

RUTAS TÉCNICA

Pavimento de hormigón armado continuo bicapa en el tramo Yecla-Caudete de la autovía A-33, entre Blanca y La Font de la Figuera

Localizaciones de Riesgo Mínimo para Vehículos Automatizados y Conectados

Terminales y transiciones de barreras de seguridad: estado del arte y próximos avances

CULTURA Y CARRETERA

Comité del Valor histórico patrimonial de la carretera

Esto va también de cultura (y de economía local)

www.normativadecarreteras.com



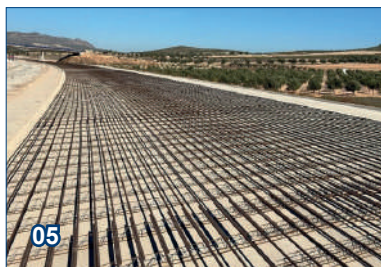
**Asociación Técnica
de Carreteras**

Comité nacional español de la
Asociación Mundial de la Carretera



Legislación y normativa técnica de carreteras

Acceso libre y gratuito

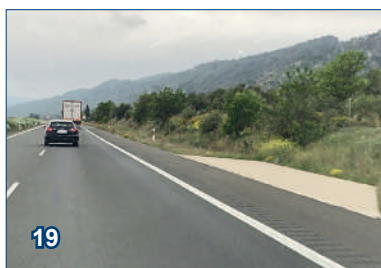


05

Tribuna Abierta

- 03 Las carreteras inteligentes se han de centrar en el usuario. Fracaso inicial de la automatización parcial para una seguridad vial diferencial**
Alfredo García

Rutas Técnica



19

- 05 Pavimento de hormigón armado continuo bicapa en el tramo Yecla-Caudete de la autovía A-33, entre Blanca y La Font de la Figuera**
Continuous two-layer reinforced concrete pavement in the Yecla-Caudete section of the A-33 motorway, between Blanca and La Font de la Figuera
Angel García Garay, Gustavo Pérez Morales, Antonio Cerdá Ferrer, Pedro Hernández Carrillo y Rafael Rueda Arriete

- 19 Localizaciones de Riesgo Mínimo para Vehículos Automatizados y Conectados**
Minimal Risk Conditions for Connected and Automated Vehicles
Alfredo García, Francisco Javier Camacho Torregrosa y David Llopis Castelló



28

- 28 Terminales y transiciones de barreras de seguridad: estado del arte y próximos avances**
Terminals and transitions for safety barriers: state of the art and future developments
Comité Técnico de Seguridad Vial

Cultura y Carretera

- 40 Comité del Valor histórico patrimonial de la carretera**
Comité del Valor histórico patrimonial de la carretera
- 45 Esto va también de cultura (y de economía local)**
Manuel Romana García y Ricardo Santonja



40

Nota de Lectura

- 48 Camineros, de la senda a la autovía. Carreteras de Teruel.**
María Martínez Nicolau



49

ATC

- 49 XI Jornadas de Vialidad Invernal**
- 55 Próximos eventos ATC**
- 57 Junta Directiva, Comités Técnicos y Socios de la ATC**

Edita:

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

Comité Editorial:

Presidenta:

M^a del Rosario Cornejo Arribas Presidenta de la Asociación Técnica de Carreteras (España)

Vicepresidente Ejecutivo:

Óscar Gutiérrez-Bolívar Álvarez Dirección General de Carreteras, MITMA (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)
Mariló Jiménez Mateos	Jefa de Área Técnica Estudios, MITMÁ (España)
María Martínez Nicolau	Directora Técnica de Innovia-Coptalia (España)
Félix Pérez Jiménez	Catedrático de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona (España)
Manuel Romana García	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
Jesús J. Rubio Alférez	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)
Javier Sainz de los Terreros Goñi	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)

Vocales-Representantes de los Comités Técnicos de la ATC:

Rafael López Guarga	Presidente del CT de Túneles de Carreteras
José Manuel Blanco Segarra	Presidente del CT de Financiación
Luis Azcue Rodríguez	Presidente del CT de Vialidad Invernal
Javier Payán de Tejada	Presidente del CT de Firms de Carreteras
Fernando Pedrazo Majarrez	Presidente del CT de Planificación, Diseño y Tráfico
Álvaro Parrilla Alcaide	Presidente del CT de Geotecnia Vial
Vicente Vilanova Martínez-Falero	Presidente del CT de Conservación y Gestión
Álvaro Navareño Rojo	Presidente del CT de Puentes de Carreteras
Roberto Llamas Rubio	Presidente del CT de Seguridad Vial
Antonio Sánchez Trujillano	Presidente del CT de Carreteras y Medio Ambiente
Andrés Costa Hernández	Presidente del CT de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico
Carlos Azparren Calvo	Presidente del CT de Dotaciones Viales

Redacción, Maquetación, Diseño,

Producción y Gestión Publicitaria:

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

Arte Final, Impresión y Distribución:

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

Depósito Legal: M-7028-1986 - ISSN: 1130-7102

Todos los derechos reservados.

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

Precio en España: 18 euros +IVA

© Asociación Técnica de Carreteras

REVISTA RUTAS

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

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

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



Nº 194 ENERO - MARZO 2023

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Fotografía de portada:
Imagen de Kosti Keistinen en Pixabay

Las carreteras inteligentes se han de centrar en el usuario

Fracaso inicial de la automatización parcial para una seguridad vial diferencial

Alfredo García

*Catedrático de Ingeniería de Carreteras
Universitat Politècnica de València*

Se va a completar una década sin avances en la reducción de la siniestralidad y gran parte de las esperanzas para revertir esa situación radican en las aportaciones de los nuevos vehículos automatizados y conectados, para aportar esa seguridad vial diferencial. En ese sentido, se está iniciando un nuevo sistema de transporte por carretera llamado carreteras inteligentes, donde los agentes involucrados han aumentado.

Desde junio de 2022, todas las homologaciones de vehículos requieren que tengan el nivel 2 de automatización, aunque ya se vendían bastantes modelos con ese nivel. Por tanto, empieza a haber una cierta tasa de penetración de vehículos automatizados que irá en aumento progresivamente.

Ya no solo hay administraciones y operadores viarios, además de fabricantes de vehículos automatizados y conectados. Aparecen proveedores de la conectividad necesaria para que los vehículos con esas facilidades puedan aprovechar esas ventajas. Además, surgen proveedores de información, más allá de los tradicionales públicos, que se dedican a analizar y facilitar información. Por tanto, se trata de un sistema mucho más complejo que poco a poco irá abarcando más parte de la red de carreteras.

No deberíamos pensar que una carretera inteligente solo es aquella repleta de infraestructura digital, con to-

das las facilidades de conectividad entre vehículos, vehículo con infraestructura, etc. Realmente eso no es así porque va a haber distintos niveles, distintas facilidades y distintos alcances.

La infraestructura física está jugando y cada vez va a jugar un papel más importante en relación con el funcionamiento de los vehículos automatizados, que dependen enormemente de las características y el estado de las dotaciones viarias, mientras que la parte de conectividad va a depender de que haya infraestructura digital para poder facilitar esa conectividad.

Lo más importante al principio es la relación entre la infraestructura física y los sistemas de conducción automatizada, para poder obtener el máximo aprovechamiento en seguridad de las facilidades de automatización que empiezan a tener los vehículos de nivel SAE 2, que permiten el control longitudinal y el control lateral dentro del propio carril, en base al procesamiento digital de imágenes tomando como referencia fundamental las marcas viales de borde del carril.

Luego, el funcionamiento del vehículo automatizado depende, como está muy demostrado, de las características de la infraestructura física y el estado de la misma. Por ejemplo, la anchura de la marca vial, la continuidad de las marcas viales de borde, el estado de estas, la geometría de las curvas, etc.

Otra parte importante de las carreteras inteligentes seguirán siendo los usuarios, pero hasta ahora se les ha desatendido pensando erróneamente que sus capacidades para la conducción humana siguen siendo suficientes para manejar los vehículos automatizados y conectados.

Cuando vamos a comprar un vehículo de este tipo nos entregan las llaves y no nos explican cómo funcionan todas estas ayudas para la conducción automatizada. No puede ser que aprendamos a base de prueba y error estando ya en circulación. Por ejemplo, el control de posición dentro del carril lo vas observando porque efectivamente te mueve el volante, ya que basta con tocar el volante sin necesidad de cogerlo y accionarlo, pero, de repente, adviertes que se ha desconectado cuando ya te estás saliendo del carril, si no es que te has salido del mismo, con el riesgo enorme que esto supone. Por tanto, se producen desconexiones dependiendo de las características de la infraestructura física y ambientales.

El problema es que, tal y como se hace hoy en día, cuando te entregan las llaves no hay ninguna información, pero tampoco hay ninguna información y formación posterior, por lo que consecuentemente no hay aceptación por los conductores: al tercer sobresalto cuando te das cuenta de que te has salido del carril, lo normal es desconectar las asistencias para no tener que asumir unos riesgos no controlables.

Con esta realidad del fenómeno, sin usar en la práctica muchas de las asistencias embarcadas para la mejora de la seguridad, se está arrancando con un fracaso porque la seguridad diferencial que se podía conseguir con estos vehículos se pierde si no se utilizan estas ayudas y, por tanto, la aceptación es fundamental para que pueda haber un despliegue de estos vehículos y que realmente se aproveche ese diferencial de seguridad que se supone que van a aportar.

Para que el conductor vaya ganando confianza y aceptación, es necesario poner en marcha un sistema de clasificación de carreteras inteligentes para que se le pueda facilitar información, tanto al usuario como al propio vehículo si hay conectividad, sobre los tramos, segmentos y secciones donde se pueden utilizar estas asistencias de automatización parcial y donde no se deberían utilizar.

Partimos de una red de carreteras concebida, desarrollada y gestionada para una conducción humana, por lo que no podemos ni debemos convertir a corto plazo todas las carreteras en carreteras inteligentes. Por ello, una clasificación de las carreteras inteligentes es fundamental para llevar a cabo una planificación adecuada, racional y, sobre todo, para asignar eficientemente las inversiones necesarias, tanto en la adaptación de la

parte física como en el despliegue digital. Además, hace falta una clasificación porque esto requiere una gestión dinámica ante variaciones ambientales que pueden afectar el desempeño de los sistemas automatizados e, incluso, la conectividad.

Si esto se pone en funcionamiento es cuando realmente se podrá empezar a conseguir esa aportación diferencial de seguridad vial para conseguir una red de carreteras que sea más segura.

En resumen, hay que racionalizar el nuevo sistema de carreteras inteligentes para realmente aprovechar la aportación diferencial de seguridad de estos vehículos automatizados y conectados, a través de: (1) señalar los tramos o secciones viarias que requieren una conducción manual y los que presenten una buena capacidad de acoger la automatización, lo que añadiría mucha aceptación de los usuarios y, por tanto, mejoraría mucho la seguridad vial; (2) ante el abandono absoluto de los conductores, que se les entregan las llaves de estos vehículos y no han recibido ninguna información, hay que desplegar, de manera inmediata, campañas específicas de información y formación para que haya una concienciación, que se traduzca en una aceptación y un uso seguro de las asistencias.

No se puede dejar en nuestras manos, sin información ni formación, estos vehículos automatizados, ya que no se conseguirá el plus de seguridad vial que se busca. Para ello hay que hacer investigaciones y tramos piloto, pero no solo con el máximo despliegue de infraestructura digital sino también hay que hacerlo sin despliegue digital.

La mayor parte de la red viaria que se puede abarcar es la que solo tiene infraestructura física, sin digital, por lo que es necesario adaptar esa infraestructura física y conseguir que se reduzcan o minimicen las desconexiones, y así facilitar la información a los conductores, mediante señalización, de los tramos aptos o no aptos para la conducción automatizada.

En este sentido, la Dirección General de Carreteras del MITMA ha lanzado un Programa de Compra Pública de Innovación, siendo el Reto 2 el de “Impulsar el despliegue del vehículo automatizado y extender su dominio operativo en la RCE”.

Un principio clave para la seguridad de la automatización, y por ende de las carreteras inteligentes, es la necesidad de un “diseño centrado en el ser humano”, en el que deben tenerse en cuenta todos los posibles perfiles de usuario y sus capacidades y necesidades. ❖

Pavimento de hormigón armado continuo bicapa en el tramo Yecla-Caudete de la autovía A-33, entre Blanca y La Font de la Figuera



Continuous two-layer reinforced concrete pavement in the Yecla-Caudete section of the A-33 motorway, between Blanca and La Font de la Figuera

Angel García Garay

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado

Gustavo Pérez Morales

Jefe de Servicio de Planeamiento, Proyectos y Obras de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia

Antonio Cerdá Ferrer

Ingeniero del Servicio de Planeamiento, Proyectos y Obras de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia

Pedro Hernández Carrillo

Jefe del Laboratorio de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia

Rafael Rueda Arriete

Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de España, MITMA, está llevando a cabo, desde el año 2.020, la construcción de un tramo de la autovía A-33, entre las localidades de Yecla (Murcia), y Caudete (Albacete). El futuro tramo de autovía, con una velocidad de proyecto de 120 km/h, un tráfico de vehículos pesados previsto en el carril de proyecto y en el año de puesta en servicio cercano a los 3.000, y una longitud de 16 km, contará con un pavimento de hormigón armado continuo de 24 cm de espesor, construido en dos capas (19 cm + 5 cm), y con una textura de árido visto obtenida por la técnica de denudado. El hormigón de la capa inferior del pavimento será un HF-4,5 (de resistencia característica a flexo tracción a 28 días de 4,5 MPa), siendo el de la capa superior un HF-5,0 (de resistencia característica a flexotracción a 28 días de 5,0 MPa). El pavimento se apoyará sobre una capa de 15 cm de

hormigón magro, que descansará a su vez sobre una explanada tipo E3 (con $E_{v2} \geq 300$ MPa en el segundo ciclo del ensayo de carga con placa), formada por 30 cm de suelo estabilizado in situ con cemento tipo S-EST3, sobre 30 cm de suelo seleccionado con CBR ≥ 10 , cumpliendo todos los materiales lo recogido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) del citado Ministerio.

Aunque en España existen varios tramos de autovía construidos con la técnica del pavimento de hormigón armado continuo, algunos de ellos con más de 45 años en servicio, este tramo supondrá un auténtico reto en nuestro país, al ser el primero que aglutina la técnica del armado continuo con la construcción en dos capas y con la textura de árido visto

ThisxxxThe Ministry of Transport, Mobility and Urban Agenda of Spain, MITMA, is carrying out, since 2020, the construction of a section of the A-33 motorway, between the towns of Yecla (Murcia), and Caudete (Albacete). The future stretch of highway, with a project speed of 120 km/h, heavy vehicle traffic expected in the project lane and in the year of commissioning of close to 3,000, and a length of 16 km, will have a continuous reinforced concrete pavement 24 cm thick, built in two layers (19 cm + 5 cm), and with an exposed aggregate texture obtained by the denuding technique. The concrete of the lower layer of the pavement will be HF-4.5 (characteristic resistance to flexotraction at 28 days of 4.5 MPa), being that of the upper layer HF-5.0 (characteristic resistance to flexotraction at 28 days of 5.0 MPa). The pavement will rest on a 15 cm layer of lean concrete, which will in

turn rest on an E3 type esplanade (with $E_{v2} \geq 300$ MPa in the second cycle of the plate load test), made up of 30 cm of stabilized soil in situ with S-EST3 type cement, on 30 cm of selected soil with $CBR \geq 10$, all materials complying with the provisions of the Specific Technical Specifications for Road and Bridge Works (PG-3) of the aforementioned Ministry.

Although in Spain there are several highway sections built with the continuous reinforced concrete pavement technique, some of them with more than 45 years in service, this section will be a real challenge in our country, as it is the first to bring together the reinforcement technique. continued with the construction in two layers and with the texture of exposed aggregate

1. Introducción

La autovía A-33, Blanca – Font de la Figuera situada en el sureste de España, es una autovía de nuevo trazado con dos calzadas de dos carriles cada una, y mediana de 10 metros que discurre entre los municipios de Blanca, en Murcia, y Font de la Higuera, en Valencia. Con una longitud total a de 90 km, frente a los 107,3 por la N-344.

Cuando entre en servicio servirá de conexión entre los corredores de la A-31 (que conecta la ruta Madrid-Valencia con Alicante), la A-30 (que comunica Albacete con Murcia y Cartagena), y la A-35 (que comunica Valencia con Albacete, partiendo de Almansa). Por tanto, la autovía A-33 discurre por tres comunidades autónomas distintas, la Región de Murcia, Castilla La Mancha y la Comunidad Valenciana, siendo la primera de ellas la que alberga un mayor número de kilómetros.

Su construcción, está motivada por el fuerte incremento del tráfico en los últimos años y por la necesidad de contar con una ruta alternativa a la autovía A-7 para realizar el trayecto Murcia – Valencia por el interior, y cuando esté finalizada, reducirá di-

cho trayecto, en 46 km con respecto al itinerario costero, mejorando notablemente los tiempos de recorrido, así como la comodidad y la seguridad de los usuarios. Además permitirá un ahorro de combustible estimado en 6l para los vehículos pesados con respecto al itinerario por la N-344

La rentabilidad de esta autovía fue analizada en el “Análisis Coste / Beneficio de las principales actuaciones contempladas en el Protocolo de Carreteras del Estado en la Comunidad de MURCIA”, realizado en 2012 por la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia, obteniendo los siguientes datos:

- TIR 15,02 %
- VAN 560.618.559 €
- PRI 2022 (10 años)
- B/C 3.19

A fecha de redacción de este artículo (noviembre de 2022), la autovía A-33, entre Blanca y la Font de la Figuera, se encuentra casi completamente finalizada, a falta de este último tramo de 16 km, entre los municipios de Yecla (Murcia) y Caudete (Albacete), que se encuentra en fase de construcción.

La principal característica de este último tramo entre Yecla y Caudete es el tipo de firme, constituido por un pavimento de hormigón armado continuo de 24 cm de espesor, construido con la técnica bicapa “fresco sobre fresco” (19 cm + 5 cm), y con una textura de árido visto obtenido por denudado químico.

Por dicha razón, creemos que esta obra constituye un auténtico reto en España, al ser la primera vez que se emplea la técnica del armado continuo con la construcción en dos capas y con la textura de árido visto.

2. Situación actual de los pavimentos de hormigón en España

La construcción de pavimentos de hormigón en España es generalizada y bien conocida en otros ámbitos como los puertos, los aeropuertos, las áreas industriales y logísticas, y también en las áreas urbanas, sin embargo, en el campo de las carreteras de alta capacidad, el pavimento de hormigón ha sido una solución escasamente empleada en los últimos 30 años, a pesar de que nuestro país contaba ya a mediados de la década



Figura 1. Situación de la actuación

de los 90 del siglo pasado con más de 1.600 km de calzada con esta tipología de pavimento (según el dato extraído del artículo publicado por D. Carlos Jofré en octubre de 2019, en la revista *Cemento-Hormigón*, más de 11 millones de metros cuadrados de calzada con pavimento de hormigón). [4]

Tras el Plan General de Carreteras del periodo 1984-1991, diversos factores (entre ellos, una rodadura poco confortable en ocasiones), motivaron que se abandonara prácticamente el empleo de estos pavimentos en la red estatal de carreteras, salvo algunas realizaciones aisladas. La más importante es el tramo Albuñol-Adra de la Autovía del Mediterráneo A-7, con una longitud de 10,5 km, puesto en servicio en 2008 y que cuenta con un pavimento de hormigón armado continuo construido en una sola capa y con textura estriada longitudinal. Aparte del anterior, únicamente puede mencionarse en la red de autovías un tramo experimental de 900 m de longitud en la autovía autonómica C-17, que conecta el área metropolitana de Barcelona con Ripoll (Gerona). Dicho tramo, situado en el límite entre las provincias de Barcelona y Gerona, se construyó para probar la viabilidad de la técnica austriaca de pavimentos de hormigón bicapa con pasadores en las juntas y dis-

curre, en gran parte, en el interior de un túnel. El comportamiento del pavimento en ambas obras ha sido muy satisfactorio. Dentro de las redes autonómicas hay que mencionar en la A-364 la variante de Marchena (Sevilla), abierta al tráfico en 2011, en la que se dispuso en una parte (2 km) un pavimento continuo de hormigón armado; y la carretera entre Castrofuerte y Toral (3,5 km), en la provincia de León, puesta en servicio en 2012, que tiene un pavimento de hormigón en masa con una terminación obtenida mediante fresado.

La publicación del Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado, en el que se hace obligatorio el empleo de pavimento de hormigón en los túneles de más de 1 km de longitud, ha dado lugar a algunas realizaciones en este campo (túneles en la autopista Cartagena-Vera, túnel Juan Carlos I en Vielha o varios túneles en la provincia de Barcelona).

Como principal conclusión de lo expuesto se puede destacar que, al igual que en muchos otros países, la gran durabilidad de los pavimentos de hormigón se ha visto también confirmada en España. Las tres técnicas principales: los pavimentos en masa con juntas sin pasadores, los pavimentos en masa con pasadores en

las juntas y los pavimentos continuos de hormigón armado, han sido utilizadas con éxito, como lo demuestran la gran mayoría de los tramos construidos. Por citar uno de ellos, también con pavimento de hormigón armado continuo como el caso que nos ocupa, la autopista de Oviedo-Gijón-Avilés, conocida como "Y asturiana", con 43 km de longitud y cercana a cumplir los 50 años en servicio, fue la primera aplicación a gran escala en España de esta técnica.

No obstante, no podemos obviar otra de las principales conclusiones de lo argumentado en los párrafos anteriores, que es la pérdida de tecnología, maquinaria y la inexistencia de empresas subcontratistas especializadas en esta unidad de obra, lo que hace que el reto de la construcción de este tramo sea todavía más difícil si cabe.

3. Descripción de la actuación

3.1. Descripción general del proyecto

El presente proyecto constituye el último tramo que finalizará completamente la autovía A-33 de Blanca (Murcia) a Font de la Higuera (Comunidad de Valencia). El tramo que

nos ocupa conecta los términos municipales de Yecla, en la provincia de Murcia, y Caudete, en la provincia de Albacete (Castilla La Mancha), discurriendo paralelamente a la actual carretera N-344.

La longitud total del tronco principal es de 16 km, siendo la velocidad de proyecto de 120 km/h. La autovía está formada por dos calzadas separadas con dos carriles cada una de 3,5 m de anchura, arcén exterior de 2,5 m y arcén interior de 1 m.

A lo largo del trazado se proyectan 4 viaductos, con el fin de evitar el efecto de embalse que produciría un terraplén en las distintas ramblas que atraviesa la autovía, siendo las longitudes de estos viaductos las siguientes: 350 m, 240 m, 216 m y 210 m.

En cuanto al firme, éste está formado por una solución novedosa en España, un pavimento de hormigón armado continuo construido mediante la técnica bicapa con la textura de árido visto. Si bien en España existen varios tramos de autovía construidos con pavimento de hormigón armado continuo, algunos de ellos con más de 45 años en servicio, y también disponemos de algún tramo construido con la técnica bicapa y árido expuesto de hormigón en masa, este tramo supondrá un auténtico reto en nuestro país, al ser el primero que aglutina la técnica del armado continuo con la construcción en dos capas y con la textura de árido visto.

3.2. Diseño del firme

Para el diseño de los firmes de las carreteras de nueva construcción en España dependientes del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), resulta de aplicación la Norma 6.1-I.C., la cual nos proporciona un Catálogo de secciones de firme para distintas categorías de tráfico pesado y de explanada. Dentro de cada categoría de tráfico y explanada se nos aportan 3 o 4 posibles soluciones con distinta tipología de firme, quedando a criterio del proyectista la elección de la solución más adecuada en función de los condicionantes técnicos, económicos, ambientales y de disponibilidad de materiales en la zona, debiendo para ello realizar un análisis del comportamiento del firme durante toda la vida útil del mismo.

Por tanto, para dimensionar un firme es necesario conocer el tráfico de vehículos pesados que circulará por la carretera y la capacidad de soporte de la explanada sobre la que apoya el firme.

Por otra parte, desde el punto de vista de los requisitos a exigir a los materiales, es de aplicación el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3), actualizado en el capítulo de firmes por la Orden FOM 2523/2014, de 12 de diciembre, del Ministerio de Fomento (actual Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana MITMA).

3.2.1. Tráfico

Para llevar a cabo el estudio del tráfico, según se recoge en el proyecto constructivo, durante la redacción del mismo se realizó una campaña de aforos manuales en los cinco enlaces más significativos existentes en la carretera N-344, con el fin de determinar la distribución del tráfico en los nuevos enlaces previstos, así como su configuración en los distintos subtramos considerados de la futura autovía.

Los subtramos considerados con las distancias correspondientes entre enlaces, así como la Intensidad Media Diaria de vehículos Pesados (IMDP) que se prevé en el carril de proyecto y en el año de puesta de servicio en dichos subtramos, se presentan en la tabla 1.

De acuerdo con la Norma 6.1-IC sobre secciones de firme aprobada por la Orden FOM/3460/2003 de 28 de noviembre, las categorías de tráfico pesado son las referidas en la figura 2.

En consecuencia, la categoría de tráfico pesado obtenida para el tronco de la autovía de cara a la aplicación del catálogo es T0.

