

## ENTREVISTA



**Camino Arce Blanco**  
Subdirectora General de Construcción  
Dirección General de Carreteras del MITMA

## RUTAS TÉCNICA

**El Dominio de Diseño Operativo para los Vehículos Automatizados**

**La norma ISO 39001 y su implantación en las empresas de conservación y explotación de carreteras**

**El Proyecto DRAIN: plataforma para la gestión optimizada de sistemas de drenaje en el mantenimiento de carreteras**

## CULTURA Y CARRETERA

**Los Juegos Olímpicos de Tokio 2020 (2021) y la carretera**

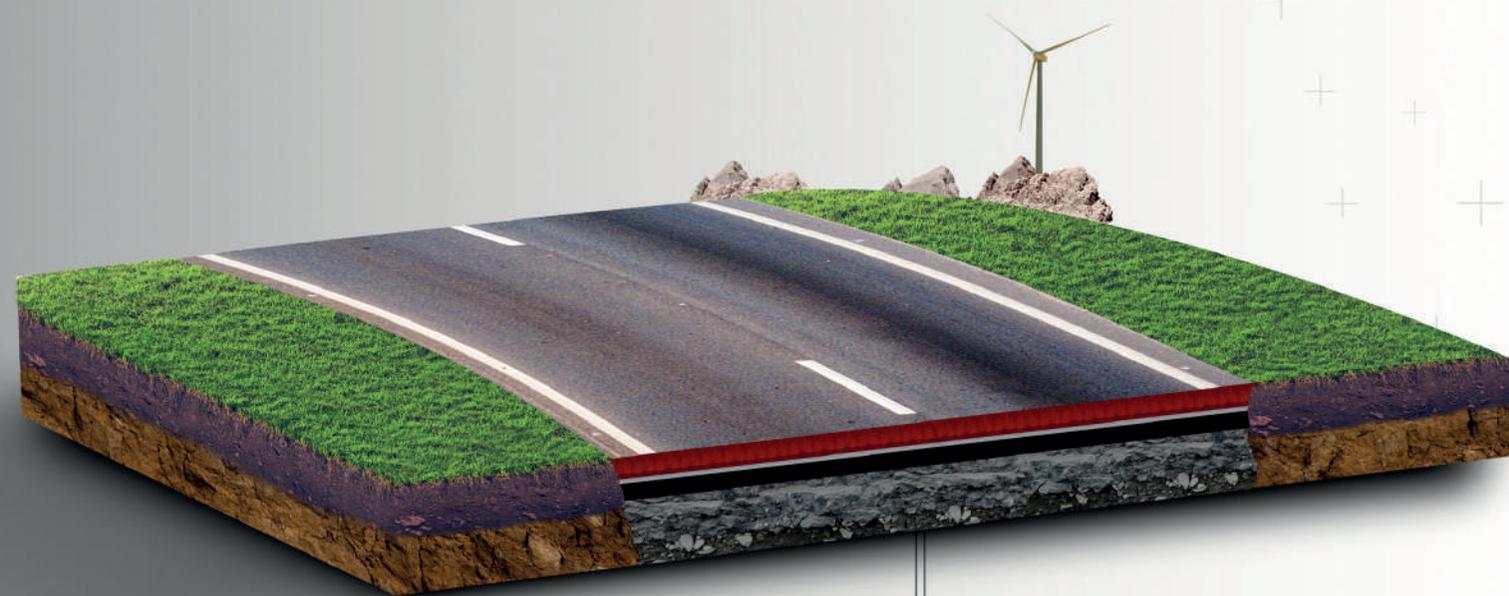




# DESCUBRE LA GAMA DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Gracias a las **mejoras en la Gama de Emulsiones de Cepsa**, disfruta de soluciones específicas para cada aplicación y optimiza las prestaciones de cada tratamiento.

INFÓRMATE EN [cepsa.es/asfaltos](http://cepsa.es/asfaltos)



Riegos de adherencia  
Otros riegos auxiliares  
Microaglomerados y Lechadas  
Mezclas templadas

Riegos de adherencia termoadherente  
Tratamientos superficiales con gravilla  
Mezclas bituminosas en frío  
Reciclados con emulsión

**CEPSA**

*Tu mundo, más eficiente.*

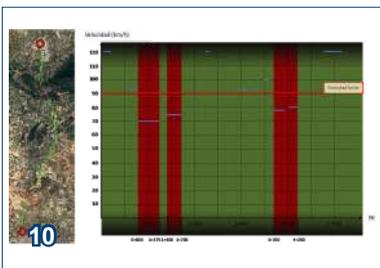


**Tribuna Abierta**

- 03 La carretera, Infraestructura esencial. La conservación, servicio público**  
Pablo Sáez Villar

**Entrevista**

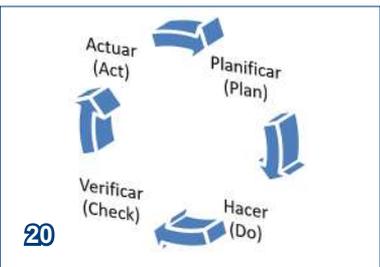
- 05 Camino Arce Blanco**  
Subdirectora General de Construcción. Dirección General de Carreteras del MITMA



**Rutas Técnica**

- 10 El Dominio de Diseño Operativo para los Vehículos Automatizados**  
*The Operational Design Domain for Automated Vehicles*  
Alfredo García, Francisco Javier Camacho Torregrosa y David Llopis Castelló

- 20 La norma ISO 39001 (sistema de gestión de la seguridad vial) y su implantación en las empresas de conservación y explotación de carreteras. Un reto y los beneficios que se derivan**  
*The ISO 39001 standard (Road Safety Management System) and its implementation in conservation companies and road operation. A challenge and benefits that are derived*  
Comité Técnico de Seguridad Vial de la ATC



- 33 El Proyecto DRAIN: una plataforma para la gestión optimizada de sistemas de drenaje en el mantenimiento de carreteras**  
*The DRAIN Project: a platform for optimal management of drainage systems in road maintenance works*  
José Manuel Baraibar

**Cultura y Carretera**



- 42 Los Juegos Olímpicos de Tokio 2020 (2021) y la carretera**  
Álvaro Parrilla Alcaide

**ATC**

- 48 XVI Jornadas de Conservación de Carreteras**  
“La carretera: Infraestructura Esencial”
- 54 Jornada Técnica Carreteras 2+1, una movilidad más segura**
- 62 La ATC entrega sus distinciones Socios de Honor y Mérito, Premio “Enrique Balaguer, abriendo caminos” y las medallas a la Aportación Técnica a la Carretera**
- 69 Junta Directiva, Comités Técnicos y Socios de la ATC**



## Edita:

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

## Comité Editorial:

### Presidenta:

M<sup>a</sup> del Rosario Cornejo Arribas Presidenta de la Asociación Técnica de Carreteras (España)

### Vicepresidente Ejecutivo:

Oscar 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, MITMA (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)
Fernando Varela Soto	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (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 Firmes de Carreteras
Fernando Pedraza 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.



# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Fotografía de portada:  
Montaje de José Luis Gracia Arellano

Nº 189 OCTUBRE - DICIEMBRE 2021

## LA CARRETERA, INFRAESTRUCTURA ESENCIAL. LA CONSERVACIÓN, SERVICIO PÚBLICO

**Pablo Sáez Villar**

*Presidente de ACEX*

Quién nos iba a decir que viviríamos una pandemia mundial, que estaríamos confinados tres meses y que, tan solo unos meses después, tendríamos que hacer frente a un temporal sin precedentes, como Filomena y la erupción de un volcán en nuestro país... Desde luego, resiliencia, ese vocablo que tan de moda está, no nos ha faltado. Más predecible, eso sí, es que, en todos estos episodios excepcionales, la carretera se ha vuelto a poner en valor y ha demostrado su carácter de infraestructura esencial como, con gran acierto, rezaba el lema de las XVI jornadas de conservación y explotación de carreteras, celebradas el pasado mes de octubre en Sevilla. Nuestras carreteras son primordiales para asegurar la movilidad, el abastecimiento, el acceso de los servicios de emergencia... y, de igual forma, una vez más, la conservación de nuestras vías ha demostrado su naturaleza de servicio público.

