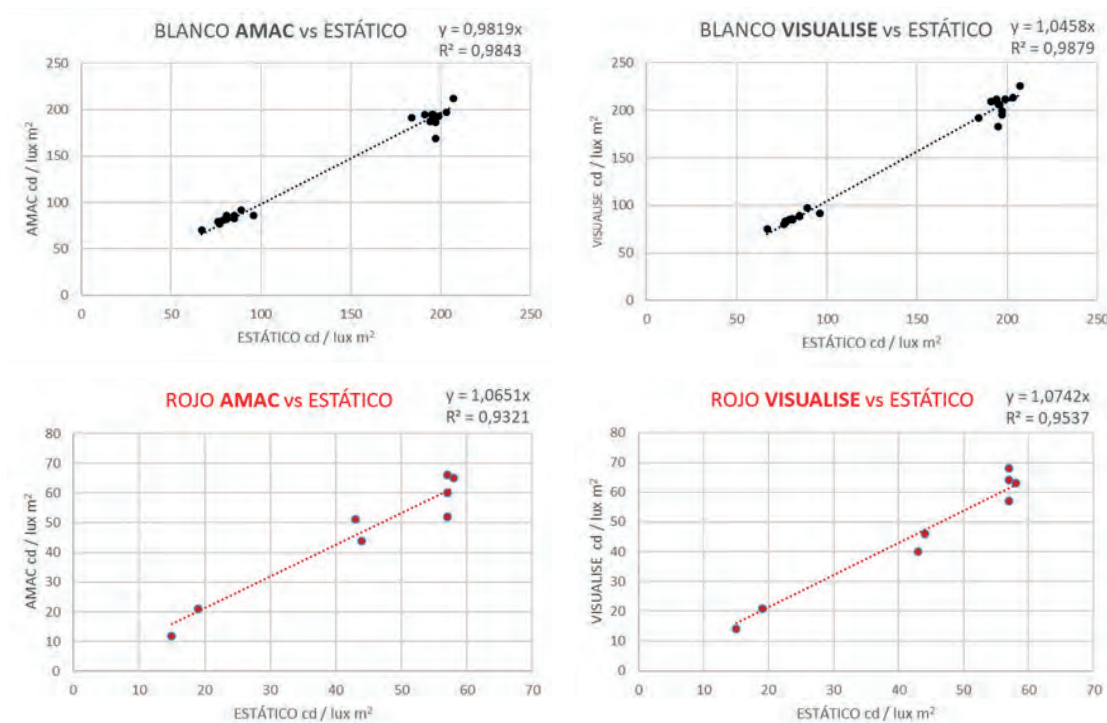


Figura 8. Correlaciones entre medidas estáticas y dinámicas del coeficiente de retrorreflexión, inferiores a los umbrales de Clase RA3-ZA, obtenidas en los tres tramos.

estas condiciones es superior, especialmente en el color rojo que inicialmente presentaba una pendiente de 1,18 junto con un valor de R^2 igual a 0,67 en una de las correlaciones.

De acuerdo con la información recopilada, se procedió a aplicar la misma metodología de forma exclu-

siva al tramo de la N-620 para respaldar los resultados (ver figura 9 y tabla 4).

En los gráficos de la figura 9 se confirma una fuerte correlación lineal dado que los valores de las mediciones completas de la N-620 son, en general, inferiores a los de los otros

dos tramos estudiados y, por consiguiente, más próximos al rango de coeficientes de retrorreflexión para el que se optimiza la precisión de la medición de los equipos dinámicos.

En la tabla 4 se han recogido los valores de las pendientes de las líneas de tendencia de la N-620 y

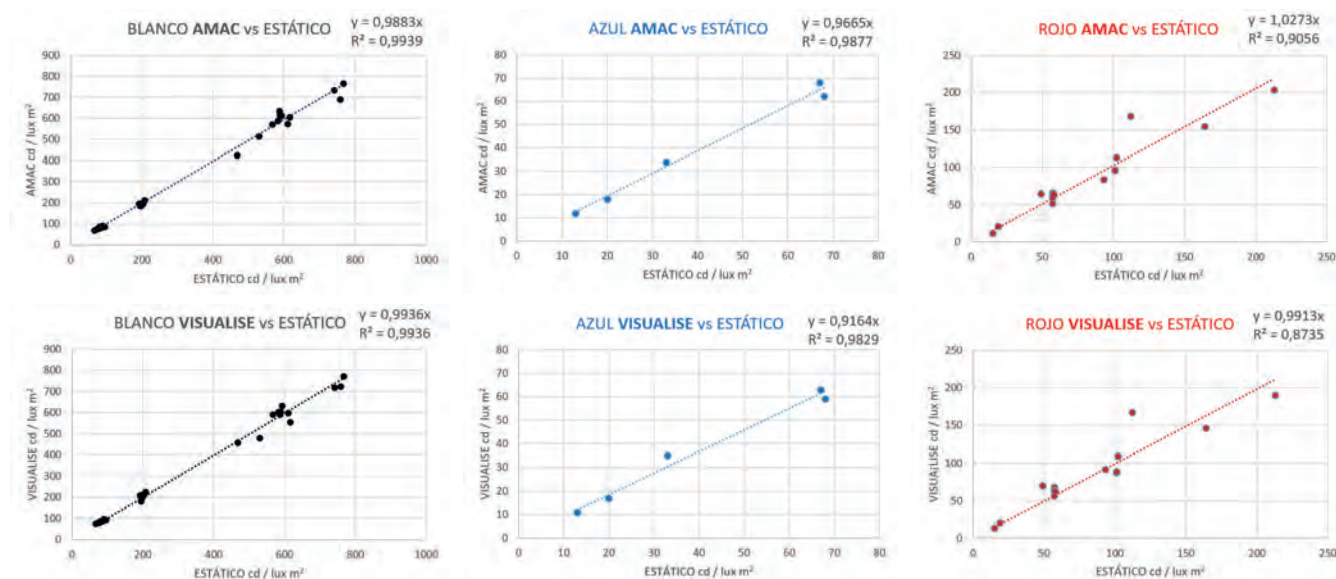


Figura 9. Correlación entre el total de medidas estáticas y dinámicas del coeficiente de retrorreflexión en la N 620

Tabla 4: Comparativa entre correlaciones, en la N-620, antes y después de considerar únicamente los valores inferiores a umbrales de la Clase RA-ZA.

	Pendiente con medidas totales	Pendiente con medidas bajo umbral	R ² con medidas totales	R ² con medidas bajo umbral
Blanco AMAC	0,9883	0,9875	0,9939	0,9931
Blanco VISUALISE	0,9936	1,0510	0,9936	0,9878
Rojo AMAC	1,0273	1,0583	0,9056	0,9467
Rojo VISUALISE	0,9913	1,0978	0,8735	0,9737

Tabla 5: Comparativa de errores relativos medios antes y después de considerar valores inferiores a umbrales de la Clase RA-ZA.

	BLANCO DINÁMICOS		AZUL DINÁMICOS		ROJO DINÁMICOS	
	Medición completa	Valores <RA3-ZA	Medición completa	Valores <RA3-ZA	Medición completa	Valores <RA3-ZA
E. rel. medio A-40	15%	-	16%	-	18%	-
E. rel. medio N-401	19%	5%	16%	-	11%	4%
E. rel. medio N-620	4%	4%	8%	-	14%	11%
E. rel. medio total	12%	4%	14%	-	14%	9%

los correspondientes cuadrados del coeficiente de Pearson, antes y después de considerar valores inferiores a umbrales de la Clase RA-ZA. Al igual que en el caso previo, se han omitido las correlaciones del color azul debido a que la cantidad de datos disponibles no permite una representación significativa de ese color.

Como se puede comprobar, en la tabla 4, se refleja un distanciamiento de la pendiente de la recta de regresión respecto a la pendiente ideal (1:1) después aplicar la restricción de medidas más bajas, siendo esta desviación superior en el color rojo. No obstante, esto podría deberse a que las correlaciones de partida ya están fuertemente ajustadas (con pendientes entre 0,98 y 1,02) y posiblemente sean más sensibles a pequeños cambios de una muestra poblacional de por sí reducida. Dicho fenómeno no es preocupante puesto que, para el color rojo se obtiene una mejoría del coeficiente R², que se traduce en que los puntos se distribuyen más cerca de la recta de re-

gresión. Por otra parte, el coeficiente de determinación del blanco apenas ha experimentado variación, siendo muy alto en origen (0,99) con muy escaso margen para la mejora.

Otra forma de enfocar el estudio es mediante el análisis de sesgos determinado por el error relativo entre las mediciones estáticas y el promedio de los dos equipos dinámicos. En la tabla 5 se indica la evolución de dicho parámetro después de considerar los valores inferiores al umbral utilizado en las correlaciones, demostrando que el criterio escogido es acertado puesto que los errores disminuyen en el rango de valores críticos para la reposición de las señales.

Es importante señalar que los resultados procedentes de los equipos dinámicos deberían ser inferiores a los obtenidos con el sistema estático, ya que desde el punto de vista teórico existe complejidad para garantizar la angularidad deseada durante la auscultación dinámica que se ve

afectada por la posición e inclinación relativa de la señal respecto al vehículo portante del equipo, en contraposición a la estabilidad de la configuración de ángulos que ofrecen los retrorreflectómetros portátiles. Sin embargo, la mayoría de las lecturas dinámicas del ensayo correspondientes al color rojo se sitúan por encima de las referencias estáticas. Una posible causa de este comportamiento se deba a que, el color rojo está exclusivamente presente en la orla de la práctica totalidad de señales estudiadas, teniendo en cuenta que el borde de las láminas supone un área mucho más reducida respecto a la que ocupan los fondos blancos y azules habituales, que dificulta la selección de la superficie analizada por el software de los equipos dinámicos.

6. Conclusiones

El estudio desarrollado ha tratado de analizar el comportamiento de los

equipos de alto rendimiento frente a los equipos estáticos tradicionales empleados para la evaluación del coeficiente de retrorreflexión de la señalización vertical.

Como consideración previa, es necesario tener presente que la naturaleza puntual de las lecturas realizadas con equipos estáticos, que de por sí adolecen de una incertidumbre relevante, plantean una cierta complejidad para compararse con una tecnología que examina un área mayor de la superficie de la señal, que por otra parte, podría ser más representativa de su estado global.

En vista de los resultados, se comprueba que existe una reproducibilidad significativa entre ambos métodos de auscultación para los colores blanco, rojo y azul, que son los más utilizados en las señales existentes en la Red de Carreteras del Estado. La bondad del ajuste se incrementa cuando se focaliza el análisis en señales con valores de retrorreflexión por debajo de los umbrales establecidos para la clase RA3-ZA, que podrían ser indicativos de señales potencialmente degradadas o en el límite de su vida útil funcional. En estas condiciones, las correlaciones presentan pendientes que no difieren en más de un 10% de la ideal y que alcanzan coeficientes de determinación (R^2) superiores a 0,93, lo que confirma la consistencia de las medidas de los equipos dinámicos en el rango de interés operativo. Dicho planteamiento se corrobora al tratar de forma independiente la carretera N-620, donde el efecto de la restricción de valores se amortigua debido a que los niveles iniciales de retrorreflexión son inferiores respecto al resto de tramos evaluados.

El análisis por colores evidencia que el color blanco presenta la mayor robustez en las correlaciones. Por otra parte, el color rojo, si bien arranca de un ajuste más débil, me-

jora significativamente al aplicar el criterio de selección por umbral, reforzando la idoneidad del enfoque adoptado. El color azul, por su parte, no pudo ser analizado con suficiente representatividad debido a la limitada cantidad de datos disponibles por debajo de los límites de retrorreflexión seleccionados.

Cabe señalar que, en general, los resultados de los equipos dinámicos tienden a ser inferiores a los estáticos, debido fundamentalmente, a que las medidas de referencia se realizan con una geometría específica, que resulta difícil de replicar en condiciones de medida dinámica. Sin embargo, los resultados de los equipos de alto rendimiento podrían reflejar, de manera más fiel, las condiciones de visibilidad que experimenta un conductor, en lugar de un método de ensayo estandarizado.

Se concluye que, cuando sea necesario comparar valores del coeficiente de retrorreflexión, próximos o inferiores a los umbrales establecidos en las normas, obtenidos con equipos estáticos y dinámicos, se deben cumplir dos condiciones fundamentales:

- La medición entre los dos sistemas debe haberse realizado en un intervalo de tiempo inferior a un (1) mes.
- Establecer un margen de incertidumbre del 15% entre ambas medidas acorde al percentil 85 del error relativo obtenido.

Al margen de estas premisas, se deben controlar los factores de influencia de la medida mencionados en este artículo, además de garantizar una correcta calibración de los equipos previa a los ensayos.

Se estima conveniente la implantación de un procedimiento estandarizado común que verifique periódicamente la calibración de los

sistemas dinámicos mediante criterios de validación de los resultados que aseguren la repetibilidad y reproducibilidad de la medida.

Como futuras líneas de trabajo, se propone estudiar el comportamiento de las mediciones dinámicas para cada una de las clases de retrorreflexión, diferenciándolas a su vez, por tipologías de material.

Referencias normativas

- [1] UNE-EN 12899-1: 2009. Señales verticales fijas de circulación. Parte 1: señales fijas.
- [2] UNE 135340:2019. Señalización vertical: Láminas retrorreflectantes microprismáticas poliméricas. Características y métodos de ensayo.
- [3] Norma 8.1-I.C. Señalización vertical, de la Instrucción de Carreteras (Orden FOM/534/2014, de 20 de marzo).
- [4] Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) (Orden FOM/2523/2014). Artículo 701. Señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes.
- [5] Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD). 11th edition (2023). Federal Highway Administration.
- [6] UNE 135352: 2024. Señalización vertical y balizamiento. Control de calidad "in situ" de elementos en servicio. Características y métodos de ensayo.
- [7] UNE 135341:2017 IN. Señalización vertical. Guía de selección de materiales retrorreflectantes.



Apartaderos: Un elemento funcional de la carretera



The lay-bys: a functional elements of road infrastructure

José Vidal Corrales Díaz

*Jefe de la Demarcación
Carreteras del Estado en Castilla y León
Dirección General de Carreteras-MTMS*

En el marco estratégico en el que se encuadra la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada, dentro de la Red de Carreteras del Estado, se desarrolla un sistema de gestión de la seguridad vial en la RCE. A través de este artículo se muestra uno de los elementos funcionales de la carretera que contribuyen a la mejora de la seguridad vial que es también seguridad vital para las personas: los apartaderos. Se hace un breve repaso histórico de estos apartaderos desde la normativa y se desarrollan los aspectos básicos de trazado, criterios de proyecto y el punto en el que se encuentran los apartaderos de este tipo en la Red de Carreteras del Estado en el momento actual.

Based on the strategic framework established by the “Safe, Sustainable and Connected Mobility Strategy”, a road safety management system has been deployed across the National Road Network. Throughout this article, it is presented one of the functional elements of road infrastructure that contributes to improving not only road safety but also people’s security: the lay-bys. The article provides a brief historical overview of road lay-bys in terms of regulation, defines basic aspects of geometric design and project criteria, and finally describes the state of these facilities within the National Road Network at this moment.

Prologo

(Por Roberto Llamas Rubio, Presidente del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC))

Los apartaderos de carreteras constituyen un elemento esencial de la infraestructura vial moderna, aunque con frecuencia pasan inadvertidos para la mayoría de los con-

ductores. Sin embargo, el concepto de “apartadero” no es reciente: ya en los primeros tratados sobre caminos se contemplaban ensanchamientos destinados al cruce de carros de gran tamaño. Lo que ha evolucionado con el tiempo es su funcionalidad, su diseño y su integración dentro del sistema de seguridad vial.

La adecuada disposición de estos espacios en las carreteras actuales, considerando tanto sus be-

neficios como los riesgos asociados a las maniobras de entrada y salida, ha sido objeto de análisis dentro del Comité de Seguridad Vial de la ATC. De esa reflexión surge la oportunidad y pertinencia del presente artículo.

Con la aparición de las vías de doble calzada, concebidas para altas velocidades y largos recorridos, no se contempló inicialmente la inclusión de apartaderos propiamente dichos. Estas carreteras, con dos carri-

les por sentido y amplios arcones de hasta 2,5 metros, se consideraban suficientemente dotadas para atender situaciones de emergencia mediante el uso del arcén, las áreas de servicio o los enlaces hacia vías convencionales. Desde esta perspectiva, la construcción de apartaderos específicos no se consideraba necesaria ni económicamente justificada.

Con el paso del tiempo, y especialmente con la intensificación de las labores de conservación y explotación, surgió una nueva preocupación: la seguridad de los trabajadores que deben detenerse en el arcén para realizar tareas de mantenimiento, aforo, limpieza o inventariado. De esta necesidad nacieron los llamados apartaderos de conservación, sobreechamientos adyacentes al arcén que permiten estacionar los vehículos de mantenimiento con una mayor protección. Dado que estos operarios son profesionales del ámbito vial, se asumió que podrían realizar las maniobras de acceso y salida con seguridad bajo determinadas condiciones más restrictivas. Por ello, la normativa técnica incorporó criterios específicos de diseño y ubicación para estos apartaderos, promoviéndose, entre otros documentos, en la Nota de Servicio 02/2021 de la Dirección General de Carreteras (MTMS) sobre recomendaciones para la mejora de la seguridad en las actividades de conservación y otros trabajos con afección a la RCE, donde se recomienda expresamente su construcción.

La relevancia de esta medida se refleja en la siniestralidad registrada entre el personal de conservación. Solo en la Red de Carreteras del Estado (RCE), que abarca unos 24.500 km —aproximadamente el 16% del total de la red española—, se registraron en 2024 un total de 32 accidentes de ese tipo con 18 víctimas de operarios de conservación, entre ellas un fallecido. Y en lo que va de año 2025 (hasta octubre), ya se contabilizan 22 víctimas con el mismo número de accidentes, con un nuevo fallecimiento. Cifras que, sin duda, invitan a la reflexión.