3.2.2. Materiales disponibles y formación de la explanada

La Norma 6-1-I.C. recoge en su apartado 5.1. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA, tres categorías de explanada, denominadas respectivamente E1, E2 y E3. Estas categorías se determinan según el módulo de

Tabla 1. Tráfico en los distintos subtramos considerados de la futura autovía A-33

Elemento de diseño	Longitud (km)	IMD ₂₀₁₁	% Pesados	IMDP ₂₀₁₁	IMDp ₂₀₀₉ en el carril de proyecto	Categoría de tráfico pesado 6.1.
1. Yecla Centro (A-3223) – Yecla Este (C-3314)	6,1	14.153	39,4	5.576	2.788	T0
2. Yecla Este – Caudete Oeste (CM-3320)	8,8	13.859	39,8	5.516	2.758	T0
3. Caudete Oeste (CM-3320) – Semienlace Caudete Este.	4,4	16.625	35,8	5.952	2.976	T0
4. Semienlace Caudete E. – E. Caudete E.	1,2	16.146	36,3	5.860	2.930	T0
5. E. Caudete E. – Conexión A-31	1,5	16.751	34,8	5.829	2.915	T0

TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

TABLA 1.B. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T31 Y T4

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Figura 2. Categorías de tráfico pesado en la Norma 6.1-I.C.

TABLA 2. MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD EN EL SEGUNDO CICLO DE CARGA

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
E_{v2} (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Figura 3. Categorías de explanada en la Norma 6.1-I.C.

compresibilidad en el segundo ciclo de carga (E_{v2}), obtenido en el ensayo de carga con placa (según Norma UNE 103808:2006), cuyos valores se recogen en la figura 3.

Para la categoría de tráfico que se define en este Proyecto, T0, la Norma 6.1-IC sólo admite el tipo de explanada E3. Por otro lado, según lo dispuesto en la Nota de Servicio 5/2006

sobre Explanaciones y Capas de firme tratadas con cemento del MITMA, independientemente de la categoría de tráfico pesado previsto en la fecha de puesta en servicio, todo tramo de autovía de nueva construcción que se proyecte deberá disponer de una categoría de explanada tipo E3.

Por todo ello, se adopta en este caso una explanada de categoría

E3, con una capacidad de soporte medida mediante el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa, superior a los 300 MPa ($E_{v2} \geq 300$ MPa). Esta explanada es la de mayor calidad recogida en la norma y por ello la más extendida en la construcción de las autovías en nuestro país, permitiendo, debido a su mayor capacidad de soporte, optimizar los espesores de las secciones de firme, con el consiguiente menor coste de los mismos.

Para alcanzar la capacidad de soporte en la explanada (superficie sobre la que apoya el firme), la Norma 6.1-I.C. nos aporta la siguiente tabla, en la que se nos proporciona una serie de soluciones para cada categoría, a partir de la calidad del suelo subyacente. (Figura 4)

Considerando la calidad de suelo subyacente como tolerable (0), a la vista del estudio geotécnico elaborado en el proyecto, se plantean dos posibles soluciones para obtener la

		TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-JUNO)				
		SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1 $E_{v2} \geq 60$ MPa					
	E2 $E_{v2} \geq 120$ MPa					
	E3 $E_{v2} \geq 300$ MPa					

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3)

0 Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3)

1 Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3)

2 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

3 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

S-EST 1 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

S-EST 2 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

S-EST 3 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

HM-20 Hormigón (Art. 610 del PG-3)

tipo de material

S-EST3 espesor mínimo en cm

30

2

suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente

Figura 4. Tabla de formación de la explanada recogida en la Norma 6.1-I.C.

categoría de explanada E3. De entre las dos posibles opciones para conformar la explanada E3, el proyecto opta por la solución con 30 cm de suelo estabilizado con cemento tipo S-EST3, sobre 30 cm de suelo seleccionado tipo 2 (CBR ≥ 10 según norma UNE 103502:1995), por resultar la más económica en el caso que nos ocupa. Esa solución se aplicará igualmente tanto en zonas de desmonte como en zonas de terraplén. (Figura 5)

Los materiales necesarios para la ejecución del S-EST3 y del Suelo Seleccionado 2 proceden de la excavación de la traza y no es necesaria la aportación externa de material.

3.2.3. Elección de la sección del firme

Una vez conocidas la categoría de tráfico (T0) y de explanada (E3), podemos acudir al catálogo de secciones de firme de la Norma 6.1-I.C., el cual nos proporciona cuatro posibles soluciones para el firme, con distinta tipología. (Figura 6)

Para la selección de la sección más adecuada, en el proyecto se llevó a cabo una comparación técnica y económica de las distintas soluciones propuestas por la norma, descartando desde un principio las secciones semir rígidas debido a la abundancia de zahorras en el entor-

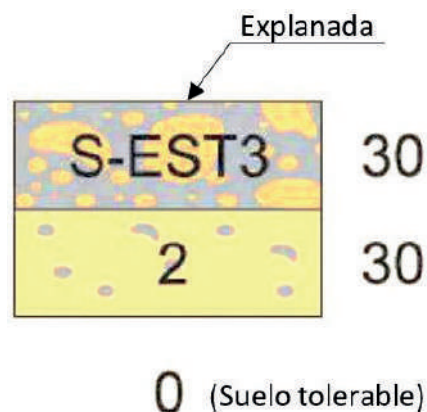


Figura 5. Capas de coronación para la formación de la explanada a partir de un suelo tolerable

no del trazado, centrándose por tanto esa comparativa entre la sección 031 (sección semiflexible) y la 034 (sección rígida), las cuales tienen las siguientes características:

- La sección 031 de firme semiflexible está formada por 30 cm de mezclas bituminosas en caliente sobre una capa de 25 cm de zahorra artificial.
- La sección 034 de firme rígido está formada por 24 cm de un pavimento de hormigón armado continuo sobre una capa de 15 cm de hormigón magro. Como veremos más adelante, se propone la construcción de la capa de pavimento de 24 cm mediante la técnica bicapa o "wet on wet", en dos capas de 19 + 5 cm (para optimizar el coste al definir una textura de árido visto).

La sección con pavimento de hormigón presenta la ventaja de su

durabilidad, pudiendo alcanzar, sin grandes actuaciones de conservación, una vida útil de 30 años, e incluso superarlos. Por ello, para poder tomar finalmente la decisión del tipo de firme a emplear, el proyecto realizó un estudio comparativo desde el punto de vista económico, comparando ambas soluciones a largo plazo, considerando no sólo los costes de construcción, sino también los costes de conservación y mantenimiento durante ese periodo de vida.

Para el estudio comparativo de los costes de conservación y mantenimiento se emplean los ratios obtenidos del "Estudio económico de las secciones de firme de la Norma 6.1-I.C. de la Instrucción de Carreteras", realizado por IECA en 2007. Este estudio se basa, a su vez, en un estudio realizado por la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón, en 1987, titulado "Estudio económico de las nuevas secciones de firme en autovías".

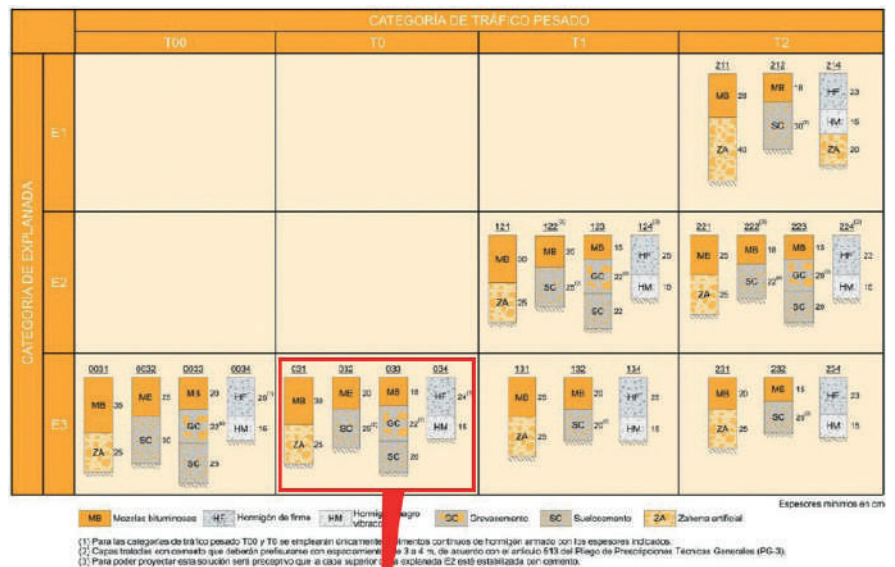


FIGURA 2.1. CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2, EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

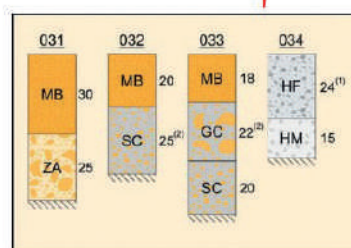


Figura 6. Secciones proporcionadas por la Norma 6.1-I.C. para tráfico T0 y explanada E3

Según el estudio, las actuaciones tipo de mantenimiento a realizar son las siguientes:

- Secciones con pavimento bituminoso (031): 6 cm de aglomerado a los 10 y a los 20 años.
- Secciones con pavimento de hormigón armado continuo (secciones 034): Extracción del material de sellado, reparación de labios y sellado de juntas longitudinales a los 10 y a los 20 años.

En cuanto a los costes de conservación, no existe en nuestro país una valoración precisa que cuantifique estos costes de los diversos tipos de firme. En otros países de nuestro entorno, con la misma carencia de datos fiables, se estiman estas necesidades en un tanto por ciento de los costes de construcción. Queda pues la dificultad en establecer los coeficientes a aplicar, si bien la experiencia demuestra que los costes de conservación para pavimentos de hormigón son menores que los de los firmes bituminosos.

Entre las cifras que suelen barajarse, es normal considerar un gasto anual del 0,50 % de los costes de construcción para las secciones flexibles o semirrígidas y el 0,25 % para los firmes de hormigón.

Dentro del estudio comparativo se consideró también un valor de actualización del gasto, ya que económicamente no es lo mismo realizar un gasto hoy que dentro de 10 o 20 años. Existen dos factores contrapuestos, por un lado, el coste de los factores de producción (materiales, maquinaria y mano de obra) sufre un incremento y, por otro lado, hasta que no se produzca el gasto, el importe de éste podemos invertirlo con el consiguiente beneficio económico. Este beneficio será mayor que el incremento de coste de los factores de producción. La diferencia entre ambos será el valor de actualización. No

Tabla 2.

ACTUALIZACIÓN	α Suma de gastos acumulados en los 30 años	β Gasto en el año 10	γ Gasto en el año 20
0%	30,000	1,000	1,000
1%	25,808	0,905	0,820
2%	22,396	0,820	0,673
3%	19,600	0,744	0,554
4%	17,292	0,676	0,456
5%	15,372	0,614	0,377

es fácil fijar este valor a priori, al depender de múltiples factores.

Durante el periodo de proyecto de 30 años, tendremos inversiones de mantenimiento (refuerzo o renovación superficial) a 10 y 20 años y gastos anuales de conservación que serán un porcentaje del coste de construcción.

El coste "C" de una operación de refuerzo, renovación o gasto de conservación realizado en un año i cualquiera depende del valor de actualización adoptado, que se estima mediante la siguiente expresión:

$$\text{Valor actualizado} = C \cdot \frac{1}{(1 + \text{Actualización})^i}$$

Y el gasto de conservación realizado todos los años y acumulado hasta el año j sería:

$$\text{Valor actualizado} = C \cdot \sum_{k=1}^j \frac{1}{(1 + \text{Actualización})^k}$$

Por tanto, tendríamos los siguientes coeficientes de actualización:

- Suma de gastos de conservación:

$$\alpha = \sum_{k=1}^{30} \frac{1}{(1 + \text{Actualización})^k}$$

- Gastos de mantenimiento en el año 10:

$$\beta = \frac{1}{(1 + \text{Actualización})^{10}}$$

Gastos de mantenimiento en el año 20:

$$\gamma = \frac{1}{(1 + \text{Actualización})^{20}}$$

En la tabla 2, se recoge la siguiente tabla con los coeficientes de actualización a aplicar a los costes de conservación y mantenimiento en diferentes periodos, en función de la tasa de actualización adoptada.

En nuestro caso, el proyecto adoptó una tasa de actualización del 3%. Conviene señalar que dicho proyecto se finalizó en 2009, por lo que los costes de construcción y de los materiales en ese momento eran muy inferiores a los actuales.

En las tablas 3 a 6, se recogen las tablas extraídas del proyecto con los costes de construcción y los costes de conservación y mantenimiento por km de carretera, y finalmente la tabla resumen comparativa de los costes totales en los 30 años considerados.

Por tanto, si bien el pavimento de hormigón armado continuo presenta un coste de construcción superior al del pavimento bituminoso, si tenemos en cuenta los costes de conservación y mantenimiento durante los 30 años de vida útil, el resultado demuestra que es el pavimento de hormigón es el que tiene un menor coste total. Por ello, se elige la sección 034 de la Norma 6.1-IC para este tramo de la autovía A-33, formada por 24 cm de un pavimento, apoyado sobre una

Tabla 3. Resumen de costes de construcción (costes por km)

	SECCIÓN	COSTES DE CONSTRUCCIÓN CALZADA €/km	COSTES DE CONSTRUCCIÓN ARCENES €/km	COSTES DE CONSTRUCCIÓN €/km
TRÁFICO T0 EXPLANADA E3	031	334.013,39	96.442,16	430.455,55
	034 CRCP	411.833,50	88.615,20	500.448,70

Tabla 4. Resumen de costes de conservación (costes por km)

	SECCIÓN	COSTE DE CONSTRUCCIÓN €/km	Ratio	Actualización del 3% en 30 años	COSTES DE CONSERVACIÓN €/km
TRÁFICO T0 EXPLANADA E3	031	430.455,55 €	0,50%	19,600	42.184,64 €
	034 CRCP	500.448,70 €	0,25%	19,600	24.521,99 €

Tabla 5. Resumen de costes de mantenimiento (costes por km)

	SECCIÓN	REFUERZO 6 cm AGLOMERADO A LOS 10 AÑOS Coste (€/km)	REFUERZO 6 cm AGLOMERADO A LOS 20 AÑOS Coste (€/km)	REPARACIÓN Y SELLADO JUNTAS A LOS 10 AÑOS Coste (€/km)	REPARACIÓN Y SELLADO JUNTAS A LOS 20 AÑOS Coste (€/km)	COSTES DE MANTENIMIENTO €/km
TRÁFICO T0 EXPLANADA E3	031	49.464,15	36.832,18			86.296,33
	034 CRCP			2.976,00 (1)	2.216,00 (1)	5.192,00

Tabla 6. Resumen de costes totales (costes por km)

	SECCIÓN	COSTES DE CONSTRUCCIÓN €/km	COSTES DE MANTENIMIENTO €/km	COSTES DE CONSERVACIÓN €/km	COSTES TOTALES €/km
TRÁFICO T0 EXPLANADA E3	031	430.455,55	86.296,33	42.184,64	558.936,52
	034 PHAC	500.448,70	5.192,00	24.521,99	530.162,69

base de 15 cm de hormigón magro. Dado que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) del Ministerio nos permite tanto la textura de árido visto como la construcción bicapa, finalmente se adoptan las siguientes características finales para el pavimento:

- Pavimento de hormigón armado continuo de 24 cm de espesor total construido mediante la técnica bicapa (wet on wet), con una primera capa de 19 cm de hormigón vibrado HF-4,5 (resistencia característica a flexotracción a 28 días

de 4,5 MPa), y una capa superior de 5 cm de hormigón vibrado HF-5,0 (resistencia característica a flexotracción a 28 días de 5,0 MPa), ésta última con áridos de la mayor calidad para conseguir una textura de árido visto.

- La cuantía geométrica mínima de la armadura se fija en el 0,72%. Esta cuantía se materializa mediante la colocación de barras longitudinales de acero corrugado B500SD Ø20 mm cada 18 cm.
- Transversalmente se colocarán barras de acero corrugado B500SD Ø10 mm espaciadas 80

cm e inclinadas 60° respecto al eje longitudinal de la calzada. La armadura transversal se apoyará sobre piezas especiales y su función principal es servir de armadura de montaje de la armadura longitudinal.

- El árido grueso de la capa superior deberá tener un coeficiente de Los Ángeles ≤ 20 y un coeficiente de pulimento acelerado ≥ 0,56, según lo exigido por el artículo 550 del Pliego PG-3.
- La base estará constituida por una capa de hormigón magro de 15 cm de espesor.

- La textura superficial será de árido visto obtenida mediante la aplicación de un producto retardador de fraguado. Este producto, con una dotación mínima de 200 g/m², afectará a los milímetros superiores del pavimento, evitando su fraguado y permitiendo que, mediante un barrido mecánico, se elimine la lechada y quede en superficie el árido visto que configurará la textura final denudada de la capa de rodadura. La profundidad de textura estará comprendida entre 0,9 mm y 1,4 mm.
- Posteriormente al barrido y eliminación del mortero, se procederá a realizar un segundo curado mediante la extensión de un líquido de curado que cumpla la norma europea EN 14754.1. La dotación será superior a 250 g/m².
- El ancho de extendido de la capa del pavimento será de 8,5 m, incluyendo los dos carriles, el arcén interior de 1 m y 0,5 m del arcén exterior. Los restantes 2 m del arcén exterior se ejecutarán con hormigón en masa HF-4,5 sobre la base de hormigón magro, obteniéndose la textura superficial en esta zona del arcén exterior mediante cepillado transversal.
- Se dispondrá una junta longitudinal de alabeo entre los carriles, ejecutadas por serrado, con 7 cm de profundidad y sellada. La posición de esta junta deberá quedar 25 cm a la izquierda del eje separador de los dos carriles, fuera de la marca vial y evitando situarla en las zonas de mayor incidencia de la rodadura del tráfico.
- La junta longitudinal entre carril y arcén exterior será una junta de construcción y se dispondrá 50 cm a la derecha del borde de la calzada, dentro del arcén exterior.
- Se realizará el cosido de las juntas longitudinales carril-arcén exterior

y carril-carril con barras de atado de 12 mm de diámetro y 80 cm de longitud, separadas entre sí 1 m, situadas en la mitad del espesor.

- Se plantea la ejecución de 6 rastriillos de anclaje antes de cada estructura y al inicio y final del firme.
- Para conseguir el patrón de fisuración deseado, se inducirán las fisuras transversales mediante cortes en los laterales de 40 cm de longitud y 4 cm de profundidad, separados cada metro, según la técnica desarrollada en Bélgica en los últimos años.

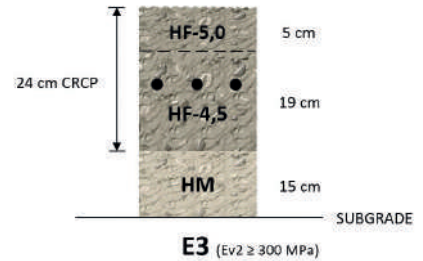


Figura 7. Sección 034 del Catálogo de Secciones de Firme de la Norma 6.1-I.C., construida mediante la técnica bicapa

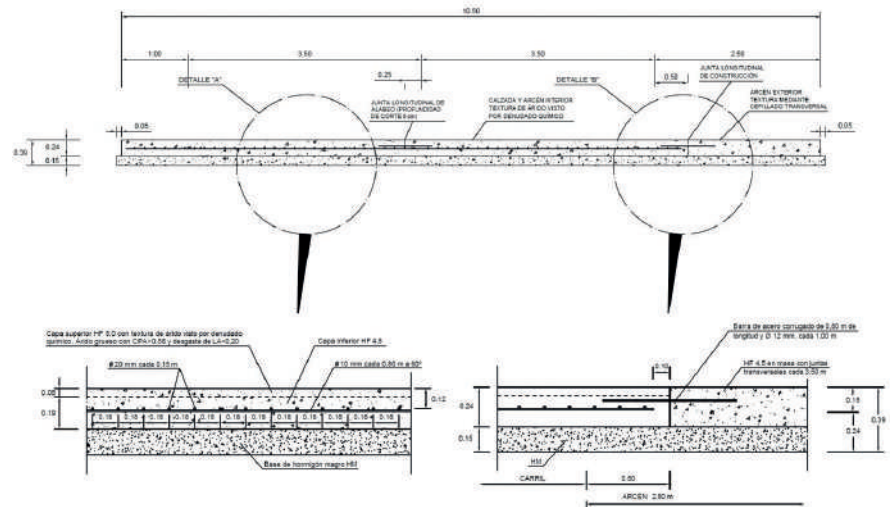


Figura 8. Sección transversal y detalles

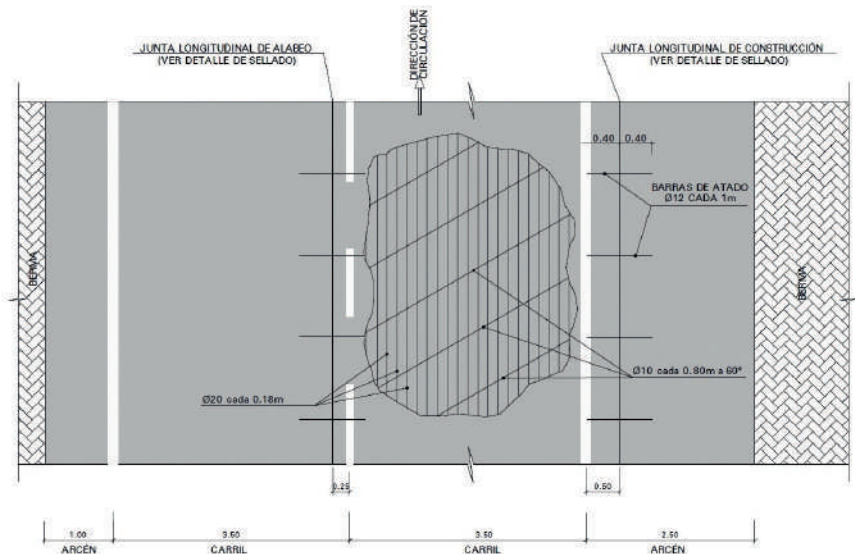


Figura 9. Planta del pavimento armado continuo

4. Construcción del firme

4.1. Consideraciones generales

Como se ha comentado en el apartado 2 de este artículo, la construcción de pavimentos de hormigón en carreteras de alta capacidad en España, en los últimos 30 años, ha sido muy reducida, siendo la solución habitual la de los firmes semirrígidos, formados por una capa de suelocemento sobre la que se disponen las capas necesarias de mezclas bituminosas, apoyándose todo el firme sobre una explanada estabilizada con cemento.

A pesar de ello, muchas de las grandes empresas constructoras españolas siguen disponiendo en su parque de maquinaria de las extendedoras de encofrados deslizantes que fueron empleadas en los años 80 y 90 en la construcción de un buen número de tramos de autovía en nuestro país. Tal es el caso de la empresa Fomento de Construcciones y Contratas (FCC), adjudicataria del tramo de la A-33 objeto del presente artículo, la cual presentó a principio de la obra una propuesta técnica para la ejecución de las capas del firme mediante el empleo de una serie de equipos propios, que se muestran a continuación.

La sección transversal de cada calzada de la carretera se ajusta a la sección tipo en tronco de autovía de dos carriles, con un ancho total de 10,50 m. Dicha sección está constituida por dos carriles de 3,50 m de anchura cada uno, un arcén interior de 1,00 m y un arcén exterior de 2,50 m. Por ello, en este caso se decidió, durante la redacción del proyecto constructivo, adoptar una anchura mínima de extendido de 8,5 m, de manera que dicha anchura incluyera los dos carriles, el arcén interior, y 0,50 m del arcén exterior, destinada esta última medida a alejar las cargas producidas por los

vehículos pesados, de la junta longitudinal existente entre el carril y el arcén exterior, minimizando así el “efecto de borde” y disminuyendo las tensiones. Los 2,00m restantes más exteriores del arcén exterior se construirán con hormigón en masa con juntas del tipo HF-4,5.

4.2. Maquinaria empleada y procedimiento constructivo

La maquinaria empleada en la obra, propuesta por el contratista FCC, es la siguiente:

- Extendidora de encofrados deslizantes CMI modelo SF-450,

para la ejecución del hormigón magro y de la capa inferior del pavimento bicapa.

- Extendidora de encofrados deslizantes CMI modelo SF-350 dotada de fratasadora longitudinal oscilante (“bailarina”), para la ejecución de la capa superior del pavimento bicapa. Regla alisadora CMI SF-350.
- Carro dosificador del líquido retardador de fraguado y del líquido de curado CMI modelo TC-250.
- Extendidora de encofrados deslizantes WITGEN SP-500,



Figura 10. CMI SF-450 para el hormigón magro y la capa inferior del pavimento bicapa (Fuente: FCC)



Figura 11. Puesta a punto de la extendidora CMI SF-350 (arriba), carro de curado (abajo izqda.) y equipo de barrido (Fuente: FCC)

para completar la anchura del hormigón magro y del arcén exterior.

- Camiones bañera para el transporte del hormigón, retroexcavadoras giratorias para el preextendido y cajas de bañera.
- Manipuladores telescópicos con implemento de barrido.
- Equipo tractor con cisterna para segundo curado.