Esta actividad, la conservación y mantenimiento de carreteras, es fundamental si queremos circular por unas carreteras seguras, como seguras han de ser también para los operarios de conservación, que realizan su trabajo en ellas, con tráfico abierto. La recuperación de la intensidad de tráfico, con la vuelta a la normalidad después del confinamiento, y el mantenimiento de velocidades de circulación elevadas están generando un incremento en el número de accidentes de operarios de conservación. Según los datos recogidos en ACEX, suministrados por nuestras empresas asociadas o recogidos de notas

de prensa, es decir, no oficiales, en 2019 registramos 13 accidentes, en 2020, un año excepcional, marcado por el confinamiento y las restricciones a la movilidad, registramos 6 y en lo que llevamos de 2021, se elevan a 28 accidentes (7, 4 y 8 operarios fallecidos respectivamente en estos años).

Ante esta situación, Acex ahondando en su compromiso con la seguridad en el sector de la conservación de carreteras, ha solicitado a la Dirección General de Tráfico a la creación de una nueva “señal provisional” que se identifique con la presencia de personas trabajando, al considerar que, la actual señal TP-18, que muestra la imagen de un operario, se interpreta por el conductor como “peligro por obras o zona de obras”, no por la presencia de personas en la vía. Pero la DGT que, por otra parte, realiza una labor encomiable trabajando por nuestra seguridad, argumenta que ya existen señales específicas de advertencia de obras y considera inconsistente con los principios de la normativa vigente sobre señalización de obras, que fundamenta la protección de usuario y trabajadores en las medidas físicas de señalización y balizamiento de la zona de trabajo, y no en el mantenimiento por parte de los usuarios de una distancia de seguridad. Sin embargo, desde la asociación estimamos oportuna la creación de esta señal, con el objetivo de llamar la atención de los conductores para que reparen, específicamente, en la presencia de los operarios, que realizan una labor muchas veces invisible

pero absolutamente necesaria y, en consecuencia, moderen su velocidad.

Otro aspecto fundamental de nuestras carreteras es su financiación, con la que tan a vueltas estamos últimamente. La conservación de nuestras carreteras es la única herramienta que permite asegurar la movilidad de los ciudadanos —más aún en las zonas de la España vaciada—, de ahí su importancia para garantizar la competitividad del país, ya que el 94% de las mercancías se distribuye por carretera, siendo imprescindible para la mejora de la seguridad vial. Por tanto, se debe priorizar y asegurar, la existencia de inversiones suficientes para poder conservar y mantener la totalidad de las redes de carreteras de España, mediante viñeta, peaje por uso o vía presupuestaria.

La viñeta tiene una implantación sencilla, menor dependencia tecnológica y, por tanto, menor coste y, además, potencialmente, podría aplicarse al conjunto de todas las carreteras del país. Quiero repetir aquí las palabras que dije en las XVI jornadas de conservación, si hoy se avanza en un modelo de financiación de carreteras no presupuestario y en dicho modelo no se incluye el conjunto de TODAS las redes de carreteras, el error aparecerá recogido en los libros de texto de todas las escuelas de ingeniería de caminos de España dentro de unos años. Sería un error histórico, como el que se cometió en el siglo XIX al olvidarse de las mercancías en la red de ferrocarriles, de esos polvos estos lodos y por ello el 95% de las

mercancías en España se transportan hoy por carretera.

Para cubrir las necesidades de inversión en conservación se estiman necesarios, 1.500 M€ para carreteras del Estado, 1500 M€ para comunidades autónomas, 600 M€ para diputaciones y 1000 M€ de compensación para el sistema de transporte, es decir 4.600 millones de euros y, teniendo en cuenta que el parque de vehículos, según Anuario 2019 de Fomento (actual MITMA), consta de 52,9 millones de vehículos equivalentes, el cálculo es sencillo:  $4.600/52,9 = 87 \text{ €/vehículos}$ .

Es decir, supondría una viñeta anual de 87€ para turismos, 435€ para camiones, furgonetas, autobuses y tractores y 43,5€ para motocicletas. Entendemos que este planteamiento de la viñeta es mucho más “vendible” socialmente, como sucede con el impuesto de circulación, cedido a los ayuntamientos, y de una magnitud económica similar. Tiene la pega de que no sigue la línea de quien usa paga.

Los vehículos de fuera de España podrían comprar una “viñeta” semanal o mensual. Cálculo que no se ha incorporado al estudio realizado.

Asimismo, ACEX entiende que, si finalmente se lleva a cabo esta medida, el ingreso que se obtenga deberá tener carácter finalista para el sector de la carretera (conservación, mejoras funcionales y modernización de vehículos de transporte...), procediéndose a una reconsideración de la carga impositiva que esta sufre (los conductores ya pagan 30.000 millones al año en impuesto de combustibles, impuesto de circulación, matriculación), que no tiene carácter finalista y que grava al sector en su totalidad.

Retomando el principio de este artículo, no solo hemos experimentando inéditas circunstancias, sino que estamos sufriendo sus consecuencias. La más inmediata, durante todo este 2021, el alza de los precios internacionales de las materias pri-

mas, algo que ya vislumbrábamos con preocupación desde finales del pasado año, cuando se evidenciaba una falta de abastecimiento de muchas de estas materias primas y a lo que hay que unir ahora, además, el escandaloso aumento del precio de la energía.

Las materias primas, - aluminio, materiales bituminosos, cemento, químicos, áridos y rocas, materiales siderúrgicos, etc. - fundamentales para la fabricación de los elementos de seguridad vial, del equipamiento, balizamiento, elementos de contención y de los firmes, han experimentado alzas medias de hasta el 50%, además de un incremento del transporte marítimo del 300% y en la energía eléctrica mayor aún...

Por ello, considero necesario solicitar un expediente especial para absorber esta situación y cambiar la ley para que los contratos de servicio, como son los de conservación de carreteras, puedan tener revisión de precios.

Por último, me parece oportuno explicar brevemente la situación actual de la conservación, que se recoge en el informe “Conservación de carreteras en España. Comparativa con Alemania, Francia, Italia y Reino Unido” promovido por Acex. España está a la cola en inversión en conservación de su red de carreteras. Nuestro país invirtió 22.489 euros/km equivalente, lo que supone el 50% de la media de las inversiones de países de nuestro entorno como Francia, Italia y Alemania.

Si bien es cierto, es de justicia reconocer que, el presupuesto destinado a conservación de carreteras, publicado hace unas semanas, ha incrementado, duplicando prácticamente en 2 años el presupuesto destinado a conservación y, además, con los 1.371M de presupuesto se alcanza el máximo histórico, superando los 1.330M del año 2009. Pero es importante recordar que, la conservación debe ser sistemática y, por tanto, no se puede dar un paso atrás en las inversiones. Del año pasado

a este el presupuesto ha aumentado en casi un 11%.

No obstante, esta inversión sigue sin ser suficiente, la inversión necesaria es de 1.500 millones de euros anuales para la conservación de la red estatal, de forma que sea posible asegurar el correcto funcionamiento del sistema de transportes.

Sin embargo, a pesar de escasa inversión española en conservación, llama la atención que el estado de nuestra red de carreteras se encuentre en el mismo orden de magnitud, o incluso por encima, que países de nuestro entorno, sin ser ni mucho menos óptimo, lo que nos hace reflexionar sobre si estamos ante el “milagro” de la conservación de las carreteras españolas.

Este milagro se explica por tres factores fundamentales: la enorme calidad de la ingeniería y la profesionalidad de los ingenieros españoles; una excelente normativa, trazado, diseño, especificaciones y refuerzos; y la existencia de un sector específico y altamente cualificado de conservación integral. De hecho, España, es el único país de los analizados en los que esta tercera característica se pone de relieve, por lo que su aporte a la calidad del servicio prestado queda demostrado.

Pero debemos ser conscientes de que tenemos una red bastante madura que soporta unos tráfico importantes, superiores a los que se contemplaron en su día para planificarlas.