Paralelamente, el aumento del tráfico y el incremento de siniestros por arrollamiento de vehículos detenidos en el arcén —ya sea por averías, imprevistos o usos indebidos como detenerse para realizar llamadas— ha llevado a reconsiderar, bajo el enfoque del “sistema seguro” y de las denominadas “carreteras benignas”, la conveniencia de disponer de apartaderos de emergencia. Estos se diferencian de los de conservación por estar destinados al uso general de

los conductores, con dimensiones y características más amplias, y ubicados periódicamente a lo largo de itinerarios, especialmente con alta incidencia de accidentes. La experiencia obtenida de su funcionamiento ha permitido proponer ajustes y recomendaciones para sus futuros diseños y ubicaciones.

Asimismo, el artículo hace referencia a otros tipos de apartaderos, como los situados en túneles o los destinados al control y pesaje de vehículos pesados.

En definitiva, el presente artículo revisa la evolución histórica del concepto de apartadero, los criterios actuales de diseño y las recomendaciones derivadas de la experiencia acumulada en su implementación. Además, presenta un breve inventario de los apartaderos existentes en la RCE y las previsiones de su ampliación.

Dar visibilidad a esta problemática y promover la incorporación de apartaderos —tanto de conservación como de emergencia— en las autovías españolas constituye una oportunidad para mejorar la seguridad vial, siguiendo el ejemplo de otros países de nuestro entorno donde estas actuaciones forman parte habitual de la infraestructura carretera.

1. Una movilidad segura

En los últimos años, las administraciones gestoras de infraestructuras de transportes han ido evolucionando desde un paradigma centrado en proveer infraestructuras de transportes como fin en sí mismas hacia un paradigma que ofrece una movilidad integral en todos sus ámbitos. En el ámbito de la Red de Carreteras del Estado (RCE), el entonces Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda

Urbana y actualmente Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha reflejado este nuevo paradigma en un documento de desarrollo que es la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada, Estrategia que fue aprobada en el año 2021. En esta Estrategia, dentro del Eje 3 relativo a una Movilidad Segura, una de las actuaciones se centra en la mejora de la seguridad vial en la RCE.

2. El Sistema de Gestión de la seguridad vial en la Red de Carreteras de Estado

Dentro de la Estrategia de la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada, el Sistema de la Gestión de la Seguridad Vial en la RCE se desarrolla bajo el paradigma del método científico a través de tres pilares básicos que son:

- El seguimiento periódico de la accidentalidad mediante la observación y el registro de accidentes.

- La identificación de problemas analizando los datos de accidentalidad obtenidos para lo cual es importante conseguir tratar de definirlos en términos operacionales.
- Desarrollo de actuaciones de mejora de la infraestructura buscando las soluciones que pueden ejecutar los gestores de la infraestructura sin dejar de tener presente la coordinación con los otros posibles participantes de otras competencias.

Este sistema de gestión es interactivo y dinámico, es decir, ahondando más en los límites de este sistema no es solo un sistema, sino un “ecosistema” vivo donde se desarrolla el conjunto de los elementos relacionados con la seguridad vial.

2.1. Seguimiento periódico de la accidentalidad

El seguimiento periódico de la accidentalidad en la RCE se materializa partiendo de los informes de los cuerpos policiales y agentes de tráfico que se obtienen del programa ARENA. A partir de todos los detalles en los que se pueden parametrizar los accidentes que se han producido en las carreteras y que son significativos y manejables estadísticamente se hace una mirada de los accidentes desde el punto de vista de la infraestructura, es decir, se asocian las variables establecidas de la accidentalidad a los itinerarios, tramos y tipos de carreteras del Estado, cuyos parámetros más significativos son el índice de mortalidad, el índice de peligrosidad y el índice de accidentalidad mortal. El tipo de estudio que se realiza en la RCE no es el mismo tipo de estudio que hace, por ejemplo, la Dirección General de Tráfico (DGT) en donde los parámetros de la accidentalidad que se analizan están mucho más vinculados a la ti-

pología del accidente y los factores concurrentes como el factor humano, el factor vehículo y, también, la infraestructura.

Los estudios y anuarios de accidentes de las carreteras del Estado que se publican anualmente por el Ministerio nos dan una visión holística de la accidentalidad de las carreteras y son fundamentales para tener un marco de investigación y observar la evolución de la accidentalidad visto desde la perspectiva de la carretera.



Figura 1. Portada del anuario estadístico en las carreteras del Estado 2022

Desde el estudio de la accidentalidad a nivel de la RCE, se baja un escalón más para estudiar la accidentalidad a nivel de caso particular, pasando al trabajo que se desarrolla desde los contratos de conservación integral. Se lleva a cabo un estudio de la accidentalidad mucho más pormenorizado. Estos estudios de la accidentalidad en los contratos de conservación integral están establecidos en los pliegos de prescripciones técnicas particulares y se elaboran coordinadamente con los datos del programa ARENA. Concretamente hay que elaborar, por un lado, informes mensuales y anuales de accidentes, clasificándolos según su tipología, gravedad y localización. Por otro lado, se elabora un informe

sobre la seguridad vial del lugar del accidente, investigando a nivel de campo las condiciones similares en las que se produjo el accidente para deducir los conflictos potenciales que se producen en los elementos de la infraestructura que, aun siendo totalmente conformes a la normativa sectorial vigente, siempre serán susceptibles de mejorarse. Si de esta investigación puede concluirse que hay alternativas para mejorar la seguridad vial, entonces se hacen propuestas concretas de actuaciones.

2.2. Identificación de problemas

Entre los tipos de accidentes que se dan en las carreteras hay dos de ellos que son llamativos. Uno de ellos es el que afecta a las personas que tienen su trabajo directamente vinculado a una actividad en la carretera, actividad que ya de por sí es peligrosa y tienen consecuencias tanto por la gravedad como por la mortalidad. Según datos de la DGT, la media de personas que han fallecido en los últimos cinco años en acto de servicio en la carretera es de 5. Unos sucesos que no los podemos aceptar. El otro caso de accidente son los que se producen cuando un vehículo o varios que, circulando por la carretera, por distintas causas, se han detenido en el borde de la calzada. El caso más típico es el de un camión que se para en un arcén que tiene un ancho insuficiente para albergarlo y el conductor se baja para resolver el problema que causó la parada del vehículo dándose una serie de circunstancias fatales que resultan en el accidente de choque por alcance o de atropello de personas.

En la fase de la identificación del problema del sistema de gestión de la seguridad vial, un problema es un reto que en términos circunstanciales nos obliga a relacionar y reorganizar todos los elementos de la situa-

ción problemática para adquirir una comprensión global y estructural de lo que acontece en la situación con el objetivo de conseguir su resolución.

2.3. Mejora de actuaciones en la infraestructura

Filosóficamente, resulta que, como idea platónica, la carretera universal tiene dos costas paralelas entre sí limitando el espacio por donde tiene que fluir el tráfico de forma lineal. Hay puntos en este espacio unidimensional por los que puede salirse de una forma programada y prevista en enlaces, intersecciones o accesos. Pero cuando un vehículo tiene que detenerse y apartarse de la circulación, pero dentro de la carretera, surge un conflicto porque la parada se hace en una zona de flujo que no está pensada para parar, sino para fluir. Desde lo que llamó Carlos Fernandez Casado tensión de diseño, la ingeniería de la carretera ha ido evolucionando de modo creativo para afinar el diseño incorporando cada vez nuevas variables y factores.

Y si las carreteras tienen costa, cuando hay mucha intensidad de tráfico y un usuario tiene que salir de forma imprevista, como mejora de la infraestructura se puede diseñar en la sección transversal de la carretera, cuando es posible, una zona de transición hacia fuera de flujo en reposo que es el arcén. Pero cuando el vehículo estacionado provisionalmente no cuenta con espacio suficiente en el arcén para apartarse del flujo de la circulación, e incluso, cuando lo hay, pero en condiciones precarias, podemos disponer de apartaderos. El apartadero como concepto es un refugio seguro: puede que la distancia de una carretera no se mida solo en kilómetros, sino también en apartaderos.



Figura 2. Noticia de El País, 26 de enero de 2021



Figura 3. El contorno de la carretera limita el fluir y el no fluir de los vehículos.

3. Breve repaso histórico del diseño de apartaderos

Partiendo del razonamiento lógico anterior se llega a la conclusión de que como mejora de actuaciones en la infraestructura se necesita proyectar y construir apartaderos. En este apartado se desarrollará un poco de la historia del diseño de los apartaderos en la carretera porque nos permite deducir de dónde venimos para saber a dónde vamos.

La primera instrucción de carreteras en España para redactar proyectos en términos técnicos la podemos encontrar en el año 1903 y que viene a reflejar el estado de la técnica en los comienzos de una época moderna e industrial en la que aún no había irrumpido el vehículo automóvil como medio de transporte terrestre de forma masiva. Entonces, desde 1825, el transporte terrestre industrial por excelencia era el ferrocarril. Los caminos se empezaban a adaptar para el

uso de carros y carretas, surgiendo una nueva infraestructura que vino a llamarse carretera, aprovechando las mejoras técnicas de diseño y constructivas que había desarrollado la ingeniería ferroviaria.

En la instrucción de 1903, para el tipo de carretera que entonces se diseñaba con sección transversal más reducida por razones de economía, ya se definían los paseos adyacentes al firme de la carretera como zona de transición de los bordes de la carretera hacia los terrenos colindantes. Y para los tramos en que el tráfico de carretas fuera reducido, la sección transversal se hacía todavía más estricta, de 3 metros y medio, pero se debían disponer de apartaderos con el fin de que el flujo de las carretas de entonces no se detuviera. La separación entre apartaderos en esos casos debía ser de unos exigentes 200 metros y las dimensiones del apartadero estaban cuantificadas: 20 metros de longitud y un ancho de entre 2 y 3 metros aproximadamente.

La siguiente Instrucción para redactar proyectos de carreteras que se dicta en la normativa sectorial en España se aprueba en el año 1939, ya en la plena expansión del vehículo automóvil carretero que se fabricaba de forma industrializada y masiva. La tensión de diseño llevaba a la ingeniería a ampliar los tipos de sección transversal de las carreteras en función de las condiciones de contorno y del tráfico. Se comprueba que el apartadero como elemento funcional a nivel reglamentario desaparece porque en condiciones de mayor tráfico, se amplía la sección transversal para que unida a los paseos-arcenes puedan se pueda adelantar a los vehículos más lentos o parados que circulan precisamente por esta zona de transición de flujo a parada. El propio paseo-arcén es el apartadero. Se intuye que se deja para la imaginación del ingeniero proyectista la disposición de los apartaderos para las ca-



Figura 4. Valladolid. Paisajes (carruaje de cuatro ruedas tirado por caballos). Aurelio de Colmenares y Orgaz, conde de Polentinos. Fecha entre 1892 y 1930. Fuente: Instituto del Patrimonio Cultural de España

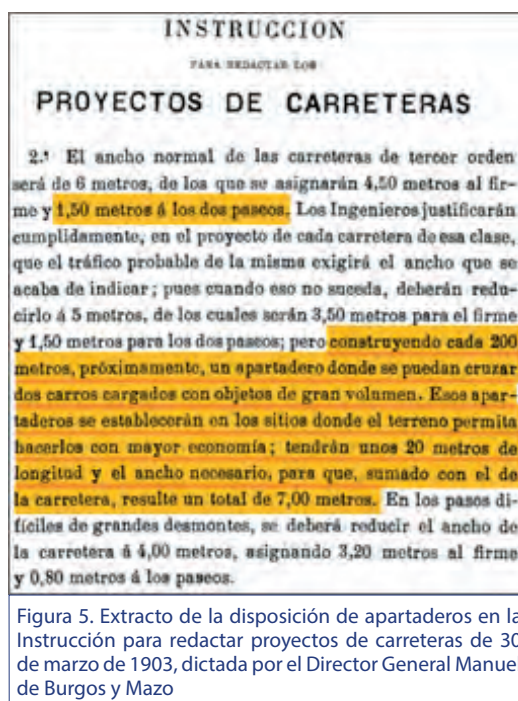


Figura 5. Extracto de la disposición de apartaderos en la Instrucción para redactar proyectos de carreteras de 30 de marzo de 1903, dictada por el Director General Manuel de Burgos y Mazo

rrerteras de montaña, pero en esa Instrucción de 1939 no se llega a referir.

Posteriormente, en la Instrucción de Carreteras aprobada en el año 1964, en el apartado 3.1 Trazado (de donde nace el nombre que tenemos de la Instrucción 3.1 – IC Trazado) solo figura la mera definición de apartadero como “ensanchamiento de la calzada destinado a parada de vehículos, sin interceptar la circulación”. No obstante, no se dan indicaciones de sus características de trazado.

En la Instrucción 3.1 de Trazado de 1999 aprobada por Orden Mi-

nisterial del entonces Ministerio de Fomento y aplicable al ámbito de la RCE, sorprendentemente, desaparece la definición de los “apartaderos” y por tanto, toda referencia a este elemento funcional.

Y en la actual Instrucción 3.1 – IC de Trazado vigente de 2016, igualmente aprobada por Orden Ministerial del Ministerio de Fomento para el ámbito del estudio y proyecto de las carreteras de la RCE, los apartaderos vuelven a tener su hueco en el diseño de las carreteras. La definición como tal no da lugar a dudas de que

se trata de una mejora del diseño de la carretera. Los apartaderos son un “ensanche de la plataforma de la carretera destinada a permitir la detención o el estacionamiento temporal de los vehículos”.

En efecto, en la Instrucción 3.1 – IC de Trazado de 2016 se otorga a los apartaderos el rango de elemento funcional de la carretera y se constituyen sus bases de diseño. Los tipos conceptuales de apartaderos que establece la Instrucción 3.1 – IC de Trazado son tres:

- Apartaderos de conservación y explotación.
- Apartaderos de emergencia.
- Apartaderos para revisión y control de vehículos pesados.

Los apartaderos a los que se van a referir en el presente artículo son los dos primeros, vinculados de forma directa con la mejora de la seguridad vial en las carreteras. Estos dos primeros tipos de apartaderos también están incluidos en la Orden Circular 1/2021 sobre recomendaciones para el diseño de las carreteras 2+1 y carriles adicionales de adelantamiento aplicable a la RCE. Podemos decir que, desde la normativa reglamentaria, los apartaderos tienen un tratamiento galante para que las personas afectadas por un percance en su vehículo puedan apartarse a un lado del camino, bajar del mismo y esperar la resolución de la avería mientras contemplan con tranquilidad el paisaje.

4. Caso particular de apartaderos de túneles

Haciendo un inciso en este artículo se va a mencionar otro tipo de apartaderos como son los que se disponen en los túneles y que tienen una regulación muy tasada en la normativa sobre túneles. En el caso par-

ticular de los túneles, un accidente vial tiene unas repercusiones mucho mayores que si el accidente ocurre en un tramo a cielo abierto de la carretera. Esto se puso de manifiesto durante el desarrollo importante que estaba teniendo la red de carreteras en el mundo durante la década de los

años 70 del siglo pasado. En España se dispuso en el año 1976 la norma complementaria de la Instrucción 3.1 – IC del año 1964 que desarrollaba los criterios de diseño para trazado de autopistas, instrucción que marcó el inicio de los trazados de las vías de alta capacidad en una época en



Figura 6. Vehículo detenido en una carretera nacional con sus paseos laterales y vista del albergue de carretera del Patronato Nacional de Turismo en Quintanar de la Orden (Toledo). Archivo Fotográfico del Patronato Nacional de Turismo. Fecha en 1937. Legado de Luis Fernandez Fuster. E.S. Turismo Huesca.

CARRETERAS NACIONALES						TOTAL
	Árcen	Paseo	Alferruz	Paseo	Árcen	
A) En el campo y en condiciones normales	0,00	0,50	8,00	0,50	0,00	9,00
B) En terrenos montañosos o difíciles	0,00	0,50	7,00	0,50	0,00	8,00
C) Sección a contar de 5 a 10 kilómetros de las capitales de provincia o poblaciones asimiladas	0,00	1,00	10,00	1,00	0,00	12,00
D) En zonas urbanizables de dichas poblaciones	3,00	1,00	10,00	1,00	3,00	18,00

* Con la velocidad básica de 60 kilómetros hora que se aspira a conseguir en las carreteras nacionales, se ha estimado en 3,50 metros el ancho mínimo necesario para cada circulación, a pesar de lo cual se han tomado 4 metros a fin de que utilizando el paseo puedan coexistir tres circulaciones marchando uno de los vehículos a muy poca velocidad.

Figura 7. Extracto de la Instrucción de carreteras de 1939: el arcén es el apartadero



Figura 8. Cambiando la rueda de la diligencia. Archivo Ruiz Vernacci. Fotografía del siglo XIX. Fototeca del Instituto del Patrimonio Cultural de España

la que las carreteras interurbanas eran de tipo convencional. Las autopistas se desarrollaron para mejorar el transporte por carretera sobre todo en un aspecto fundamental: porque eran mucho más seguras que las carreteras de una sola calzada con doble sentido de circulación. Por ello, en los proyectos de autovías se prescribieron para los túneles la disposición de apartaderos de 14 metros de longitud cada 300 metros en el caso principal de que un vehículo pesado no pudiera aparcar por motivos excepcionales sin perturbar el tráfico de sentido contrario.

Posteriormente, el Real Decreto 635/2006 sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado constituye la norma de obligado cumplimiento para los túneles que se construyan y para los túneles existentes. En esta norma se establecen unos criterios de disposición de apartaderos a distancias no superiores a 1.000 m para túneles en fase de proyecto o construcción en función de una serie de parámetros como son el tipo de túnel (unidireccional o bidireccional), la longitud del túnel, la intensidad media diaria de vehículos por carril, la anchura de los arcones, la presencia de carriles de emergencia, etc. Para los túneles existentes habría que analizar caso por caso la viabilidad de dotarlos en función del análisis de riesgo.

No obstante, en esta norma de requisitos mínimos de seguridad en túneles no hay criterios de diseño relativos a las dimensiones o características de los apartaderos.