4.2.1. Hormigón magro

La capa de base de hormigón magro cuenta con un espesor de 15 cm. Este hormigón se ajusta a los requisitos recogidos en el artículo

551 HORMIGÓN MAGRO VIBRADO del Pliego PG-3, siendo la resistencia característica a compresión a 28 días mínima exigida en dicho artículo, determinada sobre probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, de 15 MPa.

En cuanto a la anchura de dicha capa, previamente al inicio de su construcción se decidió dotar a ésta de un sobrecancho de 5 cm en cada extremo, respecto del ancho del pavimento, de manera que su anchura total es de 10,60 m. Por ello, dado que la extendidora CMI SF-450 se han ajustado a 8,5 m, para tenerla preparada para la construcción de la capa inferior del

pavimento bicapa, se debe completar esa anchura adicional, lo que se lleva a cabo mediante una extendidora WIRTGEN SP-500.

El hormigón se transporta a la obra mediante camiones bañera, llevándose a cabo su preextendido mediante la ayuda de una retroexcavadora giratoria.

En la figura 15 se muestra la dosificación aproximada del hormigón magro.

4.2.2. Armadura

Una vez finalizado el hormigón magro se comienza la ejecución, sobre dicho hormigón, del armado del pavimento.

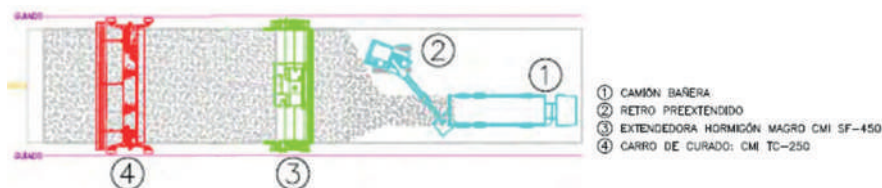


Figura 12. Croquis de extendido del hormigón magro



Figura 13. Imágenes del extendido del hormigón magro y curado (fotos tomadas a finales de junio de 2022)



Figura 14. Extendidora WIRTGEN completando el ancho de la capa de hormigón magro

El armado longitudinal está formado por 47 barras de acero B500SD, de 20 mm de diámetro, colocadas cada 18 cm, lo que supone una cuantía geométrica aproximada del 0,72%.

La armadura transversal de montaje se elabora mediante celosías a base de barras de acero corrugado B500SD de 10 mm de diámetro, espaciadas 80 cm e inclinadas 60° respecto al eje longitudinal de la calzada. Tanto en la junta longitudinal central de alabeo como en la junta longitudinal de construcción con el arcén, se colocan barras corrugadas de atado de 12 mm de diámetro y 80 cm de longitud, apoyadas sobre la armadura longitudinal, con el objetivo de mantener dichas juntas cerradas.

4.2.3. Pavimento bicapa

Como ya se ha comentado anteriormente, el pavimento cuenta con un espesor total de 24 cm y se ejecuta en dos capas con la técnica “fresco sobre fresco”, siguiendo las exigencias recogidas en el Pliego PG-3. La capa inferior, de 19 cm de espesor, alberga la armadura, empleándose para ella un hormigón HF-4,5, el cual se extiende, se vibra y se nivela mediante la extendidora de encofrados deslizantes CMI SF-450. Sobre esta primera capa se coloca la segunda capa de 5 cm de un hormigón HF-5,0 MPa, mediante la extendidora de encofrados deslizantes CMI SF-350.

El ancho de extendido de ambas máquinas es de 8,5 m, yendo éstas lo suficientemente próximas una de la otra para que los dos hormigones queden perfectamente adheridos. Posteriormente se completan los 2,00 m restantes del arcén exterior, con un hormigón HF-4,5 en un espesor total de 24 cm, mediante la extendidora de encofrados deslizantes WIRTGEN SP-500, atestando el hormigón por una de sus caras al pavimento bicapa ejecutado con anterioridad.

Materia Prima	Dosificación (1 m ³)
	HL200P20 MAGRO
CEM III A 42,5 N - CEMEX	200 Kg
AGUA APORTADA- ABSORCION = AGUA EFECTIVA	196 lit – 33 lit = 163 lit
ARENA 0/4 – ARIHORSA. S.L	1.225 Kg
GRAVA 6/12- ARIHORSA. S.L.	150 Kg
GRAVA 12/20 – ARIHORSA. S.L.	635 Kg
PLASTIFICANTE MC	2,4 lit
AIREANTE MC	0,4 lit

Figura 15. Dosificación aproximada del hormigón magro



Figura 16. Armado del pavimento

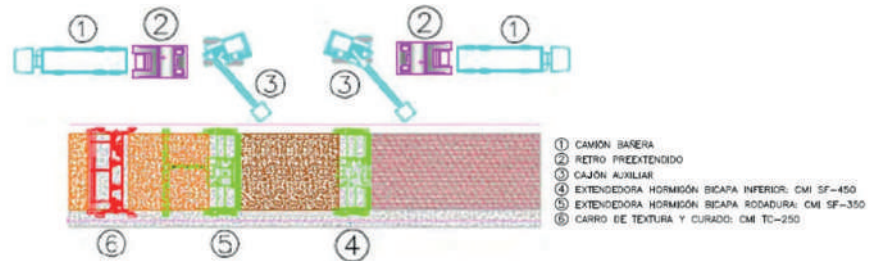


Figura 17: Croquis de extendido del pavimento bicapa



Figura 18: Imágenes del extendido de la capa inferior del pavimento bicapa (fotos tomadas el 7 de noviembre de 2022)



Figura 19: Imágenes del extendido de la capa superior del pavimento bicapa (fotos tomadas el 7 de noviembre de 2022)

Materia Prima	Dosificación (1 m ³) HF-4,5P20Ib (INFERIOR)
CEM III A 42,5 N - CEMEX	325 Kg
AGUA APORTADA- ABSORCION = AGUA EFECTIVA	181 lit - 33 lit = 148 lit
ARENA 0/4 - ARIHORSA, S.L.	1.042 Kg
GRAVA 6/12 - ARIHORSA, S.L.	150 Kg
GRAVA 12/20 - ARIHORSA, S.L.	642 Kg
PLASTIFICANTE MC	2,9 lit
AIREANTE MC	1,1 lit

Figura 20. Dosificación aproximada del hormigón de la capa inferior

Materia Prima	Dosificación (1 m ³) HF-5P12Ib (RODADURA)
CEM III A 42,5 N - CEMEX	450 Kg
AGUA APORTADA- ABSORCION = AGUA EFECTIVA	183 lit. - 36 lit = 147 lit
ARENA 0/3 - PORFIDO	100 Kg
ARENA 0/4 -PORFIDO	285 Kg
GRAVA 6/12 -PORFIDO	1540 Kg
PLASTIFICANTE MC	3,6 lit
AIREANTE MC	1,5 lit

Figura 21. Dosificación aproximada del hormigón de la capa superior

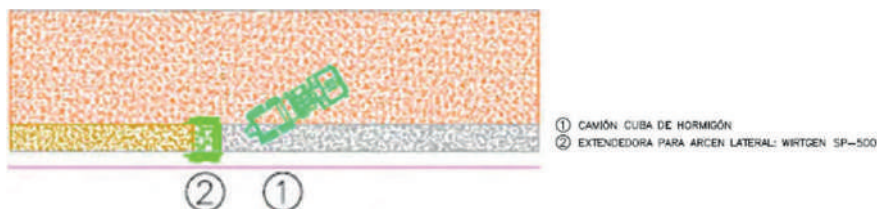


Figura 22. Croquis de extendido de los 2,00 m restantes del arcén exterior



Figura 23. Operaciones de barrido, limpieza y curado final



Figura 24. Pruebas de textura realizadas en la zona de hormigón magro

Debido a que la anchura de la capa de hormigón magro es prácticamente la misma que la del pavimento bicapa, ello obliga a que las orugas de las extendedoras empleadas para la ejecución de este último deban circular sobre la base estabilizada con cemento.

Dada la imposibilidad de que los camiones entren de frente a las extendedoras, por la presencia del armado, el vertido de los hormigones de ambas capas se realiza desde el lateral, mediante el empleo de dos retroexcavadoras giratorias, ayudándose de sendos cajones auxiliares en el que se vierten los hormigones desde las bañeras, de manera que se puede regular el suministro de hormigón delante de las máquinas.

Una cuestión fundamental es limitar la velocidad de extendido de dichas máquinas por debajo de 1 m/minuto. Velocidades superiores a ésta pueden conllevar problemas de regularidad superficial y derrames de los bordes, al liberar éstos demasiado rápido.

En la tabla de la figura 20 se muestra la dosificación aproximada del hormigón de la capa inferior del pavimento bicapa.

Y en la tabla de la figura 21 se muestra la dosificación aproximada del hormigón de la capa superior del pavimento bicapa.

4.2.4. Barrido y curado final

A las 24 h del extendido del pavimento bicapa se lleva a cabo el barrido mecánico de la superficie mediante un rodillo de púas metálicas acoplado a una manipuladora telescópica, para eliminar el mortero que no ha fraguado, dejando visto el árido. Posteriormente se aplica un líquido de curado mediante un tractor que lleva acoplada una cisterna.

Los restos dejados por el barrido se recogen mediante varias minicar-

gadoras de neumáticos modelo BOB-CAT S175.

En las pruebas iniciales realizadas, la profundidad de la textura oscila entre 1,1 y 1,5 mm, por encima de la mínima exigida en el Pliego PG-3 de 0,9 mm.

4.2.5. Otros detalles

Antes de cada estructura y en los extremos inicial y final del pavimento se ejecutan unos rastrillos de anclaje, disponiendo en cada una de las zonas, un conjunto de 6 rastrillos de unos 90 cm de profundidad y 65 cm de anchura, atados a la armadura del pavimento.

Para conseguir el patrón de fisuración deseado, se inducirán las fisuras transversales mediante cortes en los laterales de 40 cm de longitud y 4 cm de profundidad, separados cada metro, según la técnica desarrollada en Bélgica en los últimos años.

5. Conclusiones

El tramo Yecla y Caudete de la autovía A-33, entre las provincias de Murcia y Albacete, que se encuentra actualmente en construcción (noviembre de 2022), constituye un auténtico reto en España, al ser el primero que aglutina la técnica del pavimento de hormigón armado continuo con la construcción en dos capas y con la textura de árido visto.

Hasta el momento actual (noviembre de 2022), se ha ejecutado parte del hormigón magro de la base, el cual se ha aprovechado para realizar todas las pruebas posibles de cara a la construcción del pavimento bicapa: funcionamiento de las dos extendedoras, dosificaciones de las dos capas, funcionamiento del carro de distribución del líquido retardador de fraguado y curado, la consecución de la textura, los equipos y tiempos de barrido, profundidad de la textura,



Figura 25. Rastrillos de anclaje



Figura 26. Cortes para inducción del patrón de fisuración

regularidad superficial (IRI), adherencia neumático-pavimento, etc. En este sentido, el empleo de una base de hormigón magro supone un magnífico entrenamiento para poder conseguir después un buen pavimento, sobre todo en el caso de nuestro país, en el que no existe una ejecución habitual y continua de este tipo de pavimentos en carreteras.

Actualmente sólo se ha ejecutado un tramo de 2.300 m de pavimento bicapa en su ubicación definitiva con buenos resultados y se espera que después de los meses de invierno se retome la ejecución, finalizando dicho pavimento durante la primavera de 2023.

Referencias

- [1] Norma 6.1-IC: sobre Secciones de firme. Ministerio de Fomento, Madrid, 2003.
- [2] Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).
- [3] Jofré, C. "Achieving and maintaining the evenness of concrete pavements". European Concrete Pavement Association (Eupave), Bruselas (Bélgica), 2017.
- [4] Jofré, C. "Estudio de idoneidad de los pavimentos de hormigón en carreteras. Ventajas e inconvenientes". Artículo Cemento-Hormigón.
- [5] Jofré, C. "Experiencias Experiencias recientes con pavimentos de hormigón armado armado continuo. Parte 1 y 2". Revista Rutas mayo-junio de 2006. Asociación Técnica de Carreteras.
- [6] Ponencias de las IV Jornadas sobre Pavimentos de Hormigón. Oviedo, 29-30 de septiembre y 1 de octubre de 1993. Editadas por la Asociación Técnica de Carreteras, Madrid, 1994.
- [7] Ponencias de las V Jornadas sobre Pavimentos de Hormigón. Alicante, 2 y 3 de diciembre de 1999. Editadas por la Asociación Técnica de Carreteras, Madrid, 2000.
- [8] Rens, L. "Revêtements en béton armé continu". Presentación visita técnica Amberes, octubre 2021.
- [9] Rens, L. "Active Crack Control for Continuously Reinforced Concrete Pavements in Belgium Through Partial Surface Notches".
- [10] Toledo, J. & Relancio, J.M. "Análisis de la idoneidad de los equipos mecánicos previstos para realizar el extendido del pavimento de hormigón bicapa. Autovía A-33". ASEMAQ.- Informe N°- 20220124 . Rev.2. Enero 2022.
- [11] Rueda, R. "Informe sobre la idoneidad de los equipos y del procedimiento constructivo planteado por FCC para la construcción del firme con pavimento de hormigón armado continuo en el tramo Yecla-Caudete de la autovía A-33". Febrero 2022. ❖

Localizaciones de Riesgo Mínimo para Vehículos Automatizados y Conectados



Minimal Risk Conditions for Connected and Automated Vehicles

Alfredo García

Catedrático

*Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC)
Universitat Politècnica de València*

Francisco Javier Camacho Torregrosa

Profesor Titular de Universidad

GIIC – Universitat Politècnica de València

David Llopis Castelló

Profesor Contratado Doctor

GIIC – Universitat Politècnica de València

Revisado por:

Comité Técnico de Planificación, Diseño y Tráfico

Asociación Técnica de Carreteras (ATC)

Cada vehículo automatizado y conectado posee su propio Dominio de Diseño Operativo (ODD) debido a las particularidades de su sistema automatizado –sensores, algoritmos de percepción y decisión, y actuadores–. Para garantizar que este tipo de vehículos opere de forma segura es fundamental el diseño de Maniobras de Riesgo Mínimo (MRM) que permitan al sistema, cuando finalice un ODD, lograr una Condición de Riesgo Mínimo (MRC). Hasta ahora, se han planteado, pero no concretado, distintas alternativas relacionadas con la configuración y el diseño de carreteras para facilitar a los sistemas automatizados alcanzar una MRC. Concretamente, este trabajo propone, para distintas tipologías de carretera –autopistas, autovías y carreteras 2+1–, diferentes soluciones de apartaderos de emergencia y zonas de detención segura, analizando sus fortalezas y debilidades. La alternativa más segura y con mayor capacidad para una MRC será una zona de detención segura, localizada fuera de los ámbitos de las calzadas principales, aprovechando las conexiones, los ramales o las zonas intermedias de enlaces. Esta nueva necesidad ligada a los vehículos automatizados y conectados requiere indudablemente replantearse el diseño y configuración de la red de carreteras, especialmente de los nudos viarios, con el fin de fomentar una movilidad inteligente y segura.

Each automated and connected vehicle has its own Operational Design Domain (ODD) due to the particularities of its automated system -sensors, perception and decision algorithms, and actuators-. To ensure that this type of vehicle operates safely, it is essential to design Minimum Risk Maneuvers (MRM) that allow the system, at the end of an ODD, to achieve a Minimum Risk Condition (MRC). So far, different alternatives related to road configuration and design have been proposed, but not specified, to facilitate automated systems to achieve a MRC. Specifically, this work proposes, for different road typologies - highways, freeways and 2+1 roads - different solutions for Emergency Refuge Areas (ERA) and safe stopping zones, analyzing their strengths and weaknesses. The safest and most capable alternative for a MRC will be a safe stopping zone, located outside the main carriageways, taking advantage of connections, interchanges, or intermediate junction areas. This new need linked to automated and connected vehicles undoubtedly requires rethinking the design and configuration of the road network, especially road junctions, in order to promote intelligent and safe mobility.

1. Introducción

Para un mismo tramo de carretera, cada vehículo automatizado puede tener su propio Dominio de Diseño Operativo (Operational Design Domain, ODD) que se manifestará en diversas secciones inconexas de esa carretera que le permiten operar de forma automatizada. Son inconexas porque no tienen continuidad, es decir, se pueden producir desconexiones o cesiones al conductor, que se pueden deber a factores limitantes distintos, para luego volver a recobrar el control.

Ante la problemática de las finalizaciones de estas zonas compatibles con sus ODDs por las desconexiones que provocan, se hace muy necesario que el sistema automatizado aplique dos principios fundamentales: la monitorización continua de los factores subyacentes del ODD del vehículo y la capacidad de autoadaptación.

Si se detecta una alteración que comporta un ODD potencialmente restringido, algunos sistemas pueden ser capaces de adaptar dinámicamente su comportamiento para permanecer dentro de este dominio. En cualquier caso, si no le fuera posible, se espera que los niveles de automatización 4 y en muchas ocasiones también los de nivel 3 funcionen de manera segura incluso en el caso de fallos del propio sistema o con condiciones externas peligrosas, como una adversidad meteorológica importante.

Un sistema automatizado de nivel 4 debe poder lograr una condición de riesgo mínimo –como apartarse y detenerse en el arcén– si detecta algún problema con su propio funcionamiento o por condiciones externas que impidan una operación segura. Se trata de una detención segura, con mínima afección al tráfico circundante, y no una detención de emergencia. Esta última puede ser

empleada como estrategia de mitigación en vehículos de menor nivel de automatización, pero suele realizarse sobre el propio carril y afectar al resto de vehículos.

La terminación de la tarea de conducción automatizada, ya sea por un fallo repentino del sistema automatizado, un cambio súbito de un factor ambiental o de entorno, o la finalización de la zona compatible con su ODD, supone el necesario desarrollo de una tarea dinámica de conducción (Dynamic Driving Task, DDT) para la retirada del vehículo a una Condición de Riesgo Mínimo (Minimal Risk Condition, MRC), donde se pueda producir su detención segura o que conlleve un riesgo mínimo. Se trata, por tanto, de localizaciones viarias.

El concepto es sencillo, pero el problema radica en de qué forma práctica y segura se pueden establecer y habilitar esas condiciones de riesgo mínimo sobre la infraestructura viaria. El sistema automatizado, en función de las condiciones que han ocasionado la necesidad de buscarlas, así como del estado del vehículo, carretera y entorno, decidirá de entre una serie de opciones posibles, cuál es la que conlleva el mínimo riesgo. Por ejemplo, detener el vehículo automatizado en el mismo carril por donde estaba circulando (activando de forma automática las luces de emergencia, como hacen los vehículos automatizados actuales de nivel 2) es una opción que presenta un riesgo importante y por ello únicamente debería ser activada en circunstancias extremas. Preferentemente, y si el vehículo lo permite, el sistema debería ser capaz de llevar el coche a zonas de aparcamiento seguro que se habiliten cada cierta distancia, fuera del ámbito de los arcenes.

Para llevar el vehículo automatizado a un estado o situación segura, las

MRC se convierten en la base para definir las maniobras de riesgo mínimo (Minimal Risk Maneuvers, MRM). Así, el sistema automatizado ha de ser capaz, en primer lugar, de analizar y decidir la mejor opción para alcanzar una MRC, entre todas las posibles en cada lugar y momento, en función de la causa, de las características de la sección de carretera y de las condiciones operacionales y ambientales. Una vez adoptada la decisión de qué MRC se va a alcanzar, se han de analizar las distintas maniobras de riesgo mínimo (MRM) para optar por las más seguras.

Por tanto, se trata de un balance global para minimizar los riesgos, tanto de las maniobras evasivas (MRM), como de la situación o condición final (MRC).

2. Alternativas viarias para acoger condiciones de riesgo mínimo

Ante tanta incertidumbre relacionada con la nueva movilidad conectada y automatizada, tanto tecnológica como técnica y regulatoria, se sigue avanzando en los estudios y desarrollos, así como en las discusiones entre los diversos agentes o partes interesadas. Uno de los ámbitos principales de avance necesario es el de las interrupciones o finalizaciones de las zonas de compatibilidad con ODDs, con las consiguientes maniobras de riesgo mínimo (MRM) para llevar al vehículo a una condición de riesgo mínimo (MRC).

De hecho, para aumentar la seguridad en estas maniobras de los sistemas automatizados, se están incorporando elementos y procesamientos redundantes relacionados con la tarea de conducción (como los relacionados con la frenada, el giro del volante, la detección de obstáculos, etc.).

Otro de los elementos en discusión está muy relacionado con la configuración y diseño de las carreteras. Se trata de las zonas donde poder acoger con seguridad los vehículos automatizados que necesiten alcanzar una MRC. Hasta ahora, se han planteado diversas alternativas, de menor a mayor seguridad: el uso del arcén exterior, la disposición de apartaderos de emergencia y el desarrollo de nuevas zonas de detención segura fuera de la plataforma viaria (Transport Systems Catapult, 2017; SAE, 2018; Liu et al., 2019), además de emplear las áreas de servicio o descanso existentes. Estas medidas van, además, de mayor a menor proximidad respecto a la localización del vehículo en el momento de la activación de la causa.

En esta nueva necesidad viaria, lo primero que habría que tener en cuenta es la estimación de la posible demanda de alojamiento para las maniobras de riesgo mínimo (generadas por los vehículos con un alto nivel de automatización, de niveles 4 y 5 y ocasionalmente 3), así como las necesidades para maniobras de mitigación de riesgo (algunos niveles 2 y 3, así como niveles superiores en condiciones excepcionales).

Estimar la demanda real de estas maniobras resulta especialmente complicado en la actualidad, pues los ODDs no están enunciados de forma explícita y, por tanto, no es posible determinar cuántos vehículos podrían verse afectados por una variación de un factor del entorno (como una inclemencia meteorológica, que podría provocar que muchos sistemas automatizados se salieran de sus ODDs). Además, siempre habría cierta demanda ante fallos de funcionamiento del propio sistema automatizado, aparte de los fallos mecánicos que ya existen en los vehículos. Finalmente, este dimensionamiento será variable en el tiempo, aumentando su necesidad a medida

que estos vehículos penetren más en el mercado, y disminuyendo a medida que su tecnología presente ODDs más amplios.

Por tanto, habría que hacer una provisión importante de plazas o posiciones de detención segura y uniformemente repartidas, para que los vehículos automatizados puedan alcanzar con facilidad una MRC para retirarse con un riesgo mínimo, en caso de no recibir respuesta por parte del conductor.

Para que el arcén pudiera servir para esta función, tendría que disponer de una anchura mínima de 2,5 m, aunque siempre sería una opción peligrosa, por la proximidad a la circulación en el carril adyacente. De hecho, el Protocolo de Auxilio en Carretera (DGT, 2015) califica de alto riesgo el que un vehículo averiado haya quedado inmovilizado en un arcén. Sin embargo, el arcén presenta la ventaja de su disponibilidad continua a lo largo de la carretera.

Según la Ley de Carreteras (2015), se define el arcén como la “franja longitudinal pavimentada, contigua a la calzada, no destina-

da al uso de vehículos más que en circunstancias excepcionales”. Por tanto, con la función establecida en la regulación actual, el arcén podría emplearse como MRC. Pero, ante una inclemencia ambiental intensa, los arcenes podrían ser ocupados de forma densa por lo que los vehículos automatizados detenidos podrían bloquear el paso necesario de vehículos de emergencia.

Todo ello hace necesario que se habiliten otras soluciones viarias que supongan unas localizaciones más seguras para los vehículos automatizados, sin ocupar ni bloquear los arcenes.

3. Apartaderos de emergencia

Los apartaderos de emergencia ya existen en algunas autovías y autopistas, donde el arcén no tiene una anchura suficiente (Figura 1). Se trata de un ensanche de la plataforma de la carretera destinado a permitir la detención o el estacionamiento temporal de los vehículos (Ministerio de Fomento, 2016).



Figura 1. Apartadero de emergencia

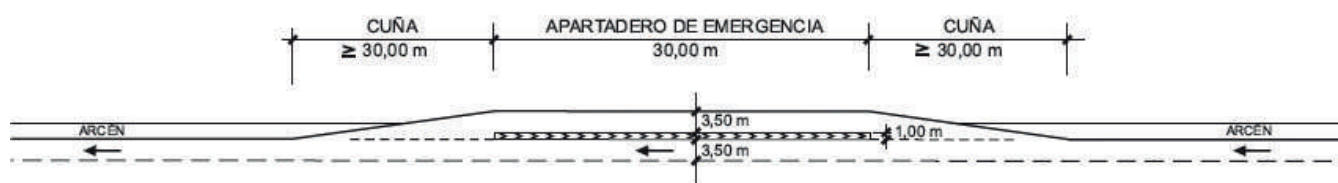


Figura 2. Definición geométrica de un apartadero de emergencia según la Instrucción 3.1-IC (2016)

Según la tipología de carretera, se podrían plantear diferentes tipologías de apartaderos:

- Autopistas y autovías:
 - o Apartadero exterior para varios vehículos.
 - o Apartadero exterior para un coche como ampliación del arcén.
 - o Apartadero interior en la mediana para varios vehículos.
- Carretera 2+1:
 - o Apartadero exterior para varios vehículos.
 - o Apartadero exterior para un coche como ampliación del arcén.
 - o Apartadero interior en las zonas de transición no críticas para varios vehículos.

dicho, y al menos 1,0 m de cebreado de separación de la calzada (Figura 2). Además, la longitud de los apartaderos y de la zona cebreada será de 30 m, con cuñas de transición al inicio y final, de longitud mínima 30 m, cada una.