Nos jugamos mucho con la conservación de nuestras carreteras, nada menos que la movilidad de los ciudadanos, así como poder mantener los niveles de seguridad, haciendo peligrar la propia competitividad del país.

España necesita más recursos destinados a este servicio público que es la conservación de la red de nuestras carreteras. No es un capricho, es una necesidad. ❖

# Camino Arce Blanco

Subdirectora General de Construcción  
Dirección General de Carreteras del MITMA

”Uno de mis objetivos (...) ha sido el conseguir que las ofertas ganadoras sean las mejores técnicamente, y que, además, promuevan la competitividad”

Por Óscar Gutiérrez-Bolivar

Camino Arce es Subdirectora General de Construcción de la Dirección General de Carreteras del MITMA. Tiene como responsabilidad la construcción y acondicionamiento de la Red de Carreteras del Estado que es sobre la que recae el mayor peso en la vertebración del transporte y de la movilidad en España. Podríamos añadir que es la primera mujer que asume ese cargo, aunque considera que no es algo que deba ser noticia hoy en día, y aboga porque dentro de poco tiempo el nombramiento de una mujer o de un hombre en un determinado puesto no deba ser motivo de consideración aparte.

Se trata de una persona de trato afable y encanto, pero de firmes convicciones y principios en cuanto a su responsabilidad, que ella define como la que permite que la infraestructura viaria preste un servicio que debe ser el sustento de la vida tal y como la entendemos hoy: una vida con plenas posibilidades de movilidad que conduzca a un óptimo desarrollo socio-económico de las regiones.



**Si siguiéramos para la entrevista el método DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades), se podrían plantear para comenzar algunas amenazas: por ejemplo, ¿es la carretera una fuente de atentados al medio ambiente?**

Sin duda alguna, no lo es.

Llevamos casi 40 años (desde el año 1986), ejecutando actuaciones

que han sido convenientemente analizadas desde el punto de visto de su impacto ambiental.

Como todos sabemos, la evaluación de impacto ambiental responde a un principio básico de la política ambiental que es la prevención, es decir, evitar el mal, en vez de, a posteriori, combatir los efectos perniciosos de la actividad.

Siguiendo este principio, se publicó la Directiva 85/337/CEE que pasó a nuestra legislación como el Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, en ella aparecía un listado de actividades en las que era necesario realizar este procedimiento, y en el articulado describía someramente dicho procedimiento. Con posterioridad a dicha ley se publicó el Reglamento correspondiente: Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, en el que se especifica con toda claridad cómo realizar el procedimiento, organismos que actúan, plazos, vigilancia, responsabilidad, etc.

Ese análisis previo del impacto que una infraestructura puede ejercer sobre el medio ambiente, define modificaciones en la concepción de la infraestructura para mitigar el efecto barrera (necesidad de ejecución de túneles y longitud exacta de falsos túneles) incluyendo tratamientos específicos (balsas de decantación, por ejemplo) en su ejecución. Así mismo dicha evaluación ambiental puede llegar a definir una estructura para salvaguardar una especie como la santolina medialensis (tramo de la A-54, Arzúa-Palas), o para permitir el libre flujo de polinizadores u otras especies...

Es quizás una asignatura pendiente la concepción de los proyectos como unidades completas en las que debe compensarse la necesidad en cuanto a préstamos y vertederos, así como la maximización de técnicas de reciclado y reutilización de materiales.

**¿Se podría achacar a la carretera también un efecto negativo en la descarbonización?**

Tampoco creo que pueda afirmarse tal cosa. No es la carretera la que produce un efecto negativo en la descarbonización sino en el vehículo que se desplaza por ella, al ser éste,

fundamentalmente, un vehículo de combustión.

En el momento en que dicho tipo de vehículo desaparezca de nuestra Red, no habrá razones para afirmar que la infraestructura viaria es más negativa que la ferroviaria en cuanto a descarbonización.

Ahora bien, para llegar a esa situación hay mucho camino que recorrer, sin duda. Será necesario aplicar las nuevas tecnologías para desarrollar vehículos de gran tonelaje. A la vez habrá que apoyar esa transición por medio de ayudas tanto a los particulares como a las empresas. Por nuestra parte tendremos que equipar nuestras carreteras con una red de suministro de esas nuevas fuentes de energía. Todo ello asumiendo el compromiso de disminuir el impacto negativo de las baterías u otros medios.

**Y hasta que llegue ese momento ¿habría otras medidas que se pudieran ir implantando?**

Creo que efectivamente hay mucho trabajo que puede llevarse a cabo en nuestra red viaria para que consigamos esa movilidad sostenible, segura y conectada que queremos. Habría varios frentes, como la

disminución de las distancias de recorrido, la mejora de la regularidad y la de las sinuosidades verticales y horizontales. Otra preocupación es la disminución de la congestión y la de los accidentes. Y qué decir del puro gasto energético utilizando leds o atenuación lumínica en la entrada de los túneles. También hay que abordar el uso de betunes. Hoy por hoy podría considerarse como la reutilización de un subproducto del petróleo que mientras se siga extrayendo supone un cierto alivio. Pero habría que buscar un sustituto para ese futuro sin combustible fósiles.

Por otra parte, podría considerarse que la demanda de movilidad debería tener un límite, pero eso no es un problema exclusivo de la carretera e implicaría un posicionamiento universal.

**Otros medios de transporte distintos de los automóviles se muestran como una mejor opción de futuro, ¿supone eso una amenaza para las carreteras?**

Empecemos por los más sencillos, caminar o usar la bicicleta son saludables y es imprescindible potenciarlos. Pero no nos engañemos, no podemos permitirnoslo cómo úni-



ca opción. El tren, que es anterior al automóvil, claro que es una opción de futuro que hay que potenciar, y probablemente lo sea el hyperloop. El transporte marítimo internacional, el cabotaje o el short sea shipping son una realidad en crecimiento. Pero la capacidad de llegar a todos los ciudadanos allá donde se hallen, solo la tiene la carretera en sus distintas versiones, autopista, carretera, calle o camino. La intermodalidad, hoy por hoy, pasa indefectiblemente por la carretera. Luego no debería relegarse a la carretera a segundo plano, pues es el elemento de cohesión entre modos y es el que llega hasta el último destino.

**Los presupuestos siempre son insuficientes. ¿Hasta qué punto suponen una amenaza en la actualidad?**

Pues precisamente ahora no deberían serlo. Tenemos una oportunidad histórica para utilizar unos fondos de recuperación y resiliencia en los objetivos que he esbozado antes.

En mi opinión no se han explicado convenientemente las mejoras que la carretera está solicitando, que no deberían ser desoídas por las autoridades europeas: una red fluida, de calidad, sin congestiones ni puntos negros. Una Red de Carreteras que permita la circulación del coche autónomo, y con una extensa y coherente Red de puntos de recarga, y porqué no, alimentados mediante energía solar o abastecimiento autosuficiente. Una Red de Carreteras conectada, digitalizada, que dé información en continuo a su usuario.

**¿Cómo se podrá abordar el alza de los precios de los materiales y de la energía?**

Bueno, esto es un tema de total actualidad. Como sabes, la pandemia y los planes de recuperación han

generado una demanda histórica en cuanto a materiales básicos de construcción, que ha provocado dos efectos: por un lado, su carestía, y por otro, la especulación de los mercados reteniendo ciertos materiales para conseguir un mejor precio en el momento de su venta.

**“Litigiosidad excesiva: aunque es un derecho y una garantía poder acudir a los tribunales, no es la forma más recomendable de gestionar una actuación de interés general”**

Para paliar esta situación, desde el MITMA se han tomado dos decisiones:

- Recuperar las fórmulas de revisión de precios en aquellos contratos cuyas características lo requieran.
- Desarrollar una fórmula de compensación extraordinaria por la citada subida de las materias primas, aplicable a los contratos que no disponían de revisión de precios en sus pliegos de licitación.

La primera ya se está aplicando en las licitaciones del ADIF, desde junio de este año, y se aplicará a priori en las nuevas licitaciones de esta DGC.

La segunda está en proceso de análisis por Hacienda.