Figura 9. Apartadero en el túnel de Petralba. N-260. PK 469+890. RCE

5. Apartaderos de conservación y explotación

5.1 Trazado de los apartaderos de conservación y explotación

Este tipo de apartadero, como indica la Instrucción de trazado de 2016, sirven a la función de poder parar y estacionar temporalmente los vehículos de conservación y explotación fuera de la calzada y de los arcones, aunque se puede estudiar en función de la disponibilidad de terreno que se utilice parte del arcén. Es importante recalcar que son de uso exclusivo de estos vehículos, en el ejercicio de las tareas que tengan encomendadas, es decir, no están pensados para ser utilizados por el resto de los vehículos de la circulación general de la carretera.

Las dimensiones en planta con carácter de mínimos se indican en la figura 10.

Hay que recalcar que tanto para los apartaderos de conservación y explotación, como para los apartaderos de emergencia, con respecto a la ubicación en el trazado de la carretera, tienen que ser visibles desde

la calzada al menos a una distancia superior a la distancia de parada, tanto para tener tiempo y espacio físico para detenerse en él, como para que los usuarios de la carretera genéricos puedan divisarlo y poder reaccionar si tuvieran que hacerlo por una incidencia, o por si el vehículo de conservación está entrando o saliendo del apartadero y pueda hacerlo con un nivel aceptable de seguridad en función de las circunstancias del tráfico.

5.2. Criterios de proyecto y ubicación de los apartaderos de conservación y explotación

Además de los aspectos geométricos de trazado que ya están fijados en la norma de Trazado, para el resto de los aspectos que hay que tener en cuenta la Nota de Servicio 2/2021 de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes sobre Recomendaciones para la mejora de la seguridad en las actividades de conservación y otros trabajos que afectan a la Red de Carreteras del Estado. Esta Nota de Servicio fue consecuencia de la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada que tiene como principio el derecho a la seguridad vial y vital desde un punto de vista integral, es decir, tanto para los usuarios de la carretera como para los trabajadores.

La seguridad en el trabajo que realizan las personas de la conservación y explotación tiene que analizarse desde todos sus ángulos y preverse con claridad todos los pasos y

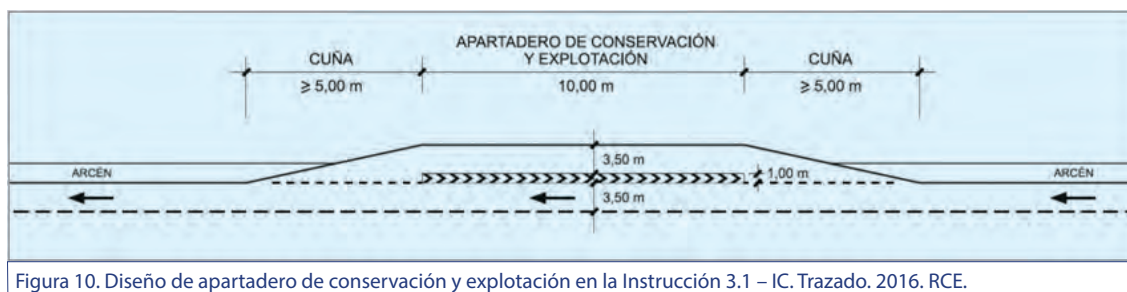


Figura 10. Diseño de apartadero de conservación y explotación en la Instrucción 3.1 – IC. Trazado. 2016. RCE.

procedimientos de las tareas de conservación y explotación. Para ello se estudian todos los riesgos que conllevan las operaciones de conservación y las medidas correctoras para minimizarlos al máximo. Esto se refleja en el Documento de Información del Promotor (DIP) y en el Documento de Gestión Preventiva del contratista (DGP).

En el estudio de riesgo de las operaciones de conservación y explotación tiene mucha importancia la identificación de los tramos de la carretera que conllevan un riesgo especial que destaca por encima de lo que sería aceptable. Estos riesgos especiales pueden deberse a un trazado sinuoso o tramos de montaña, ausencia de arcenes o arcenes de ancho reducido, IMD alta, sobre todo de tráfico pesado, orientación geográfica desfavorable, climatología adversa, tramos de alta accidentalidad, etc.

Teniendo en cuenta este estudio de riesgo, la Nota de Servicio 2/2021 también recomienda que se estudie la conveniencia de construir apartaderos laterales para aparcamiento y refugio en estas operaciones de conservación. Hay que recalcar que estos apartaderos son de uso temporal y están programados para hacer recorridos cortos y por zonas protegidas. De nada serviría que el operario de la conservación deje el coche a buen resguardo y luego se tenga que jugar la vida para ir a hacer el trabajo in situ en la carretera. En este sentido, son muy funcionales los apartaderos junto a las estaciones de aforo.

5.3. Señalización y balizamiento de apartaderos de conservación y explotación

Como ya se ha mencionado, estos apartaderos son para uso exclusivo del personal dedicado profesionalmente a las operaciones de

conservación y explotación. Por ello, no tienen una señalización orientada a los usuarios de la carretera, pero sí que resulta efectivo y muy conveniente disponer bandas sonoras fre-sadas en el arcén como mínimo cien metros antes y después del apartadero, porque, además de que perciba el conductor del vehículo que se está saliendo de la calzada, avisan

también al operario de conservación de un vehículo que está invadiendo el arcén para que pueda tener tiempo para escapar de la situación sobreenvenida.

En las figuras 11, 12 y 13 se muestran una serie de ejemplos de estos tipos de apartaderos construidos en el caso de la RCE.



Figura 11. Apartadero de conservación y explotación en N-111. PK 275+954. RCE



Figura 12. Apartadero de conservación y explotación junto a estación de aforo en A-38. PK 11+180. RCE



Figura 13. Apartadero de conservación y explotación en A-23. PK 328+540. RCE

5.4. Apartaderos de conservación y explotación en la RCE

En el marco de la RCE, en abril de 2025, se ha hecho una encuesta con todas las Demarcaciones de Carreteras del Estado para tener una foto fija de situación de los apartaderos de conservación y explotación que hay en la RCE que sean conformes con el diseño de la Instrucción 3.1 IC de Trazado, independientemente de los puntos de parada que hacen los vehículos de conservación en sus trabajos de campo fuera del arcén o la calzada y que serían apartaderos informales en las bermas que se preparan como explanada o plataforma con material de fresado, compactación de tierras, etc. Los apartaderos informales ya suponen un síntoma de la necesidad de apartaderos y será interesante analizarlos para adaptarlos y ejecutarlos conforme a la norma de trazado. Este tipo de apartaderos informales son muy numerosos en muchos tramos de carreteras por toda la geografía de la RCE.

Los datos provisionales a fecha de abril de 2025 de los apartaderos conforme a norma o prácticamente similares a los diseños de la norma son los que se reflejan en la tabla 1.

Sumarían unos 78, de los cuales, algo más de la tercera parte están precisamente en las carreteras del Estado en la comunidad valenciana que ya antes de aprobarse la Instrucción de Trazado de 2016 tenía contruidos apartaderos de conservación y explotación con el diseño de mínimos de la norma actual. En el caso de los 17 apartaderos programados, se trata de una actuación que se ejecutará como obra menor dentro del contrato de conservación y explotación del sector P-2 y que afecta a las autovías A-62 y A-67 en la provincia de Palencia.

Los datos de los accidentes de este tipo, tal vez por su cuantía re-

ducida, no están analizados en los informes ya tipificados estadísticamente, por lo que el análisis de la evolución longitudinal en el tiempo de la mejora de la seguridad vial y de los trabajos de conservación y explotación se realizará de una forma particularizada con el objeto poder hacer una evolución transversal comparativa de incidentes o accidentes en operaciones de conservación con otro tramo de carretera de similares características en el que no se haya hecho ninguna actuación de construcción de apartaderos de este tipo. Lo importante es tener un esquema comparativo estadístico que sea consistente y nos permita ver la evolución y la correlación de la mejora de seguridad vial con la existencia o no existencia de apartaderos de conservación y explotación.

6. Apartaderos de emergencia

6.1. Trazado de apartaderos de emergencia

La Instrucción de Trazado mencionada de 2016, para el caso de los apartaderos de emergencia, establece que solo están destinados para la detención de vehículos que requieran solucionar una emergencia de tipo avería o similar. Es importante destacar este aspecto que convierte a estos apartaderos en un elemento funcional esencial de la carretera, porque los vehículos se averían, no son infalibles. Un aspecto diferenciador con relación a los apartaderos de conservación y explotación es que

está destinado a los vehículos que, en general, están circulando por la carretera. De sobra es conocido que cuando un vehículo pesado se detiene de forma excepcional en el arcén de una autovía, aun siendo un uso reglamentario, pueden invadir parte de la calzada y un vehículo que circula tiene un riesgo alto de impactar contra él con consecuencias fatales. Por ello, el vehículo pesado es el que más se beneficia de estos apartaderos.

El diseño en planta con las cotas mínimas a disponer se representa en las figuras que se muestran. Las cotas geométricas definitivas, no obstante, tienen que ser analizadas y estudiadas en función de las condiciones de contorno que imponga a carretera a la que sirve de refugio y buen puerto de parada (Figuras 14 y 15).

6.2. Criterios de proyecto y ubicación de apartaderos de emergencia

No obstante, para disponer de estos apartaderos de emergencia hay que considerar más factores. Al igual que en los apartaderos de conservación y explotación, desde el punto de vista del usuario hay que estudiar los tramos de carretera con especial riesgo del tipo de accidente por impacto contra un vehículo detenido en el arcén. El objetivo principal a conseguir es que el vehículo que constituye un obstáculo para circulación pueda detenerse de una forma más apartada de la calzada, de esta forma casi se elimina el riesgo. No se elimina del

Tabla 1.		
APARTADEROS COEX NORMA 3.1 - IC	APARTADEROS COEX PROGRAMADOS	APARTADEROS COEX SIMILARES NORMA 3.1 - IC
42	17	19



Figura 14. Diseño de apartaderos de emergencia en la Instrucción 3.1 IC. Trazado. 2016 RCE.

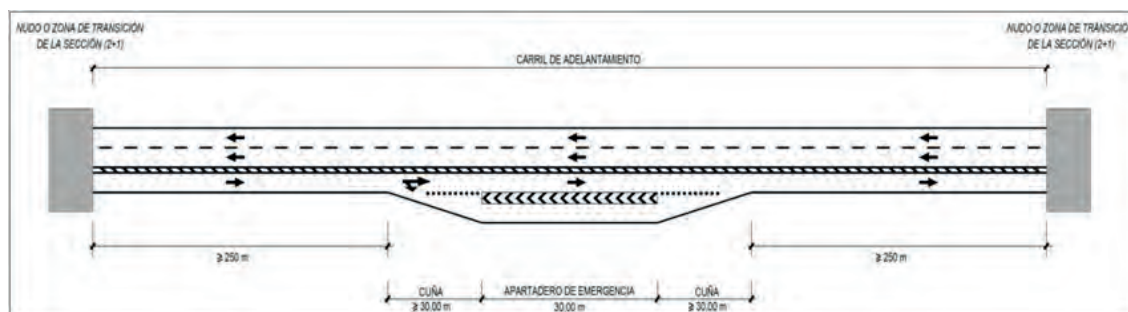


Figura 15. Diseño de apartaderos de emergencia en la Orden Circular 1/2021 sobre recomendaciones para el diseño de las carreteras 2+1 y carriles adicionales de adelantamiento. RCE

todo porque la incorporación o la salida tienen unos parámetros mucho más estrictos que los que tienen las salidas o entradas de los enlaces, que como se sabe, es una maniobra que afecta a la seguridad vial.

En el estudio de los tramos de riesgo especial hay que tener en cuenta factores como la IMD en general, pero la de los vehículos pesados en particular. Hay que tener en cuenta la disposición de nudos de salida, bien sean enlaces, intersecciones, áreas de servicio o áreas de descanso que permitan luego a los vehículos afectados salir de la carretera y buscar un refugio más seguro. En tramos de autovía donde, por ejemplo, la distancia entre enlaces sea superior a 10 km, sería conveniente analizar la construcción de apartaderos de este tipo.

Con respecto a la ubicación de trazado en coordinación con la carretera de la que se trata, es muy importante estudiar el trazado en planta y en alzado de la carretera y tienen que ser visibles desde la calzada, al menos, a una distancia superior a la distancia de parada, ya que tanto para entrar, como para salir del apartadero una vez solucionada la incidencia,

requiere que sean divisados por los conductores que van circulando por la calzada.

Es interesante por su economía que la construcción de estos apartaderos no requiriese la necesidad de expropiaciones.

En algunos de los contratos de conservación integral de sectores de la RCE que a priori presentan tramos de especial riesgo se han incluido como mejoras técnicas la construcción de uno o dos apartaderos de emergencia en los que el licitador incluía en su oferta un análisis de al menos cinco posibles ubicaciones. Ejemplo de contratos de conservación integral que han incluido esta mejora se han presentado en las provincias de Castellón, León, Salamanca o Cantabria.

6.3. Señalización y balizamiento de los apartaderos de emergencia

Un elemento importante del proyecto y ejecución de los apartaderos de emergencia es la señalización y el balizamiento que aún no tienen una reglamentación específica pero que

se puede deducir de los principios generales de señalización.

La señal de apartadero está codificada en los manuales de señalización vertical y es preferible preseñalizar la ubicación del apartadero a 500 metros y a 250 metros. Por otro lado, se incrementa mucho la seguridad con la ejecución de bandas sonoras fresadas junto al arcén desde al menos, 100 metros antes para avisar de una posible distracción de un vehículo con invasión del arcén hacia la ubicación del apartadero de emergencia.

Para evitar el uso no deseado distinto a una emergencia, se debe indicar con un panel auxiliar la prohibición de la parada o el estacionamiento con la indicación de un panel indicativo de "solo emergencias".

Por último, un detalle útil, fuera de la visión de los usuarios de la carretera en general, es poner un pequeño cartel con los datos de contacto del centro de conservación del sector correspondiente para que el conductor del vehículo averiado informe de la incidencia al sector, bien para analizar si es necesario reforzar algún



Figura 16. Uso de apartadero de emergencia en la A-66. PK 302+800. RCE.



Figura 17. Preseñalización de 500 m de apartadero de emergencia en A-67. PK 47+000. Fuente: Google Street View



Figura 18. Solo para emergencias. A-66. PK 283+700. RCE



Figura 19. Información útil para los usuarios de un apartadero de emergencia. A-62. PK 46+500. RCE

tipo de señalización o para ejecutar alguna actuación más resolutive, así como también para tener datos con fines estadísticos de la utilización del apartadero.

6.4. Apartaderos de emergencia en la RCE

Igual que en el caso de los apartaderos de conservación y explotación, también se ha hecho una foto actual de los apartaderos de emergencia existentes y previstos construir en las carreteras del Estado conforme al diseño de la Instrucción 3.1 - IC de Trazado de 2016. De la consulta realizada a las Demarcaciones de Carreteras del Estado en el mes de abril de 2025 se muestra el resultado en la tabla 2.

Hasta la fecha indicada se dispone de 80 apartaderos de emergencia y se prevé construir a corto plazo otros 25 en tramos de riesgo especial. Estos apartaderos se han construido a través de contratos menores, contratos de obras de primer establecimiento o a través de los contratos de conservación integral. Es un número todavía reducido, pero es esperanzador, porque se va incrementando con el paso de los años.

Queda todavía confirmar con datos estadísticos la evolución y mejora de la seguridad vial respecto del tipo de accidente que se produce por el impacto contra vehículos parados en el arcén correlacionándolo con el uso de apartaderos de emergencia, ya que estos apartaderos se han empezado a construir desde hace 7-8 años gracias a la inclusión de su diseño en la Instrucción 3.1 – IC, de Trazado del año 2016.

Al igual que en el caso de los apartaderos de conservación y explotación, los datos de los accidentes en el que están implicados vehículos estacionados en las márgenes de las carreteras, tal vez por su cuan-

Tabla 2.	
APARTADEROS EMERGENCIA EXISTENTES NORMA 3.1 – IC	APARTADEROS EMERGENCIA PROGRAMADOS CONTRUIR NORMA 3.1 – IC
80	25

tía reducida, no están tipificados estadísticamente en los informes de la DGC o de la DGT, por lo que el análisis de la evolución en el tiempo de la mejora de la seguridad vial se realizará de una forma particularizada con el objeto poder hacer una comparativa de incidentes o accidentes de este tipo en tramos de autovías con apartaderos de emergencia y tramos sin estos apartaderos. Para ello se estudiará también el comportamiento de vehículos de movilidad a través de análisis de movilidad big data por medio de contratos celebrados al efecto y cuya gestión se realiza por la Subdirección General de Sostenibilidad e Innovación de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. El objetivo es tener un esquema comparativo estadístico que sea consistente y nos permita ver la evolución y la correlación de la mejora de seguridad vial con la existencia o no existencia de apartaderos de emergencia. De lo que no cabe duda alguna es que se trata de un elemento funcional que ayuda mucho a los usuarios en caso de avería o emergencia de una forma segura y eficiente.

7. Conclusión

Recordando de nuevo la idea engendrada por Carlos Fernández Casado de tensión de diseño, esta tensión, como la del hilo de una cometa que es lo que la hace volar, nos proyecta hacia el futuro, nos reafirma tensionando nuestro pensamiento ingenieril mientras reorganizamos y relacionamos los elementos de una

situación problemática para engendrar un nuevo diseño creativo que evite accidentes en nuestras carreteras y salve vidas en las autovías y carreteras que proyectamos, construimos, conservamos y explotamos. Y una de las nuevas herramientas de diseño con las que contamos ahora son los apartaderos de conservación y explotación y los apartaderos de emergencia, que son, en definitiva, elementos que hacen funcionar óptimamente a nuestras carreteras.

8. Referencias bibliográficas

[1] Formularios para la redacción de los proyectos de carreteras, aprobados por Real Decreto de 30 de marzo de 1903. Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas 1903.