Además, se establece que el número de apartaderos necesarios y su ubicación será objeto de un estudio. Por tanto, refleja lo que esta nueva función va a requerir: un estudio detallado de la demanda, tanto del número de vehículos a acoger, como su distribución espacial y temporal. Para ello, habrá que esperar la evolución de los desarrollos de los sistemas automatizados de conducción para poder contar con las bases técnicas suficientes para poder hacer esos estudios.

En Inglaterra (Highways England, 2020), la regulación de las áreas de emergencia para autopistas inteligentes (con regulación variable de velocidad) es similar, pero con forma de trapecio escaleno, donde la cuña de entrada ha de tener 25 m de longitud y la de salida 45 m, mientras que la zona de parada ha de ser de 30 m. La anchura está establecida en 4,6 m. También se regula el espaciamiento máximo entre las áreas de emergencia, debiendo ser inferior a 1,6 km y de forma recomendable cada 1,2 km. Todo ello es de aplicación cuando no exista un arcén exterior de 3 m de anchura mínima o cuando existiendo pueda ser abierto a la circulación en horas punta (Figura 3).

3.1 Apartadero exterior para vehículos

Estos apartaderos exteriores existentes están diseñados para hacer posible la detención de vehículos averiados, como se menciona en la Instrucción 3.1-IC (2016). Antes de esta nueva versión de la Instrucción, se construyeron con dimensiones más reducidas.

La Instrucción de Trazado establece que el ancho total de estos apartaderos será al menos de 4,5 m, con la siguiente distribución: 3,5 m para el apartadero, propiamente



Figura 3. Área de emergencia en Inglaterra



Figura 4. Apartadero exterior sobre cuneta de seguridad

Uno de los parámetros que seguro habrá que ajustar, según las demandas estimadas, será la longitud de los apartaderos, no teniendo sentido que sean de 30 m de longitud fija. Tampoco está claro que tengan que reincorporarse por la cuña final, ya que el orden de regreso a la circulación no tiene por qué coincidir con el de entrada en el apartadero. Esta sería una de las limitaciones de esta alternativa, ya que no habría espacio para acelerar y entrar a una cierta velocidad, aumentando el riesgo de esas maniobras.

Esta necesidad de entradas y salidas a los apartaderos, sin un orden de posicionamiento, haría que las marcas viales de separación hubiera que replantearlas para que se permitiera su cruzamiento. Por ejemplo, se podrían disponer de forma paralela pero discontinuas, con una relación trazo/vano a estudiar.

Además, se podrían aprovechar las secciones en desmonte que cuentan con cunetas de seguridad amplias y suaves para adaptarlas como apartaderos para este fin, con la única necesidad de pavimentar las bermas para darle continuidad al pavimento, pero sin tener que regularizar la geometría de la zona de cuneta. En la fotografía

de la Figura 4 se puede observar el resultado al haber pavimentado la berma y así garantizar la continuidad transversal de la superficie de rodadura para vehículos ligeros. Esta disposición tiene la ventaja adicional de su gran capacidad al ser tramos normalmente largos.

También se podría aprovechar para ubicar un apartadero exterior el sobreecho de estructuras de pasos inferiores que se construyeron previendo una futura ampliación de calzada, como se puede observar en la Figura 5.

Todas estas diversas tipologías de apartadero se podrían aplicar a cualquier otro tipo de carretera.

3.2 Apartadero exterior para un coche como ampliación del arcén

En algunos tramos de autopistas y autovías existen pequeños apartaderos para estacionar vehículos de conservación y explotación, así como de vigilancia y control (Figura 6).

Suelen tener forma trapecial, con unas dimensiones reducidas: unos 20 m de longitud total y 2,5 m de anchura, incluyendo sendas cuñas de transición de 5 m cada una y dejando 10 m para la zona de parada. Hasta ahora se han desarrollado en secciones con disponibilidad y facilidad de espacio en el margen para reducir su coste.



Figura 5. Apartadero exterior sobre sobreecho de estructura de paso inferior



Figura 6. Apartadero exterior reducido

La ventaja de este tipo de apartadero, para la nueva necesidad que va a surgir, radica en el bajo coste y su facilidad de ejecución, para poder ofrecer localizaciones de detención segura numerosas y muy uniformemente distribuidas, que compensen su capacidad unitaria con una mayor accesibilidad. No precisan de mayores dimensiones si se distribuyen con cierta regularidad y sus cuñas de transición no han de ser más largas porque se trata de que un vehículo automatizado que precise apartarse a una MRC pueda inicialmente reducir su velocidad, incorporarse y circular por el arcén a una velocidad de unos 30 km/h, hasta alcanzar el siguiente apartadero libre, entrando en él para su detención segura, dejando totalmente libre el arcén.

Estos apartaderos más reducidos pero frecuentes, se podrían desarrollar en cualquier otro tipo de carretera, siendo más fáciles de integrar que los anteriores en carreteras de calzada única.

3.3 Apartadero interior en la mediana para varios vehículos

Teniendo en cuenta que puede haber autopistas donde se asigne en exclusiva para los vehículos automatizados el carril izquierdo, no sería descartable la necesidad de disponer los apartaderos directamente en la mediana. Esta opción podría ser la preferida por vehículos que circularan por el carril izquierdo. De este modo, aparcando en la mediana se ahorra cruzar los otros carriles para alcanzar el arcén o un apartadero exterior.

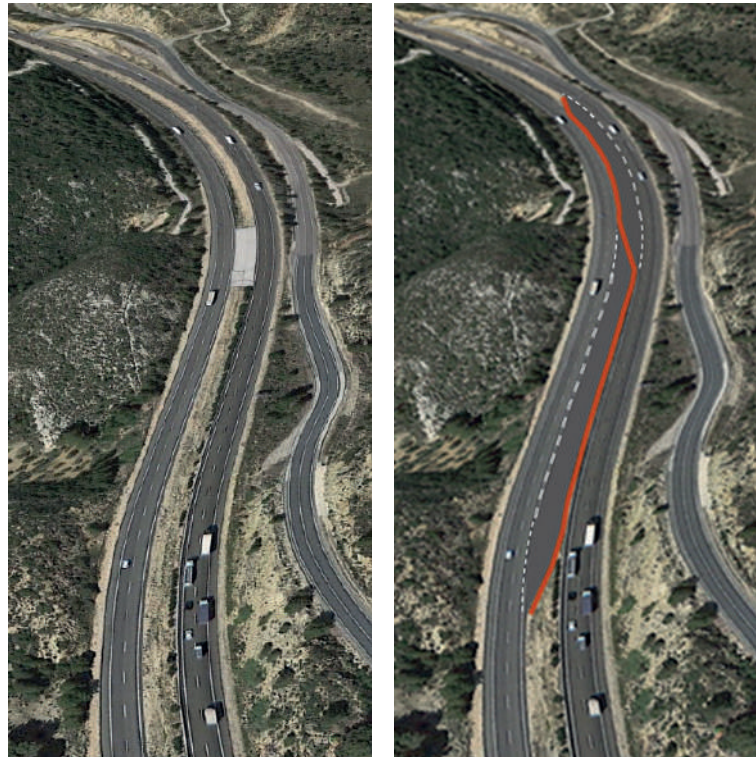


Figura 7. Apartadero interior en la mediana. Fuente: Adaptada de Google

En este sentido, se podrían aprovechar los pasos de mediana, extendiéndolos como apartaderos para cada uno de los sentidos, siempre y cuando la mediana tenga anchura suficiente para poder acoger los apartaderos. En la Figura 7 se puede observar una posible solución para estos apartaderos de mediana.

Adicionalmente, se podrían utilizar estos apartaderos como pasos de mediana decalados para los dos sentidos, con la ventaja adicional de contar con sendos carriles de deceleración. Para ello, habría que añadir las cuñas finales triangulares pavimentadas que faciliten la incorporación final a la otra calzada. Para su apertura, habría que retirar, mover o girar el sistema de contención de la parte final del apartadero.

3.4 Apartadero interior en las zonas de transición no críticas de carreteras 2+1 para varios vehículos

En las carreteras 2+1 surgen las zonas de transiciones no críticas acopladas para la apertura de los carriles de adelantamiento para cada uno de los sentidos (MITMA, 2021). Según las nuevas Recomendaciones para su diseño, “la longitud de cada carril adicional de adelantamiento debe ser tal que diluya la cola estimada en la hora de proyecto con una longitud en un rango estimado de entre 800 m y 2.000 m, sin perjuicio de estudios más detallados al respecto”. Luego, como es habitual, se diseñan para las mayores demandas de tráfico estimadas, por lo que habrá una mayoría de horas al año donde no sea necesaria tanta longitud de carril

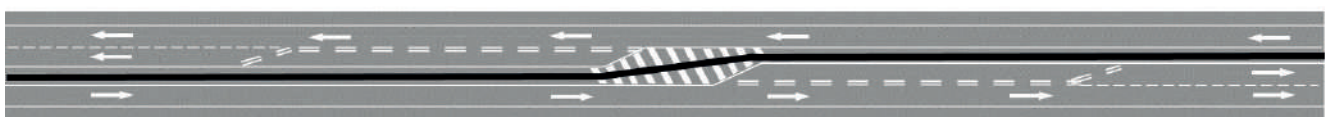


Figura 8. Apartaderos interiores en el inicio de carriles de adelantamiento de carreteras 2+1

de adelantamiento para facilitar toda la demanda de adelantamiento que se haya podido acumular en el tramo anterior de un solo carril.

Por tanto, se podría plantear la posibilidad de darle un uso temporal al inicio de los carriles de adelantamiento para alojar vehículos automatizados que precisen alcanzar una condición o localización de riesgo mínimo. En la Figura 8 (adaptada de la Figura A1.1 de las Recomendaciones), se puede observar una propuesta para facilitar apartaderos interiores en el inicio de los carriles de adelantamiento.

Para diferenciar la zona correspondiente al apartadero, se podría emplear la marca vial M-1.4 establecida para la “delimitación de carril que pueda utilizarse en un sentido o en el contrario, solo cuando esté regulado por medio de semáforo de carril” (MOPU, 1987). El borrador de la nueva Instrucción 8.2-IC define la función de esta marca vial: “delimita por ambos lados los carriles reversibles, en los que el sentido de circulación está reglamentado en uno u otro sentido mediante semáforos de carril u otros medios” (MITMA, 2020).

Aunque su función hasta ahora estaba orientada a la delimitación lateral de los carriles reversibles, teniendo en cuenta la prevención que transmiten a los conductores para su cruce y que habría que señalar dinámicamente el uso o no de la zona inicial como carril de adelantamiento, sería una buena opción para la señalización.

4. Zonas de detención segura

La alternativa más segura y con mayor capacidad para una MRC será una zona de detención segura, localizada fuera de los ámbitos de las calzadas principales, aprove-



Figura 9. Zona de detención segura en una vía colectora existente con apartadero. Fuente: Google



Figura 10. Zona de detención segura en una nueva vía colectora. Fuente: Adaptada de Google

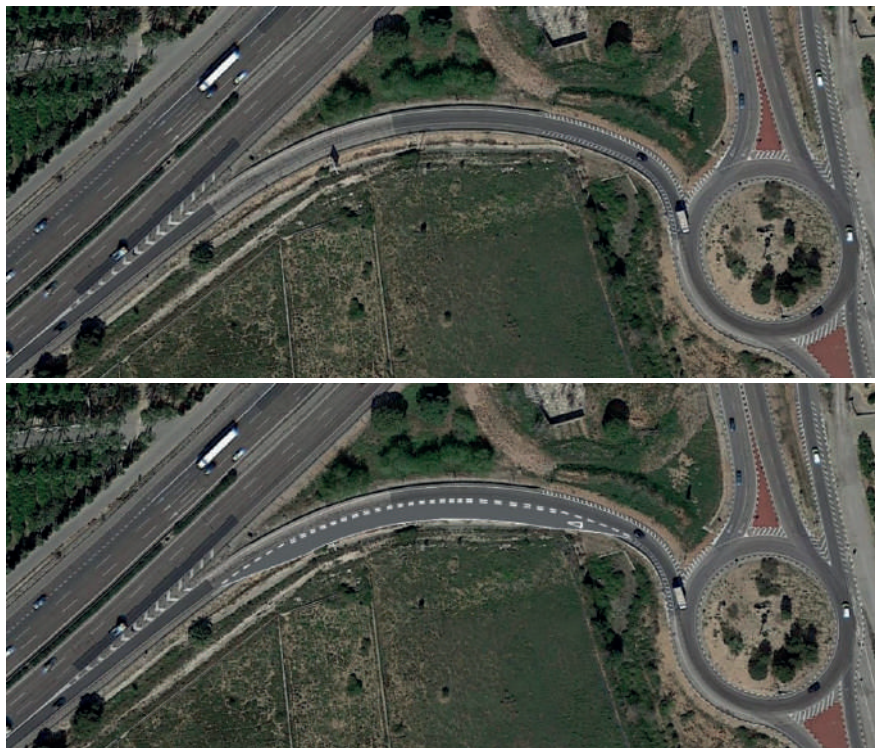


Figura 11. Zona de detención segura en un ramal de salida con apartadero. Fuente: Adaptada de Google

chando las conexiones, los ramales o las zonas intermedias de enlaces.

Para estas zonas de detención segura caben diversas alternativas según la tipología de carretera:

- Una vía colectora existente a la que se adose un apartadero lineal o una batería de aparcamientos ampliando su plataforma. Si la vía colectora no tuviera suficiente desarrollo, cabría la posibilidad de adelantar la salida y extender la vía colectora de forma anticipada para poder disponer la zona de detención en esa zona nueva (Figura 9).
- Una nueva vía colectora que conecte un ramal de salida con un ramal de entrada (Figura 10).
- Un ramal de salida con apartadero de emergencia, preferentemente cuando los vehículos automatizados puedan tener continuidad en la intersección con la carretera secundaria para volver a reincorporarse a la calzada principal. Si el ramal no tuviera suficiente desarrollo, cabría la posibilidad de adelantar la salida y extender el ramal de forma paralela a la calzada principal para poder disponer la zona de detención en esa parte nueva (Figura 11).
- Un nuevo ramal específico para dar acceso a la zona de detención segura, que pueda tener continuidad en la intersección con la carretera secundaria para volver a reincorporarse a la calzada principal (Figura 12).

5. Nuevos criterios de diseño y ordenación

Ante la nueva necesidad que va a surgir y las diversas alternativas viarias para facilitar las zonas de detención segura de los vehículos



Figura 12. Zona de detención segura en un nuevo ramal de uso específico.
Fuente: Adaptada de Google

automatizados, habrá que añadir este nuevo criterio a la hora de diseñar los nudos, especialmente los enlaces, pero también las intersecciones.

Uno de los posibles cambios será que en los enlaces difusores con una carretera secundaria se diseñen las intersecciones de los ramales con la misma empleando glorietas, que faciliten la reincorporación de los vehículos automatizados desde las zonas de detención segura a la carretera principal. Adicionalmente, se deberán separar más los ramales directos de giro a derecha para dejar espacios intermedios que permitan integrar en ellos las zonas de detención segura.

La necesaria señalización horizontal y vertical requerirá de un estudio amplio y armonizado, al menos, a nivel europeo, conjuntamente con la industria del automóvil. Igualmente, para la ordenación de su uso, incluyendo la necesaria conectividad para que cada vehículo que adopte una posición MRC comunique su posición georreferenciada a un centro de control, para que, a su vez, sea comunicada al resto de vehículos que precisen localizar otra MRC en esa zona. Además, habrá que establecer una

regulación clara que prevenga del mal uso de las zonas de detención segura.

6. Conclusiones

Para el desarrollo de un sistema automatizado seguro, el diseño de las maniobras posibles para lograr una condición de riesgo mínimo cuando finalice un ODD sin que el conductor recupere el control es una parte fundamental. De este modo, se hace necesario el estudio, para cada tramo de carretera donde se habilite la circulación de vehículos automatizados de nivel 3 o superior, de las posibles localizaciones que cumplan los requisitos para las condiciones de riesgo mínimo.

Hasta ahora, se han planteado diversas alternativas, de menor a mayor seguridad, pero de mayor a menor proximidad respecto a la localización del vehículo en el momento de la activación de la causa, respectivamente: (i) el uso del arcén exterior, (ii) la disposición de apartaderos de emergencia y (iii) el desarrollo de nuevas zonas de detención segura fuera de la plataforma viaria, además de emplear las áreas de servicio o descanso existentes.

Los arcenes presentan la ventaja de su disponibilidad continua a lo largo de la carretera y serían posibles localizaciones, siempre que dispusieran de una anchura mínima de 2,5 m, aunque siempre sería una opción peligrosa, por la proximidad a la circulación en el carril adyacente. Además, ante una inclemencia ambiental intensa, los arcenes pasarían a ser ocupados de forma densa por lo que los vehículos automatizados detenidos podrían bloquear el paso necesario de vehículos de emergencia.

Según la tipología de carretera, se han planteado diferentes tipologías de apartaderos de emergencia para servir como MRCs. En autopistas y autovías se pueden desarrollar: (i) apartaderos exteriores para varios vehículos, como los actuales, pero también aprovechando zonas con cunetas de seguridad amplias y sobrecanchos de estructuras en pasos inferiores; (ii) apartaderos exteriores para un solo coche como ampliación del arcén; y (iii) apartaderos interiores en la mediana para varios vehículos que, además, pueden servir como pasos de mediana de mejores prestaciones que los actuales. En carreteras 2+1, además de los anteriores, se podrían integrar apartaderos interiores en las zonas de transición no críticas para varios vehículos.

La alternativa más segura y con mayor capacidad para una MRC será una zona de detención segura localizada fuera de los ámbitos de las calzadas principales, aprovechando las conexiones, los ramales o las zonas intermedias de enlaces. Para estas zonas de detención segura se han propuesto diversas alternativas: (i) una vía colectora existente a la que se adose un apartadero; (ii) una nueva vía colectora que conecte un ramal de salida con un ramal de entrada; (iii) un ramal de salida con apartadero de emer-

gencia; y (iv) un nuevo ramal específico para dar acceso a la zona de detención segura, que pueda tener continuidad en la intersección con la carretera secundaria para volver a reincorporarse a la calzada principal.

Ante la nueva necesidad que va a surgir y las diversas alternativas viarias para facilitar las zonas de detención segura de los vehículos automatizados, habrá que añadir este nuevo criterio a la hora de diseñar los nudos, especialmente los enlaces, pero también las intersecciones.

Además, la necesaria señalización horizontal y vertical requerirá de un estudio amplio y armonizado, al menos, a nivel europeo, conjuntamente con la industria del automóvil. Igualmente, para la ordenación y regulación de su uso, incluyendo la necesaria conectividad para que cada vehículo que adopte una posición MRC comunique su posición georreferenciada a un centro de control, para que, a su vez, sea comunicada al resto de vehículos que precisen localizar otra MRC en esa zona. Habrá que establecer una regulación clara para prevenir el mal uso de las zonas de detención segura.

Todas las localizaciones para alojar vehículos automatizados, ya sean apartaderos o zonas de detención segura, deberán estar incorporadas en los mapas de alta definición dinámicos.

Referencias

DGT (2015). Protocolos y Guías de Intervención. Acceso online: <https://www.dgt.es/es/seguridad-vial/unidad-de-victimas-de-accidentes-de-trafico/protocolos/>

Highways England (2020). GD 301 ENAA: England National Application Annex to GD 301 Smart motorways.

Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras. BOE de 30 de septiembre de 2015.

Liu, Y., Tight, M., Sun, Q., & Kang, R. (2019). A systematic review: Road infrastructure requirement for connected and autonomous vehicles (CAVs). In *Journal of Physics: Conference Series*, 1187(4), 042073.

Ministerio de Fomento (2016). Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (1987). Orden Ministerial de 16 de julio de 1987, por la que se aprueba la Norma 8.2 - IC sobre Marcas Viales (BOE del 4 de agosto y 29 de septiembre).

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2020). Borrador Norma 8.2-IC Marcas Viales. Versión marzo 2020.

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2021). Orden Circular 1/2021, sobre Recomendaciones para el Diseño de Carreteras 2+1 y Carriles Adicionales de Adelantamiento.

SAE (2018). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. J3016_201806.

Transport Systems Catapult (2017). Future Proofing Infrastructure for Connected and Autonomous Vehicles. Technical Report. ❖

Terminales y transiciones de barreras de seguridad: estado del arte y próximos avances

Terminals and transitions for safety barriers: state of the art and future developments

Comité Técnico de Seguridad Vial

Asociación Técnica de Carreteras

Redactado por:

Sergio Corredor Peña

Simeprovi

Grupo de trabajo sobre márgenes del

Comité Técnico de Seguridad Vial de la ATC

Este artículo está dedicado al tratamiento de los extremos de las barreras de seguridad, tanto si constituyen el inicio o final de la barrera (terminales) como si están unidos a otros sistemas de contención (transiciones). Se explican los requisitos de la normativa actual de referencia a nivel europeo (UNE ENV 1317-4), en la que se definen los ensayos a escala real que se llevan a cabo para evaluar las prestaciones de los productos empleados para ser instalados en dichos extremos, así como los requisitos incluidos en la reglamentación española y en la de otros países.

Se detallan también las principales novedades que se van a incluir en la revisión de la normativa, actualmente en fase de aprobación. Esta nueva normativa consistirá en tres documentos diferenciados para terminales, transiciones y tramos de barrera desmontables (que se consideran como un tipo especial de transición), y permitirá evaluar con mayor precisión estos productos, con lo que se cubrirá un mayor número de situaciones, mejorando con ello la seguridad de los usuarios de las carreteras.

Se incide en que los extremos de las barreras de seguridad y su conexión con otros sistemas de contención no deberían ser elementos de riesgo para los usuarios de las carreteras por no estar ejecutados adecuadamente.

This article deals with the treatment of the endings of safety barriers, whether they constitute the beginning or end of the barrier (terminals) or are connected to other road restraint systems (transitions). It includes an explanation of the current European standard (UNE ENV 1317-4), which defines the full-scale impact tests that are carried out to evaluate the performance of the products used to be installed as terminals or transitions, as well as the requirements included in the Spanish regulations and those of other countries.

The main improvements that will be included in the revision of the standard, currently in the approval phase, are also detailed. This new regulation will consist of different documents for terminals, transitions and removable barrier sections (which are considered as a special type of transition), which will make the evaluation of these products more accurate, allowing a greater number of situations to be covered, and consequently improving the safety of road users.

It is stressed that the ends of the safety barriers and their connection with other containment systems should not create risks for road users because they are not properly implemented.

Prólogo

Los accidentes por salida de la vía constituyen la tipología más frecuente entre los siniestros de tráfico en carreteras interurbanas y, también, generalmente, uno de los que peores consecuencias conllevan. Y las barreras de seguridad son el sistema de contención de vehículos más empleado como elemento de seguridad pasiva dispuesto en los márgenes de las carreteras para paliar o eliminar las consecuencias de los accidentes por salida de la calzada. En definitiva, la instalación de barreras de seguridad se trata de una de las medidas adoptadas más habituales y eficaces para reducir las posibles consecuencias de los accidentes.

No obstante, el comienzo o finalización de estas barreras (extremos) son puntos críticos y que en muchas situaciones no están del todo bien resueltas. Es por ello que se les debe prestar una especial atención a la hora de diseñar y disponer estas medidas de seguridad. Así, dentro del Comité de Seguridad Vial de la ATC, se marcó como objetivo el analizar estos extremos, al ser, como antes se ha dicho, unos puntos especialmente significativos, y ver cómo eran tratados por la normativa española y europea, así como se debería llevar a cabo su tratamiento y evaluación. Esta labor fue abordada por el grupo de trabajo sobre márgenes creado dentro de dicho Comité y, en este contexto, se enmarca el presente artículo donde se exponen de forma resumida las principales conclusiones obtenidas, pasando por una des-

cripción del estado del arte en esta materia y adelantando los próximos pasos normativos al respecto.

Reseñar que, actualmente, estos elementos (terminales y transiciones con otras barreras) no son objeto del Mercado CE, aunque existe una normativa experimental para evaluar el comportamiento de los mismos para su instalación en los extremos de las barreras de seguridad. Se trata de la Norma Experimental UNE ENV 1317 parte 4, que lleva en vigor desde el año 2002. Sin embargo, el Comité Europeo de Normalización (CEN) lleva años trabajando en la revisión y perfeccionamiento de esa norma experimental para poder someter los documentos revisados finales a la aprobación de los países miembros CEN para que así, una vez aprobada, pueda ser de obligado cumplimiento y se pueda obtener y exigir el Mercado CE a estos elementos de igual manera que se exige a las barreras de seguridad. Y ya se dispone de esos documentos finales, que próximamente se prevé que podrán ser ratificados por los Estados miembros.

Así pues, en el artículo se detallan los procedimientos de evaluación y se comentan las principales novedades incluidas en los nuevos documentos, haciendo referencia a la reglamentación actual en España y en otros países europeos para terminales, transiciones y tramos de barrera desmontables. Asimismo, se plantea para España una propuesta de procedimiento de evalua-

ción y certificación de las transiciones, que contempla las tendencias actuales en los países europeos. Animo a la lectura de este artículo pues además de permitirnos familiarizarnos con los parámetros y criterios de diseño de estos elementos de los sistemas de contención, nos permitirá estar a la última en la tendencias y evolución de la normativa al respecto.