**Pasemos a las fortalezas. ¿Qué supone la Red de Carreteras del Estado para España?**

Es el método de transporte por excelencia en número de toneladas y

de pasajeros por kilómetro de la nación. Se trata de un sistema que vertebra el territorio y cumple la misión de conectar infinitas combinaciones de orígenes y destinos, así como servir de base sobre la que se apoyan otros modos como el ferrocarril, el avión o el barco. Se trata de una red moderna y segura con un grado aceptable de conservación, y con un servicio encomiable de atención a los usuarios. Como toda obra es mejorable, pero se trata de uno de los valores patrimoniales más importantes del país. La mejora de la seguridad vial no hubiera sido posible sin la concurrencia de las mejoras continuas de nuestra red.

**Eso, en cuanto a la parte material, y ¿qué se puede decir del patrimonio intangible?**

En primer lugar, hay que nombrar a nuestros ingenieros que han impulsado la técnica y el buen hacer en condiciones muy difíciles. Han sabido hacer verdaderos milagros con medios y presupuestos escasos y venciendo todo tipo de dificultades. Desde las propias del medio natural, que siempre sorprende y al que no queda más remedio que adaptarse buscando las mejores soluciones, hasta las dificultades burocráticas y de falta de comprensión y de ayuda por distintos estamentos. Nuestros costes de gestión son ridículos si se comparan con otras Administraciones del mundo. La abnegación y capacidad de resolver problemas más allá de lo que exige el deber ha sido paradigmática. Ese ejemplo y liderazgo de nuestros ingenieros ha impulsado también al sector privado. Gracias a eso las empresas constructoras españolas han hecho posible una modernización increíble de la red en un tiempo ajustado, a unos costes más que razonables y con una calidad destacada. El peso más que nota-



ble de las empresas constructoras españolas en el mundo no sería el mismo si esta Dirección General no hubiera impulsado su crecimiento técnico y económico. Prácticamente lo mismo se puede decir de las empresas de ingeniería que han colaborado en la planificación, proyecto, asistencia técnica y gestión. Todas ellas forman, en cierto modo, parte del acervo de esta Dirección.

Qué decir del resto de personal, desde los abnegados vigilantes, personal administrativo, conductores hasta el personal de limpieza y otros tantos, que hacen posible que esta máquina funcione venciendo tantas dificultades.

### **Vayamos a lo peor, las debilidades. ¿cuáles se podrían mencionar?**

La mejora pasa inexorablemente por identificar y reconocer las debilidades.

Desde el punto de vista material se podría decir que nuestra red, aunque se ha tratado de corregir, adolece aún de cierta, llamémosla “radialidad”. Hace siglos que se concibió la red de caminos como

una red que comunicaba la periferia con el centro. Esa es en parte una debilidad que debemos ir subsanando.

Desde el punto de vista intangible nuestras mayores debilidades se encuentran en lo referente a la contratación. A veces, supuestas exigencias de optar por lo que aparentemente es más económico, conduce a “elegir” ofertas que no son las mejores técnicamente, pero que han resultado ganadoras por una mayor baja económica. Las bajas permiten, sin duda, la optimización de los recursos y la competitividad entre las empresas, pero hasta cierto límite. Cuando la baja económica se convierte en la herramienta para que una mala oferta técnica se convierta en la elegida, convierte esa competitividad en empobrecimiento del sector. Uno de mis objetivos, desde mi puesto de Subdirectora General de Construcción, ha sido el conseguir que las ofertas ganadoras sean las mejores técnicamente, y que, además, promuevan la competitividad. Considero que, con los actuales pliegos de licitación, estamos en el camino adecuado. Al final, de lo que se

trata es de conseguir la máxima calidad a unos precios óptimos. La viabilidad económica-financiera de las empresas es vital para nuestro futuro.

Por otra parte, la obra civil siempre está expuesta a un medio que es imposible conocer al detalle a priori. La necesidad de adaptarse a esas exigencias del medio natural sobre el que construimos, exige flexibilidad en la gestión de los contratos, lo cual en ocasiones es muy complicado con la actual legislación contractual.

Muchas de estas circunstancias, junto con pasados recortes han llevado a una elevación del grado de litigiosidad. Aunque es un derecho y una garantía poder acudir a los tribunales, no es la forma más recomendable de gestionar una actuación de interés general.

También podríamos añadir que la digitalización ha tardado en llegar al mundo de la carretera, pero este es un aspecto que se está subsanando día a día y que confío podamos empujar gracias a los fondos de recuperación

### **Ya solo quedan las oportunidades.**

El futuro de las infraestructuras viarias, en lo que se refiere a nueva construcción, se plantea complicado y con muchas incertidumbres, pero me gustaría destacar aquí, las múltiples posibilidades de mejora que existen. Como ya mencioné antes la mejora de la transversalidad de la red es una de ellas. Otras posibilidades que no debemos despreciar son, el tratamiento en las zonas periurbanas, de los puntos de concentración de accidentes de los tramos congestionados. La mejora de los accesos a las ciudades y la promoción de carriles reservados para determinados vehículos...

La mejora en la seguridad vial con las carreteras 2+1. Téngase en cuenta que el índice de mortalidad en las carreteras de una calzada es cinco veces superior al de las autovías.

En estos momentos estamos ejecutando obras tan interesantes como el enlace de la Pañoleta en Sevilla, el enlace de la A6 con la M40 en el Barrial, en Madrid, el enlace del Orbital de la AP9 en La Coruña, el acondicionamiento de la carretera N260 en Congosto del Ventamillo, y de la N232 en el Puerto del Querol, Castellón, la variante de Alcorisa, en Teruel, la primera fase de la variante de la Safor, en Oliva, y la variante de Benissa ambas en Alicante, el ramal de continuidad en Torrelavega, Cantabria, la ronda sur de Logroño y el proyecto de la sustitución de los tirantes en el Puente del Centenario en Sevilla. A la vez, estamos ejecutando los últimos tramos de autovías tan importantes como la A32 en Jaén, la A21 y A22 en Huesca y la A68 en Zaragoza, la A63 en Asturias y la A54 en Lugo y La Coruña y la A33 que discurre entre Murcia y Alicante...bueno, y nuevos tramos de autovías que siguen siendo imprescindibles si queremos reivindicar la España vaciada.

De cara al futuro será necesario posicionarse ante las nuevas oportunidades de la digitalización y de los vehículos conectados o autónomos. La posibilidad de crear carriles dedicados a los pesados, o a los vehículos autónomos. La utilización de materiales y métodos que disminuyan la demanda de recursos naturales o eviten la utilización de combustibles fósiles y, sobre todo, la necesidad de que nuestras obras sean autosuficientes. Es decir, que puedan construirse con los propios materiales excavados de la traza, ya sea por reutilización o valorización, minimizando la necesidad de acudir a préstamos o canteras, y, sobre

todo a vertederos. Reutilizando materiales de fresado para firmes, hormigones, escolleras...y dotándolas de tratamientos que consigan que la infraestructura suponga un sumidero de CO2.

Por otro lado, aunque la obra pública se encuentra bastante mecanizada, hay mucho que hacer en

**“Tendrán que arbitrarse medidas para que puedan convivir distintas formas de movilidad sin que eso suponga una discriminación para amplios sectores de la población”**

**“Elegir el destino y el momento de los desplazamientos, con total libertad y de manera espontánea, sólo lo permite la carretera”**

la robotización. Muchas de las actividades de construcción que entrañan los mayores riesgos humanos, podrían ser realizadas por maquinaria autónoma...

**Hay algo que le preocupa de ese futuro?**

Pues sí, el hecho de que últimamente se esté, de alguna manera, y permítame la expresión, “demonizando a la carretera”. En mi opinión, no deberíamos dejar a nadie atrás. Tendrán que arbitrarse medidas

para que puedan convivir distintas formas de movilidad sin que eso suponga una discriminación para amplios sectores de la población, fundamentalmente para aquellos que se encuentran alejados de los grandes núcleos urbanos. Aquellos cuyo día a día transcurre recorriendo municipios ya sea para acudir a la escuela, a los centros de salud, o a las parroquias. Ya sea para abastecer los supermercados y los comercios.