[2] Instrucción de Carreteras, aprobada por Orden de 11 de agosto de 1939. Ministerio de Obras Públicas 1939.

[3] Instrucción de Carreteras. “Características geométricas. Trazado”, aprobada por Orden de 22 de abril de 1964. Ministerio de Obras Públicas 1964.

[4] Instrucción de Carreteras. Norma complementaria de la 3.1 – IC “Trazado de autopistas”, aprobada por Orden de 16 de marzo de 1976. Ministerio de Obras Públicas 1976.

[5] Instrucción de Carreteras. Norma 3.1 – IC. Trazado, aprobada por Orden de 27 de diciembre de 1999. Ministerio de Fomento 1999.

[6] Norma 3.1 – IC de la Instrucción de carreteras. Trazado, aprobada por Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero. Ministerio de Fomento 2016.

[7] Recomendaciones para el diseño de carreteras 2+1 y carriles adicionales de adelantamiento, aprobadas por Orden Circular 1/2021 de la Dirección General de Carreteras de 12 de marzo de 2021. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana 2021.

[8] Recomendaciones para la mejora de la seguridad en las actividades de conservación y otros trabajos con afección a la Red de Carreteras del Estado, Nota de Servicio 02/2021 aprobada el 10 de noviembre de 2021. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

[9] Anuarios estadísticos de estudios de accidentes en la Red de Carreteras del Estado. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

[10] Real Decreto 635, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado. Ministerio de Fomento 2006.

[11] Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

[12] Fernández Casado, C. Estética de las artes del ingeniero. Discurso de ingreso en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1976). ❖lizar si es necesario reforzar algún tipo de señalización o para ejecutar alguna actuación más resolutive, así como también para tener datos con fines estadísticos de San Fernando (1976). ❖

Influencia de los vehículos eléctricos en el comportamiento de los actuales sistemas de contención de vehículos: ¿Son eficaces o requieren de adaptaciones y/o una nueva validación?



Influence of electric vehicles on the behavior of current vehicle restraint systems: Are these systems effective or do they require adaptations and/or revalidations?

Diego Santiago González

Miembro del Comité de Seguridad Vial de la ATC

Director de ingeniería de Road Steel

Este artículo analiza la eficacia de los sistemas de contención de vehículos (SCV) certificados según la norma EN 1317 frente al impacto de vehículos eléctricos (EV), cuya masa y centro de gravedad difieren significativamente de los vehículos de combustión interna (ICE). A través de ensayos experimentales y simulaciones numéricas, se evidencia que ciertos sistemas certificados no garantizan una contención adecuada ante el impacto de EV, lo que plantea la necesidad de revisar los criterios de diseño y certificación actuales. Se complementa el estudio con investigaciones internacionales bajo el protocolo MASH, que refuerzan la urgencia de adaptar los SCV a la nueva realidad del parque móvil.

This article examines the effectiveness of vehicle restraint systems (VRS) certified under the EN 1317 standard when impacted by electric vehicles (EVs), which differ significantly in mass and center of gravity from internal combustion engine (ICE) vehicles. Through experimental crash tests and numerical simulations, the study reveals that certain certified systems may not ensure adequate containment for EVs, highlighting the need to revise current design and certification criteria. The analysis is complemented by international research under the MASH protocol, reinforcing the urgency to adapt VRS to the evolving vehicle fleet.

Prologo

(Por Roberto Llamas Rubio, Presidente del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC))

Dentro del Comité de Seguridad Vial de la ATC se han establecido varios grupos de trabajo para analizar y debatir técnicamente diferentes temas relativos a la seguridad de la circulación de candente actualidad. Uno de éstos aborda la problemática de las márgenes de las carreteras en relación con la accidentalidad, así como la de la implementación y eficacia de sistemas de contención para evitar salidas de la vía o al menos reducir las consecuencias de este tipo de accidentes. La problemática y casuística es muy variada y compleja, a la que en los últimos años se ha añadido un nuevo condicionante derivado de la aparición de los modernos vehículos eléctricos. Ante este panorama y en este contexto se está abordando este tema en el seno del Comité y en él se circunscribe el presente artículo de uno de los miembros de dicho grupo de trabajo, basado en pruebas llevadas a cabo por la empresa en la que éste desarrolla su labor profesional. Artículo que ha sido revisado y avalado por el Comité que tengo el honor de presidir.

Es evidente que la movilidad ha cambiado en los últimos tiempos y sigue en constante y rápida evolución.

La mayor sensibilización social hacia el medio ambiente y las políticas de sostenibilidad y descarbonización, han llevado consigo la proliferación de vehículos diferentes a los clásicos de combustión, basados en combustibles pétreos, donde los automóviles eléctricos e híbridos han proliferado. Así lo atestigua la venta de vehículos eléctricos, que ha experimentado un importante auge en los últimos años. Con este nuevo panorama del parque automovilístico, se plantean nuevos retos, entre ellos a nivel de sistemas de contención, que deben ser resueltos técnica y económicamente. Pues estos vehículos presentan unas características que difieren de los vehículos de combustión interna para los que están diseñadas las barreras de seguridad actualmente dispuestas en nuestras carreteras: por un lado, presentan una mayor masa y, por otro, tienen su centro de gravedad más bajo. Características éstas esenciales en el comportamiento de los sistemas de contención de vehículos y que deben analizarse por si fuesen necesarias adaptaciones o nuevos diseños para garantizar un adecuado comportamiento ante este tipo de nuevos vehículos presentes en crescendo por nuestras vías.

Los sistemas de contención actuales, y en particular, las barreras, han sido ensayadas y certificadas de acuerdo con la norma EN 1317-2, que contempla el ensayo a escala real de

dichos sistemas mediante impacto contra ellos de vehículos de combustión interna. Por eso, la cuestión es: ¿Pueden las particularidades comentadas de los vehículos eléctricos afectar al comportamiento de las barreras?.

En este artículo se aborda esta cuestión y se analizan los resultados de ensayos a escala real realizados sobre barreras certificadas de acuerdo con la norma EN 1317-2 pero con un vehículo de características iguales a las de un vehículo eléctrico, llegando a la conclusión general de que los resultados pueden diferir en gran medida respecto de los obtenidos en el ensayo con vehículos de combustión. Una conclusión que nos debe obligar a replantearnos los criterios de diseño y certificación de los sistemas de contención de vehículos vigentes y su real efectividad, reflexión que conllevará a los diferentes fabricantes a dedicar esfuerzos e ingenio para resolver este importante aspecto, compatibilizando la coexistencia de vehículos de combustión interna con los eléctricos.

Así pues, la divulgación de este trabajo en Rutas se produce en un momento idóneo para dar visibilidad y llamar la atención sobre esta nueva problemática con el que se encuentra la técnica carretera para dar una solución adecuada y viable que la nueva movilidad ha generado.

1. Introducción

La movilidad eléctrica se ha consolidado como uno de los pilares fundamentales de la transición energética en Europa. Aunque su adopción ha mostrado altibajos en los últimos años, la tendencia general apunta hacia una electrificación progresiva del parque automovilístico. Este cambio tiene implicaciones directas sobre el

diseño y el comportamiento de las infraestructuras viales, especialmente en lo que respecta a los sistemas de contención de vehículos (SCV), cuya certificación se basa en ensayos a escala real realizados con vehículos de combustión interna (ICE).

Entre 2020 y 2023, la cuota de mercado de los vehículos eléctricos (EV) en Europa pasó de cifras marginales a representar más del 14 %

de las matriculaciones totales, superando por primera vez a los vehículos diésel. Este crecimiento fue impulsado por políticas públicas ambiciosas, incentivos fiscales, avances tecnológicos en baterías y una creciente conciencia ambiental.

En 2024, se vendieron 1.447.934 vehículos eléctricos en la Unión Europea, lo que representó una caída interanual del 5,9 %. Esta contracción

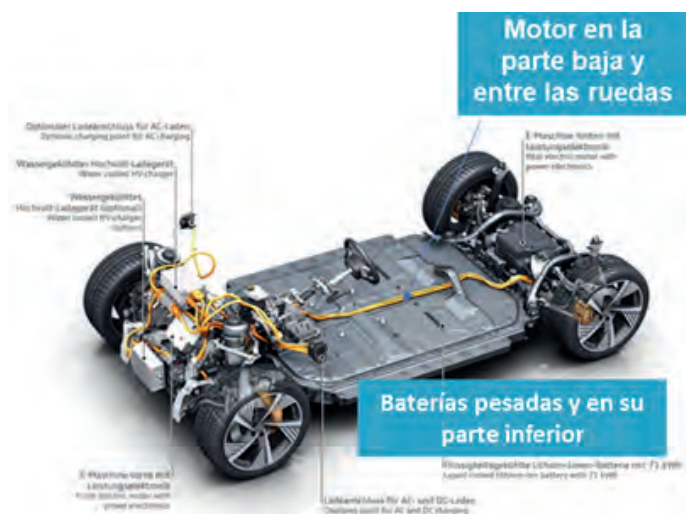


Figura 1. Principales diferencias del EV respecto del ICE

se atribuyó principalmente a la retirada de incentivos en mercados clave como Alemania. Sin embargo, 2025 ha marcado un punto de inflexión: en los primeros ocho meses del año, las ventas de EV en Europa han aumentado un 26 % respecto al mismo periodo de 2024, alcanzando una cuota de mercado del 20 % sobre el total de matriculaciones.

Las previsiones para los próximos años son ambiciosas. Según el informe de EY y Eurelectric, se espera que más de 75 millones de vehículos eléctricos circulen por las carreteras europeas en 2030.

Este cambio en la tipología del parque móvil europeo obliga a revisar los criterios de diseño y certificación de los SCV. Aunque la electrificación avanza con fuerza, se prevé que durante muchos años coexistirán vehículos eléctricos (EV) y vehículos de combustión interna (ICE) en las carreteras, lo que añade complejidad a la evaluación del desempeño de los SCV. Los EV presentan diferencias estructurales significativas respecto a los ICE: mayor masa, centro de gravedad más bajo, distribución de pesos distinta y estructuras reforzadas por la presencia de baterías. Estas características pueden alterar de forma sustancial la interacción con

los SCV, afectando su capacidad de absorción de energía, redirección y contención.

A pesar de que la norma EN 1317 ha sido revisada en varias ocasiones desde su publicación inicial, los vehículos empleados en los ensayos de choque siguen respondiendo a tipologías convencionales de combustión interna. Esta falta de actualización en los perfiles de ensayo contrasta con la rápida evolución del parque móvil, especialmente en lo que respecta a la electrificación. La necesidad de adaptar los criterios normativos no es solo una cuestión técnica, sino también de coherencia con los objetivos de seguridad vial y sostenibilidad marcados por la Unión Europea.

Por tanto, resulta imprescindible analizar si los sistemas de contención de vehículos certificados bajo la normativa actual EN 1317 mantienen su eficacia ante impactos de vehículos eléctricos. Este artículo aborda dicha cuestión basándose en el estudio experimental y numérico desarrollado por Road Steel Engineering, complementado con referencias internacionales bajo el protocolo MASH (U.S.A.).

2. Proyecto de Investigación

2.1. Contexto y alcance del estudio

Entre 2020 y 2023, Road Steel Engineering desarrolló un estudio pionero centrado en el comportamiento de los sistemas de contención de vehículos (SCV) certificados según la norma EN 1317 frente al impacto de vehículos eléctricos (EV). El proyecto se enfocó exclusivamente en barreras metálicas, excluyendo otras tipologías como barreras rígidas de hormigón, sistemas flexibles de cables, atenuadores de impacto o terminales absorbentes de energía.

Este enfoque responde a la necesidad de evaluar si los SCV diseñados para vehículos de combustión interna (ICE) mantienen su eficacia ante impactos con EV, considerando las diferencias estructurales y dinámicas de estos últimos. La mayor masa, el centro de gravedad más bajo y la rigidez estructural derivada de la presencia de baterías son factores que pueden alterar significativamente la interacción con los sistemas de contención.

2.2. Definición del ensayo TB33 EV

Para abordar esta cuestión, se definió un nuevo protocolo experimental denominado TB33 EV, concebido como una evolución del ensayo normativo TB32 (nivel de contención N2). Ambos comparten las mismas condiciones de impacto en cuanto a velocidad, ángulo y tipo de vehículo, pero con una diferencia fundamental: en lugar de emplear un vehículo convencional ICE, se utilizó un vehículo modificado para replicar las características inerciales y estructurales de un EV.

Parámetros del ensayo TB33 EV:

- Vehículo: turismo eléctrico simulado de 2.000 kg.

- Velocidad de impacto: 110 km/h.
- Ángulo de impacto: 20°.
- Centro de gravedad: entre 0,45 y 0,60 m.

En términos de energía, el ensayo TB33 EV se sitúa en un punto intermedio entre los niveles de contención N2 y H1, lo que permite evaluar el comportamiento de los sistemas en un rango crítico de exigencia.

2.3. Vehículo de ensayo: adaptación técnica

Para evitar el riesgo de incendio eléctrico que podría producirse en caso de impacto con un vehículo eléctrico real, se decidió emplear un vehículo ICE como base para los ensayos. Se realizaron múltiples modelos de simulación con distintos vehículos ICE, comparando sus características inerciales y estructurales con las de vehículos eléctricos reales.

Tras este análisis, se seleccionó el Mercedes Clase E W210 como el modelo más adecuado, por su capacidad para replicar con precisión la masa, la altura del centro de gravedad y la rigidez estructural de un turismo eléctrico. El vehículo fue modificado mediante la incorporación de placas de acero en el suelo, simulando el peso y la distribución de masas de un EV como el Tesla Model S.

Esta solución técnica permitió:

- Reducir costes operativos.
- Minimizar riesgos de seguridad.
- Facilitar la repetición de ensayos en distintas configuraciones.

2.4. Metodología aplicada

El estudio se estructuró en dos fases complementarias:

1. Ensayos a escala real, realizados en el laboratorio acreditado CI-DAUT (España).

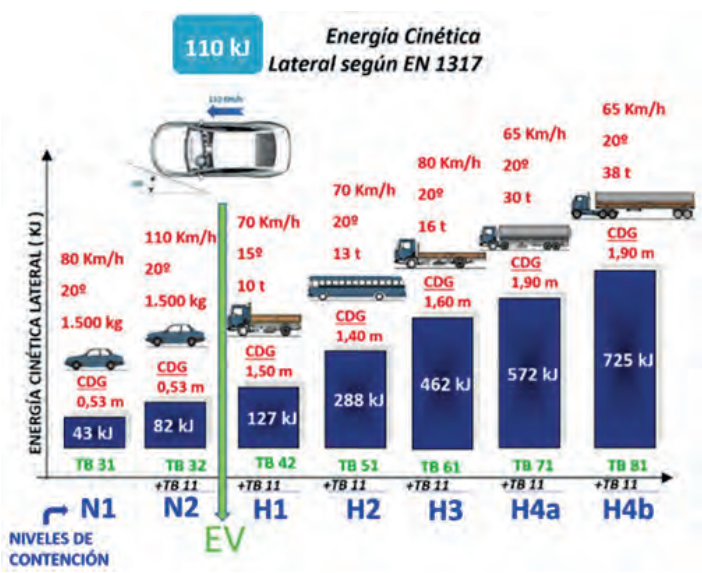


Figura 2. Energía cinética de los diferentes niveles de contención de la norma EN 1317 y comparativa con el ensayo con EV



Figura 3. Mercedes clase E W210 empleado para los ensayos a escala real. En la imagen en preparación para ensayo.

2. Simulaciones numéricas mediante modelos FEM, calibrados con los datos experimentales.

El resumen de los ensayos a escala real realizados es el reflejado en la tabla 1.

2.5. Ensayos a escala real realizados

Se llevaron a cabo seis ensayos de choque a escala real TB33 EV sobre sistemas metálicos certificados según EN 1317, distribuidos por niveles de contención:

Tabla 1. Ensayos a escala real realizados							
Código Ensayo	Nivel de Contención	Anchura de Trabajo (W)	Tipo de Viga	Espesor Viga (mm)	Grado de Acero (EN)	Distancia entre postes (m)	Código Ensayo
E24-1770	N2	W3	2 Crestas	2,50	S355JR	4,00	E24-1770
E23-0820		W2				2,00	E23-0820
E23-1496	H1	W3		2,67	S500MC		2,00
E24-1184	H2	W5				1,33	
E24-0364		W4	3 Crestas	2,50	S355JR		E24-0364
E24-0255		W3				2,00	E24-0255

2.5.1. Ensayos sobre sistemas N2

- Sistema 1: postes cada 4 m, valla de acero S355JR de 2,5 mm.
- Sistema 2: postes cada 2 m, misma valla.

Resultados:

- En ambos casos se produjo rotura de la valla en el punto de solape, justo antes del impacto.
- La reducción de la distancia entre postes no mejoró el comportamiento estructural.
- Se evidenció una insuficiencia de resistencia ante la energía lateral generada por el EV, superior a la prevista en TB32.



Figura 4. Ensayos sobre sistemas N2 con poste cada 2 y 4 m. Se observa la rotura completa de la valla en ambos casos.



Figura 5. Ensayos sobre sistemas N2 y H1 con poste cada 4 m. Se observa la rotura completa de la valla en ambos casos.

2.5.2. Ensayo sobre sistema H1

- Sistema: postes cada 4 m, valla S355JR de 2,5 mm.

Resultados:

- A pesar de que la energía lateral del TB33 EV es un 13 % inferior a la del TB42 (ensayo de certificación del nivel de contención H1), también se produjo rotura de la valla en el solape.
- El comportamiento fue similar al observado en los sistemas N2, lo que indica que el nivel H1 no garantiza contención frente a EV.



Figura 6. Ensayos sobre sistemas H2 con poste cada 2 y 1,33 m. Los sistemas contienen al vehículo.

2.5.3. Ensayos sobre sistemas H2

- Sistema 1: postes cada 2 m, valla bionda S500MC de 2,67 mm.
- Sistema 2: postes cada 1,33 m, misma valla.
- Sistema 3: postes cada 2 m, valla trionda S355JR de 2,5 mm.