Por último, y como Presidente del citado Comité, quisiera dejar constancia de mi agradecimiento al autor del presente artículo, por el esfuerzo y trabajo realizado, que estoy seguro que ayudará a ampliar el conocimiento de la problemática existente y mejorar las disposiciones de los terminales y/o transiciones de las barreras y pretiles en nuestras carreteras, especialmente en aquellas situaciones complejas que hasta ahora no se resolvían de manera del todo satisfactoria.

Roberto Llamas Rubio

Presidente

Comité Técnico de Seguridad Vial
Asociación Técnica de Carreteras

1. Introducción

El Las barreras de seguridad son los sistemas de contención más empleados en las carreteras. Se disponen longitudinalmente en los márgenes o medianas para retener y redireccionar de forma controlada a los vehículos que por cualquier causa abandonan la calzada, sin que se originen daños relevantes a sus ocupantes o a terceros (Foto 1). Un tipo especial de barreras de seguridad son los pretils, que se instalan en estructuras como tableros de puente o coronación de muros de sostenimiento (Foto 2).

El comportamiento ante impacto de vehículos de las barreras de seguridad y pretils se define en Europa mediante la Norma UNE EN 1317 partes 1 y 2, empleando los siguientes parámetros:

- Nivel de contención, que indica el vehículo de mayor masa que el sistema es capaz de retener.
- Severidad del impacto, que representa los posibles daños a los ocupantes del vehículo.
- Deformación del sistema, expresada mediante la deflexión dinámica (DD), la anchura de trabajo (WW) y la intrusión del vehículo (VI), que debe ser tenida en cuenta al definir la localización de las barreras en las carreteras.

Estos parámetros se evalúan mediante ensayos de impacto a escala real definidos en la norma que, junto al control de producción que los fabricantes deben tener implantado en sus instalaciones, permiten a éstos emitir las correspondientes Declaraciones de Prestaciones y aplicar el Marcado CE a sus productos, de acuerdo a la Norma UNE EN 1317 parte 5 (Figura 1).



Foto 1. Barrera de seguridad



Foto 2. Pretil

La caracterización del comportamiento de las barreras de seguridad definida en la Norma UNE EN 1317 partes 1 y 2 se hace de forma que sea representativa de las prestaciones de longitudes de barrera iguales o superiores a las de las muestras empleadas en los ensayos de impacto a escala real. Para ello, es condición necesaria que los extremos de las mismas no influyan en el comportamiento del sistema completo.

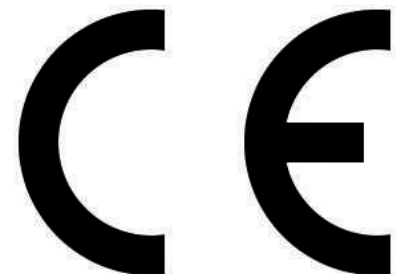


Figura 1. Marcado CE

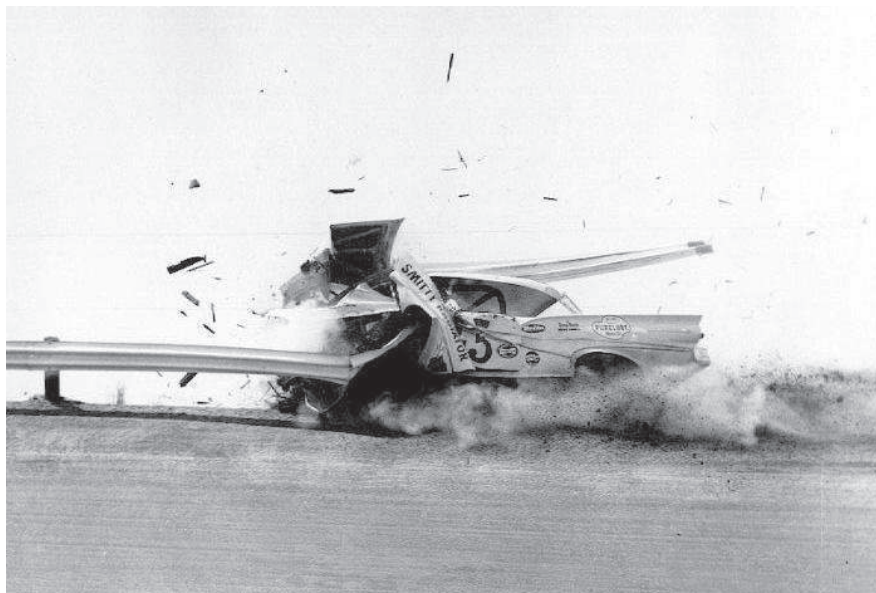


Foto 1. Barrera de seguridad

cidencia de un vehículo, y se deben por tanto evaluar cuidadosamente para darles un tratamiento adecuado que reduzca en lo posible las consecuencias de estos impactos.

Entre los riesgos para los usuarios que se pueden ocasionar en caso de choque contra los extremos de una barrera de seguridad están (Foto 3):

- Enganchamiento del vehículo, que causa fuertes desaceleraciones.
- Penetración de partes de las barreras en el habitáculo del vehículo.
- Rebase del sistema de contención por parte del vehículo, con consiguientes choques contra obstáculos de gran masa, caída por desniveles pronunciados o invasión de otras vías de circulación.
- Proyección del vehículo.

La normativa europea sobre sistemas de contención contempla los productos diseñados para su instalación en los extremos de las barreras de seguridad (terminales y transiciones con otras barreras), cuyo comportamiento se evalúa en la actualidad de acuerdo a la Norma Experimental UNE ENV 1317 parte 4, en vigor desde el año 2002 (Figura 2). En este documento se define también el comportamiento de los tramos de barrera desmontables, que se consideran en ciertos casos como un tipo especial de transición.

Sin embargo, estos productos no son actualmente objeto del Mercado CE, ya que la parte 5 de la Norma UNE EN 1317 indica en su Anexo ZA que esto solo será posible cuando la UNE ENV 1317 parte 4 se convierta en norma UNE EN, lo cual no va a ocurrir en el corto plazo.

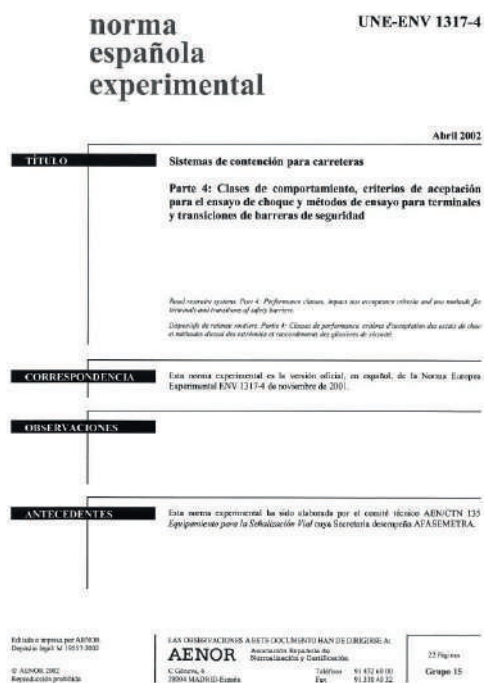


Figura 2. UNE ENV 1317-4 (2002)

Sin embargo, estos extremos son unos puntos especialmente significativos, y este artículo se va a dedicar a exponer cómo se lleva a cabo su tratamiento y evaluación.

En los extremos de las barreras de seguridad se pueden dar dos posibilidades:

- Que la barrera finalice, con lo cual se tendrá que disponer de un terminal.
- Que la barrera esté unida a otro sistema de contención, con lo que será necesario emplear una transición.

En ambas situaciones se produce un riesgo significativo en caso de in-

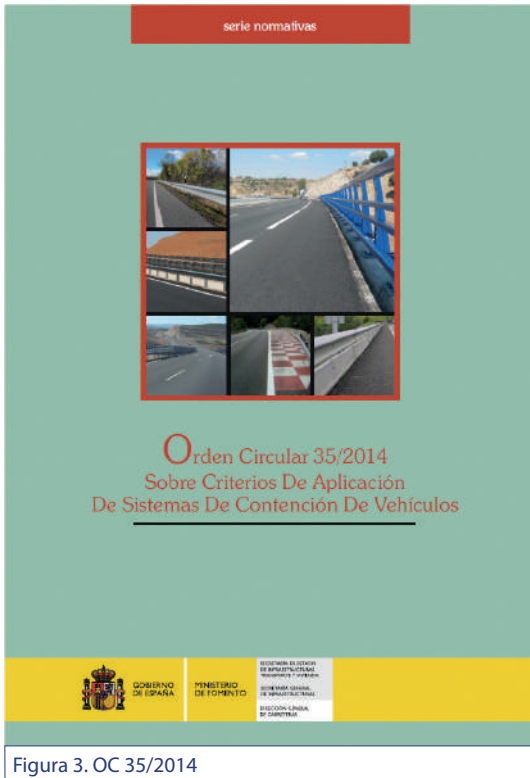


Figura 3. OC 35/2014

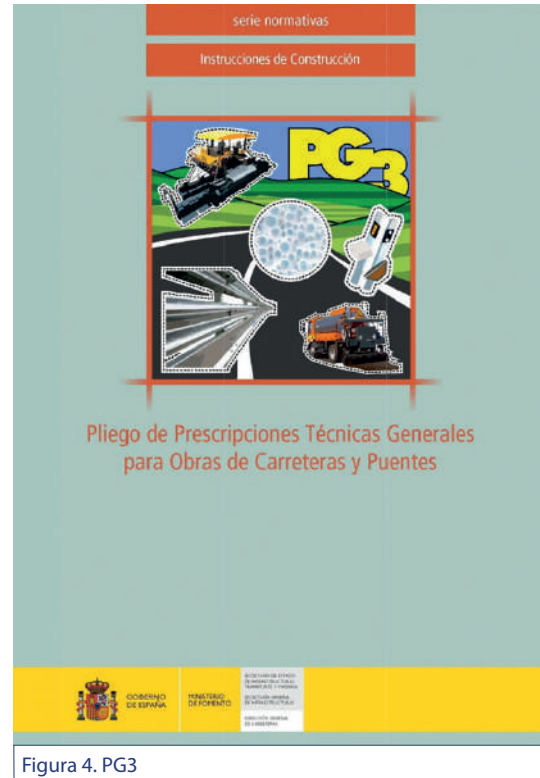


Figura 4. PG3

Actualmente se está trabajando en el Comité Europeo de Normalización (CEN) en la revisión de este documento, cuyo contenido se va a dividir entre tres nuevos documentos voluntarios:

- Especificación Técnica (TS) sobre Terminales.
- Informe Técnico (TR) sobre Transiciones.
- Especificación Técnica (TS) sobre Tramos de Barrera Desmontables.

En la fecha de redacción de este artículo se dispone ya de los borradores finales de estos documentos, los cuales deben ser ahora aprobados por los países miembros de CEN. Una vez aprobados, sustituirán a la Norma Experimental actualmente en vigor.

En cuanto a reglamentación sobre tratamiento de extremos de barreras de seguridad y conexión a sistemas contiguos, los documentos de referencia en España son la Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de Aplicación

de Sistemas de Contención de Vehículos y el artículo 704 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3) (Figuras 3 y 4).

En los siguientes apartados se detallarán los procedimientos de evaluación, se comentarán las novedades incluidas en los nuevos documentos y se hará referencia a la reglamentación actual en España y en otros países europeos para terminales, transiciones y tramos de barrera desmontables.

2. Terminales.

La Norma Experimental UNE ENV 1317-4 define los terminales como el tratamiento del extremo inicial y/o final de una barrera de seguridad. Para evaluar el comportamiento de los terminales se definen una serie de ensayos de impacto a escala real, definidos por la masa del vehículo de ensayo, la trayectoria de aproximación al terminal y la velocidad de impacto. Se emplean cuatro trayectorias de impacto con las que se pre-

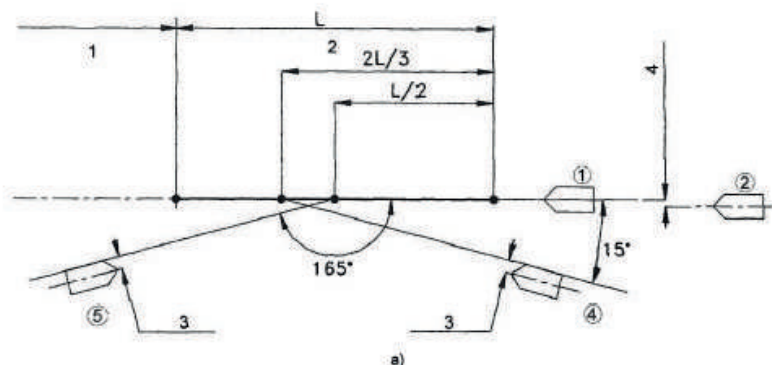


Figura 5. Trayectorias de impacto (UNE ENV 1317-4)

Clase de comportamiento	Situación	Ensayos				
		Aproximación	Código de la aproximación	Masa del vehículo (kg)	Velocidad (km/h)	Código del ensayo ¹⁾
P1	A	Frontal (a 0°), descentrado 1/4 del vehículo hacia la carretera	2	900	80	TT 2.1.80
P2	A	U Frontal (a 0°), descentrado 1/4 del vehículo hacia la carretera	2	900	80	TT 2.1.80
		D Lateral a 15°, 2/3 L	4	1300	80	TT 4.2.80
	D	Lateral a 165°, 1/2 L	5	900	80	TT 5.1.80
P3	A	U Frontal (a 0°), descentrado 1/4 del vehículo hacia la carretera	2	900	100	TT 2.1.100
		U Frontal (a 0°) centrado	1	1300	100	TT 1.2.100
		U Lateral a 15°, 2/3 L	4	1300	100	TT 4.2.100
		D Lateral a 165°, 1/2 L	5	900	100	TT 5.1.100
P4	A	U Frontal (a 0°), descentrado 1/4 del vehículo hacia la carretera	2	900	100	TT 2.1.100
		U Frontal (a 0°) centrado	1	1500	110	TT 1.3.110
		U Lateral a 15°, 2/3 L	4	1500	110	TT 4.3.110
		D Lateral a 165°, 1/2 L	5	900	100	TT 5.1.100

Figura 6. Clases de comportamiento (UNE ENV 1317-4)

Clases de severidad del impacto	Valores de los índices		
A	ASI ≤ 1,0	THIV < 44 km/h en los ensayos 1 y 2 THIV < 33 km/h en los ensayos 4 y 5	PHD ≤ 20 g
B	ASI ≤ 1,4	THIV < 44 km/h en los ensayos 1 y 2 THIV < 33 km/h en los ensayos 4 y 5	PHD ≤ 20 g

Figura 7. Clases de severidad del impacto (UNE ENV 1317-4)

tende cubrir las distintas posibilidades de choque de un vehículo contra el terminal (Figura 5, donde L representa la longitud del terminal), y cuyo objeto se detalla a continuación:

- Trayectoria 1 (Frontal a 0° centrado):
Sirve para evaluar la capacidad de contención del terminal, su máxima deformación longitudinal, la severidad del impacto y la posible penetración del terminal en el vehículo.
- Trayectoria 2 (Frontal a 0° descentrado a 1/4 del vehículo hacia la carretera):
Sirve para evaluar el giro del vehículo ligero, la severidad del impacto y la posible penetración del terminal en el vehículo.
- Trayectoria 4 (Lateral a 15°, 2/3 L):
Sirve para evaluar el riesgo de enganchamiento en caso de que la barrera sea más rígida que el terminal.
- Trayectoria 5 (Lateral a 165°, 1/2 L):
Sirve para evaluar impactos laterales.
En estos ensayos a escala real se obtienen los siguientes parámetros de comportamiento del terminal, mediante los cuales el producto queda definido:
- Clase de comportamiento: se definen cuatro clases (P1, P2, P3 y P4) y se indican los ensayos que el terminal debe superar para per-

tenecer a cada una de ellas (Figura 6). Se distinguen los ensayos necesarios para caracterizar el comportamiento cuando el terminal se instala en el inicio de la barrera (U) de los necesarios para caracterizarlo cuando se instala en el extremo final (U) o cuando se puede instalar en ambos extremos (A).

- Severidad del impacto: con este parámetro se evalúan los posibles daños a los ocupantes de los vehículos. Se emplean tres índices de severidad:
 - ASI (Índice de severidad de la aceleración)
 - THIV (Velocidad teórica de choque de la cabeza)

- PHD (Deceleración de la cabeza tras el choque)

Los dos primeros índices son los que se usan para la caracterización de la severidad de impacto de las barreras de seguridad según la parte 2 de la Norma UNE EN 1317. El índice PHD ya no se emplea desde hace años para los ensayos de barreras y está prevista su eliminación en la nueva especificación técnica sobre terminales.

En función de los valores de los índices de severidad obtenidos en los ensayos, se definen 2 clases de severidad (Figura 7). El valor más alto de los parámetros entre los obtenidos en los distintos ensayos determina la clase de severidad del terminal.

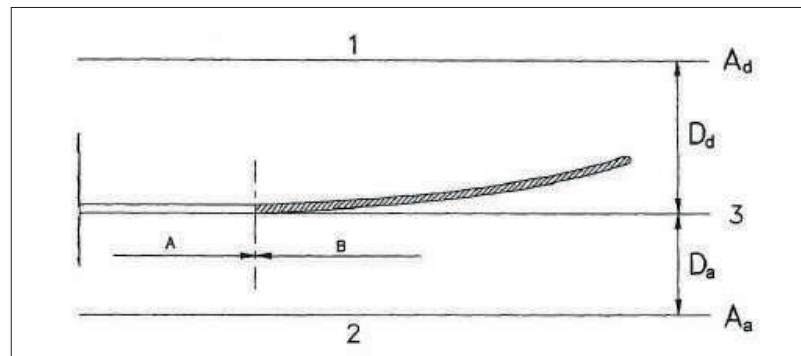
- Desplazamiento lateral del terminal: este parámetro permite conocer el espacio que ocupará el terminal al deformarse durante los distintos ensayos, lo cual servirá de ayuda para definir la localización de los productos en obra.

Para definir el desplazamiento se definen dos parámetros x e y, que se expresarán mediante clases obtenidas a partir del desplazamiento de la cara de la terminal más próxima al tráfico hacia la calzada y hacia el exterior respectivamente (Figura 8).

Recinto de salida del vehículo: se define para poner límites a la trayectoria del vehículo de ensayo tras el impacto. Se incluye una clasificación para el terminal en función de las dimensiones del recinto (Figura 9).

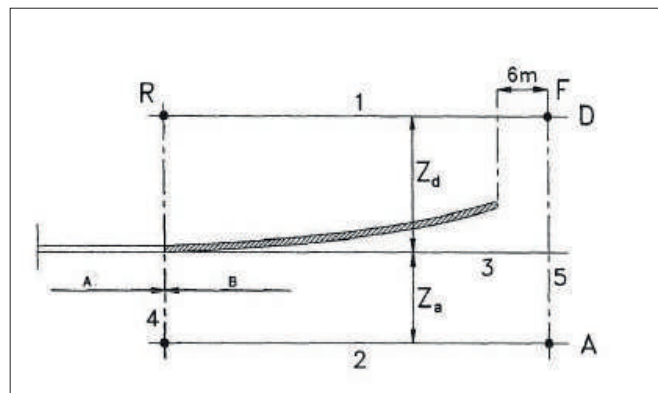
Además, la norma experimental incluye una serie de criterios de aceptación para los ensayos, que se deben cumplir para garantizar la seguridad de los mismos:

- Ningún elemento del terminal puede penetrar en el compartimento del vehículo.
- No se permiten deformaciones del compartimento ni intrusiones en el mismo de partes del terminal.



Código de clase		Desplazamiento (m)	
x	1	D _a	0,5
	2		1,5
	3		3,0
y	1	D _d	1,0
	2		2,0
	3		3,5
	4		>3,5

Figura 8. Desplazamiento lateral del terminal (UNE ENV 1317-4)



Clases de Z	Lateral de aproximación Z _a (m)	Lateral de salida Z _d (m)
Z ₁	4	4
Z ₂	6	6
Z ₃	4	Sin límite
Z ₄	6	Sin límite

Figura 9. Definición y clases del recinto de salida (UNE ENV 1317-4)

- Ninguna parte importante del terminal se debe desprender e ir a parar fuera de la zona de desplazamiento permanente.

La norma introduce el concepto de familias de terminales, para aquellos casos en que se diseña un conjunto de terminales empleando un mismo juego de componentes, con el mismo mecanismo de funcionamiento y con varias clases de comportamiento. Para la evaluación del comportamiento de los terminales que forman parte de una familia se emplean matrices de ensayo reducidas, de forma que no es necesario que todos los miembros de la familia superen todos los ensayos correspondientes a su clase de comportamiento.

Es importante considerar que los ensayos se llevan a cabo instalando el terminal en el extremo de un tramo de un modelo de barrera definido por el fabricante. Por ello, será necesario tener en cuenta el modelo de barrera empleado a la hora de instalar el terminal en la carretera, de la misma forma que se consideran otros parámetros de ensayo como puede ser el tipo de terreno.

Novedades de la revisión de la UNE ENV 1317-4 (documento TS sobre terminales)

En el nuevo documento normativo europeo que se está elaborando está previsto incluir las siguientes novedades:

- Posibilidad de evaluar los terminales por ambas caras, para adaptarlos a situaciones como divergencias o medianas.
- Clasificación de terminales en absorbedores de energía y no absorbedores de energía, definiendo un criterio para diferenciarlos basado en el recinto de salida en el ensayo frontal.

- Distinción entre terminales unidireccionales y bidireccionales, es decir, diseñados para ser instalados en uno de los extremos (inicial o final) de la barrera o en ambos.
- Introducción de dos nuevas trayectorias de impacto para la definición de las clases de comportamiento.
 - Frontal a 15°, para evaluar el ángulo de impacto más probable y la posibilidad de que el vehículo pierda el contacto con el terreno.
 - Lateral a 165° sobre el tramo de barrera al que se conecta el terminal, para evaluar posibles enganchamientos en caso de que la barrera sea menos rígida que el terminal.
- Revisión de los parámetros de comportamiento (severidad, desplazamiento del terminal, recinto de salida).
- Evaluación de la capacidad de anclaje de los terminales.

Criterios de implantación en España

La Orden Circular 35/2014 indica que los extremos de las barreras se dispondrán de la misma forma que en los ensayos según UNE EN 1317-2. Las barreras deben contar con tratamientos específicos en sus extremos. Se recomiendan las siguientes disposiciones:

- Empotramiento en el talud.
- Abatimiento al terreno.
- Empleo de terminal diseñado para absorber un impacto frontal.

Se incluyen requisitos para narices en salidas y para comienzos de mediana (evitar unir barreras mediante piezas no ensayadas o

abatir las dos barreras de forma convergente).

En el Artículo 704 del PG3 se dice que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de los proyectos fijará las características y el comportamiento de los terminales según los parámetros descritos en la UNE ENV 1317-4. En la documentación que acompañe a los suministros de terminales se deberá adjuntar un certificado de conformidad según UNE ENV 1317-4.

Abatimientos

En los casos en que se decida abatir las barreras de seguridad hacia el terreno, los extremos de las barreras se dispondrán si es posible formando un ángulo con el borde de la calzada, para de esta forma disminuir el riesgo para los usuarios.

Es necesario cuidar la instalación de los terminales para que cumplan su función y no supongan riesgos adicionales (por ejemplo, piezas topes sin enterrar) (Foto 4).

Reglamentación de otros países

Las regulaciones sobre terminales en otros países europeos se basan principalmente en la Norma Experimental ENV 1317-4, aunque algunos países han adaptado su reglamentación al borrador de revisión de este documento, aún no publicado por CEN, por entender que los criterios que se están incorporando en la normativa aportan mayor seguridad para los usuarios.

En algunos países se incluyen entre los criterios para la implantación de terminales clases de comportamiento mínimas en función del nivel de contención de las barreras a las que están conectados.

También se definen en algunos casos requisitos para la aprobación

de la instalación de terminales sobre barreras distintas a las de los ensayos de choque, basados en el diseño y el comportamiento de dichas barreras.

3. Transiciones.

La Norma UNE ENV 1317-4 define las transiciones como la conexión de dos barreras de seguridad de diferente sección transversal o diferente rigidez lateral, que permite que la variación de la capacidad de contención sea continua.

No considera como transición a la conexión entre dos barreras con la misma sección transversal y los mismos materiales, cuyas anchuras de trabajo no difieran más de una clase.

El comportamiento de las transiciones se evalúa mediante los mismos ensayos de impacto a escala real empleados para las barreras de seguridad (UNE EN 1317-2), definiendo direcciones y puntos críticos de impacto. Se debe ensayar siempre en el sentido de la barrera menos rígida a la más rígida, al ser el caso más desfavorable.

Los parámetros de comportamiento y los criterios de aceptación son los mismos que para las barreras de seguridad.

El objetivo es conseguir una variación gradual del comportamiento al pasar de una barrera a otra, evitando cambios bruscos que pudieran causar riesgos, por ejemplo, de enganchamiento. Por ello, el nivel de contención y los parámetros de deformación de la transición deben estar entre los de las barreras conectadas.