Tampoco debemos anular la enseñanza que supone recorrer nuestro territorio al volante para ser conscientes de la variedad y riqueza de nuestro país, así como la oportunidad que ofrece para elegir el destino y el momento de los desplazamientos, con total libertad y de manera espontánea, algo que sólo lo permite la carretera.

No estoy olvidando las ventajas de los transportes colectivos y su eficiencia energética y de reducción de emisiones, pero debemos conseguir que ambas opciones puedan convivir en iguales condiciones de confort y seguridad, sin necesidad de asumir posiciones de una rigidez excesiva.

Hasta aquí la entrevista con la Subdirectora General de Construcción Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Medio Ambiente. Le agradecemos que nos haya dedicado una parte de su valioso y ocupado tiempo. Ha demostrado una posicionamiento valiente e inteligente en unos momentos de gran incertidumbre en los que es vital saber a qué atenerse para discernir entre lo trascendente y lo anecdótico. ❖

# El Dominio de Diseño Operativo para los Vehículos Automatizados



## The Operational Design Domain for 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 Ayudante Doctor*  
*GIIC – Universitat Politècnica de València*

Revisado por el **Comité Técnico de Planificación, Diseño y Tráfico**  
Asociación Técnica de Carreteras.

Los vehículos automatizados están diseñados para mantener el control, tanto longitudinal como lateral, a lo largo de una sección de una carretera si se dan unas determinadas condiciones favorables, en el momento de circular por ella. Esas condiciones propicias para su funcionamiento seguro es lo que se denomina Dominio de Diseño Operativo (ODD). Para un mismo tramo de carretera, cada vehículo automatizado puede tener diferentes zonas compatibles con su ODD, constituyendo diversas secciones inconexas que resultan compatibles con su sistema de conducción automatizada.

La definición del ODD para un determinado vehículo automatizado va a depender de toda una serie de factores o condiciones operativas que le permitan iniciar y mantener el control automatizado. Se pueden distinguir entre factores estáticos o fijos y dinámicos o variables. Si aparece una condición fuera del rango definido en el ODD, ese vehículo desconectará y transferirá al conductor el control o, en niveles SAE

más elevados, tendrá que desarrollar unas tareas dinámicas por sí mismo para llevar al vehículo a una situación de riesgo mínimo. Hasta ahora, solo ha habido tres propuestas de taxonomía de los factores y atributos a tener en cuenta para la definición de un ODD, pero los fabricantes todavía no tienen que cumplirlas.

Para aprovechar todos los beneficios de la conducción automatizada, se debe maximizar la longitud del ODD y minimizar las transiciones entre automatizado y manual, es decir, maximizar la continuidad del ODD en el espacio y el tiempo. Conforme se avance en los niveles de automatización, se van a propiciar ODDs más robustos y extensos, siendo necesario disponer de información detallada sobre la localización de las finalizaciones de los ODDs para advertir al conductor con antelación suficiente que ha de recuperar el control.

Automated vehicles are designed to maintain both longitudinal and transverse control along a road section under certain favorable conditions. The conditions that provide a safe operation are referred as the Operational Design Domain (ODD). Along a certain road segment, each automated vehicle may have its own ODD-compliant sections, i.e., several unconnected road sections that are compatible with its automated driving system.

The definition of an ODD for a given automated vehicle is established upon different factors or operational conditions that allow it to initiate and maintain the automated control. Regarding this, a distinction can be drawn between static or fixed factors and dynamic or variable factors. If a condition out the ODD occurs, the vehicle will either experience a disengagement and transfer control to the driver or, for high

SAE levels, the vehicle will have to perform the dynamic tasks own to achieve a minimum risk condition. So far, there have only been three proposed taxonomies of factors and attributes to be considered for the definition of an ODD but automakers do not yet have to comply with them.

To take advantage of all benefits related to automated driving, the length of the ODD-compliant sections must be maximized. Transitions between automated and manual driving must be reduced in number, too. This results in maximizing the continuity of the ODD in space and time. As automation levels evolve, more robust and longer ODD-compliant sections will show up. Detailed information about the location of ODD terminals will be also needed, to warn drivers with sufficient time to take over control.

## 1. Introducción

La aparición de los sistemas automatizados de conducción, con sus cinco niveles de automatización, y la creciente venta de vehículos de nivel 2 (vehículos semiautónomos capaces de controlar simultáneamente el movimiento longitudinal y lateral dentro del carril, entre otras asistencias), implica la necesidad de analizar las características de la infraestructura viaria para detectar qué elementos y condiciones pueden suponer una limitación al despliegue seguro de los vehículos automatizados, pensando también en los niveles superiores de automatización que se aproximan al mercado.

Adicionalmente, aparecen otros factores que pueden condicionar que un sistema automatizado de conducción no sea capaz de mantener el control del vehículo. Entre todos ellos, cabe destacar: (i) el tipo de vía; (ii) las características del tráfico o ambientales; (iii) el rango de velocidades; (iv) los incidentes o accidentes; (v) las obras en la vía o actuaciones de mantenimiento.

Por tanto, los niveles 2 y 3 de conducción semiautónoma requieren la presencia y la supervisión continua

del conductor, quien debe estar en condiciones de asumir el control de forma rápida cuando el sistema automatizado le ceda el mismo debido a alguno de los factores anteriores. Estos eventos se conocen comúnmente como desconexiones y constituyen uno de los principales problemas para la seguridad del sistema de conducción automatizada.

Para el año 2022 se espera que ya circulen en todo el mundo 638.000 vehículos automatizados, mientras que en 2030 se estima que las ventas de este tipo de vehículo representen el 12% de todo el sector automovilístico (ERF, 2020). En este contexto, se espera que en 2035, un 20% del parque mundial de estos vehículos esté en Europa (Figura 1).

Actualmente, el nivel de madurez en el mercado de este tipo de vehículos es muy variable dentro de una misma región (Figura 2). En el caso concreto de Europa, países como Suecia, Holanda o Reino Unido van en la cabeza en lo que a movilidad autónoma y conectada se refiere. En el lado opuesto se encuentra España, con un nivel de madurez de 1 en una escala de 0 a 4 (ERF, 2020).

De hecho, según el Reglamento (UE) 2019/2144 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2019, todos los vehículos que se homologuen a partir de julio del 2022 deberán cumplir con lo establecido en el Reglamento, suponiendo que todos los vehículos que se vendan desde entonces tendrán como

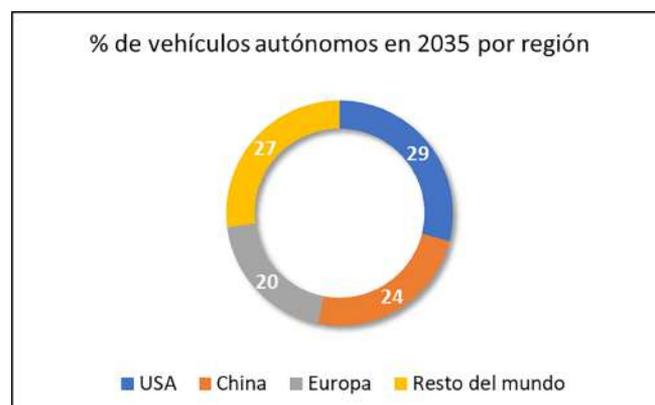


Figura 1. Vehículos autónomos alrededor del mundo en 2035. Fuente: (Wagner, 2020).

mínimo un nivel 2 de automatización, es decir, serán vehículos semiautónomos. Esto propiciará, al menos en Europa, la renovación más acelerada del parque hacia los vehículos automatizados.

Pese a que, en el actual desarrollo de los sistemas de asistencia a la conducción, los fabricantes de automóviles y los desarrolladores de componentes están considerando la nula necesidad de adaptar la infraestructura, los niveles superiores de automatización de la conducción sí se verían ampliamente beneficiados con ciertas mejoras de las carreteras. Tanto para el nivel de automatización 2 actual en el mercado como, sobre todo, para los niveles 3 y 4 de automatización, existen adecuaciones, complementos y modificaciones de la infraestructura viaria que permitirán optimizar el nivel de automatización y la movilidad por carretera en general.