Resultados:

- Los sistemas con valla bionda lograron contener y redirigir el vehículo, aunque con deformaciones superiores a las obtenidas en TB51.



Figura 7. Ensayo sobre sistema H2 trionda. El sistema contiene y redirige adecuadamente al vehículo.

- El sistema con valla trionda mostró el mejor comportamiento estructural, sin rotura y con buena redirección.

2.6. Análisis de resultados

Los ensayos permiten extraer conclusiones clave:

- La rotura sistemática en el solape en niveles N2 y H1 evidencia que los criterios actuales no contemplan adecuadamente el impacto de EV.
- La geometría de la valla, el material y el espesor son determinantes, más allá del nivel de contención.

- Los sistemas H2 con valla trionda ofrecen mayor robustez, pero no garantizan universalidad sin validación específica.
- La energía lateral del TB33 EV, aunque inferior a TB51, genera modos de fallo distintos, lo que exige una revisión de los criterios de ensayo.
- Los sistemas H2 con viga triple onda fueron los que mejor se comportaron, mostrando una contención eficaz, buena redirección del vehículo y estabilidad estructural sin rotura.

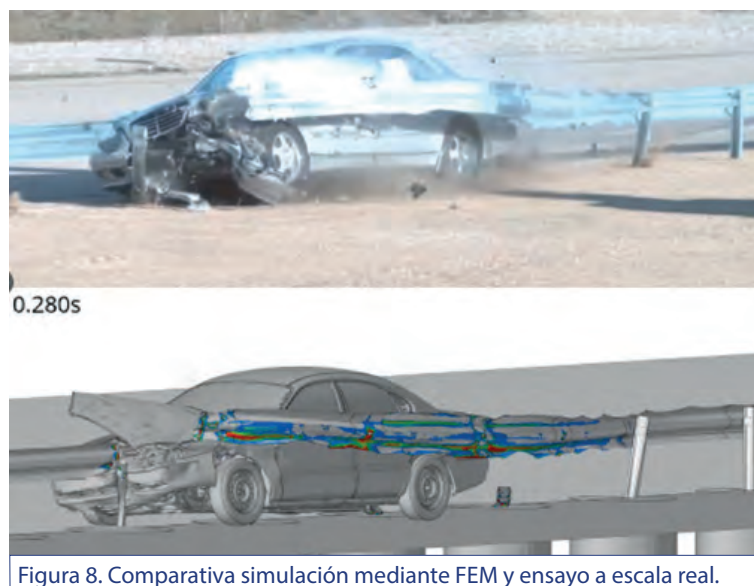


Figura 8. Comparativa simulación mediante FEM y ensayo a escala real.

2.7. Simulaciones numéricas complementarias

La segunda fase del estudio consistió en el desarrollo de modelos FEM calibrados con los datos de los ensayos físicos, con el objetivo de complementar los resultados obtenidos en los ensayos a escala real. Estas simulaciones permitieron:

- Analizar deformaciones plásticas localizadas.
- Evaluar el efecto de variaciones en altura de instalación.
- Estudiar la influencia de la rigidez del terreno.
- Explorar configuraciones no ensayadas físicamente.

Estos modelos fueron calibrados a partir de los datos experimentales, lo que permitió reproducir con precisión la interacción entre el vehículo eléctrico y los distintos sistemas de contención de vehículos (SCV). A diferencia de los ensayos físicos, las simulaciones ofrecieron la posibilidad de analizar fenómenos localizados, como la deformación plástica en puntos críticos, el comportamiento ante variaciones en la altura de instalación o la influencia de la rigidez del terreno. Esta herramienta permitió explorar configuraciones no ensayadas físicamente y evaluar el efecto de parámetros individuales

sobre el desempeño global del sistema. En conjunto, las simulaciones se situaron como una fase complementaria clave, aportando profundidad al análisis y permitiendo anticipar modos de fallo que podrían pasar desapercibidos en los ensayos convencionales.

3. Estudios Internacionales (MASH)

En paralelo al estudio desarrollado por Road Steel Engineering en Europa, se han llevado a cabo investigaciones en Estados Unidos bajo el marco normativo MASH (Manual for Assessing Safety Hardware), que también han puesto de manifiesto la necesidad de adaptar los sistemas de contención de vehículos (SCV) a las características específicas de los vehículos eléctricos (EV).

Dos centros de referencia —el Midwest Roadside Safety Facility (MwRSF) de la Universidad de Nebraska y el Texas Transportation Institute (TTI) de la Universidad Texas A&M— han realizado ensayos de choque con vehículos eléctricos reales, como el Tesla Model 3 y la Rivian R1T, sobre sistemas de defensa metálica ampliamente utilizados en EE.UU., como el MGS (Midwest Guardrail System) y el Thriebeam.

3.1. Resultados observados en USA

Los resultados obtenidos son consistentes con los observados en Europa:

- Se evidenció un incremento significativo en la energía lateral puesta en juego por los EV, debido a su mayor masa y menor altura del centro de gravedad.
- En uno de los ensayos realizados por Texas Transportation Institute (TTI) de la Universidad Texas A&M, el impacto de un vehículo eléctrico tipo turismo (Tesla Model 3) provocó la rotura de una valla trionda, diseñada originalmente para contener vehículos convencionales. Este resultado es especialmente relevante, ya que la viga trionda suele considerarse una solución robusta frente a impactos de alta energía.
- Los ensayos mostraron diferencias en la dinámica de interacción entre el EV y el sistema de contención, incluyendo mayor deformación, desplazamiento lateral y modos de fallo no previstos en los ensayos normativos con ICE.



Figura 9. Ensayo con vehículo Rivian .R1T realizado por el Midwest Roadside Safety Facility (MwRSF) de la Universidad de Nebraska



Figura 10. Ensayo Tesla Model 3 contra sistema Trionda realizado por el TTI. Se observa la rotura completa de la valla.

3.2. Implicaciones normativas y técnicas

Tanto MwRSF como TTI concluyen que los sistemas actuales, aunque eficaces frente a vehículos convencionales, no garantizan una contención adecuada frente a ciertos tipos de EV, especialmente los de mayor masa o configuración SUV/pick-up.

Estas conclusiones refuerzan la idea de que la electrificación del parque móvil exige una revisión profunda de los criterios de diseño, ensayo y certificación de los SCV, tanto en Europa como en América. En particular, se destacan las siguientes implicaciones:

- La necesidad de ensayos específicos con EV reales, que permitan validar el comportamiento estructural de los sistemas frente a esta tipología emergente.

- La importancia de considerar nuevos parámetros de diseño, como la rigidez de la batería, la distribución de masas y la geometría del chasis.
- La urgencia de establecer protocolos internacionales armonizados, que permitan comparar resultados entre regiones y facilitar la homologación de sistemas adaptados a EV.

4. Conclusiones

El estudio experimenta desarrollado en España por Road Steel Engineering, complementado con investigaciones internacionales bajo el protocolo MASH, permite extraer una serie de conclusiones técnicas de gran relevancia para el diseño, validación y aplicación de los sistemas de contención de vehículos (SCV) en el contexto de electrificación progresiva del parque móvil.

Los vehículos eléctricos imponen condiciones de impacto significativamente distintas a las previstas en los ensayos normativos actuales, lo que puede comprometer la eficacia de los sistemas de contención de vehículos (SCV) certificados según EN 1317 o MASH.

Por tanto, la extrapolación de resultados obtenidos con vehículos de combustión interna no es válida para evaluar el comportamiento de los SCV frente a EV.

4.1. Impacto diferencial de los vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos imponen condiciones de impacto significativamente distintas a las previstas en los ensayos normativos actuales. Su mayor masa, centro de gravedad más bajo y estructura reforzada por baterías modifican la dinámica de interacción con los SCV, lo que puede comprometer su eficacia incluso en sistemas certificados.

El ensayo TB33 EV ha demostrado que la energía lateral generada por un turismo eléctrico pesado se sitúa entre los niveles N2 y H1, pero su comportamiento dinámico no se corresponde con ninguno de ellos, desbordando los márgenes de seguridad previstos en los sistemas convencionales.

4.2. Limitaciones de los sistemas certificados

Los ensayos a escala real realizados evidencian que:

- Los sistemas N2, incluso con reducción de distancia entre postes, presentan rotura estructural en el punto de solape.
- Los sistemas H1, diseñados para niveles de energía superiores, también fallan ante el impacto de un EV.

- Los sistemas H2 con valla doble onda logran contener el vehículo, pero con deformaciones superiores a las previstas.
- Los sistemas H2 con valla triple onda muestran el comportamiento más estable y eficaz, aunque no puede generalizarse su validez sin una evaluación específica.

Estos resultados sugieren que incrementar el nivel de contención no es suficiente para predecir el comportamiento ante EV. La geometría de la viga, el material, el espesor y la configuración estructural juegan un papel determinante.

4.3. Valor añadido de las simulaciones numéricas

Las simulaciones FEM desarrolladas permiten:

- Identificar modos de fallo localizados.
- Evaluar parámetros no ensayados físicamente.
- Anticipar comportamientos críticos en configuraciones específicas.

Aunque no sustituyen los ensayos físicos, las simulaciones se consolidan como una herramienta complementaria clave para el diseño y optimización de SCV adaptados a EV.

4.4. Validación internacional del problema

Los estudios realizados por MwRSF y TTI en EE. UU. refuerzan las conclusiones europeas:

- Se han observado fallos estructurales incluso en sistemas considerados robustos, como las vallas trionda.
- La interacción dinámica entre EV y SCV presenta modos de fallo no previstos en los ensayos normativos con ICE.

- La necesidad de ensayos específicos con EV reales es compartida por ambos enfoques normativos.

4.5. Recomendaciones técnicas y normativas

A la luz de los resultados obtenidos, se propone:

- La introducción de una nueva clase de ensayo normativo específico para vehículos eléctricos, que contemple sus características estructurales y dinámicas.
- La revisión de los niveles de contención actuales, incorporando rangos intermedios como el TB33 EV.
- La exigencia de doble certificación (ICE + EV) para sistemas instalados en vías con alta densidad de vehículos eléctricos.
- La armonización de criterios entre protocolos EN 1317 y MASH, facilitando la comparabilidad internacional y la homologación cruzada de sistemas.

4.6. Consideraciones finales

La coexistencia prolongada entre EV e ICE exige que los SCV sean versátiles y adaptables, capaces de responder eficazmente ante tipologías de vehículos cada vez más diversas. La evolución del parque móvil no puede abordarse únicamente desde la perspectiva de la propulsión; debe contemplarse también desde el punto de vista de la interacción estructural con las infraestructuras de seguridad vial.

En definitiva, debe remarcarse la necesidad de una profunda revisión de los criterios de diseño, ensayo y certificación de los actuales sistemas de contención de vehículos, para garantizar su eficacia en un entorno de movilidad en transformación.

5. Referencias bibliográficas

- [1] ACEA – European Automobile Manufacturers' Association
Estadísticas de matriculación de vehículos eléctricos en Europa.
Disponible en: <https://www.acea.auto/pc-registrations/new-car-registrations-13-9-in-2023-battery-electric-14-6-market-share>
- [2] EY & Eurelectric (2024)
Informe sobre previsiones de movilidad eléctrica en Europa.
“Europa imparable: movilidad eléctrica, ventas al alza en 2023 y previsión de 75 millones de vehículos en 2030”.
Disponible en: https://www.ey.com/es_es/newsroom/2024/04/europa-imparable-movilidad-electrica-ventas-alza-2023-prevision-75-millones-vehiculos
- [3] EN 1317 (Comité Europeo de Normalización)
Norma europea para evaluación del desempeño de sistemas de contención de vehículos mediante ensayos de choque.
CEN, Bruselas.
- [4] MASH – Manual for Assessing Safety Hardware (2016)
Protocolo estadounidense para evaluación de dispositivos de seguridad vial.
AASHTO, Washington D.C.
- [5] Midwest Roadside Safety Facility (MwRSF), Universidad de Nebraska
Ensayos con Tesla Model 3 y Rivian R1T sobre sistemas MGS.
Presentado en ATSSA, agosto 2024.
- [6] Texas Transportation Institute (TTI), Universidad Texas A&M
Ensayos con Tesla Model 3 sobre sistemas Thriebeam.
Investigación dirigida por Lance Bullard, Roger Bligh y James Kovar, 2024. ❖

Conferencia Internacional La Administración de Transportes (carreteras y movilidad) del futuro



Madrid, 21 y 22 de octubre 2025

La Asociación Técnica de Carreteras (ATC) y el CT 1.1 «Funcionamiento de las Administraciones de Transporte» de PIARC, en colaboración con el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MITMS) y el Ayuntamiento de Madrid han organizado la Conferencia Internacional sobre la Administración de Transportes (Carreteras y Movilidad) del Futuro (*The Transport Agency of the Future*) que ha tenido lugar los días 21 y 22 de octubre de 2025, en el Colegio de Ingenieros, Canales y Puertos, con un total de 40 ponentes nacionales e internacionales, casi 200 personas inscritas de muy diversos ámbitos, entre ellos cuatro jóvenes universitarios que han colaborado con el CT 1.1 en calidad de

relatores, y nueve patrocinadores platino, oro y plata. Ha reunido a expertos nacionales y altos cargos del MITMS, la Comunidad Autónoma de Madrid, el Ayuntamiento de Madrid, la DGT, la Universidad y del sector privado. En sus sesiones también han participado expertos internacionales miembros del CT 1.1 todos ellos destacados representantes del sector.

La Conferencia Internacional, con traducción simultánea español-inglés, ha estado estructurada en siete sesiones, estando las de la primera jornada centradas en cuatro de las características clave que definirán a la *Transport Agency of the Future* —tema transversal del CT 1.1 durante el presente ciclo 2024-2027 de PIARC— cuales son: In-

novación; Valor Público y Compromiso con el Cliente; el Talento del Futuro; y la Inteligencia Artificial. En la segunda Jornada, sus tres Sesiones lo han estado en torno a tres materias de naturaleza estratégica: el Conocimiento actual; Retos y Visión; y Fondos y Financiación, siendo esta última Sesión llevada a cabo con la colaboración del CT 3 “Financiación” de la ATC.

MARTES 21 DE OCTUBRE

La Mesa inaugural de la Conferencia estuvo compuesta por Rocío Báguena, Secretaria General de Transporte Terrestre (MITMS), María José Aparicio, Coordinadora General de

Movilidad en el Ayuntamiento de Madrid, Miguel Ángel Carrillo, Presidente del Colegio de ICCP, Álvaro Navareño, Presidente de la ATC y Miguel Caso, Director Técnico de PIARC, quienes fueron siendo presentados por Ana Arranz, Directora Técnica de la ATC.

En sus intervenciones de bienvenida e inauguración se destacó lo oportuno de un acto singular como éste que sirve de foro de encuentro neutral, independiente y objetivo que reúne a profesionales y responsables de los sectores público y privado para compartir experiencias en materias de plena actualidad con expertos, planificadores y responsables de políticas de estrategia y avanzar conjuntamente en los retos y oportunidades a los que se enfrentan las Agencias de Transportes del Futuro —que han de ser más ágiles y colaborativas—, reflejando así el compromiso con el progreso e innovación en la movilidad por carreteras. Se agradeció a todos los ponentes su participación y cooperación y en especial a los ponentes internacionales por aportar una perspectiva global y dar a conocer soluciones avanzadas que puedan inspirar nuestra actuación en las áreas estratégicas y transición a una movilidad y un sistema de transporte más sostenible.

Rocío Báguena destacó que “estamos ante cambios vertiginosos que están cambiando los comportamientos y expectativas de la ciudadanía y partes interesadas” y también están cambiando las opciones de movilidad, lo que, unido a las nuevas tendencias, nos impulsa a replantear los servicios de transporte. Señaló que el cambio climático, la pandemia y los conflictos geopolíticos han puesto a prueba la capacidad de adaptación de las Administraciones y también que la Conferencia coincide con la reciente aprobación de la Ley de Movilidad Sostenible que contempla la movilidad como un derecho de los ciudadanos, poniéndolos en el centro de las políticas públicas de movilidad las cuales

requieren “gobernanza adecuada y una buena coordinación”. Terminó su intervención comentando una serie de cuestiones que centrarán cómo será la Agencia del Futuro y que la cooperación de los sectores público y privado, además del mundo académico es fundamental para afrontar los retos actuales y futuros y avanzar hacia una Administración de Transporte “más moderna, eficiente, innovadora, sostenible e inclusiva” que requiere de innovación y una visión estratégica.

Miguel Ángel Carrillo señaló la necesidad de que las Administraciones de Transportes evolucionen ante transformaciones tan rápidas, y relacionó una serie de elementos que constituyen el nuevo escenario en el que impulsar una nueva movilidad que ha de ser “más inteligente, digital, segura, sostenible y eficiente” en la que la profesión de Ingenieros de Caminos será pilar fundamental a la hora de aportar soluciones. Subrayó que el estado de las redes de carreteras “requiere en estos momentos una importante inversión para lo que “la colaboración público-privada es clave para cerrar esta brecha; ha sido fundamental en el pasado y también deber serlo aún más en el futuro”. Terminó señalando que necesitamos Administraciones ágiles capaces de anticiparse a los cambios y que sepan avanzar hacia un diseño de movilidad más inteligente, innovador y sostenible.

María José Aparicio comentó también la necesidad de avanzar juntos en construir “un sistema de transporte que deseamos que sea más sostenible, eficiente, accesible y resiliente” y que el CT 1.1 aborda áreas estratégicas en el proceso de cambio. Puso énfasis en que “es necesaria colaboración, ahora más que nunca, entre Administraciones públicas y también colaboración público-privada” y en que se está redefiniendo el papel de las Administraciones públicas que se están convirtiendo en “catalizadoras de ese cambio”. A continuación, expuso aspectos de

la Estrategia Madrid 360 la cual “no sólo busca la sostenibilidad ambiental sino también la económica” y del Plan de Movilidad Urbana Sostenible y tras señalar que las agencias de transporte del futuro han de ser “más ágiles, más colaborativas y, sobre todo, centradas en las personas y el ciudadano” insistió en que hemos de abordar juntos esta revolución en el transporte.