Novedades de la revisión de la UNE ENV 1317-4 (documento TR sobre transiciones)



Foto 4. Abatimiento con pieza tope sin enterrar

En el nuevo documento normativo europeo que se está elaborando está previsto incluir las siguientes novedades:

- Definición de diferentes métodos de evaluación para las transiciones, de forma que los prescriptores puedan elegir transiciones evaluadas de la forma que consideren más adecuada. Estos métodos de evaluación son:
 - Ensayos a escala real según la norma UNE EN 1317-2.
 - Simulaciones empleando modelos validados y verificados según la norma UNE EN 16303.
 - Criterios de diseño.
- Se diferencia el caso de que las barreras a conectar sean similares, lo que puede permitir unirlos directamente o bien mediante un elemento simple.
- Introducción del concepto de interrupciones de barrera (por ejemplo, tratamiento en caso de juntas de dilatación en estructuras).
- Apartados específicos para las transiciones entre barreras de seguridad y terminales o atenuadores de impactos. Estos criterios serán importantes para el caso de que se quiera emplear un terminal con una barrera diferente a aquella con la que se hicieron los ensayos de impacto.
- En el caso de evaluación de las transiciones mediante reglas de diseño se contemplan criterios como los siguientes:
 - Todos los elementos longitudinales de las barreras deben estar conectados por la transición. En el caso de sistemas con más de un elemento longitudinal, al menos uno de ellos deberá estar unido a la otra barrera para dar continuidad. El resto de elementos longitudinales estarán dispuestos de forma que no añadan riesgos ni interfieran en el comportamiento óptimo de las dos barreras.
 - Se demostrará mediante cálculos o ensayos que los elementos de transición y su conexión con las barreras

adyacentes pueden transmitir las fuerzas axiales procedentes de las barreras.

- En la longitud de la transición, la altura del perfil de los elementos longitudinales debe variar continuamente de una barrera de seguridad a la otra, sin escalones y con una pendiente no mayor de un determinado porcentaje.
- Si la rigidez a la flexión lateral o el límite elástico de un elemento longitudinal de una de las barreras es mayor en más de un determinado porcentaje que el del elemento correspondiente en la otra barrera, la longitud de la conexión de los elementos longitudinales será mayor de una determinada longitud. Deberá haber también un aumento gradual en la rigidez de la barrera de seguridad en la zona de la conexión.
- En la longitud de la transición, la posición lateral de los elementos longitudinales de la cara de tráfico variará continuamente de una barrera de seguridad a la otra, sin escalones y con un ángulo respecto a la cara de tráfico no mayor de un determinado valor.
- En la longitud de la transición la deflexión estimada bajo impacto variará gradualmente para evitar enganchamientos.
- La longitud de la transición dependerá de la diferencia entre las deflexiones dinámicas de las dos barreras de seguridad conectadas. Estas deflexiones deben ser comparables, para lo cual lo ideal sería que se hubieran obtenido con el mismo tipo

de ensayo. Para el caso de que esto no sea posible, se incluye una tabla de conversión de deflexiones.

Criterios de implantación en España

En la Nota de Servicio 1/2019 del MITMA, sobre instrucciones para la redacción de proyectos supervisados por la Subdirección General de Conservación, se indica que deberá tenerse en cuenta a la hora de establecer el nivel de contención y la deformación del sistema a proyectar que, en tanto no existan transiciones ensayadas de conformidad con la UNE ENV 1317-4, las transiciones entre distintos tipos de sistemas de contención deberán ser graduales tanto en el nivel de contención como en su deformación (anchura de trabajo o deflexión dinámica).

En la Orden Circular 35/2014 se especifica que las transiciones entre las distintas barreras de seguridad y pretiles se dispondrán de acuerdo a la descripción técnica del sistema, de forma semejante a la disposición empleada en los ensayos de impacto según UNE EN 1317.

En el Artículo 704 del PG3, al igual que para terminales, se dice que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de los proyectos fijará las características y el comportamiento de las transiciones según los parámetros descritos en la UNE ENV 1317-4. En la documentación que acompañe a los suministros de transiciones se deberá adjuntar certificado de conformidad según UNE ENV 1317-4.

Reglamentación de otros países

La tendencia en las regulaciones de los distintos países europeos es incluir tablas donde se obtiene el

método de evaluación de las transiciones entre barreras de seguridad en función de distintos parámetros:

- Barreras pertenecientes o no a una misma familia.
- Niveles de contención de las barreras a conectar.
- Diferencia de deflexión dinámica entre las barreras a conectar.
- Empleo o no de piezas especiales de conexión.

Es decir, se comparan las características de las barreras a conectar de forma que para aquellas con diseño o comportamiento más parecido es necesario llevar a cabo tareas más sencillas para la evaluación de la idoneidad de su empleo.

En las Figuras 10 y 11 se muestran como ejemplos las tablas incluidas en reglamentaciones de Bélgica y Francia.

Propuesta de procedimiento de evaluación para España

En España, desde el sector de fabricantes se está trabajando en una propuesta de procedimiento de evaluación y certificación de las transiciones, que recoja las tendencias actuales en los países europeos.

La propuesta que se está valorando se basa en los siguientes aspectos:

- La transición puede consistir en la conexión directa entre las barreras, o bien en la instalación entre ambas de elementos o tramos de conexión diseñados para tal efecto. La conexión directa sólo se podrá efectuar en el caso de barreras del mismo tipo de sección. En cualquier otro caso deberá diseñarse un elemento de transición específico.

Product family ⁽¹⁾	Containment level	Example (guideline)	ΔDm TB51 ⁽²⁾	ΔDm TB11 ⁽³⁾	Connecting piece ⁽⁴⁾	Action
Same	Same	H2 W5 on H2 W4	< 0.4 m	/	No	No action
		H2 W6 on H2 W3				
	Different ⁽³⁾	H2 W4 on H4b W4	/	< 0.2 m	No	No action
		H1 W4 on H2 W5				
		H2 W6 on H4b W3				
Different	Same	H2 W5 3-w on H2 W4	< 0.4 m	/	No	No action
					Yes	Simulation ⁽⁵⁾
		H2 W6 on H2 W3 3-w			Yes / No	Simulation ⁽⁵⁾
	Different ⁽³⁾	H1 W4 - H2 W5	/	/	/	Simulation ⁽⁵⁾
		H2 W4 - H4b W4				
		H2 W6 - H4b W4				

Figura 10. Tabla de la PTV 869 (Bélgica)

Famille de produit ¹	Niveau de retenue	Δb^2	Pièce de raccordement spécifique ³	Classes d'évaluation	
Identique	Identique	≤ 50 cm	Non	Pas d'évaluation particulière	A
		> 50 cm	Non	Simulations numériques	B
Identique	Différent (sauf niveau L)	X	Oui / Non	Simulations numériques	B
Différente	Identique	≤ 50 cm	Non	Pas d'évaluation particulière	A
			Oui	Simulations numériques	B
		> 50 cm	Non	Simulations numériques	B
			Oui	1 Crash-test selon la norme ENV 1317-4 + Simulations numériques	C
Différente	Différent (sauf niveau L)	X	Oui / Non	1 Crash-test selon la norme ENV 1317-4 + Simulations numériques	C

Figura 11. Tabla del Anexo Técnico Marca NF (Francia)

- El procedimiento se aplicará al caso de conexión de dos barreras con Marcado CE vigente en el momento de la certificación.
- Los procedimientos a emplear para evaluar el comportamiento de la transición dependerán de las características de las barreras a conectar, y se basarán en los recogidos en el nuevo informe técnico elaborado por CEN, es decir:
 - A. Ensayos de impacto a escala real (UNE ENV 1317-4).
 - B. Simulaciones (UNE EN 16303).
 - C. Reglas de diseño.
- Se diferenciarán los casos de que las barreras a conectar sean o no similares, entendiendo por similares las que tengan:
 - Misma tipología de sección (por ejemplo, barreras de perfil de doble onda)
 - Mismo tipo de materiales (acero, hormigón, mixta madera-acero)

- Mismo mecanismo de trabajo.
- Mismo sistema de anclaje al terreno.
- Para cada caso se incluirá una tabla con los métodos de evaluación a emplear, en función de:
 - Diferencia de nivel de contención entre las barreras a conectar.
 - Nivel de severidad (igual o distinto).
 - Diferencia de deflexión dinámica.

4. Tramos de barrera desmontables.

La Norma Experimental UNE ENV 1317-4 define un tramo de barrera desmontable como la parte de una barrera que puede ser desmontada y montada de nuevo rápidamente, en casos de emergencia en que sea necesario que algunos tramos de la barrera sean abiertos temporalmente.

Estos tramos deben tener un cierto nivel de contención y si su longitud es menor de 40 metros se consideran como unas transiciones especiales.

En la actualidad existen en el mercado barreras desmontables con Marcado CE, pero ensayadas según la Norma UNE EN 1317-2, es decir, con los mismos requisitos que el resto de barreras de seguridad.

Revisión de la UNE ENV 1317-4 (documento TS sobre tramos de barrera desmontables)

En el nuevo documento normativo europeo se indica que el tramo de barrera desmontable debe estar

conectado en ambos extremos a otras barreras de seguridad.

Se introduce el concepto de paso de emergencia, que son secciones más reducidas del tramo desmontable diseñadas para abrirse más rápida y fácilmente que el resto del tramo para permitir el paso de vehículos de emergencia o mantenimiento.

En el documento se revisan criterios como los puntos críticos de ensayo, los parámetros de deformación o la mínima longitud de las barreras conectadas, y se incluyen nuevos apartados referentes a la medición de las fuerzas transmitidas en las conexiones entre el tramo desmontable y las barreras adyacentes, o la definición de una matriz reducida de ensayos para el caso de tramos desmontables modulares de diferente longitud.

Conclusiones

- Los extremos de las barreras de seguridad y su conexión con otros sistemas de contención no deberían ser elementos de riesgo para los usuarios de las carreteras por no estar ejecutados adecuadamente.
- En la medida de lo posible se deberían emplear en estas situaciones productos evaluados mediante ensayos de impacto a escala real, y cuidar la disposición de estos productos para garantizar su correcto funcionamiento.
- En los casos en que lo anterior no sea posible, se deberán seguir criterios de buena práctica para conseguir que el extremo o la conexión aporte el menor riesgo posible.
- Por ejemplo, para el caso de pretil, si no se dispone de transición, puede ser recomendable la conexión a barreras del mismo nivel de contención, ya que el tramo de acceso corresponde al tramo de anticipación del riesgo por el que se instala el pretil.
- Las transiciones se deben diseñar de tal forma que la variación del comportamiento sea gradual al pasar de un sistema a otro.
- Al no existir Mercado CE en vigor para terminales ni transiciones, es recomendable definir criterios para la selección de los métodos de evaluación a emplear en cada caso.

Bibliografía

1. UNE EN 1317-1 (2011): Sistemas de contención para carreteras. Parte 1: Terminología y criterios generales para los métodos de ensayo. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
2. UNE EN 1317-2 (2011): Sistemas de contención para carreteras. Parte 2: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para barreras de seguridad incluyendo pretil. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
3. UNE EN 1317-5 (2008) + A2 (2012): Sistemas de contención para carreteras. Parte 5: Requisitos de producto y evaluación de la conformidad para sistemas de contención de vehículos. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
4. UNE ENV 1317-4 (2002): Sistemas de contención para carreteras. Parte 4: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de choque y métodos de ensayo para terminales y transiciones de barreras de seguridad. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
5. UNE EN 16303 (2021): Sistemas de contención para carreteras. Proceso de verificación y validación para el uso de ensayos virtuales en ensayos de impacto contra sistemas de contención de vehículos. Asociación Española de Normalización (UNE).
6. Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aceptación de sistemas de contención de vehículos. Ministerio de Fomento.
7. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Parte 7 - Señalización, Balizamiento y Sistemas de Contención de Vehículos. Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre. Ministerio de Fomento.
8. Nota de Servicio 1/2019 sobre instrucciones para la redacción de los proyectos supervisados por la Subdirección General de Conservación. Ministerio de Fomento.
9. Technical Regulation PTV 869 "Road Restraint Systems". COPRO (2016).
10. Marque NF. Equipements de la Route. Annexe Technique n°8 au référentiel de certification. Famille de produits Raccordements et extrémités de files performantes des dispositifs de retenue. Association pour la Certification et la Qualification des Equipements de la Route (ASCQUER) (2015). ❖

Comité del Valor histórico patrimonial de la carretera



Comité del Valor histórico patrimonial de la carretera

Asociación Técnica de Carreteras

“En el caso de que se tropiece con algún oculto pedazo de los caminos romanos, pide ese sitio particular atención. Anótese si la dirección de ese pedazo es de Oriente a Poniente o de Norte a Sur, o si sigue algún rumbo intermedio. Si junto a ese pedazo se hallare algún monumento escrito, téngase especial cuidado con él, y que los trabajadores no le echen a perder. Y apúntese en un papel la individual noticia. Si no se hallare sino únicamente el pedazo de calzada, aún eso tendrá utilidad visible para aclarar algo la geografía. Si en el sitio del pedazo o allí cerca se pone una señal interina, y con la nota de la dirección del pedazo dicho, ya se sabe algo que se ignoraba, y que jamás se podría saber ya por los libros”. Así lo escribió Fray Martín Sarmiento, escritor benedictino (1695-1772) en sus Apuntamientos para un discurso sobre la necesidad que hay en España de unos buenos caminos, y de su pública utilidad, y del modo de dirigirlos, de marcarlos, construirlos, comunicarlos, medirlos, adornarlos, abastecerlos y conservarlos, publicado en julio de 1757. Fray Martín sería hoy día un tertuliano o todólogo de los que tanto abundan, pues en sus escritos trató sobre multitud de asuntos de lo más variado. No obstante, fue una primera y acertada voz a favor de la defensa del patrimonio histórico vial.

Casi trescientos años después, las obras de la autovía A-11, en el tramo entre la Venta Nueva y Santiuste, en la provincia de Soria, estuvieron a punto de destrozar para siempre una buena longitud de la calzada romana en su tramo entre Augustobriga, Numancia y Uxama (en la actualidad Muro de Ágreda, Numancia y Osma), que para colmo de males ya había sido descrita por el ingeniero de caminos Eduardo Saavedra Moragas en el siglo XIX, sin que los múltiples estudios arqueológicos, patrimoniales y medio ambientales que se incorporan actualmente a este tipo de proyectos detectaran la presencia de semejante reliquia vial.



Sección del firme de la calzada romana en su tramo entre Augustobriga, Numancia y Uxama. Isaac Moreno Gallo.

Aún peores son los casos en los que se detecta perfectamente la existencia de una carretera histórica, pero se ignora o desprecia su valor, hasta tal punto de existir declaraciones de impacto ambiental que exigen su destrucción.

He aquí un ejemplo: la carretera denominada en el siglo XIX “de segundo orden de Zaragoza a Castellón, por Híjar, Alcañiz, Morella y San Mateo” tuvo una construcción relativamente temprana, al menos en las provincias de Castellón y de Teruel. Las primeras referencias a su construcción son de 1847, cuatro años antes de la promulgación de la primera ley de Carreteras. Entre Chert y Alcañiz tuvo que vencer las difíciles condiciones orográficas del bravo Maestrazgo, siguiendo un itinerario que ya habían descrito en el siglo XVI Villuga y Meneses. En las inmediaciones de Monroyo, la histórica carretera, perfectamente integrada en el terreno, dotada de extraordinarios muros y obras de fábrica de sillería de gran valor estructural y estético, y que fue durante tantos años cauce de vivencias de nuestros antepasados, quedó al margen del nuevo trazado. Como es lógico y legal, antes de la construcción de la nueva carretera se emitió la correspondiente Declaración de Impacto Ambiental (DIA), en la que se propusieron una serie de medidas complementarias para salvaguardar el medio ambiente, como suele suceder. En esa DIA, no obstante, el entonces Ministerio de Medio Ambiente incluyó una obligación que deja pasmada a cualquier persona que sea sensible con el patrimonio cultural o histórico: “los tramos que queden sin uso se demolerán, procediendo posteriormente a la restauración morfológica y finalmente a su revegetación”. La orden era clara: demoler el patrimonio que nos había llegado. El párrafo en cuestión, que se suele repetir en muchas DIA, podría tener sentido en casos en los que la carretera a la que se ha modificado su trazado afectara negativamente al medio ambiente o no tuviera valor histórico, patrimonial ni cultural. No obstante, la impresión que da es que no se analiza en ningún caso si la carretera abandonada tiene o no esos valores.

El peligro de su desaparición no solamente afecta a la carretera, como elemento longitudinal que es. Tampoco se libran los monumentos o elementos puntuales, ni siquiera los más conocidos y admirados: los habitualmente solitarios puentes históricos.

He aquí otro ejemplo: el pantano de Santolea tiene tres presas, que parecen perseguir a los puentes. Ya en su día la construcción de la presa de cola obligó a demoler el puente de la carretera del siglo XIX. No fue lo más grave. En 2018 comenzó la construcción de una



Muro de contención del siglo XIX, en la antigua carretera de Zaragoza a Castellón.



Puente de Castellote, sumergido durante muchos años bajo el pantano de Santolea, una vez iniciados los trabajos de desmontaje en el año 2018.

tercera presa, ubicada justo en el punto donde, aunque sumergido desde la década de 1930, se conocía la existencia de un hermosísimo puente, probablemente del siglo XVI, elogiado en su día por el viajero Antonio Ponz. Sorpresivamente, el proyecto de la nueva presa incluyó una pequeña partida presupuestaria... para demoler el puente que estorbaba. Afortunadamente, la

presión de la gente del entorno, a veces mucho más sensible que las administraciones, consiguió que se desmontara piedra a piedra el desafortunado puente. El gozo no ha sido completo: una vez desmontado, ningún organismo público se ha preocupado de reconstruir el puente en otro lugar y sus trabajadas piedras languidecen en una explanada junto al pantano.

Las actuaciones y el futuro de las propiedades particulares relacionadas con los caminos y carreteras históricas tampoco suelen ser halagüeños. Centenares de las históricas ventas languidecen en ruinas junto a los caminos y carreteras que les dieron vida hace ya muchos años. Muchas tienen un valor menor, más ligado a la etnografía que al patrimonio, pero otras, por el contrario, tienen una historia impresionante. Sirva como ejemplo la venta de la Jaquesa, junto a la actual carretera N-234, cerca del límite de las provincias de Teruel y Castellón, que fue aduana desde el siglo XIV y en la que tuvo lugar en el año 1814 la gestación del golpe de Fernando VII contra el liberalismo y la constitución de Cádiz. Todo eso no le ha salvado de su lamentable estado ruinoso.

Debemos ser críticos. En muchos casos la pérdida del patrimonio vial se debe al puro desconocimiento del valor que tienen unos restos que nos han llegado hasta hoy, también a la falta de interés por la materia y en la mayor parte de los casos a la urgencia por ejecutar obras o parcelaciones que mejoren las infraestructuras actuales.

Pero hay también otro motivo: las infraestructuras lineales suelen quedar fuera de cualquier protección. Como muy bien afirman Rita Ruiz Fernández, José María Coronado Tordesillas y Francisco Javier Rodríguez Lázaro en su artículo *“La recuperación del patrimonio de las carreteras históricas”*, publicado en la Revista de Obras Públicas de febrero de 2013, “habitualmente, la consideración patrimonial de la ingeniería civil sigue circunscribiéndose, en España, a aquellas obras públicas asimilables a monumentos”. Es muy recomendable la lectura de ese artículo, que pone muchos puntos sobre las íes.

La declaración como bien cultural de una infraestructura lineal es rarísima en España y se ha limitado a itinerarios de valor indiscutible. En la web del Ministerio de Cultura y Deporte aparecen declarados como bienes inmuebles solo unos pocos caminos, con figuras muy variadas y en cierto modo artificiales (Sitios Históricos, Conjuntos Históricos e incluso hay una carretera-Monumento). No busque líneas históricas de ferrocarril (todos los bienes que aparecen son estaciones, es decir, edificios). Algunos tramos de calzada romana han

tenido el honor de ser declaradas bien de interés cultural, gloria que no han alcanzado otras muchas que están perfectamente localizadas.

El origen del olvido del valor patrimonial de las carreteras históricas viene de antiguo. La Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura reunida en París del 17 de octubre al 21 de noviembre de 1972, consideró como “patrimonio cultural” a los Monumentos, relacionando como tales a las *“obras arquitectónicas, obras de escultura y pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, viviendas cueva y combinaciones de características, que son de valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, el arte o la ciencia”* y a los Sitios, definidos como *“obras del hombre o las obras conjuntas de la naturaleza y el hombre, y áreas, incluidos los sitios arqueológicos, que tienen un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico”*. Para encajar una carretera histórica de gran valor en estas definiciones habría que intentar incluirla en los “Sitios”, aunque por su propia denominación denota algo no lineal.

La Constitución Española de 1978 es un documento legal demasiado elevado como para definir estas cosas. No obstante, en su artículo 46 indica que *“Los poderes públicos garantizarán la conservación y promoverán el enriquecimiento del patrimonio histórico, cultural y artístico de los pueblos de España y de los bienes que lo integran, cualquiera que sea su régimen jurídico y su titularidad”*. La obligación de los poderes públicos de enriquecer el patrimonio histórico o cultural es una luz de esperanza.

Curiosamente, la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, no cita la palabra carrete-



Restos de la histórica venta de la Jaquesa.

ra en ningún artículo, frente a las cinco menciones que hace a la palabra “edificio” y cuatro a la palabra “arquitectónica”. No nos hagamos muchas ilusiones. En su artículo primero define que *“integran el Patrimonio Histórico Español los inmuebles y objetos muebles de interés artístico, histórico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, científico o técnico. También forman parte del mismo el patrimonio documental y bibliográfico, los yacimientos y zonas arqueológicas, así como los sitios naturales, jardines y parques, que tengan valor artístico, histórico o antropológico”*.

Como ya se ha citado al tratar sobre los escasos caminos declarados bien de interés cultural (BIC) cabe la posibilidad, algo forzada, de considerar a las carreteras históricas como inmuebles y dentro de estos, como “Sitios Históricos”. Así lo define la citada ley: *“Los bienes inmuebles integrados en el Patrimonio Histórico Español pueden ser declarados Monumentos, Jardines, Conjuntos y Sitios Históricos, así como Zonas Arqueológicas, todos ellos como Bienes de Interés Cultural”, y por lo menos define los Sitios Históricos como un “lugar o paraje natural vinculado a acontecimientos o recuerdos del pasado, a tradiciones populares, creaciones culturales o de la naturaleza y a obras del hombre, que posean valor histórico, etnológico, paleontológico o antropológico”*. Lo del lugar o paraje indica que al legislador no se le ha pasado por la cabeza que una obra lineal pueda tener esos valores.

De hecho, para poder encajar los caminos históricos se ha recurrido a definirlos como Sitios Históricos (la mayoría), como Conjunto Histórico (por ejemplo, el Camino de Santiago, en alusión clara a los monumentos que lo jalonan, no al propio camino) e incluso como Monumento (es el caso de nuestra primera carretera moderna, en Bárcena de Pie de Concha).



Carretera del XVIII en Bárcena de Pie de Concha. Wikipedia

La Ley de Patrimonio ha sido modificada recientemente para incluir otros valores que es necesario proteger, como los industriales (de nuevo enfocado a monumentos) y los cinematográficos. En lo que respecta a las infraestructuras lineales, habrá que seguir esperando o inventando figuras que no se ajustan a su auténtico valor.

Centrándonos en las evaluaciones ambientales, la Ley 21/2013, de 9 de diciembre incluye entre las cuestiones a analizar en los estudios de impacto ambiental al patrimonio cultural, al que define como el *“concepto que incluye todas las acepciones de este tipo de patrimonio, tales como histórico, artístico, arquitectónico, arqueológico, industrial e inmaterial”*. ¿Por qué no se hace en la práctica con las infraestructuras lineales?

Queda mucho trabajo por hacer, y en este sentido, la Asociación Técnica de Carreteras ha tenido la iniciativa de crear un comité dedicado al valor histórico patrimonial de la carretera y de sus elementos. Los objetivos del comité son la elaboración de informes sobre las mejores prácticas y recomendaciones que permitan la catalogación y protección de los caminos, carreteras y elementos propios de dichas vías que tengan valor histórico o patrimonial, su conservación, su defensa frente a otras actuaciones y su promoción para que sean conocidos y admirados.

Desde el momento de la constitución del comité se han establecido una serie de líneas a seguir. La primera de ellas es la redacción de un documento que incluya una serie de recomendaciones para el inventariado, catalogación, visualización, señalización y protección de elementos materiales de valor histórico o patrimonial relacionados con las carreteras y caminos, y en concreto:

- Recomendaciones para el inventariado, catalogación y visualización de estos elementos, como son el trazado y tramos conservados de antiguas calzadas romanas, de caminos medievales y de otros caminos antiguos que conserven en gran medida su infraestructura original y de los tramos fuera de servicio de antiguas carreteras; los elementos de las carreteras que todavía se encuentran en sus lugares originales; las obras de fábrica históricas y las obras auxiliares de las carreteras históricas, como son las casillas de camineros, las casas de portazgos o de pontazgos o esculturas e hitos anexos.
- Recomendaciones para la señalización de caminos históricos y para dar a conocer la información sobre dichos caminos. Es imprescindible que sean señalizados los principales elementos de deter-

minados caminos históricos, para evitar que sean confundidos con caminos rurales o vías sin gran valor histórico y evitar su destrucción causada por el desconocimiento de su existencia. Los elementos patrimoniales de mayor valor también deben disponer de información sobre su origen e historia.