En este sentido, la adaptación de la infraestructura fomentará una implementación más extensa y rápida del nivel 4 de conducción autónoma, lo que permitirá alcanzar grandes beneficios en seguridad vial y funcionalidad. Todo ello solo será posible con los necesarios desarrollos e implementaciones de infraestructura digital y de conectividad que puedan facilitar la información necesaria, en tiempo real, para que los vehículos automatizados puedan extender sus ámbitos de funcionamiento seguro y sean capaces de desplegar los niveles superiores de automatización (niveles 4 y 5).

Por tanto, una infraestructura vial adaptada al vehículo autónomo y conectado y coordinada con su avance tecnológico es fundamental para el desarrollo de una movilidad conectada, autónoma y sostenible. Dicho de otra manera, la infraestructura debe ocupar un lugar central para el desarrollo de la nueva movilidad,



Figura 2. Nivel de madurez en movilidad autónoma y conectada en Europa. Fuente: (ERF, 2020).

posibilitando la transición ecológica y energética, que es una prioridad de la Unión Europea (Green Deal). Sin embargo, la mayoría de los países europeos están más centrados en la movilidad en sí que en lo que es la propia infraestructura vial y el papel fundamental que ha de seguir teniendo. No obstante, esto podría representar una ventana de oportunidad para que el sector de la carretera demuestre cómo estos cambios se facilitan también mediante adaptaciones de la infraestructura vial existente (ERF, 2020). Así pues, el mantenimiento y la adaptación de la infraestructura vial actual juega un papel esencial para promover el desarrollo de una nueva movilidad.

## 2. Concepto

Los vehículos automatizados están diseñados para mantener el control a lo largo de una sección de una carretera si se dan unas determinadas condiciones favorables, en el momento de circular por ella. Esas secciones propicias para un funcionamiento seguro de un vehículo automatizado es lo que se denomina Dominio de Diseño Operativo (ODD, Operational Design Domain). Por

tanto, un ODD se refiere a las condiciones específicas bajo las cuales un vehículo automatizado puede funcionar de forma segura a lo largo de una sección de la carretera manteniendo el control del mismo, tanto longitudinal como lateral.

Por tanto, un ODD define, de forma particular, cuándo, dónde y bajo qué condiciones un determinado vehículo automatizado puede operar de manera autónoma, asumiendo el control total del movimiento longitudinal y lateral del vehículo. Igualmente, de forma específica o complementaria, también determina aquellas condiciones con las que no garantiza su operación. Todo ello según el diseño de ese vehículo y su sistema de automatización.

La Sociedad de Ingenieros de Automoción de EE.UU. (SAE, Society of Automotive Engineers) define el ODD como “las condiciones específicas bajo las cuales un sistema dado de automatización de la conducción, o un elemento del mismo, está diseñado para funcionar, incluidos, entre otros, los niveles de conducción” (SAE, 2018).

Otra definición de un ODD es “una descripción de las condiciones operativas específicas con las que el

sistema de conducción automatizado está diseñado para funcionar correctamente, incluidos, entre otros, el tipo de carretera, el rango de velocidad, las condiciones ambientales (meteorológicas, diurnas/nocturnas, etc.), las leyes y reglamentos de tráfico vigentes, y otras posibles restricciones” (Waymo, 2017).

El Vocabulario desarrollado por la British Standards Institution (2020) incluye el ODD como “las condiciones operativas –ambientales, geográficas, horarias, presencia o ausencia de ciertas condiciones de tráfico o características de la vía– sobre las que está diseñado un sistema de conducción automatizada, o elemento del mismo, para que pueda funcionar”.

Como se puede apreciar, las definiciones que existen de ODD se centran en el vehículo automatizado y en cómo está diseñado para que sea capaz de operar de forma automática y segura en ciertos ámbitos y condiciones. De este modo, la carretera y su entorno, que son los aspectos que mayor interés pueden despertar en las administraciones de carreteras, no se incluyen de manera explícita en estas definiciones.

En ese otro sentido, se podría definir un ODD como una sección de carretera que reúne una serie de características que propician, durante un cierto periodo de tiempo, el funcionamiento de un determinado sistema automatizado de conducción. Por tanto, la clave está en las limitaciones que puedan existir en la interacción entre un vehículo automatizado y la infraestructura de la carretera, además de diversos factores de entorno o variables. Probablemente pueda ser más claro el concepto no solo diciendo lo que incluye sino también lo que excluye, es decir, los factores y umbrales que provocan la desconexión del sistema y hacen que el ODD termine.

También es importante resaltar de las definiciones que puede haber un ODD global del sistema automatizado, pero puede haber diferentes ODDs correspondientes a los diversos elementos que configuran el sistema automatizado. Así, el ODD general del sistema estaría formado por la intersección de los factores y atributos de todos los ODDs parciales.

Algunos ejemplos iniciales de factores que influyan en la localización de un ODD pueden ser, entre otros: el tipo de vía, el entorno, las características de la vía, las condiciones del tráfico y la máxima velocidad del vehículo automatizado que le corresponda al ODD.

Para un mismo tramo de carretera, cada vehículo automatizado puede tener sus propios ODDs, es decir, diversas secciones inconexas de esa carretera que resultan compatibles con su sistema de conducción semiautónomo. Son inconexas

porque no tienen continuidad, es decir, están aisladas, y, además, se pueden deber a factores limitantes distintos.

La Figura 3 muestra el concepto de ODD en un diagrama espacio-tiempo. Cuando ocurre una desconexión (destacado con un círculo rojo), el vehículo automatizado no es capaz de seguir operando autónomamente durante un cierto periodo de tiempo ( $t_i$ ) y, por tanto, en una sección de cierta longitud ( $s_i$ ), hasta que el sistema vuelve a recuperar el control, entrando en el siguiente ODD.

Si se producen múltiples desconexiones, habrá muchos ODDs cortos, requiriendo con bastante frecuencia el control manual del conductor. Estos eventos siempre suponen un cierto riesgo porque, aunque se requiere de la presencia y supervisión continua del conductor para estar en condiciones de asumir el control de forma rápida, se pueden

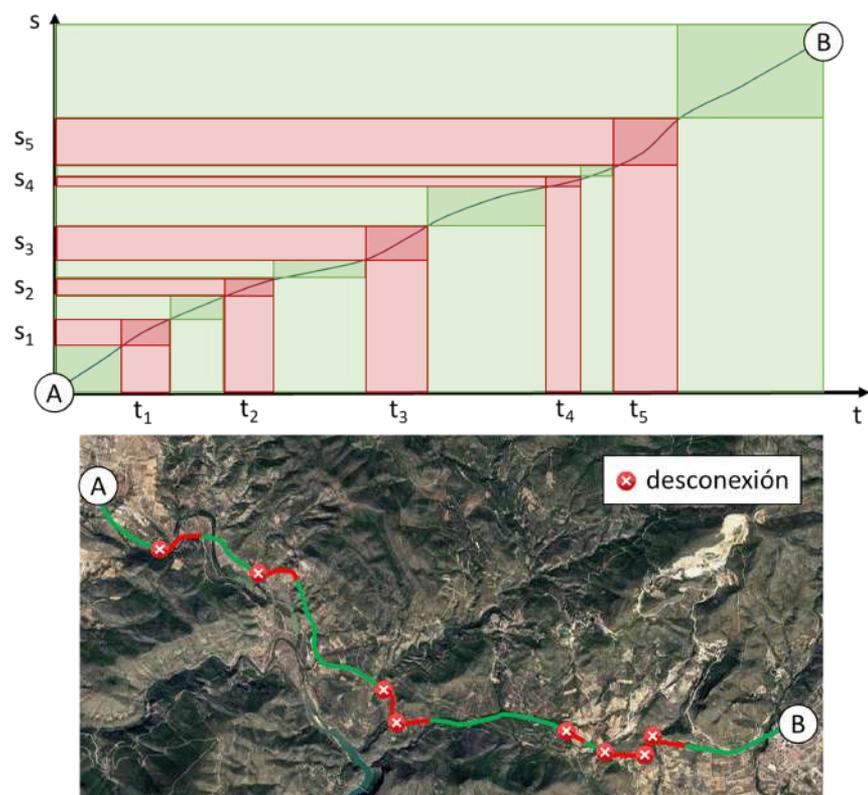


Figura 3. ODDs frecuentes.

producir demoras en la aplicación de las acciones necesarias, como, por ejemplo, girar el volante para que el vehículo no se salga del carril por donde circula. Hay que recordar que la transferencia de control desde el vehículo es un evento inesperado por el conductor, produciendo una sorpresa y por ello requiriendo un mayor tiempo de reacción.