Álvaro Navareño, por su parte, recordó el objetivo de la ATC de servir de foro de encuentro y de colaboración de lo cual esta Conferencia es un buen ejemplo y de la que destacó la singularidad de su temática y que reunía a profesionales de distintas Administraciones, universidades y empresas para compartir conocimiento. Destacó que “todos estos cambios que se están produciendo ahora, y a gran velocidad, en el ecosistema de la movilidad hacen que todos tengamos que estar aprendiendo” y terminó su intervención señalando que los cambios y retos que están viniendo “hacen que las Agencias de Transporte deban seguir la pista a estas tendencias y adaptarse además de seguir cumpliendo su misión central” respondiendo con un enfoque multidisciplinar para albergar estrategias que nos acerquen al futuro.

Cerró la Mesa inaugural Miguel Caso, quien agradeció la participación continua de muchos colegas del MITMS en los comités de PIARC, así como la presencia del Ayuntamiento de Madrid del que comentó lo importante de su movilidad. Hizo referencia del destacado papel histórico de España en la Asociación Mundial desde su creación en 1909 y del de la ATC, creada en 1973. Tras comentar que la importancia de la carretera, pues en la mayoría de los países sirve a más del 85 % de la movilidad de personas y mercancías, y de la labor de los 23 comités, finalizó diciendo que “no es casualidad que le llamemos 1.1 al comité que nos ofrece una visión estratégica de cuál es nuestro trabajo. Si somos capaces de salir del día a día y prestar

un poco de atención a estas temáticas vamos a trabajar mucho mejor”.

Antes de dar paso a un breve descanso y al inicio de la primera sesión, Ana Arranz expresó su agradecimiento al CT 1.1, a los ponentes y asistentes por su participación, así como a las entidades patrocinadoras, cuyo apoyo resultó determinante para la celebración de la Conferencia. El encuentro contó con el respaldo de ITS, como patrocinador Platino; Alvac y Repsol, como patrocinadores Oro; y Asimob, Gévora, Teva, Proes y TPF, como patrocinadores Plata.

Sesión 1. Innovación en el sector de las carreteras y la movilidad

La primera sesión “Innovación en el sector de las carreteras y la movilidad” estuvo moderada por Christos Xenophontos, Presidente del CT 1.1 y comenzó con la presentación por José Manuel Blanco (DGC, Secretario del CT 1.1) del Proyecto Especial de PIARC “Gestión de Innovación en las agencias de transporte” elaborado en 2023, de cuyo Equipo Supervisión (POT) ambos formaron parte. Describió el progresivo desplazamiento del foco de estudio del CT 1.1 en 2021-2023 pasando del “Cambio” a la “Innovación” y cuyo resultado final consistió en proponer a PIARC, y lograr, dicho Proyecto Especial del que expuso su propósito, metodología, conceptos, marcos y herramientas, así como las principales conclusiones, retos y recomendaciones.

Le siguió la ponencia de Antonio Muruais, Subdirector General de Innovación y Sostenibilidad (DGC, MITMS) “Estrategias de la DGC orientadas al futuro para la Digitalización e Innovación” en la que, tras aportar las grandes cifras descriptivas de la red, organización general y ciclo de tareas de la DGC, trató acerca del amplio proceso de digitalización que se está llevando a cabo. Sobre ello comentó algún pro-



Intervención de José Manuel Blanco en la primera sesión de la jornada

yecto piloto, el nuevo entorno común de datos (CDE) del que indicó “todo pivota en torno a él”, la apuesta por la metodología BIM en el diseño, construcción, mantenimiento y explotación, y por el gemelo digital de toda la red y el reto que supone la integración BIM + GIS corporativo. Tras ello comentó novedades tales como el VISORCE y la licitación de nuevos sistemas de gestión de activos y de firmes, y expuso el mapa de licitaciones en materia de innovación y los diez primeros retos de la CPI (Contratación Pública Innovadora), terminando con una imagen-visión de cómo podría ser la futura gestión de una red de carreteras.

A continuación, Soledad Pérez-Galdós, presidenta de ITS-Spain, presentó “ITS para promover la innovación en el transporte y la movilidad” en la que destacó el significado de las ITS, sus componentes clave, sus principales beneficios para el transporte, su importancia y evolución en España, sus futuras tendencias y su aplicación al transporte público como es el caso del Centro de Innovación del CRTM, y finalizó señalando que cada organización debe plantearse cómo se ve a sí misma en 10-15 años en términos de configuración de nuevas tecnologías y modelos de servicio y también cuál es su meta y su propósito deseado. Le siguió la ponencia de Ana Blanco Bergareche, Subdirectora Adjunta de Circulación (DGT) quien

en su presentación “Proyectos Estrella para una mejor Movilidad”, comenzó destacando que la DGT “ofrece innovación muy de la mano de lo que ofrece el sector dirigida a mejorar y a afrontar los retos” y que la movilidad de largo recorrido no para de crecer desde 2021. Tras tratar acerca de los diversos y complejos retos a los que la movilidad ha de enfrentarse sobre todo en lo referente a las ciudades, la carretera convencional y los usuarios vulnerables, expuso acerca de la Estrategia de Seguridad Vial 2030 de la que destacó algunas de sus áreas estratégicas, concretamente: “Tolerancia cero con comportamientos de riesgo”, “Ciudades seguras”, “Vías seguras” y “Vehículos seguros y conectados” de las que fue indicando sus correspondientes líneas de acción, entre ellas la plataforma DGT 3.0.

Finalmente, Anne-Séverine Poupeleer (Agencia de Carreteras y Tráfico, Flandes-Brabante, Bélgica) expuso qué está haciendo su agencia en materia de innovación, áreas en las que se centra y la cartera que dispone de iniciativas estratégicas y procesos de cambio para afrontar los nuevos retos, animando a que nos preguntemos qué iniciativas debemos comenzar ahora para ser relevantes en 2030 para nuestros usuarios, para lo cual debemos capturar la innovación y ser ágiles.

Sesión 2. Valor público y compromiso con el cliente

Tras una pausa para café dio comienzo la segunda sesión “Valor público y compromiso con el cliente”, moderada por María del Carmen Picón, Subdelegada del Gobierno en las Sociedades Concesionarias de Autopistas Nacionales de Peaje (MITMS), correspondiendo la primera ponencia a Deanna Belden, copresidenta del GT 2 del CT 1.1 y miembro del *Texas A&M Transportation Institute*, quien introdujo la cuestión exponiendo acerca del multidimensional concepto “Valor público”, el porqué de su importancia para las agencias de transporte, y los problemas para proveerlo y medirlo, y sobre algunos ejemplos de su aplicación, destacando finalmente que crearlo nos exige repensar cómo tomar las decisiones, con quién participar y qué valores priorizar. Le siguió la ponencia de Michael Platzer, Jefe de Departamento en el Gobierno regional de la Baja Austria, quien expuso acerca del estudio allí realizado sobre el valor público derivado de diversas obras de infraestructuras de transporte llevadas a cabo en torno a la ciudad de Viena, del que detalló su metodología, criterios e índices empleados, aspectos en los que se han centrado y los resultados preliminares hasta ahora obtenidos.

A continuación, Javier de la Heras, Vocal asesor en la Secretaría General de Transporte (MITMS) expuso en su ponencia “Valor Público en una Administración de Transporte”, en cuatro partes. La primera dedicada a qué se entiende como valor público su orientación a mejorar la vida de las personas y el papel que en ello juegan las administraciones de transportes. La segunda al hecho de que “una carretera es más de lo que pensamos habitualmente”, comentando la creciente importancia de la operación y la gestión, los cuatro atributos que ha de tener: conectividad física y digital, sostenibilidad, equidad (generacional, social, territorial)



Segunda sesión, moderada por María del Carmen Picón

e innovación y los amplios efectos de la carretera y la movilidad como facilitadores de la vida cotidiana de todos. La tercera a la relación de dichas Administraciones con la sociedad y la necesidad de comunicación para mejorar la creación del valor público mediante el diálogo fluido y contacto con toda ella y la participación. Y la cuarta a unos cuantos casos significativos ya realizados. Concluyó sintetizándolo en: mejorar la vida de las personas, infraestructuras orientadas al ciudadano, y administraciones transparentes que comunican e innovan.

Por su parte, Carlos Acha, Director de Tecnología e Innovación de la EMT Madrid, en su ponencia “De lo Digital a la Experiencia: el recorrido realizado por la EMT centrándose en el cliente”, detalló los objetivos corporativos y estrategia de gestión del valor público en los campos ambientales, social y de gobernanza, con la tecnología como aliada principal y elemento de transformación; la aportación de avanzados productos y servicios de movilidad conectada; y la adopción de un enfoque ejecutivo de la IA. Como principales indicadores del Valor Público creado señaló a la accesibilidad, la equidad y la cohesión territorial, y terminó exponiendo acerca de la alineación del valor público y el económico.

Finalizó la sesión David García, presidente de Madrid Capital Mundial

(MWCC) quien en su presentación titulada “Madrid, Movilidad presente y futura” fue describiendo cómo la movilidad es un valor público en acción que va más allá del mero movimiento y cómo el ecosistema madrileño de innovación reúne tecnologías, políticas y personas, constituyendo una mentalidad integrada en cada decisión, detallando lo relativo a Madrid 360 en cuanto a sostenibilidad medioambiental y su carácter menos coercitivo que otras anteriores, así como lo relativo a varios grandes proyectos estratégicos futuros tales como Madrid Nuevo Norte, la Estación de Chamartín o los nuevos desarrollos en el Sureste y el Madring.

Sesión 3. El Talento del Futuro

Tras el almuerzo de trabajo, se abordó la Sesión 3 “El Talento del Futuro” moderada por Ana Arranz, Directora de la ATC, siendo el primer ponente Alan Colegate, copresidente del GT3 del CT 1.1 y Director Ejecutivo de Estrategia y Comunicaciones en Main Roads, Australia Occidental, quien introdujo al tema mediante su presentación “Generación de talento más sólido y orientado al futuro” en la que expuso la labor llevada a cabo hasta ahora por dicho Grupo de Trabajo, sus líneas de investigación, revisión bibliográfica realizada, los principales temas y tendencias detectados, roles de trabajo emergentes y los que serán más



Tercera sesión, moderada por Ana Arranz

demandados, así como los principales retos identificados, finalizando con las ocho principales conclusiones con vistas al futuro.

Las siguientes dos presentaciones se centraron en sendas Administraciones de Transporte siendo la primera de ellas la realizada por los noruegos Trond Michael Andersen, Jefe del Centro de Competencias para el Transporte, Carreteras y Ferrocarriles, y Petter K. Annonsen, Jefe de Comunicaciones, ambos de la agencia estatal Konnekt, y titulada "IA: Cómo afectará a la educación y al empleo" en la que expuso acerca de las iniciativas adoptadas por Noruega en la materia y la contribución de Konnekt, los principales hallazgos y efectos en el mercado del trabajo, riesgos e implicaciones educativos, así como recomendaciones entre las que incluyeron, entre otras, la de incorporar la IA en los currículos interdisciplinarios con aplicaciones prácticas y específicas. A continuación, Isabel Acebo, Coordinadora de Personal y Régimen Interior (DGC, MITMS) expuso en su ponencia "Trabajando en el seno de la Administración Pública" acerca del Plan Estratégico de Personal de la DGC y su evolución de "hacedores" a "gestores" de activos que en el futuro estarán orientados a la movilidad, y acerca del entorno de inversiones, revisiones concesionales al Estado y modificaciones normativas. Expuso la situación presente y reorganización lle-

vada a cabo, dificultades y retos ante las que se encuentran los retos estratégicos y el de crear y mantener potentes equipos humanos ante tanta movilidad de puestos. Concluyó detallando las oportunidades que el futuro presenta.

Le siguió la presentación de Naomi Vaquero, Vicepresidenta de *Women in Transport and Mobility (WiTAM)* quien hizo un repaso de la presencia de mujeres en puestos directivos en España en general y en el sector del transporte y movilidad en particular, los objetivos y alianzas estratégicos de WiTAM y sus comités de trabajo y actuaciones en un contexto del que destacó que tan sólo uno de cada cinco empleos en movilidad esté ocupado por una mujer y que su presencia en la dirección de logística y transporte es de tan sólo un 5 %.

El cierre de la sesión le correspondió a José Miguel Atienza, Director de la ETS ICCP, UPM con su presentación "El enfoque español de la educación en ingeniería civil" cuya hilo transversal fue ¿Cómo debiera la educación en ingeniería civil adaptarse a los nuevos retos, qué de nuestra identidad no debería perderse y qué recuperar? Comentó, el aprendizaje rápido como habilidad clave que distingue a la profesión, la internacionalización, el reto de incorporar la IA y la digitalización y la necesidad de recuperar influencia, rol social y atractivo. Destacó el ecosistema que

es la Universidad que a su vez está en un gran ecosistema en el que el Talento es su combustible, la relación Universidad-empresa como motor de transformación, y finalmente, el Talento como infraestructura crítica e invisible y que viene una ola nueva de alumnos pero que "hemos de pensar qué carrera profesional se le ofrece a esta nueva generación que tiene un sentido de propósito muy desarrollado".

Sesión 4. Inteligencia Artificial en el sector de las carreteras y la movilidad actual

La última de las sesiones de esta primera jornada estuvo moderada por Miguel Caso, Director Técnico de PIARC, siendo su primer ponente Jonathan Spear (Reino Unido), copresidente del GT1 del CT 1.1 y presidente del POT (Equipo de Supervisión de Proyecto) del Proyecto Especial de PIARC sobre "*Artificial Intelligence in the Road Sector*" quien expuso detalladamente acerca de su alcance y objetivos, metodología empleada, escenario actual, ejemplos prácticos de su aplicación en, entre otros, Noruega, Dinamarca, Australia, Perú e India, algunas de las principales ventajas, oportunidades y beneficios observados, retos y barreras para su implementación, riesgos asociados, visión para 2030 y recomendaciones para la transición a la AI y para la *Transport Agency of the Future*.

La segunda ponencia, titulada "SIDERA Analytics: plataforma de IA para la planificación de la movilidad en Madrid" fue presentada conjuntamente por Javier Carvajal, Jefe del Departamento de Planificación de la Movilidad (Ayuntamiento de Madrid) y Antonio Porras, Jefe de proyecto (SICE). Comenzó exponiendo la transición llevada a cabo en Madrid hacia las nuevas tecnologías de análisis de la movilidad, incluido el empleo de la IA, pasando luego a tratar acerca de SIDERA Analytics: plataforma de macrodatos

(Big Data) e IA aplicada a la gestión y planificación de la movilidad, y que constituye una herramienta en constante desarrollo. Finalmente expusieron algunos casos de importante aplicación de los macrodatos como, por ejemplo, la prolongación de la línea 11 de metro.

La tercera de las ponencias fue la titulada “El uso de la IA para aprovechar el potencial de los Macrodatos en la movilidad”, elaborada por Tania Gullón, Directora de la División de Estudios y Tecnología del Transporte (MITMS) y Ana Maldonado, responsable de análisis de proyectos de Big Data (MITMS). La expuso Ana Maldonado quien comentó acerca de la obtención de los principales flujos de pasajeros mediante macrodatos y datos abiertos, en el marco del Eje 5 “Movilidad Inteligente” de la Estrategia de Movilidad 2030 y de los cuatro pilares de la Ley de Movilidad Sostenible, exponiendo ejemplos de la información así recabada y de su aplicación dentro y fuera del Ministerio, pasando luego a exponer acerca del por qué, para qué y cómo de la aplicación de la IA a los macrodatos. Por su parte, Ibon Arechalde, CEO de ASI-MOB, presentó su ponencia “IA, Inspector Autónomo de Carreteras” en la que destacó el salto que representa la inspección de las carreteras mediante la automática detección geolocalizada de elementos, clasificación y análisis, empleando para ello la visión artificial y el análisis en la nube, exponiendo ejemplos de su empleo en auscultaciones e inspecciones de la carretera así como en evaluaciones destinadas a la adopción de vehículos autónomos y a la seguridad vial. Entre sus conclusiones incluyó la necesidad de estandarización en este campo para asegurar su uso por las diferentes entidades gestoras de carreteras.

La última presentación de la jornada fue la realizada por Alan Colegate (Main Roads, Australia Occidental) quien expuso acerca del empleo presente y futuro de la IA en las agencias de carreteras de Australia y Nueva Ze-



Cuarta sesión, durante la exposición de Ana Maldonado

landa señalando los usos allí habituales. Comentó acerca de la necesidad de una gobernanza sólida y la dificultad en alinear el uso de la IA con marcos de garantía y principios éticos reconocidos, pese a los controles corporativos, dado que se trata de una tecnología en rápida expansión y empleada a diario. Destacó los diversos riesgos relacionados con la privacidad y la seguridad de los datos, éticos y de sesgo en los modelos de IA y el riesgo de depender en exceso de sistemas automatizados, pero también sus oportunidades estratégicas. Concluyó señalando que la IA no reemplaza el buen juicio, la ética o la visión: “ello sigue siendo nuestra ventaja competitiva”.