- Técnicas de conservación de carreteras y caminos históricos y de sus elementos patrimoniales. Se trata de investigar y divulgar las técnicas de conservación de este tipo de caminos y de sus principales elementos.
- Recopilación de la legislación existente en cada territorio sobre las figuras legales de protección de los elementos históricos de caminos y carreteras, y confección de un documento con recomendaciones para llevar a cabo dicha protección legal y promover su catalogación urbanística. Es una de las tareas fundamentales. Este tipo de elementos suele estar olvidado por los catálogos urbanísticos o por las declaraciones como bienes de interés cultural. Es necesario conocer en profundidad la legislación existente en cada territorio, promover la protección legal de los principales elementos y la catalogación urbanística de la mayoría.
- Recomendaciones para la selección, señalización informativa y valores del entorno de carreteras y caminos históricos. En los últimos años se están potenciando, desde el punto de vista turístico y de la conducción placentera, las denominadas “carreteras paisajísticas”, que a su vez son un impulso para determinados negocios de servicios de sus inmediaciones. Poder recorrer con el mismo espíritu tramos antiguos de carreteras o de caminos históricos debe ser potenciado. Para conseguirlo, deben mantenerse adecuadamente y contener la información y divulgación precisas. El aprecio por sus vías históricas por parte de la población de su entorno favorece su mantenimiento y su conocimiento.

En otra línea se pretende trabajar en la investigación, colección, ordenación, catalogación y disposición de libros, artículos y contenidos digitales sobre elementos de las carreteras con valor histórico o patrimonial. Resulta de gran interés la creación de una biblioteca digital pública que incluya libros técnicos históricos, relaciones de itinerarios históricos, libros sobre la historia de calzadas, caminos, carreteras, puentes y elementos relacionados, relatos de viajes, artículos de revistas técnicas históricas, mapas y planos históricos, grabados, dibujos y fotografías históricas, etc. Se trata, en definitiva, de preservar y dar a conocer el patrimonio relacionado con las carreteras, a veces inmaterial, y de facilitar la tarea de los investigadores. Es también muy interesante promover un portal de contenidos digitales, es decir, una recopilación crítica de blogs y publicaciones digitales sobre la historia de caminos y carreteras y el mantenimiento de sus elementos patrimoniales.

Se desea promover publicaciones sobre las buenas prácticas y ejemplos existentes que dan a conocer los elementos patrimoniales e históricos de las carreteras. El impulso de museos y centros de interpretación de carreteras históricas es muy importante para dar a conocer su valor entre la población. No hay que olvidar la crítica necesaria para que los contenidos sean rigurosos y ciertos.

Finalmente, es fundamental mantener la concienciación de los profesionales y de la población del valor que tienen estos elementos, mediante la publicación de artículos en prensa, revistas y en espacios públicos de internet. Entre estas actividades, se considera fundamental que las administraciones exijan la inclusión de un anejo específico, en las memorias de los nuevos proyectos de construcción o de conservación de carreteras y de otras actividades que afecten al territorio, para prever la protección de los vestigios históricos. ❖

PROYECTO DE UNA CASA PORTAZGO

Modelo N° 2.



Modelo de una casa portazgo. Circular de 22 de junio de 1861.

Esto va también de cultura (y de economía local)



Manuel Romana García

ETSI Caminos, Canales y Puertos, UPM

Ricardo Santonja

(ETS Arquitectura, UPM)

Hay que actualizar las misiones de las carreteras, al menos en el occidente moderno. Las funciones que salen en todos los libros son dos: accesibilidad y movilidad. Y esto, en una red estricta y nueva, en países no completamente desarrollados, podría ser correcto, o no. Sin embargo, en una red moderna y madura, en un territorio desarrollado, y con una dotación de carreteras necesaria para servir adecuadamente a su población, no es suficiente. Ni de lejos.

La movilidad ha crecido mucho. Todos viajamos más, con mayor frecuencia y a más sitios. Y, sobre todo, para muchas más cosas. Un ejemplo son las casas rurales y como las usamos. Las casas rurales son un sector que existe porque hay una red de carreteras de alta capacidad, y se puede llegar muy lejos el viernes por la tarde. No habría casas rurales sin la red de autopistas que se consolidó entre 1984 y 1991. Las casas y hoteles rurales han contribuido a cambiar el turismo interior en España. Y habría muchos menos restaurantes en pueblos pequeños, entre otras muchas cosas.

Pero, además de multiplicarse, la movilidad también se ha enriquecido mucho. En medios de transporte, en velocidades, en motivos del viaje, en disfrute del entor-

no, en el deseo de la conservación de donde vivimos y por donde pasamos, de lo que podemos aprender del territorio. Antes, hace ya mucho, se viajaba al trabajo/educación y de vuelta, a comprar y de vuelta. A partir de un momento, nació la movilidad para ir de vacaciones, a la playa. Más tarde este concepto se extendió a la playa y a la montaña. Después se extendió una versión reducida y acelerada de lo que los ricos británicos llamaban “el Gran Tour”. Nació el turismo artístico. Finalmente, hoy hay vacaciones de todo tipo, turismo cultural, viajes antropológicos, visitar otros entornos y culturas. Viajes para todo, por todos los medios.

Dicho esto, no hay que olvidar las funciones fundamentales, por supuesto. La red tiene que ser suficiente para cumplir su misión de ser fundamental en la vida de la sociedad, su sistema de conexión, movilidad y logística de la actividad social y económica. En muchos casos, la carretera es la red que lleva información física, materias, mercancías y conexiones. Ocurre que en los países desarrollados, y especialmente en los territorios poblados durante más de 300 años, la red es suficientemente tupida y une ciudades y villas que muchas veces han cambiado de función y de población. Por eso esta iniciativa, como otras similares, tiene mucho sentido.



En este nuevo entorno, esta realidad, surge, debería surgir, la pregunta ¿Hay que actuar igual en todas las carreteras? ¿El futuro de todas las carreteras rurales es llegar a una sección 7/12 y una velocidad de 80 o 90 km/h? En una red suficientemente mallada, y en zonas de baja densidad de población y atractivo turístico, esto no tiene demasiado sentido. Cuando la red de carreteras está completa, hay que ir más allá de la mera accesibilidad y movilidad. Para traer gente al territorio, hay que buscar otros valores.

Además, hay que pensar cada vez más en los usuarios vulnerables y en los que buscan disfrutar del viaje bastante más que llegar a un destino lejano. Cada vez hay más usuarios así. Gente que cambia de modo, que viaja en fin de semana, que desea hacer ejercicio. Gente con menos prisa. Ciclistas, cicloturistas y familias en bicicleta. Que no disfrutan cuando comparten la carretera con vehículos mucho más rápidos, ni con peatones mucho más lentos.

¿Esto es todo? No, la realidad es más compleja. También hay carreteras históricas y rutas culturales, que pueden ser cosas oscuras y ocultas, conocidas por unos pocos. O auténticos iconos culturales que son motores del turismo y la cultura (pensemos en la Ruta 66 de Estados Unidos). Y más: hay que potenciar el paisajismo y la comprensión de la naturaleza, la arqueología industrial y cultural, por sus conexiones con la historia, la geografía y la sociedad.

Es hora, pues, de ampliar las misiones de las carreteras llevará a definir carreteras para más cosas, además de la movilidad y la accesibilidad. Esto puede conseguirse por muchos medios, usando las redes sociales, emisoras FM / AM con grabaciones dedicadas, podcasts, centros de interpretación, vídeos y presentaciones audiovisuales, para los pasajeros de los vehículos, no para sus conductores, claro. Además, pronto los vehículos autónomos convertirán a todas las personas en pasajeros, y este cambio llevará a otros. Sería bueno empezar a tener informes de prospectiva sobre cómo podrían ser los diferentes escenarios de la situación futura, para que las partes -y especialmente las administraciones- pudieran ir tomando decisiones y posiciones. En todo caso, un posible escenario a largo plazo es que la conducción personal pueda quedar como ahora la monta de caballos, y se reserven algunos tramos de carretera para ello. Estos tramos no podrán ser troncales, obviamente, y habrá pugnas por tramos turísticos y de valor paisajístico.

Para esto, entre otras cosas, en 2014 preparamos y al año siguiente publicamos el Manifiesto Kare Tera. Karé es una palabra en hindi, y significa "hacer" Tera es el término griego para algo grande. Kare Tera es "Hacer cosas grandes". Y eso es lo que esperamos conseguir. Con la colaboración de todas las personas que se quieren unir.

Manifiesto Kare Tera (2015)

del hindi Karé (hacer) y del griego Tera (grande).

Kare Tera es “Hacer cosas grandes”

Promotores: Manuel G. Romana y Ricardo Santonja

Nuevos usos para otras carreteras

Cuando la red de carreteras está completa, hay que ir más allá de la mera accesibilidad y movilidad. Para traer gente al territorio, hay que buscar otros valores.

Los firmantes de este manifiesto afirmamos que:

- a) Las carreteras en España forman una red completa que cumple, en general, las misiones de movilidad y accesibilidad de la población
- b) La mejora de muchas vías fuera de la red principal no debe basarse meramente en criterios técnicos que favorezcan la velocidad. Cada parte de la red tiene unas exigencias de diseño diferentes según su uso y el territorio circundante
- c) La uniformidad de las carreteras en secciones amplias con arcenes de más de dos metros y velocidades altas no es necesariamente una mejora, si hay una carretera cercana con estas características
- d) No es bueno mejorar las carreteras para posteriormente restringir la velocidad por criterios políticos poco claros
- e) La accesibilidad es compatible con otros usos, manteniendo la seguridad
- f) Es deseable potenciar las funciones culturales, históricas, turísticas y paisajísticas en la imbricación de las carreteras en la geografía y las gentes
- g) Estas carreteras son en particular un medio de disfrute diferente del paisaje y del territorio
- h) Estas carreteras, y sobre todo las históricas, necesitan un marco normativo diferente del de las carreteras de movilidad y accesibilidad
- i) Es imprescindible comunicar adecuadamente el carácter de cada carretera siguiendo principios de estética y veracidad
- j) Nadie hará este trabajo por nosotros, tenemos que impulsarlo incansablemente

Cumpliremos este manifiesto con acciones culturales, científicas, investigadoras, divulgadoras y sociales, para llevar esta conciencia a los pueblos, ciudades, ayuntamientos y autoridades de carreteras.

En estas carreteras:

- Valoramos la geometría, pero preferimos la cultura
- Valoramos la sencillez, pero preferimos un mensaje claro.
- Valoramos la velocidad, pero preferimos la comunicación
- Valoramos por igual la técnica, la estética y la comunicación.

Si desea firmar el manifiesto, puede hacerlo enviando un correo electrónico a la dirección karetera2015@gmail.com con Asunto: firma del Manifiesto KareTera. Muchas gracias. ❖

Camineros, de la senda a la autovía. Carreteras de Teruel.

MONOGRAFÍAS TUROLENSES/18

Autor: Carlos Casas Nagore

María Martínez Nicolau

Este libro, perfilado durante la pandemia, en los largos días en los que nos sobran horas, y que el Autor supo aprovechar para escribirlo, puede interpretarse desde varios puntos de vista:

El punto de vista de un enamorado de su tierra, de sus caminos, de sus puentes, de los vestigios que en ellos deja la historia, y de los que quedarán para la posteridad.

El punto de vista de un Ingeniero inquieto, que investiga el por qué su tierra, sus caminos, sus puentes son así ahora, y cómo han ido evolucionando.

El punto de vista de la memoria, puede ser el hilo conductor del Museo de Carreteras de Teruel, situado en el Centro de Conservación del Sector Teruel-01, del MITMA.

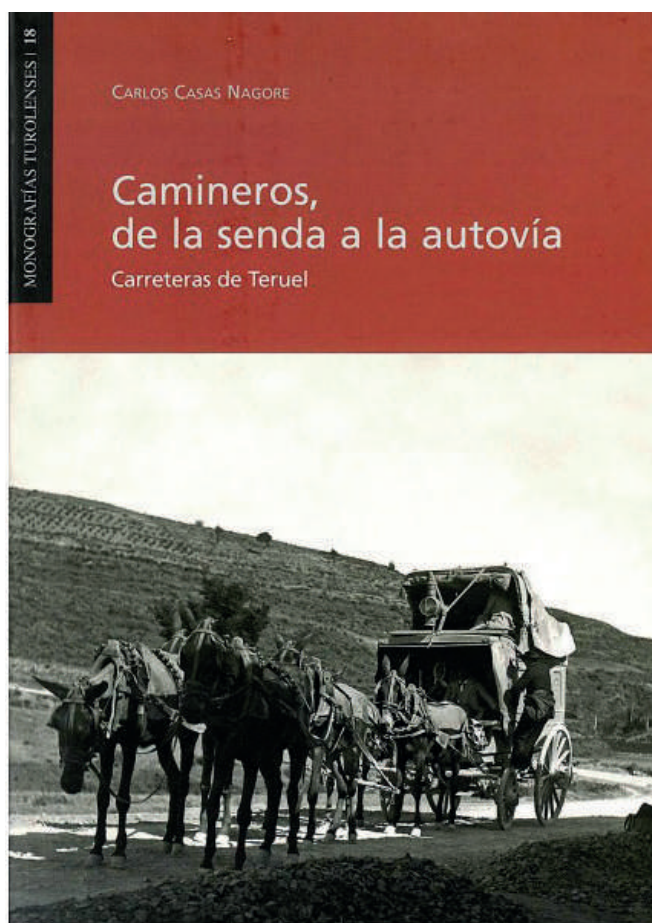
Desde cualquiera de estos puntos de vista, nos encontramos ante un libro didáctico, de fácil lectura y comprensión, que nos ayuda a entender la historia de España en general y de Teruel en particular, a partir de sus sendas, y terminando en las autovías actuales.

Sus personajes son los romanos, los visigodos, los árabes, los Cruzados, los Reyes Católicos, los Austrias, los Borbones, el Correo, la Guardia Civil, los Ingenieros militares, los Peones camineros, los actuales Ingenieros... que interaccionan con los materiales, la piedra, el macadam, el polvo del camino, con los medios de locomoción, las mulas, las tartanas, las diligencias, los automóviles... sin olvidar las postas, las ventas, los paradores, las casillas de camineros...

Un recorrido por la historia, desde el punto de vista carretero, que el propio Carlos resume así:

“ Pretende ser un homenaje a los camineros en un sentido amplio y recordar a todas aquellas personas que hicieron camino al andar, que trabajaron para que caminos y carreteras fueran mejores, que se esforzaron para conservarlos lo mejor posible y que los recorrieron a lo largo de los siglos”.

Propósito conseguido, próximo libro... imagina el futuro.



XI JORNADAS DE VIALIDAD INVERNAL



León, 14 al 16 de marzo de 2023

Durante los días 14, 15 y 16 de marzo se han celebrado en el Auditorio Ciudad de León, las “XI Jornadas Nacionales de Vialidad Invernal”.

Estas tradicionales Jornadas, que reúnen a los técnicos de las diversas Administraciones de carreteras y de las empresas de conservación, constituyen un foro de transferencia de conocimientos sobre los aspectos más significativos de vialidad invernal y la influencia de esta actividad en la movilidad segura de los ciudadanos.

Las ediciones anteriores se han celebrado, normalmente, con una periodicidad cuatrienal, y en el año siguiente a la celebración del Congreso Mundial de Vialidad Invernal de PIARC, a fin de poder recoger las nuevas tendencias en esta materia de ámbito mundial.

Las últimas Jornadas Nacionales de Vialidad Invernal tuvieron lugar en Santander en marzo de 2017, y en condiciones normales, estas XI Jornadas se habrían programado para el primer trimestre del año 2021. Sin em-

bargo, las restricciones que generó la pandemia del COVID-19, aconsejó retrasarlas. La alternativa de hacerlas de forma telemática no lograba alcanzar los objetivos, e incluso el Congreso Mundial de Vialidad Invernal, que se celebró de manera telemática, también se retrasó al inicio de 2022.

La vialidad invernal constituye una actividad de elevada importancia social y mediática, baste echar la vista atrás y recordar la presencia en medios de comunicación de las afecciones a la movilidad de los temporales

invernales. Por lo tanto, este tipo de foros, de análisis de experiencias, coordinación entre los agentes implicados, transmisión de conocimiento y de criterios de actuación, enriquecen y mejoran los planteamientos futuros

Estas Jornadas han sido promovidas por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, MITMA, y organizadas por el Comité Técnico de Vialidad Invernal de la ATC y por ACEX.

Los miembros del Comité Técnico que han formado parte del Comité Organizador son Rosendo Martínez Fernández, Félix Blanco Ruiz, Jorge Lucas Herranz, Marian Basurto Álvarez, José Carlos Valdecantos Álvarez, Pablo Sáez Villar, Lola García Arévalo y Luis Azcue Rodríguez.

El programa técnico ha recogido las líneas de actuación que está llevando a cabo el MITMA, y se ha enriquecido con las experiencias de otras Administraciones de carreteras, Autonómicas y Locales, sin olvidar la visión de los usuarios, la coordinación entre administraciones y la aportación de otros organismos y organizaciones como Protección Civil y la UME. Además, se ha prestado, una importante atención a las experiencias internacionales que, sin duda, han enriquecido la propia visión nacional. Todo ello, además, ha contado con la presencia de las últimas novedades de los equipos de vialidad invernal, en el hall del auditorio, donde se instalaron diferentes stands.

Durante las jornadas, se programaron dos actos sociales. El martes 14, se realizó una visita guiada a la catedral de León, una de las catedrales más importantes e impresionantes de España, que incluyó la interpretación de dos piezas musicales con el órgano de la Catedral. Por otro lado, el miércoles 15 se celebró una Cena Oficial en el Palacio de Exposiciones y Congresos de León.



Sesión inaugural, de izquierda a derecha, Pablo Sáez Villar, María González Corral, José Antonio Díez Díaz, Juan Pedro Fernández Palomino, y M^a Rosario Cornejo Arribas.

Martes 14 de marzo

SESIÓN INAUGURAL

El acto inaugural estuvo presidido por Juan Pedro Fernández Palomino, Director General de Carreteras del MITMA, María González Corral, Consejera de Movilidad y Transformación Digital de la Junta Castilla y León, José Antonio Díez Díaz, Alcalde del Ayuntamiento de León, María del Rosario Cornejo Arribas, Presidenta de la ATC y Pablo Sáez Villar, Presidente de ACEX.

El Alcalde de León, José Antonio Díez, inauguró las jornadas dando la bienvenida a los congresistas. Juan Pedro Fernández, Director General de Carreteras del MITMA, describió la Vialidad Invernal como un servicio silencioso e invisible, con disponibilidad plena, alta dedicación y donde no hay fronteras, cuyo éxito reside en la colaboración interadministrativa de la mano de las empresas de conservación y terminó haciendo mención al cambio necesario, proactivo y basado en la innovación.

A continuación, la consejera de Movilidad, María González Corral, reconoció la importancia del evento y lo adecuado de la elección de

este lugar para su celebración, siendo una comunidad muy extensa con condiciones climatológicas extremas, y destacando la temática de las jornadas como uno de los puntos más fuertes en la conservación de las carreteras de esta red autonómica. Después, intervino la presidenta de la ATC, María del Rosario Cornejo, destacando el trabajo de los responsables de las carreteras en los trabajos para el mantenimiento invernal. En la misma línea, Pablo Sáez, presidente de Acex, insistió en la importancia de los protocolos de coordinación y planes operativos de actuación previos a los temporales, en cada comunidad.

Tras la sesión inaugural comenzaron las sesiones técnicas divididas en áreas temáticas, comenzado por vialidad invernal en distintas redes de carreteras en España.

VIALIDAD INVERNAL EN DISTINTAS REDES DE CARRETERAS EN ESPAÑA

La **PRIMERA SESIÓN**, presidida por Juan Pedro Fernández Palomino Director General de Carreteras del MITMA, comenzaba con la intervención de Álvaro Navareño, Subdirector



La exposición técnica tuvo gran acogida por parte de los asistentes. Participaron Palfinger, Casli, Anzeve, Infonorte, Lagon Ruber, Bucher, Acciona, Remaqui, Iberica de Sales, Aebi Schmidt, Matinsa, Audeca, Sacyr, Serveo e Imesapi

General de Conservación de la Dirección General de Carreteras del MITMA, quién dio una visión global de la Vialidad Invernal en las carreteras de la Red del Estado en España y de la gestión de los trabajos para el mantenimiento de la vialidad.

A continuación, Ana Blanco, Subdirectora Adjunta de Circulación de la Dirección General de Tráfico en sustitución de Jorge Ordás, Subdirector General de Gestión de la Movilidad de la DGT expuso como se realiza la gestión del tráfico en condiciones de meteorología adversa en época invernal ahondando en las funciones de la DGT, medidas de gestión de tráfico, necesidad de información y sistemas de información en vialidad invernal.

Para finalizar la sesión, Jesús Puerta, Director General de Carreteras de la Junta Castilla y León, definió las líneas maestras del mantenimiento de la Vialidad Invernal en las Carreteras de la Junta de Castilla y León, destacando una de las últimas actuaciones realizadas en lo relativo a la sensorización de silos de sal, los depósitos de salmuera y las estaciones meteorológicas, dentro del Proyecto Territorio Rural Inteligente de la Junta de Castilla y León.

La **SEGUNDA SESIÓN** contó en la presidencia con Álvaro Navareño, Subdirector General de Conservación de DGC del MITMA.

La primera ponencia corrió a cargo de Belén Peña, Subdirectora General de Conservación de la Comunidad de Madrid y se centró en la gestión de la Vialidad Invernal en las carreteras de la Comunidad de Madrid, destacando la importancia que tiene la densidad media de población de la Comunidad de 847 habitantes por km² y la problemática del mantenimiento de los puertos de montaña de la red autonómica, tales como Navacerrada o Navafría.

La sesión continuó con Paloma Ortega, Jefa de Servicio de Carreteras de Granada de la Junta de Andalucía, con la gestión de la Vialidad Invernal en las carreteras de la Comunidad de la Junta de Andalucía, red con la singularidad de la estación de esquí de Sierra Nevada.

Seguidamente intervino Pedro Luis Soto, Jefe de la Sección de conservación de Comunidad Foral de Navarra, explicó como es la gestión de la Vialidad Invernal en las carreteras de la Comunidad Foral de Navarra, con especial dedicación al Puerto de Belagua.

Por la tarde en la **TERCERA SESIÓN**, presidida por José Vidal Corrales, Jefe de Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla León Occidental del MITMA, se inició con una mesa redonda en la que se trató la Gestión de la información al usuario en episodios invernales y en la que tomaron parte el propio José Vidal Corrales como moderador, Ana Blanco de la Dirección General de Tráfico, Pablo Sáez de ACEX, Roberto Fernández García de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil de León, Mario Arnaldo de la Asociación de Automovilistas, Orestes Serrano, Director y presentador de Seguridad Vial en Radio 5 (RNE-RTVE), Julio González Arias de la Junta de Castilla y León y Félix Blanco, Miembro del Comité de Vialidad Invernal C.2 de la ATC.

A continuación, tomó la palabra Lola García, secretaria del Comité C.2 de la ATC informando de las actuaciones del Comité nacional de Vialidad Invernal .

La jornada finalizó con una batería de comunicaciones libres coordinadas por Teodoro Ozarín, miembro del Comité de Vialidad Invernal de la ATC. Mercedes Saavedra Diéguez de Imesapi habló sobre buenas prácticas en la ejecución de los trabajos de vialidad invernal, Jerónimo Gamallo Cabo de Serveo sobre los resultados de la aplicación del sistema MDSS en la gestión de los tratamientos preventivos, Antonio Comes Benac de Abertis sobre el proyecto de innovación consistente en el desarrollo de una herramienta de ayuda a la decisión para la realización de tratamientos preventivos en una vía de alta capacidad, Jose Luis Rodriguez Rodriguez de Audeca sobre agentes agresivos para las estructuras en vialidad invernal y actuaciones de prevención y conservación posibles, Álvaro Duarte de Acciona Mantenimiento sobre el sistema inteligente de predicción meteorológica Microweather, Henar Gómez de Merodio Perea de Accio-

na sobre el usos de nanomateriales en vialidad invernal, Anna Leal Bosh de Sorigué sobre la digitalización con metodología GIS para la planificación y el seguimiento de los trabajos de los camiones quitanieves y, para finalizar, Álvaro López Campuzano de Autoescuelas Gala sobre la formación de operadores de quitanieves.

Miércoles 15 de marzo

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA APLICADA EN LA GESTIÓN DE LA VIALIDAD INVERNAL

Comienza la segunda jornada con la **CUARTA SESIÓN** presidida por Paula Pérez, Subdirectora Adjunta de Conservación de la DGC del MITMA.

En la primera ponencia, Luis Azcue de la Subdirección General de Conservación de la DGC del MITMA, habló sobre los criterios a tener en cuenta en la ejecución de trabajos para el mantenimiento invernal en las carreteras de la Red del Estado.