Para ello, se requiere una interfaz entre el sistema y el conductor (HMI, Human Machine Interface) que advierta de forma eficaz al conductor cuándo precisa su intervención. Sin embargo, el nivel de desarrollo actual de los sistemas automatizados que se encuentra en el mercado produce cesiones de control con cierta frecuencia, de modo que el HMI no incluye suficientes y eficaces avisos, con el objetivo de no generar molestias y distracciones constantes en los conductores. Esta falta de avisos provoca que los tiempos de respuesta de los conductores aumenten y el riesgo sea mayor (Dogan et al., 2017; Shen et al., 2017).

Por tanto, si hay frecuentes, pero cortos, ODDs, el conductor optará normalmente por desconectar el sistema automatizado y desarrollar una conducción manual o, como mucho, ejercer una supervisión directa y continua sobre el sistema automatizado (equivalente a una conducción manual). Un ejemplo de esto último sería mantener el volante con fuerza y ejecutar los movimientos necesarios para los cambios de dirección –ya sea en secciones curvas o para no salirse del carril en secciones rectas–, a pesar de que el propio sistema automatizado también esté actuando sobre el volante al mismo tiempo.

En cambio, si en un tramo de carretera suficientemente largo solo hubiera dos ODDs (ver Figura 4) porque el primero de ellos termina de repente al aparecer un factor li-

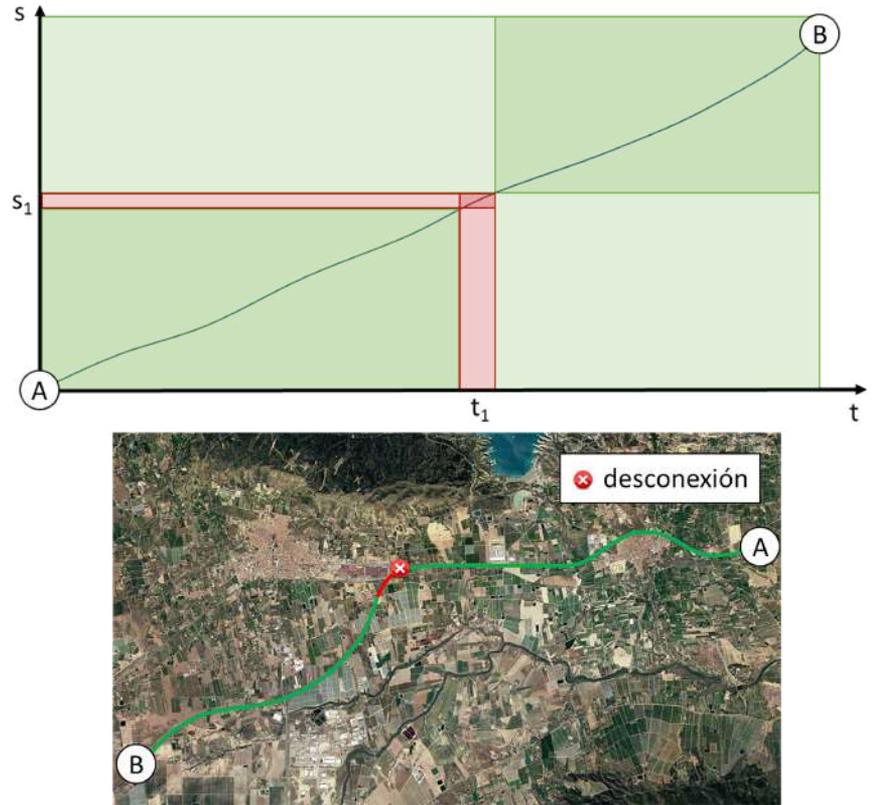


Figura 4. ODDs largos.

mitante que le provoca una desconexión, el problema anterior se convierte en mucho más peligroso. El conductor observa que el sistema automatizado mantiene el control de forma prolongada y, conforme el ODD sea más largo, su expectativa es que lo siga haciendo. Al surgir repentinamente el factor que produce la desconexión, esta será contraria a su expectativa ad hoc por lo que aparece una inconsistencia que hace que el tiempo de percepción y reacción del conductor aumente, con el riesgo consiguiente.

Por tanto, conforme se avance en los niveles de automatización, que van a propiciar ODDs más robustos y extensos, se hace necesario disponer de información detallada sobre la localización de las finalizaciones de los ODDs para advertir al conductor con antelación suficiente que ha de recuperar el control. Esto se podría hacer mediante mapas HD dinámicos y conectividad con el ve-

hículo, es decir, pasando el vehículo a ser un vehículo automatizado y conectado.

Todos los niveles de automatización, excepto el más avanzado –nivel 5–, presentan un ODD limitado por diversos factores o atributos. Esto supone que solo los vehículos puramente autónomos –nivel 5– serán capaces de operar por toda la red viaria de un determinado ámbito geográfico, es decir, que su dominio de diseño operativo será realmente una zona operativa.

### 3. Factores

La definición de un ODD para un determinado vehículo automatizado va a depender de toda una serie de factores o condiciones operativas que le permitan iniciar y mantener el control automatizado. Si aparece una condición fuera del rango definido en el ODD, ese vehículo des-

conectará y transferirá al conductor el control o, si el conductor no responde, tendrá que desarrollar unas tareas dinámicas por sí mismo para llevar al vehículo a una situación de riesgo mínimo.

Por tanto, los factores o condiciones operacionales de un ODD son fundamentales y pueden ser diversos y atender a clasificaciones distintas. Se pueden distinguir entre factores estáticos o fijos y dinámicos o variables. Los primeros se refieren a la infraestructura física y digital, mientras que los dinámicos se deben a las condiciones de entorno y a la propia operación de la carretera, tanto desde el punto de vista de la circulación de los vehículos y usuarios, como de la explotación y conservación de la carretera.

Otra clasificación los agrupa en factores internos y externos (Gyllenhammar et al., 2020). Los factores internos se refieren a las condiciones relativas al propio sistema automatizado y a su usuario, es decir, al conductor. Por otra parte, los factores externos se deben a las propias condiciones del escenario vial, del entorno, de los elementos cambiantes o dinámicos y de la conectividad.

Algunos ejemplos de ámbitos que agrupan los factores o condiciones operativas son los siguientes: (i) área geográfica o ámbito; (ii) tipología de carretera; (iii) características de la infraestructura física; (iv) características de la infraestructura digital; (v) condiciones del entorno; (vi) conectividad; (vii) condiciones del tráfico; (viii) condiciones de la gestión de la carretera, incluyendo accidentes, incidentes, eventos, actuaciones y obras.

Otro factor fundamental es el rango de velocidades del vehículo automatizado para que el ODD se pueda activar y mantener. Actualmente, algunos de los sistemas que incorporan los vehículos semiautó-

nomos –p. ej., control lateral del vehículo– no se activan por debajo de cierta velocidad, y, al mismo tiempo, existe una velocidad máxima que en caso de ser superada el vehículo ya no será capaz de operar de manera autónoma en ciertos elementos geométricos que haya en el ODD –p. ej., curvas en planta–.

En el siguiente apartado se recoge un desglose de los múltiples factores y atributos o características de los mismos que son necesarios para poder definir de forma completa y detallada el ODD de un determinado vehículo automatizado.

## 4. Taxonomía

La conducción automatizada verdaderamente segura dependerá de la definición de la lista exhaustiva de múltiples condiciones y factores superpuestos que puede encontrar y manejar un determinado vehículo automatizado para seguir operando como tal a lo largo de una sección de carretera.