MIÉRCOLES 22 DE OCTUBRE

Sesión 5. La Agencia de Transportes del Futuro: Conocimiento actual

La primera de las tres sesiones celebradas en la segunda Jornada de la Conferencia estuvo moderada por Christos Xenophontos (presidente del CT 1.1, EE. UU.) dedicada al conocimiento actual que existe internacionalmente al respecto, siendo su primera ponencia la presentada por Jonathan Spear (copresidente del GT1 CT 1.1 de PIARC), titulada “Visualizando la Agencia de Transportes del Futuro”, en

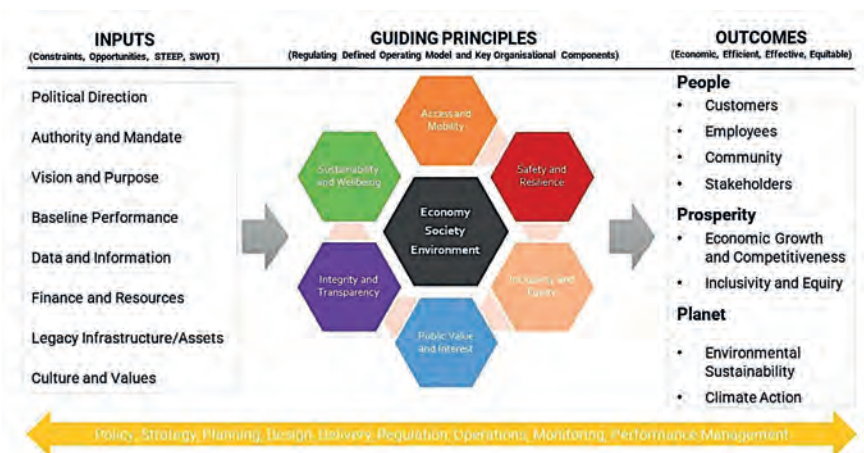
la que expuso el estudio que el CT 1.1 está realizando al respecto y métodos que para ello está empleando, y presentó el concepto “North Star” (estrella polar), desarrollado por el comité y que ofrece a las Agencias de Transporte como guía al futuro, así como un primer informe ya publicado por PIARC, y otros del CT 1.1 relacionados con la cuestión así como doce hipótesis de trabajo sobre cómo debiera ser la Agencia del Futuro.

La segunda ponencia fue la de Eugenia Martínez, copresidenta del GT1 CT 1.1 de PIARC y Jefa de Departamento de Estrategia Internacional (D.G. de Planificación e Infraestructuras de Movilidad, Ayuntamiento de Madrid), que estuvo dedicada a la amplia revisión bibliográfica realizada por el comité, cuyo informe está ya también disponible en la web de PIARC. A lo largo de la presentación fue tratando aspectos tales como: megatendencias y motores del cambio, misión y propósito, planificar bajo la incertidumbre, futuros modelos operativos, personas y habilidades, las tecnologías disruptivas, la participación de las partes interesadas y los retos específicos de los países de ingresos bajos y medianos. Concluyó señalando que “la Agencia de Transporte del Futuro no es una predicción, sino una dirección”.

Dos expertos internacionales fueron los ponentes de las otras dos interven-



Participación de Eugenia Martínez en la quinta sesión



"North Star", presentado durante la sesión 5

ciones en esta sesión. Sylvain Haon, Director de estrategia y transformación de la UITP, presentó "Visualizando la Agencia de Transporte Público del Futuro" en la que explicó el papel de dicha asociación internacional y señaló la necesidad de anticipación, resiliencia y capacidad, así como de plantearnos dónde nos encontramos, acerca de lo cual expuso varias reflexiones, entre ellas la de "si la cooperación y alineación de las partes interesadas es vital ¿por qué es tan difícil lograrlo?" Por su parte, Sampo Hietanen, fundador de MaaS Global, expuso acerca de ¿Cómo actúa la Agencia de Transporte del Futuro en pro del futuro de la Movilidad? Destacó que se ha pasado de la era del automóvil a la era de la movilidad y que ahora estamos viviendo el paso desde la propiedad al servicio híbrido (Car as a Service) y de ahí a la

accesibilidad (*Mobility as a Service*) y el paso de los corredores a los "hubs", lo que conlleva nuevos planteamientos e impactos en el mercado, así como necesidad de coordinación de todas las entidades. Terminó indicando cuatro características que debiera reunir la Agencia de Transporte del Futuro.

Sesión 6. La Agencia de Transportes del Futuro: Retos y Visión

La sexta sesión, moderada también por Christos Xenophontos reunió a representantes de distintas Administraciones públicas españolas en materia de carreteras, transporte y movilidad, de la agencia de carreteras de Austria y a uno del sector privado español con alcance internacional.

La primera intervención fue la de Rocío Báguena, Secretaria General de Transporte Terrestre (MITMS) quien comenzó destacando cómo se ha pasado de pensar tan sólo en la solución física que construir a adoptar un planteamiento de futuro consistente en la visión completa del ciclo de vida y necesidades, y a un enfoque integrado de todos los modos y medios de transporte, incorporando la perspectiva ambiental, social, de seguridad y económica, en pro de resiliencia y la eficiencia para lo cual necesitamos ir incorporando la tecnología e innovación y repensar la gestión. Señaló que las carreteras son más que meros corredores de circulación pues posibilitan "el acceso a la movilidad como derecho de la ciudadanía", son corredores de comunicación e innovación y deben prestar a los pasajeros servicios accesibles, seguros y confortables en los ámbitos urbanos, interurbanos y rurales, y a las mercancías una reducción de los tiempos de tránsito entre modos de transporte y del impacto ecológico. No existe un modelo que sirva para todos y "las agencias deben ser adaptativas y ajustarse a su contexto". Concluyó que la visión de futuro y prioridades estratégicas pasan por poner el foco en la sociedad, la ciudadanía, empresas y la academia y por apoyar la multimodalidad, la intermodalidad y el transporte público colectivo y lograr una auténtica participación ciudadana.

A continuación tomó la palabra Lola Ortiz, Directora General de Planificación e Infraestructuras de Madrid, quien coincidió en la necesidad de centrarse en las personas y de procurar la resiliencia, señalando que así se ha concebido la Estrategia Madrid 360, pues va más allá de la mera movilidad y que plantea la resiliencia y la calidad del aire, la cual pasó a describir exponiendo los tres grandes ejes de transformación (ciudad, movilidad y administración) en que se agrupan las diecinueve áreas de actuación comentando algunas de ellas y diversos

proyectos en marcha. Finalizó destacando que las medidas son objeto de permanente evaluación y que, ante los cambios tan rápidos que nos están llegando y la compleja realidad, “la estabilidad y la flexibilidad nos debe caracterizar en la Agencia del Transporte”.

Le siguió María del Rosario Cornejo, Subdirectora General de Planificación, Proyectos y Construcción (DGC, C.A. de Madrid) quien expuso que la visión que se espera de la Agencia del Futuro es: “una nueva misión, un enfoque estratégico centrado en el servicio, una red sostenible y resiliente, digitalizada y con innovación tecnológica, cambiar el modelo de gobernanza y que sea más transparente, que aproveche el talento y la cultura de la organización, y que aproveche la experiencia del usuario y fomente la seguridad vial”. A continuación, expuso el Plan de Carreteras 2025-2032 cuyo Avance ya ha sido aprobado técnicamente y del que se están estudiando y teniendo en cuenta muchas alegaciones de ciudadanos. Y destacó la dificultad de contar con una única Administración dado que las circunstancias, tráfico y necesidades, en la C.A. de Madrid y en cualquier país, de la red principal no son las de la red secundaria y, sobre todo, las de la red local.

Andreas Frömm, copresidente del GT2 del CT 1.1 y Director de Gestión de ASFINAG (Austria) comenzó aportando datos sobre la red estatal gestionada por dicha empresa pública estatal que cuenta con 3.300 empleados y cuyos ingresos proceden únicamente de sus clientes (peajes). Expuso a qué se dedican sus ingresos de los cuales un 52 % lo son al programa de construcción del que expuso sus medidas de descarbonización en las sucesivas fases de planeamiento y proyecto, licitación (compra verde) y construcción, así como que están intentando prolongar la vida útil a cien años. Describió finalmente las muy diversas medidas en materia de descarbonización en la



Christos Xenophontos presentando a los participantes de la sexta sesión

explotación todo lo cual puso como ejemplos de la visión de ASFINAG en cuanto al futuro.

Finalmente, Dimitris Bountolos, *Chief Information & Innovation Officer* de Ferrovial expuso, como mensaje principal, la necesidad de anticiparnos, de integrar todo en una visión integral transversal desde una fase muy inicial de una cuestión que no es evidente hoy y que además hemos de intentar proyectar a un futuro de treinta o cuarenta años generando un ecosistema abierto operando con decenas de otras instituciones cada una de ellas con su propio contexto. Señaló como denominadores comunes en el logro de esa aspiracional visión de la Agencia del Futuro: garantizar que se cuenta con estándares que permiten poner en valor las últimas tecnologías y a los vehículos los cuales a su vez se están convirtiendo en sensores generando mucha información que debiera compartirse; estandarizar los procesos de diseño 4D y crear simulaciones de las infraestructuras; “permitir que el marco regulatorio haga de las infraestructuras un entorno de experimentación” para acelerar los ciclos de la innovación, en un marco contractual que permita cambios y dinamismo manteniendo las instituciones el control de los datos; y compartir y socializar la información y conclusiones. Una visión centrada en el usuario, apoyada en la tecnología y abrazando el dato y

la IA, “con los reguladores actuando como orquestadores del ecosistema”.

En la posterior mesa redonda los ponentes profundizaron en lo expuesto tratando numerosos aspectos acerca de la visión y misión, el ciudadano como centro de las políticas, desafíos y oportunidades, y gobernanza: la movilidad como derecho y estrategias de movilidad y su conexión con el urbanismo y el medio ambiente; coordinación de los sectores público y privado y mejorar la coordinación entre Administraciones; impulso de la innovación y, mediante pruebas del sector privado y controladas, obtención de conocimiento para regular mejor; espacios de datos integrados de movilidad compartidos con el sector privado “garantizando la soberanía el dato y la confidencialidad” y en abierto con la ciudadanía, siempre que sea posible. Movilidad del futuro sostenible, disponible y eficiente, conectada con el transporte público y con otros modos. Una Agencia de Transporte abierta al cambio, digitalizada y que emplee la IA, predictiva, con personal bien formado, colaborativa e informadora con el sector privado y la ciudadanía, y con planificación a más largo plazo y fiable. Agencia que ha de conocer las necesidades de los ciudadanos para saber crear valor público y los operadores privados saber ser catalizadores de las necesidades y cómo emplear procesos innovadores bien imbricados en un en-

torno regulatorio que les permite participar más. Necesidad de adaptarse a lo que vendrá, gestionar el cambio y vencer las resistencias, generar cultura de innovación escalable y segura con visión transversal, dar respuesta rápida con presupuestos limitados sabiendo aprovechar la IA, cómo generar ingesta de datos preservando la soberanía y cómo estandarizar y saber introducir sistemas de financiación.

Sesión 7. La Agencia de Transportes del Futuro: Fondos y Financiación

Tras una pausa para café dio comienzo la última de las Sesiones de la Conferencia, que estuvo dedicada a las cuatro opciones generales de obtención de fondos (*funding*) públicos o privados y de financiación (*financing*) pública o privada y sus consecuencias en materia organizativa, cuestión ésta que es de naturaleza estratégica con vistas al futuro y objeto de estudio por el CT 3 Financiación, de la ATC.

La introducción en la materia fue llevada a cabo por José Manuel Blanco, presidente del mencionado CT3 y secretario del CT 1.1, quien también actuó como moderador de la sesión, y que expuso que el modelo únicamente presupuestario está agotado estando las redes de carreteras ante creciente necesidad de adaptación a las nuevas necesidades en desarrollo, numerosas

concesiones han finalizado o lo estarán muy pronto, y que no parece plausible lograr cambiar el “principio de caja única” por lo que debe lograrse una eficiente colaboración entre el sector público y privado y un empleo equilibrado de las cuatro grandes opciones, cada una de ellas con sus respectivas ventajas, riesgos y roles de la Administración. Concluyó planteando la necesidad de romper la barrera mental consistente en contemplar los peajes tan sólo cuando hay nueva construcción y preguntándose por la equidad y eficiencia general de conservar y operar en las carreteras de alta capacidad exclusivamente a cargo de presupuestos públicos, y animó a pensar en el *Funding & Financing* como algo que configurará a la Agencia de Transportes del Futuro y al sector.

Las siguientes dos ponencias trataron acerca de las dos Opciones que emplean fondos públicos y sus consecuencias. Comenzó Christian de la Calle, Subdirector Adjunto de Conservación (DGC, MITMS) con su presentación sobre la Opción 1 (fondos y financiación públicos; modelo “tradicional” no concesionado), titulada “El empleo exclusivo del presupuesto estatal” quien, tras comenzar afirmando “Hoy la pregunta no es sólo cómo conseguimos y conseguiremos la financiación, sino cómo la vía de financiación moldea a la propia Administración y el ecosistema que la rodea”, expuso acerca

de aspectos del presupuesto estatal y sus implicaciones para la Administración de Carreteras y para las partes interesadas, aportó datos sobre la red estatal destacando que la Opción 1 se aplica al 90 % de ella mientras que la Opción 2 (concesiones sin peaje) al 4 % y además sus concesiones serán revertidas en 2026 y recaerán en la Opción 1. Describió los rasgos principales de funcionamiento, la necesidad de sostenibilidad económica y dio ejemplos de búsqueda de ingresos finalistas propios. Terminó resumiendo su presentación en cuatro grandes conclusiones.

Le siguió la presentación sobre la Opción 2 (fondos públicos, financiación privada; concesiones sin peaje), elaborada por Pablo Conde, Jefe de Área en la Subdirección General de Planificación y Explotación (DGC, MITMS) quien expuso el origen en 2007 y finalización establecida en diciembre 2026, evolución y operativa (prestaciones y contraprestaciones) de la aplicación a la red estatal de este tipo de contratos, hasta ahora destinados únicamente al acondicionamiento de las “Autovías de 1ª Generación, A1G” (un 10% de la red de alta capacidad estatal), su impacto a lo largo del tiempo en el presupuesto de conservación y explotación y que asciende en torno a un 30 %, y un balance general de fortalezas y debilidades. Terminó exponiendo cinco reflexiones finales sobre este modelo.

Las últimas dos ponencias de la Conferencia estuvieron dedicadas a las dos Opciones que emplean fondos privados y sus consecuencias: la Opción 3 (fondos privados y financiación pública; autopistas de peaje gestionadas por empresa pública) y la Opción 4 (fondos y financiación privados; concesiones de peaje).

La primera fue la de Rafael López, Jefe de Área en la Subdelegación del Gobierno en las Sociedades Concesionarias de Autopistas Nacionales de Peaje cuya ponencia titulada “Fondos



Miembros del CT3 de la ATC que participaron en la séptima sesión

privados y consecuencias” aportó una visión general. En ella, tras exponer el origen y evolución desde 1953 de las concesiones de peaje, señaló que no existe planificación de nuevas autopistas estatales de peaje, aunque en las redes autonómicas hay algunos planes de colaboración público-privada. Aportó numerosos datos sobre el conjunto del sistema concesional de peaje en España y destacó lo excepcional que es que tan sólo el 10 % de las vías de gran capacidad española tengan peaje. Tras detallar el proceso concesional y los aspectos más relevantes de las concesiones, concluyó presentando sus ventajas e inconvenientes, matriz de riesgos/responsabilidades y las lecciones aprendidas.

La última de las ponencias de la Conferencia fue la de Camino Arce, Directora Técnica y de Desarrollo de Negocio de SEIT (MITMS) titulada “Fondos Privados: la solución SEIT”. Expuso que dicha sociedad estatal, fundada en 2005, se encarga desde 2018, con el objetivo de mantenerlas, de la explotación de nueve autopistas estatales de peaje (485 km), más 215 km que les están asociados de autopistas libres de peaje, que fueron revertidas. Aportó los principales datos, describió las líneas de decisión y áreas de negocio, aspectos de su tarifas, las

nuevas líneas estratégicas que están ahora en evaluación, el plan de inversiones y algunos de sus futuros retos y finalizó exponiendo sus principales limitaciones y fortalezas, entre ellas la de que todos los ingresos son reinvertidos en la infraestructura, pues en el caso de la SEITT los ingresos sí son finalistas, reforzando la creación de valor público.

A continuación se celebró una mesa redonda de cerca de una hora de duración compuesta por miembros del CT3 de los sectores público, privado y académico: Belen Peña, Subdirectora General de Concesiones y Explotación de Carreteras (DGC, C.A. de Madrid); Carlos Martínez, Administrador Ejecutivo de CYOPSA SISOCIA y profesor universitario; Enrique Soler, Director PPP y COEX, Vicepresidente de Gestión y Finanzas de TPF Ingeniería; María del Carmen Picón, Subdelegada del Gobierno en las Compañías Concesionarias de Autopistas de Peaje; Federico Soria, Presidente de ACEX; y Bruno de la Fuente, Director de Concesiones, Economía y Concesiones de SEOPAN.

En ella se trató, entre otras cuestiones: acerca del resultado obtenido y lecciones aprendidas con el pionero modelo de concesiones en la C.A. de Madrid; mejoras que introducir en los modelos concesionarios en asigna-

ción de riesgos, en los mecanismos de reequilibrio, en la flexibilidad de los contratos ante plazos tan largos, y en la estabilidad normativa; papel que ha de jugar en el futuro la formación universitaria y cambios en ella; lecciones aprendidas en los contratos concesionales sin peaje de las A1G (autovías de 1ª generación), sus ventajas en cuanto rapidez de respuesta con disponibilidad financiera a tiempo, y sus efectos presupuestarios.

También acerca de algunas claves para que funcione bien la colaboración público-privada: marco regulatorio muy claro y flexible, buenos y realistas de viabilidad y bancabilidad, correcta asignación de riesgos y buen desempeño colaborativo del rol de cada parte. Cómo contemplan las empresas privadas del sector del mantenimiento, y cómo les afectan, unas y otras opciones de modelos de fondos y financiación. Finalizó la mesa redonda tratándose acerca de cómo podría evolucionar la financiación de la carretera para evitar ineficiencias y externalidades especialmente en lo referente a las vías de gran capacidad no tarifadas. Como colofón de la Sesión cada uno de sus participantes expresó un breve mensaje destinado a los dirigentes de la Agencia de Transporte del Futuro.