A continuación, José Francisco Sánchez Cimiano de la D.C.E en Cantabria (DGC. MITMA) expuso la experiencia piloto que se está llevando a cabo en la A-67 con el empleo de acetatos en el viaducto de Cañeda.

En la siguiente ponencia, José Ignacio Hervás, director I+D en API Movilidad, en sustitución de Jaime López-Cuervo de la Demarcación de Carreteras del Estado en Madrid, (DGC, MITMA) detalló las primeras conclusiones del proyecto piloto para contrastar diferentes sistemas de medida de concentración de fundentes en calzada, que acaba de comenzar.

Con posterioridad, Rosendo Martínez, Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cantabria, mostró los avances del proyecto piloto en el que se aplican sistemas in-



Cuarta Sesión, con la participación de Paula Pérez, Luis Azcue, José Francisco Sánchez Cimiano, Rosendo Martínez, Julio Termenón, Ángel Rodríguez y José Ignacio Hervás

teligentes para la determinación de la transitabilidad en nevadas.

Julio Termenón del Centro de Estudios del Transporte del CEDEX, fue el siguiente ponente y en su intervención pudimos conocer el estudio que está previsto realizar para la caracterización de fundentes empleados en carreteras y su afección al pavimento y al medio ambiente.

La sesión finalizó con Ángel Rodríguez, Jefe del Departamento de Mantenimiento y Vialidad de Aucalsa, exponiendo las particularidades de la vialidad invernal en las autopistas de alta montaña como la AP-66.

VIALIDAD INVERNAL DESDE EL PUNTO DE OTRAS ORGANIZACIONES

La **QUINTA SESIÓN** que estuvo presidida por Jesús Puerta, Director General de Carreteras de la Junta de Castilla y León, se centró en la perspectiva de otras organizaciones en relación con la vialidad invernal. La primera ponencia fue presentada por José Ignacio Villarino Barrera de la AEMET, quien explicó el funcionamiento de las predicciones meteorológicas aplicadas al mantenimiento invernal, con un enfoque particular en la vigilancia invernal del asfalto en superficie mediante la herramienta MeteOVías.

La sesión continuó con Rubén Sande, Jefe de la Unidad de Protección Civil de la Delegación del Gobierno en Castilla y León que revisó principalmente los protocolos de actuación de los servicios de Protección Civil de la Administración General del Estado.

La siguiente ponente fue María José Fernández Rodríguez, Técnico del Centro Coordinador de Emergencias de la Junta de Castilla y León que revisó las actuaciones de los servicios regionales de Protección Civil en vialidad invernal en las carreteras de la Red del Estado.

Con posterioridad, el Comandante Vicente Pujante, Jefe de área de Operaciones e Inteligencia del BIEM V habló sobre los mecanismos de activación de recursos extraordinarios (UME) de la Administración General del Estado en vialidad invernal en las carreteras de la Red del Estado.

Agustín Nogal Villanueva, Jefe de Gestión de servicios de la Diputación de León, fue el siguiente ponente y

en su intervención pudimos conocer cómo se gestionan las actuaciones de la Diputación de León para el mantenimiento invernal en las carreteras provinciales.

La sesión de la mañana finalizó con la presentación de Olivia Lombrana, Subdirectora de Limpieza y Equipamiento de la D.G.S. de Limpieza y Residuos del Ayuntamiento de Madrid, quien compartió cómo se realiza la gestión del mantenimiento invernal en una gran ciudad como Madrid.

Por la tarde, se llevó a cabo una demostración de maquinaria coordinada por Marian Basurto, Miembro del Comité de Vialidad Invernal de la ATC y Francisco García de ACEX, que se ubicó en el exterior del Auditorio.

Jueves 16 de marzo

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN LA GESTIÓN DE LA VIALIDAD INVERNAL

El segundo día de jornadas comenzó con la **SEXTA SESIÓN** presidida por José Carlos Valdecantos, Secretario Hispanohablante del Comité de VI de la PIARC.

Se realizó una conexión telemática vía web con Mustafa Masi Nanyem, Director de la Agencia Estatal de Restauración y Desarrollo de la Infraestructura del Gobierno de Ucrania quien dio su impactante testimonio de cómo gestionar el mantenimiento de la vialidad en general, en un país inmerso en un tremendo conflicto armado. Posteriormente, Maksym Baranov, Director de Proyectos Internacionales, en Automagistral, la autopista del sur de Ucrania profundizó en la cuestión.

A continuación, Rini Donker, del Ministerio de Infraestructura y gestión del agua en Países Bajos, expuso como se realizan los trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal

en los Países Bajos, incidiendo en la importancia de los tratamientos preventivos en su país.

Álvaro Duarte, Director de desarrollo de Acciona Mantenimiento de Infraestructuras, explicó la gestión de contratos de mantenimiento de carreteras por indicadores con la aplicación de nuevas tecnologías, en relación con la Vialidad Invernal. (Experiencia en British Columbia, Canadá)

La sesión finalizó con la intervención de Björn Zachrisson en representación del Ayuntamiento de Gotemburgo, que detalló la experiencia Europea en el mantenimiento invernal en áreas urbanas con nuevos sistemas de movilidad en Gotemburgo (Suecia).

La **SÉPTIMA SESIÓN**, presidida por Jorge Lucas, Vicepresidente de la ATC, comenzaba con la intervención de Daniel Pacios Ferrero, Jefe de



La demostración de maquinaria suscito gran interes entre los congresistas.



Maksym Baranov durante su intervención en la Sexta Sesión, presidida por José Carlos Valdecantos y en la que también participaron Rini Donker, Álvaro Duarte y Björn Zachrisson



Luis Azcue, ponente general de las Jornadas, exponiendo las conclusiones.

Conservación de Superstrada Pedemontaña Veneta SPV quien habló de las experiencias en Vialidad Invernal en Italia en particular de la Autopista de peaje “Superstrada Pedemontana Veneta, SPV”, gestionada por el consorcio SIS (SACYR-INC-SIPAL).

David Palmitjavila responsable del Área de Conservación y Explotación COEX del Principado de Andorra, presentó cómo es la vialidad invernal en carreteras de alta demanda de tráfico en Andorra.

La sesión concluyó con la presentación de un resumen de los avances y comunicaciones presentadas en el Congreso Internacional de Vialidad Invernal en Calgary, que se celebró del 8 al 12 de febrero de 2022, por parte de José Carlos Valdecantos, secretario hispanohablante del Comité de VI de la PIARC.

La última sesión de las jornadas, la **OCTAVA SESIÓN**, contó con la presidencia de Rosario Cornejo, Presidenta de la ATC, quién dio paso a Miguel Caso, Secretario Técnico de PIARC que presentó el nuevo ciclo del Comité Internacional de Vialidad Invernal.

La sesión finalizó con la intervención de Luis Azcue quién resumió las



Acto de clausura de las Jornadas, de izquierda a derecha, Pablo Sáez, Presidente de ACEX, Rosario Cornejo, Presidenta de la ATC y Jesús Puerta, Director General de Carreteras de la Junta Castilla y León

conclusiones de las estas jornadas, que se han caracterizado por su intensidad, por el alto nivel técnico de las ponencias y la elevada e importante participación de técnicos relacionados con el sector. Todo ello ha permitido alcanzar el objetivo fundamental de este tipo de acontecimientos, como es el intercambio y la difusión de conocimientos en una actividad tan específica como es el mantenimiento de la vialidad en época invernal.

En el **ACTO DE CLAUSURA** de las Jornadas, participaron Jesús Puerta, Director General de Carreteras de la Junta Castilla y León, Rosario Cornejo, Presidenta de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) y Pablo Sáez, Presidente de la Asociación de Empresa de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX).

La realización de estas jornadas ha sido posible gracias a la inestimable colaboración de los ponentes y presidentes de cada una de las ocho sesiones en las que se ha dividido el acto, a los patrocinadores de las Jornadas (Autopistas Abertis, Acciona, Aucalsa, Audeca-Tecyrsa-Seconca, Api Movilidad, Collosa, Elsan, Innovia, Probisa, Schmidt, Sorigué y Villar) y por supuesto a todos y cada uno de los miembros del Comité de Vialidad Inver-

nal de la ATC, sin cuya participación y colaboración no hubiera sido posible la organización de estas jornadas:

- Vicente Ariño Peñalver
- Luis Ayres Janeiro
- Marian Basurto Alvarez
- Félix Blanco Ruíz
- Indalecio Candel González
- Lola García Arévalo
- Ignacio García Cavero
- Manuel García Gutiérrez
- Francisco García Sánchez
- Jerónimo Gamallo De Cabo
- Diego Herreros Lagua
- María Ángeles Jiménez Rufino
- Miguel Justo Fernández
- Raúl López Lázaro
- Jorge Enrique Lucas Herranz
- Víctor Llamazares Fernández
- Oscar Martín Sanz
- Rosendo Martínez Fernández
- Teodoro Ozarín García
- Belén Peña Sanz
- Angel Rodríguez Espina
- Rafael Rodríguez López
- Juan Román Pavón
- Pablo Sáez Villar
- Miguel Torrens Recellado
- José Carlos Valdecantos Álvarez
- Juan Zamorano Martín ❖

Simposio Nacional de Firmes

SNF2023

Valencia, 18 al 20 de abril de 2023

En 2018, la Asociación Técnica de Carreteras recogió la bandera de los congresos técnicos de firmes después de muchos años sin que los profesionales del sector hubieran podido reunirse para presentar sus avances, contrastar opiniones y debatir aquellas cuestiones que no solo afectan al sector en sí mismo, sino que repercuten de forma notable en el resto de la sociedad a la que sirven, dentro de un entorno objetivo y libre en el que manifestarse. Algo más de cuatro años después, tras un periodo en el que la sociedad se ha visto convulsionada por fenómenos de gravedad inusitada, la Asociación vuelve a convocar el II SIMPOSIO NACIONAL DE FIRMES, con el mismo espíritu y voluntad de entonces, pero con una situación en la que urge dar respuestas a los retos ya expuestos en aquella ocasión y a las nuevas situaciones creadas por la pandemia y los conflictos bélicos que se superponen a la imparable evolución del cambio climático.

Así, la sostenibilidad, la crisis energética, la escasez de materias primas y la inflación son ahora protagonistas de la nueva situación mundial que frena el proceso de globalización que tan imparable parecía.

Ante esta situación, este II SIMPOSIO NACIONAL DE FIRMES se convoca teniendo como referencia lo que, desde las Jornadas de firmes celebradas en abril de 2021, se ha dado en llamar EL NUEVO ENFOQUE EN EL DI-



y que amplía los requisitos tradicionales que debían cumplir éstos, con los de SOSTENIBILIDAD, RESILIENCIA Y CONECTIVIDAD.

Bajo el lema de “La respuesta de los firmes al Nuevo Enfoque: sostenibilidad y eficiencia”, el objetivo del SIMPOSIO es procurar un espacio común en el que los profesionales del sector puedan debatir aquellas soluciones que tengan como guía los nuevos requisitos ya expuestos, que permitan reducir las afecciones al medio ambiente, especialmente la emisión de gases de efecto invernadero, el aprovechamiento de los materiales al final de su vida útil, lo que ahorrará el consumo de materiales vírgenes y favorecerá la economía circular, el empleo de tecnologías que reduzcan las necesidades de energía, la aplicación de soluciones más resilientes, con

el uso de las nuevas tecnologías de la comunicación que permitirán la optimización de los recursos.

Mucho ha sido el trabajo desarrollado en los últimos cuatro años en todos los frentes abiertos y en el presente simposio se va a presentar cómo el sector, incluyendo las actividades de I+D+i, se encuentra preparado para dar respuestas a todos los interrogantes anteriores, ofertando soluciones adaptadas a cada situación en función del tipo de carretera, tráfico y entorno con el objetivo de la sostenibilidad y resiliencia como meta.

Se anima a todo el colectivo de profesionales, ingenieros y técnicos relacionados con el sector a participar en su desarrollo y a contribuir con su experiencia al avance sostenible y resiliente del diseño y construcción de firmes.

www.sites.google.com/view/snf2023

XXVII Congreso Mundial de la Carretera de PIARC

“Juntos de nuevo en la carretera”

Praga, 2-6 de octubre de 2023

Desde su creación, PIARC ha tomado la iniciativa de reunir a la comunidad mundial de la carretera en sus congresos para compartir conocimientos y experiencias y estrechar lazos entre su variado grupo de miembros. Aunque el Plan Estratégico dirige y orienta las actividades de PIARC durante un ciclo determinado, su principal objetivo de la cooperación internacional y la transferencia de tecnología se ha mantenido siempre.

Durante este ciclo, el Plan Estratégico ha comprendido, entre otros, cuatro temas, en concreto:

- Administración de carreteras;
- Movilidad;
- Resiliencia de la infraestructura y ARROW- RIGHT
- Seguridad y sostenibilidad.

El programa del Congreso incluye la presentación de los resultados del trabajo realizado por los 24 comités y grupos de trabajo de PIARC, así como varias sesiones y talleres especializados sobre temas de interés actuales y en el futuro y una gran exposición en la que las administraciones de carreteras, proveedores de equipos y servicios, consultores y organizaciones relacionadas con la carretera estarán presentes para compartir sus opiniones sobre la situación y el futuro de las carreteras y el del transporte por carretera.

Están invitados expertos del mundo entero, investigadores y profesionales, a presentar artículos en respuesta a nuestra convocatoria y presentar sus puntos de vista sobre las mejores prácticas en el sector de la carretera sobre los aspectos sociales, técnicos y económicos.



El Congreso Mundial de la Carretera verá el retorno a los eventos presenciales y a nosotros, los profesionales del sector de la carretera nos proporcionará una oportunidad única de debatir la información sobre las tendencias actuales y desafíos en las carreteras y los transportistas de carreteras del mundo entero.

El evento presentará las tendencias y tecnologías más modernas del transporte en carretera y contará con la participación de 3 000 a 5 000 delegados, principalmente del extranjero. Durante la reunión de Praga, a su vez, tendrá lugar la llamada reunión ministerial de todos países miembros de la Asociación, es decir, casi 130 países y compartirán sus observaciones y desafíos en la modernización de su estructura nacional de carreteras.

www.wrc2023prague.org/es/

Composición de la Junta Directiva de la ATC

PRESIDENTE: - D.ª María del Rosario Cornejo Arribas

CO-PRESIDENTES DE HONOR: - D. Juan Pedro Fernández Palomino
- D. Pere Navarro Olivella

VICEPRESIDENTES: - D. Álvaro Navareño Rojo
- D.ª Mª del Carmen Picón Cabrera
- D. Jorge Enrique Lucas Herranz
- D. Pedro Gómez González

TESORERO: - D. Pablo Sáez Villar

SECRETARIO: - D. Alberto Bardesi Orúe-Echevarría

DIRECTOR: - D. Alberto Bardesi Orúe-Echevarría

VOCALES:

- Designados por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana:
 - D. Miguel Ángel Bermúdez Odriozola
 - D.ª María Rosario Cornejo Arribas
 - D. Javier de las Heras Molina
 - D. Ángel García Garay
 - D. Álvaro Navareño Rojo
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
 - D.ª Ana Isabel Blanco Bergareche
 - D.ª Sonia Díaz de Corcuera Ruiz de Oña
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
 - D. Felipe Cobo Sánchez
 - D. Ramón Colom Gorgues
 - D. José Luis Gochicoa González
 - D. David Merino Rueda
 - D. David Prat Soto
 - 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 Ana de Diego Villalón
 - D.ª Laura Parra Ruiz
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
 - D. Rodrigo Miró Recasens
 - D. Manuel Romana García
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
 - D. Antonio Belmonte Sánchez
 - D. Bruno de la Fuente Bitaine



- Representantes de las empresas de consultoría:
 - D. Alfonso Alba Ripoll
 - D. José Luis Mangas Panero
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
 - D. Sebastián de la Rica Castedo
 - D. Francisco José Lucas Ochoa
 - D. Juan José Potti Cuervo
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
 - D. Camilo José Alcalá Sánchez
 - D. Jorge Enrique Lucas Herranz
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
 - D. Pablo Sáez Villar
- Representante de los laboratorios acreditados
 - D. Alonso Pérez Gómez
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
 - D. Alfredo García García
 - D.ª Anna Paris Madrona
 - D. Rafael Ángel Pérez Arenas
 - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
 - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
 - D. Pedro Gómez González
 - D.ª Mª del Carmen Picón Cabrera

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*

PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y TRÁFICO

- 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

- Presidente *D. Vicente Vilanova Martínez-Falero*
- Presidente Adjunto *D.ª Paula Pérez López*
- Secretario *D. Pablo Sáez Villar*

FIRMES DE CARRETERAS

- Presidente *D. Francisco Javier Payán de Tejada González*
- Secretario *D. Francisco José Lucas Ochoa*

DOTACIONES VIALES

- Presidente *D. Carlos Azparren Calvo*
- Secretario *D. Emiliano Moreno López*

PUENTES DE CARRETERAS

- Presidente *D. Álvaro Navareño Rojo*
- Secretario *D. Gonzalo Arias Hofman*

GEOTECNIA VIAL

- Presidente *D. Álvaro Parrilla Alcaide*
- Secretario *D. Manuel Rodríguez Sánchez*

SEGURIDAD VIAL

- Presidente *D. Roberto Llamas Rubio*
- Secretaria *D.ª Ana Arranz Cuenca*

CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE

- Presidente *D. Antonio Sánchez Trujillano*
- Secretaria *D.ª Laura Crespo García*

CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

- Presidente *D. Andrés Costa Hernández*
- Secretaria *D.ª María del Mar Colas Victoria*

Socios de la ATC

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

- **Socios de número:**
 - Socios de Honor
 - Socios de Mérito
 - Socios Protectores
- **Socios Colectivos**
- **Socios Individuales**
- **Otros Socios:**
 - Socios Senior
 - Socios Júnior

Socios de Honor

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

2013 - D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA
 2013 - D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO
 2013 - D.ª MERCEDES AVIÑÓ BOLINCHES
 2014 - D. FEDERICO FERNANDEZ ALONSO
 2014 - D. JUSTO BORRAJO SEBASTIÁN
 2014 - D. JESÚS RUBIO ALFÉREZ
 2014 - D. JESÚS SANTAMARÍA ARIAS
 2015 - D. ENRIQUE DAPENA GARCÍA
 2015 - D. ROBERTO LLAMAS RUBIO
 2015 - D. FÉLIX EDMUNDO PÉREZ JIMÉNEZ
 2017 - D. VICENTE VILANOVA MARTÍNEZ-FALERO
 2017 - D. ÁNGEL GARCÍA GARAY
 2018 - D. LUIS AZCUE RODRÍGUEZ
 2018 - D. FERNANDO PEDRAZO MAJÁRREZ
 2019 - D. ÓSCAR GUTIÉRREZ-BOLIÍVAR 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

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

Socios Protectores y Socios Colectivos

Administración General del Estado

- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MITMA
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. MINISTERIO DEL INTERIOR
- SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA. MITMA

Comunidades Autónomas

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

Ayuntamientos

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

Diputaciones Forales, Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consells

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

Colegios Profesionales y Centros de investigación y formación

- INSTITUTO CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
- 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 ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, ASEFMA
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE ÁMBITO NACIONAL, SEOPAN
- ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS, ATEB
- FORO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL TRANSPORTE, ITS ESPAÑA
- FUNDACIÓN REAL AUTOMÓVIL CLUB DE CATALUÑA, RACC

Sociedades Concesionarias

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

Empresas

- 3M ESPAÑA, S.L.
- A. BIANCHINI INGENIERO, S.A.
- ABALDO COMPAÑIA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN, S.A.
- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- ACEINSA MOVILIDAD, S.A.
- AECOM INOCSA, S.L.U.
- A.E.R.C.O., S. A. SUCURSAL EN ESPAÑA
- AGUAS Y ESTRUCTURAS, S.A. (AYESA)
- ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A.
- ALAUDA INGENIERÍA, S.A.
- ALUMBRADOS VIARIOS, S. A.
- ALVAC, S.A.
- AMIANTIT ESPAÑA S.A.U.
- ANCADE
- ANTER
- API MOVILIDAD, S.A.
- APPLUS NORCONTROL S.L.
- AQUATERRA SERVICIOS INFRAESTRUCTURAS S.L.
- ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.
- ASFALTOS Y PAVIMENTOS, S.A.
- ASIMOB S.L.
- AUDECA, S.L.U.
- BARNICES VALENTINE, S.A.U.
- BECSA, S.A.U.
- BENITO ARNÓ E HIJOS, S.A.U.
- BETAZUL, S.A.
- CAMPEZO OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.
- CEPESA COMERCIAL PETROLEO, S.A.
- CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- CINTRA SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- COMSA INSTALACIONES Y SISTEMAS INDUSTRIALES, S.L.U.
- CONSERVACIÓN INTEGRAL VIARIA, S.L. (CONSVIA)
- CONSTRUCCIONES MAYGAR, S.L.
- CONSTRUCCIONES SARRIÓN, S.L.
- CORSAN - CORVIAM, CONSTRUCCIÓN, S.A.
- CPS INFRAESTRUCTURAS MOVILIDAD Y MEDIOAMBIENTE, S.L.
- CTS BITUMEN GMBH
- CYOPSA - SISOCIA, S.A.
- DILUS, INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS, S.A.
- DINÁMICAS DE SEGURIDAD, S.L.
- DRACE GEOCISA, S.A.
- DRAGADOS, S.A.
- DRIZORO, S.A.U.
- EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS GESTIÓN Y DESARROLLO, S.L.
- ELSAMEX GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.L.
- EMPRESA DE MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA M-30, S.A. (EMESA)
- ESTEYCO, S.A.
- ETRA ELECTRONIC TRAFIC, S.A.
- ESTRUCTURAS TÉCNICAS Y SERVICIOS DE REHABILITACIÓN, S.L. (ETYSER)
- FCC CONSTRUCCIÓN, S.A.
- FERROSER INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- FERROVIAL AGROMÁN, S.A.
- FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.
- FIXALIA ELECTRONIC SOLUTIONS, S.L.
- FREYSSINET, S.A.
- GECOCSA, GENERAL DE CONSTRUCCIONES CIVILES, S.A.
- GEOCONTROL, S.A.
- GIRDER INGENIEROS, S.L.P.
- GIVASA S.A.
- GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
- GRUPO ALDESA S.A.
- HIDRODEMOLICIÓN, S.A.
- HUESKER GEOSINTÉTICOS, S.A.
- IDEAM, S.A.
- IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE, S.A.U.
- IKUSI, S.L.U.
- IMPLASER 99, S.L.L.
- INCOPE CONSULTORES, S.L.
- INDRA SISTEMAS, S.A.
- INECO, INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A.
- INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
- INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A. (INECO)
- INGENIERÍA ESPECIALIZADA OBRA CIVIL E INDUSTRIA S.A.
- INGENIERIC S.L.
- INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
- INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.
- INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, S.A.U.
- J. A. ROMERO POLO S. A.
- KAO CORPORATION, S.A.
- KAPSCH TRAFFICCOM TRANSPORTATION S.A.U.
- LANTANIA, S.A.U.
- LGAI TECHNOLOGICAL CENTER, S.A.
- LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.
- MATINSA, MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- MASTER BUILDERS SOLUTIONS ESPAÑA, S.L.U.
- OBRAS HERGÓN, S.A.U.
- OPTIMASOIL S.L.
- ORION REPARACION ESTRUCTURAL, S.L.
- ORYX OBRAS Y SERVICIOS, S.L.
- PADECASA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
- PAVIMENTOS BARCELONA, S.A. (PABASA)
- PINTURAS HEMPEL, S.A.U.
- PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
- PROES CONSULTORES, S.A.
- PROINTEC, S.A.
- PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U.
- RAUROSZM.COM, S.L.
- REPSOL LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES, S.A.
- RETINEO, S.L.
- SACYR CONSERVACIÓN, S.A.
- SACYR CONSTRUCCION, S.A.
- S.A. DE GESTIÓN DE SERVICIOS Y CONSERVACIÓN (GESECO)
- S.A. DE OBRAS Y SERVICIOS (COPASA)
- SENER, INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A.
- SEÑALIZACIONES VILLAR, S.A.
- SERBITZU ELKARTEA, S.L.
- SISTEMAS Y MONTAJES INDUSTRIALES, S.A.
- SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
- SODECA, S. L. U.
- SGS TECNOS, S.A.
- SORIGUE, S.A.
- TALLERES ZITRÓN, S.A.
- TECLIVEN, S.L.
- TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPASA)
- TECNIVIAL, S.A.
- TEKIA INGENIEROS, S.A.
- TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.
- TPF GETINSA EUROESTUDIOS, S.L.
- TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
- ULMA C Y E, SOCIEDAD COOPERATIVA
- VISEVER, S.L.
- VSING INNOVA 2016, S.L.
- ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

Socios Individuales, Senior y Junior

Personas físicas (92) 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.

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

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

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

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

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

PORTADA RUTAS:

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



www.atc-piarc.com/rutas

Forma de pago:

Domiciliación bancaria CCC nº _____
 Transferencia al numero de cuenta: 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa NIF

Dirección Teléfono

Ciudad C.P. e-mail

Provincia País

Fecha Firma

“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en

www.atc-piarc.com



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

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

PAVE, PERFORM, COLOR, ADVANCE e ISOLATE.

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



REPSOL

Inventemos el futuro



Repsol Compromiso
Cero Emisiones Netas
2050



Descubre más
aquí