Clausura de la Conferencia

Christos Xenophontos, presidente del CT 1.1 de PIARC, Miguel Caso, Director Técnico de PIARC y Ángel Navareño, Director Técnico de la DGC y presidente de la ATC cerraron el acto, agradeciendo la asistencia, hospitalidad y participación, apoyo de los espónsores, así como la gran y difícil labor de los intérpretes y confiando en que la Conferencia haya servido para plantar bien la semilla de la planificación de la Agencia de Transporte del Futuro. Terminado el acto, le siguió un vino español ofrecido por la ATC. ❖



En la clausura, se entregó a José Manuel Blanco, en nombre de PIARC, un reconocimiento de mérito por su destacada labor en el CT1.1 a lo largo de estos años.

ENTREGA DE DISTINCIONES ATC 2025

El 1 de diciembre de 2025, la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) celebró su acto anual de entrega de distinciones, una cita consolidada en el calendario sectorial que pone en valor el trabajo, la dedicación y las aportaciones técnicas de profesionales y organizaciones vinculadas a la ingeniería de carreteras.

Durante el evento se otorgaron diversas distinciones, entre ellas las Medallas a la Aportación Técnica a la Carretera, que reconocen la labor de especialistas de los Comités Técnicos de la ATC; la sexta edición del Premio “Enrique Balaguer, abriendo caminos”, dirigido a personas u entidades con una contribución destacada al progreso del sector; y la Donación ATC, que refuerza el compromiso social de la asociación mediante el apoyo a iniciativas de impacto comunitario.

En su reunión del 26 de junio de 2025, la Junta Directiva de la ATC acordó por unanimidad nombrar Socio de Honor a Alberto Bardesi Orúe-Echevarría y Socio de Mérito a Paula Pérez López, en reconocimiento a su prolongada dedicación, liderazgo y aportación al fortalecimiento institucional de la Asociación.

Asimismo, la ATC decidió conceder el Premio “Enrique Balaguer, abriendo caminos” a la iniciativa Ponle Freno, por su sólida trayectoria en la mejora de la seguridad y la



movilidad vial a través de acciones de sensibilización y divulgación de gran alcance. Por su parte, la Donación ATC se destinó al Proyecto de educación y cooperación internacional de la Demarcación de Madrid del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, reafirmando la vocación de la asociación de contribuir a proyectos sociales vinculados al desarrollo y la formación.

La jornada incluyó también la entrega de las Medallas a la Aportación Técnica de la Carretera, concedidas a 12 miembros de los Comités Técnicos de la ATC, cuyo trabajo especializado y continuado resulta esencial para el avance técnico y la difusión del conocimiento en el ámbito viario.

El acto contó con la participación de destacadas autoridades: D.^a Rocío Baguena, Secretaria General de Transporte Terrestre; D.^a Natalia Quintana, Directora General de Carreteras de la Comunidad de Madrid; D.^a Ana Blanco Bergareche, Subdirectora Adjunta de Movilidad de la DGT; D. Álvaro Navareño, Presidente de la ATC; y D. Miguel Ángel Carrillo, Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Su presencia subrayó la relevancia institucional del encuentro y el papel fundamental de la colaboración entre administraciones, colegios profesionales y asociaciones técnicas para el desarrollo de nuestras carreteras.

SOCIO DE HONOR 2025

Alberto Bardesi Orúe-Echevarría

Alberto Bardesi Orúe-Echevarría, Ingeniero de Caminos por la UPM (promoción 1981) y con formación de posgrado en IESE y la École Nationale de Pont et Chaussées de París, ha desarrollado toda su trayectoria en el ámbito de los pavimentos y los productos bituminosos, en empresas como Probisa, Composan y Repsol.

Su relación con la ATC se intensifica a partir de 2016, ejerciendo como director hasta diciembre de 2024. En 2002 participó en la creación de ATEB, de la que fue su primer presidente y de la que hoy es miembro de Honor. Desde 1996 compagina su actividad profesional con la docencia como profesor asociado del Departamento de Transportes de la ETSICCP (UPM), en el área de firmes y pavimentos.

Ha ocupado cargos directivos en diversas asociaciones del sector de los ligantes y mezclas bituminosas, y es autor de publicaciones técnicas de referencia, como el “Manual de pavimentos asfálticos para vías de baja intensidad de tráfico” y el “Manual para la caracterización de ligantes y másticos asfálticos”.

Fue nombrado Socio de Honor de la ATC en junio de 2012, y desde 2005 hasta la fecha es miembro de la Junta Directiva, así que este galardón no viene sino a poner un broche de oro en la trayectoria de Alberto en esta asociación.



SOCIO DE MÉRITO 2025

Paula Pérez López

Paula Pérez López es Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Tras una primera etapa en la empresa privada, ingresó en el Cuerpo de Funcionarios del Estado, incorporándose inicialmente a la Dirección General de Ferrocarriles y, poco después, a la Dirección General de Carreteras, donde ha desarrollado la totalidad de su carrera profesional.

Desde 2007 ha estado vinculada a la Subdirección General de Conservación, en la que ha ocupado distintos puestos de responsabilidad hasta su nombramiento, en abril de 2023, como Subdirectora General de Conservación y Gestión de Activos. Desde esta posición coordina los equipos técnicos, impulsa nuevos modelos de contratación y dirige los programas de actuación en la Red de Carreteras del Estado, contribuyendo de forma decisiva a su seguridad, eficiencia y buen funcionamiento.

Comprometida con la defensa y la adecuada conservación de la carretera, participa activamente como ponente y docente en congresos, jornadas y programas

formativos del sector. Vinculada estrechamente a la ATC, es miembro del Comité de Conservación desde 2018 y presidenta del mismo desde 2023, destacando su participación como Ponente General en las Jornadas de Conservación celebradas en Burgos en junio de 2024.



PREMIO ENRIQUE BALAGUER, ABRIENDO CAMINOS

Ponle Freno

Ponle Freno es una iniciativa del Grupo Atresmedia orientada a reducir la siniestralidad vial mediante acciones de concienciación, formación y promoción de una conducción responsable. Se trata de la principal acción social de seguridad vial del grupo, con una amplia implicación de personas, entidades y empresas.

En sus 17 años de trayectoria, ha recaudado más de 3 millones de euros para las víctimas de accidentes de tráfico a través de las Carreras Ponle Freno, en las que han participado más de 350.000 personas. Asimismo, ha impulsado la mejora de la seguridad vial mediante la canalización de incidencias en carreteras y señales, la promoción de la educación vial y el desarrollo de estudios especializados a través del Centro de Estudios y Opinión Ponle Freno-AXA, cuyos informes han alcanzado una notable repercusión.

La iniciativa cuenta con un comité de expertos liderado por Carlos Sainz y el apoyo de la Fundación AXA,

apoyándose en la capacidad de difusión de todos los medios del Grupo Atresmedia para maximizar su impacto social.



DONACIÓN ATC

Proyecto de educación y cooperación Internacional de la Demarcación de Madrid del Colegio de ICCP

El proyecto de cooperación se desarrolla entre Madrid y Lima y se basa en la colaboración de instituciones del ámbito de la ingeniería, la universidad y el desarrollo social, entre ellas la Demarcación de Madrid del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Autónoma de Lima, así como entidades públicas y privadas comprometidas con la cooperación y la formación.

Promovido por la Demarcación de Madrid del Colegio de ICCP, el proyecto tiene como objetivo poner la ingeniería al servicio de la sociedad desde una perspectiva integral, combinando la formación técnica con valores éticos, sensibilidad social y compromiso con el desarrollo humano sostenible. Está dirigido a estudiantes de último curso de Ingeniería Civil y del Máster en Ingeniería de Caminos, que participan activamente en el diseño y ejecución de las actuaciones.

De carácter anual, la iniciativa incluye en Lima actuaciones de agua, saneamiento y accesibilidad en la Escuela de Paracas, así como el apoyo a las Ollas Comunes del asentamiento humano Santa María (San Juan

de Lurigancho), junto con la elaboración de un informe técnico sobre necesidades básicas de infraestructura. La experiencia permite a los estudiantes conocer realidades complejas y comprender el impacto social de la ingeniería, generando un efecto multiplicador en su entorno académico y profesional.



MEDALLAS 2025

APORTACIÓN TÉCNICA A LA CARRETERA

La ATC otorgó su sexta edición Medallas a la Aportación Técnica de la Carretera, reconociendo la dedicación personal de los profesionales que pertenecen a sus Comités para la mejora de la movilidad en las carre-

teras de España, mediante sus contribuciones técnicas en materia de seguridad, calidad, eficiencia y durabilidad. Fueron galardonados:

- **Pedro Aliseda Pérez de Madrid**
- **Sergio Corredor Peña**
- **Bruno De la Fuente Bitane**
- **Miguel González Fabre**
- **José Ignacio Hervás Martín**
- **José Vicente Martínez Sierra**
- **María Lucía Miranda Pérez**
- **Teodoro Ozarín García**
- **Ignacio Pulido Sánchez**
- **Justo Suárez Fernández**
- **Javier Uriarte Pombo**
- **Francisco Veá Folch**



PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto los siguientes eventos:

- **Novedades en la redacción de los proyectos y el control de las obras para la mitigación del impacto por ruido de las Infraestructuras lineales de transporte** Madrid, 3 de febrero de 2026
- **El Centenario del Circuito Nacional de Firms Especiales: Infraestructura, Territorio y Patrimonio (1926-2026)** Madrid, 10 de febrero de 2026
- **Curso firms y pavimentos: lo que los libros no cuentan** Madrid, jueves y viernes de febrero de 2026
- **Metodologías y experiencias en la evaluación de la red de carreteras y clasificación de su nivel de seguridad según la Directiva 2019/1936** Madrid, 25 de marzo de 2026

¿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

Jornada Técnica

Novedades en la redacción de los proyectos y el control de las obras para la mitigación del impacto por ruido de las infraestructuras lineales de transporte

Madrid, 3 de febrero 2026

La creciente problemática del ruido ambiental, particularmente el ruido generado por el transporte terrestre se ha convertido en una de las grandes preocupaciones en la planificación y gestión de las infraestructuras viarias y ferroviarias en nuestro país, tanto a nivel urbano como interurbano.

La exposición prolongada al ruido puede generar problemas de salud graves en las personas, tales como alteraciones del sueño, estrés, problemas auditivos o cardiovasculares. Además, el ruido impacta negativamente en el medio ambiente, alterando los ecosistemas y provocando diversos impactos en el comportamiento y área de distribución de especies de fauna.

Para mitigar los efectos del ruido en las infraestructuras lineales existen diversas alternativas, como pueden ser las modificaciones del trazado viario, rebajar la rasante con ejecuciones soterradas o en trinchera, la reducción de la velocidad de los vehículos en carretera, así como el empleo de pavimentos fonoabsorbentes, que ayudan a reducir la emisión de ruido. Sin embargo, cuando estas opciones no resultan viables o son insuficientes, la instalación de Dispositivos reductores de ruido (DRR), como los sistemas de apantallamiento acústico que se convierten en una medida imprescindible para la protección de las poblaciones afectadas.

En esta jornada se introducirá la visión estratégica en materia de ruido viario y se hablará de todo lo anterior: de la normativa vigente, de los problemas en la redacción de estos proyectos de DRR y del control de ejecución de las obras a las que dan lugar.



Más información: www.atc-piarc.com

Jornada Técnica

El Centenario del Circuito Nacional de Firms Especiales: Infraestructura, Territorio y Patrimonio (1926-2026)

Madrid, 10 de febrero 2026

En 1926 se puso en marcha el Circuito Nacional de Firms Especiales, una iniciativa pionera del entonces recién creado Ministerio de Fomento que supuso el primer esfuerzo sistemático para modernizar la red de carreteras en España y adaptarla a las exigencias del automóvil.

El Circuito, concebido a partir de una selección estratégica de tramos de interconexión regional, marcó un punto de inflexión en la ingeniería de caminos española: introdujo nuevas tipologías de firms, impulsó la normalización técnica, contribuyó a la consolidación de la red radial, y estimuló el desarrollo del turismo incipiente al facilitar los desplazamientos por carretera hacia enclaves de relevancia histórica, económica y paisajística.

Con motivo del centenario de su puesta en marcha, esta jornada propone revisar el legado del Circuito Nacional de Firms Especiales desde una perspectiva interdisciplinar: analizando tanto su dimensión histórica y territorial como los avances tecnológicos que hizo posibles y los



retos que, un siglo después, siguen vigentes en materia de conservación, sostenibilidad y patrimonio de la obra pública. Asimismo, se abordarán las oportunidades que ofrece el estudio del CNFE para comprender la evolución del sistema viario español en el tránsito entre el siglo XIX, marcado por trazados adaptados a la tracción animal, y el XX, definido por la motorización masiva y la planificación estatal moderna.

El centenario del Circuito Nacional de Firms Especiales constituye, en definitiva, una ocasión para reflexionar sobre el papel que las infraestructuras viarias desempeñan en la transformación económica y social del territorio, así como sobre la responsabilidad de preservar y transmitir el conocimiento asociado a uno de los hitos fundamentales de la ingeniería civil en España.

Más información: www.atc-piarc.com

Cursos ATC

Firmes y pavimentos: Lo que los libros no cuentan

Madrid, febrero 2026

En el dinámico ámbito de la disciplina de firmes y pavimentos, el conocimiento práctico y la experiencia son tan valiosos como el concepto teórico de base. El presente curso, “Lo que los Libros No Cuentan” es un salto cualitativo más para profundizar en aspectos tan determinantes, como el qué hay detrás de la normativa vigente, identificar cuáles son los problemas más comunes que recurrentemente se producen en las fases de diseño, construcción y explotación y cómo se podrían solventar para que las carreteras sean más duraderas, más seguras y más sostenibles.

Está diseñado especialmente para técnicos y gestores de administraciones públicas, ingenierías, consultorías, empresas constructoras, conservadoras, concesionarias y resto de agentes intervinientes en la cadena de valor, que buscan un cambio de paradigma en el ámbito de los firmes y pavimentos con un enfoque más práctico y realista, y también más neutro en carbono.

A lo largo de este curso, se abordarán los desafíos y las soluciones que no se encuentran en los textos

académicos. Se tendrá la oportunidad de aprender de expertos en la materia procedentes de distintos sectores y especialidades, y adquirir las herramientas necesarias para optimizar los proyectos, mejorar la durabilidad de las infraestructuras viarias y fomentar prácticas sostenibles.

Este disruptivo e innovador curso es una oportunidad para trans-

formar los conocimientos adquiridos hasta el momento y llevarlos a un nivel mucho más enfocado a la práctica, mediante los numerosos casos de estudio y lecciones aprendidas que se presentarán y los amplios espacios de debate incluidos en cada módulo, para discutir nuevas ideas y enfoques, con el simple objetivo de enriquecer el conocimiento colectivo.



Más información: www.atc-piarc.com

Composición de la Junta Directiva de la ATC

PRESIDENTE:	- D. Álvaro Navareño Rojo
CO-PRESIDENTES DE HONOR:	- D. Juan Pedro Fernández Palomino - D. Pere Navarro Olivella
VICEPRESIDENTES:	- D.ª Paula Pérez López - D. Jorge Enrique Lucas Herranz - D.ª M.ª del Carmen Picón Cabrera
TESORERO:	- D. Pablo Sáez Villar
SECRETARIO:	- D. Pedro Gómez González
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. Leonardo Javier Santamaría Mediavilla
 - D. Felipe Cobo Sánchez
 - D. Ángel 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.ª Teresa López Montero
 - 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.ª Lucia Miranda Pérez
 - 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. Federico Soria Martínez
 - D. Miguel Cañada Echaniz
- Entre los Socios de Honor:
 - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
 - D. José Pablo Sáez Villar
- Entre los Socios de Mérito:
 - D. Alberto Bardesi 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. Federico Soria Martínez

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 Marina Martínez Orcajo

CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

- Presidenta	D.ª Mónica Laura Alonso Plá
- Secretaria	D.ª Mercedes Castro Rodríguez

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
 2025 - D. ALBERTO BARDESI ORUE-ECHEVARRIA

Socios de Mérito

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

2013 - D.ª MERCEDES AVIÑO 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
 2016 - D. PABLO SÁEZ VILLAR
 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
 2025 - D.ª PAULA PEREZ LÓPEZ

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 SEVILLA
- 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 ATLÁNTICO, 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 INGENIERÍA, 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.
- ELECENOR 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.
- HIDRODEMOLICIÓN, 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.
- PRODUCTOS Y SOLUCIONES VERDES DEL ASFALTO, S.L. (CIRTEC)
- PROES CONSULTORES, S.A.
- PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U.
- QUÍMICA DE LOS PAVIMENTOS, 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 CONSTRUCCIÓN, 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.
- SÍPRO 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.
- TALLERES ZITRON, S.A.
- TECASEM
- TECLIVEN, S.L.
- TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPESA)
- 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
- VIRTON, 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 (57) técnicos especialistas de las administraciones públicas; del ámbito universitario; de empresas de ingeniería, construcción, conservación, de suministros y de servicios; de centros de investigación; usuarios de la carretera y de otros campos relacionados con la carretera. Todos ellos actuando en su propio nombre y derecho.

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



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

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



www.atc-piarc.com/rutas

Si quiere anunciarse en **RUTAS** póngase en contacto con nosotros:

Tel.: 91 308 23 18 info@atc-piarc.com www.atc-piarc.com

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

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

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



ALVAC

**Innovar no es adaptarse al futuro.
Es construirlo.**



INNOVACIÓN Y PASIÓN EN CADA CONTRATO

Oficina Central: C/ José Abascal 59, 8º Izq. 28003 Madrid · T: +34 917710100

alvac.es

El proyecto europeo de sistemas cooperativos



68
BENEFICIARIOS



16
SOCIOS



4
PAÍSES



10
PILOTOS



52
MESES



77
MILLONES €

... en el que el consorcio español se ha convertido en referente al establecer el primer corredor C-ITS en el entorno real en tan sólo dos semanas.

El vehículo circulando por Sevilla fue capaz de identificar cualquier incidencia y asimilar la información: semáforos, obras, vulnerables, obras,...



Escanee el QR para
acceder al video
completo:



Más información:

[www://itsspain.com/scale/](http://www.itsspain.com/scale/)

SCALE_CEF Project



**Cofinanciado por
la Unión Europea**