Hasta ahora, solo ha habido tres propuestas de taxonomía de los factores y atributos a tener en cuenta para la definición de un ODD: de la British Standards Institution (BSI, 2020), de la Plataforma Europea de ITS (EU EIP, 2020), y de la Sociedad de Ingenieros de Automoción de EE.UU. (SAE, 2020). La primera es la referencia más importante al formar parte de una norma ya aprobada, mientras que las otras son propuestas.

Además, se está elaborando la norma ISO/AWI 34503: Road vehicles — Taxonomy for operational design domain for automated driving systems (ISO, 2021). Otra iniciativa de normalización se está desarrollando a través del proyecto ASAM OpenODD (ASAM, 2021), en la que se pretende definir un formato, con

una sintaxis y una semántica bien definidas, que pueda representar un ODD y que sea procesable computacionalmente durante todo el desarrollo del vehículo y su ciclo de vida. Este trabajo plantea, adicionalmente, su integración en simulaciones de conducción para llevar a cabo pruebas de verificación, que permitan que las especificaciones de los ODDs sean medibles y verificables.

### 4.1. Taxonomía de la Institución Británica de Normalización (BSI)

La clasificación propuesta por la BSI distingue, en un primer nivel, entre: (i) el escenario, (ii) las condiciones de entorno y (iii) los elementos dinámicos. Lo que denominan escenario, se refiere a la infraestructura física, es decir, incluyendo todos los elementos fijos de la vía y sus márgenes. Las condiciones de entorno consisten en situaciones o condiciones añadidas, tanto de tipo ambiental como todo lo relacionado con la conectividad. Por su parte, los elementos dinámicos son todos aquellos elementos móviles, relacionados con la circulación de los diversos usuarios.

El escenario se clasificará en los siguientes ámbitos: (i) zonas, (ii) área de conducción, (iii) nudos, (iv) estructuras especiales, (v) estructuras viales fijas y (vi) estructuras viales temporales.

Las zonas incluyen configuraciones especiales de vías que pueden diferir de las condiciones típicas de conducción o áreas con normas de conducción o condiciones ambientales específicas. Estas incluyen áreas con límites georreferenciados, zonas de gestión del tráfico, zonas escolares, regiones o estados y zonas de interferencia para la señal de posicionamiento.

El área de conducción se clasificará en los siguientes atributos:

- Tipología viaria:
  - o Autopistas/autovías.
    - Con gestión dinámica del tráfico (ITS).
    - Sin gestión dinámica del tráfico.
  - o Carreteras radiales o principales.
  - o Carreteras distribuidoras.
  - o Carreteras locales.
  - o Ramales de conexión.
  - o Áreas de estacionamiento.
  - o Áreas de coexistencia o compartidas.
- Geometría:
  - o Planta:
    - Rectas.
    - Curvas.
  - o Alzado:
    - Rampas.
    - Pendientes.
    - Zonas llanas.
  - o Sección transversal:
    - Calzadas separadas.
    - Calzada única.
    - Pavimentos.
    - Barreras de contención.
    - Tipos de carriles unidos.
- Carriles:
  - o Dimensiones.
  - o Marcas viales.
  - o Tipo de uso.
  - o Número de carriles.
  - o Sentido de circulación.
- Señalización (fija o variable):
  - o Señales informativas.
  - o Señales reglamentarias.
  - o Señales de advertencia.
- Bordes de la calzada:
  - o Resaltos y marcadores en línea de borde.
  - o Arcén (pavimentado o granular).
  - o Arcén con hierba.
  - o Barreras o límites rígidos.
  - o Marcadores temporales.
  - o Ninguno.

- Superficie del pavimento:
  - o Tipo: suelta, discreta o uniforme.
  - o Características superficiales: grietas, baches, roderas u ondulaciones.
  - o Condiciones: hielo, inundación, espejismo, nieve, agua estancada, mojado, contaminada.

En los nudos se incluyen las glorietas, las intersecciones y los enlaces. Las glorietas se separan entre normales, compactas, dobles, grandes y miniglorietas. Además, se diferencia entre semaforizadas y no semaforizadas. Las intersecciones se clasifican en intersección en T, intersección desalineada o descompuesta, intersección en Y e intersección sin canalización.

Respecto a las estructuras especiales, se distinguen controles de acceso automático, puentes, pasos de peatones, pasos a nivel ferroviarios, túneles y peajes. Las estructuras viales fijas incluyen edificaciones, alumbrado público, mobiliario urbano y vegetación. Por su parte, las estructuras viales temporales se clasifican en desvíos de obra, recogida de basura, obras viales y señalización vial temporal por accidentes, emergencias o eventos.

Las condiciones de entorno incluyen la (i) meteorología, (ii) las partículas en suspensión, (iii) las condiciones de iluminación y (iv) la conectividad. Dentro de las condiciones meteorológicas, se distinguen el viento, la lluvia y la nieve. Todas ellas requieren que los responsables definan unas escalas según variables asociadas. Por ejemplo, para el viento se podrá usar la velocidad media (m/s) durante un cierto periodo (entre 2 y 10 minutos) y la velocidad de las rachas (m/s); para la lluvia se debe emplear la intensidad en mm/h; mientras que la nieve se considerará por la restricción de visibilidad inferida.

Las partículas en suspensión también se han de tener en cuenta a través de la restricción de visibilidad que provocan, así como al tipo, distin-

guiendo entre marinas, niebla, arena y polvo, humo y contaminación y ceniza volcánica.

La iluminación se clasifica según día, noche o crepúsculo, nublado e iluminación artificial. Durante el día, se usan dos atributos: la elevación del sol sobre el horizonte y la posición relativa del sol con respecto al vehículo (delante, detrás, a la derecha o a la izquierda).

La conectividad se clasifica a través de la comunicación y el posicionamiento. La comunicación ha de distinguir entre V2V y V2I (aunque también puede ser V2X), con el detalle de qué tipo: celular (#G), satélite, DSRC o ITS-G5. El posicionamiento puede ser por Galileo, GLONASS o GPS. En ambos casos, puede haber atributos adicionales relacionados con la potencia de la señal y las interferencias, así como la cobertura.

Los elementos dinámicos se han de clasificar respecto a (i) la circulación y (ii) al vehículo objeto de la definición o verificación del ODD. La circulación, a su vez, se clasifica en densidad de usuarios, volumen de tráfico, intensidad, tipo de usuario (incluyendo usuarios vulnerables, en su caso) y presencia de vehículos especiales (p. ej., ambulancias o vehículos policiales). Respecto al vehículo, hay que definir el rango de velocidades para el que el ODD sería operativo. Además, se le pueden atribuir otras características limitantes, como la capacidad de cambiar de carril, de girar a la derecha o a la izquierda, entre otras.

## 4.2. Taxonomía de la Plataforma Europea ITS (EU EIP)

La taxonomía de la Plataforma Europea ITS hace otro tipo de clasificación de primer nivel, distinguiendo entre: (i) la infraestructura física, (ii) la infraestructura digital, (iii) la infraestructura de comunicación y (iv) las operaciones y mantenimiento de infraestructura.

En la infraestructura física proponen distinguir los siguientes atributos: (i) tipo de vía; (ii) geometría y visibilidades; (iii) secciones especiales; (iv) calzadas y carriles; (v) arcones y espacios junto a bordillos; (vi) pavimentos; (vii) marcas viales; (viii) enlaces, intersecciones, conexiones y trenzados; (ix) señales de tráfico; (x) equipamiento vial; (xi) instalaciones o elementos viarios para usuarios vulnerables; y (xii) rango de velocidades.

Para la infraestructura digital se distinguen los siguientes factores: (i) posicionamiento; (ii) sistema dinámico de información de tráfico; (iii) mapas HD; y (iv) estado de la operación del tráfico en la red de carreteras en tiempo real.

La infraestructura de comunicación requerirá unidades o balizas al lado o sobre la carretera (RSU, Road Side Unit) para las comunicaciones básicas de corto alcance (V2I) conectadas troncalmente a diferentes servidores mediante cableado de fibra óptica. Además, las comunicaciones de medio y largo alcance entre vehículos e infraestructura serán a través de redes celulares con cobertura muy amplia.

Respecto al ámbito de las operaciones y mantenimiento de infraestructura, se tiene en cuenta todo lo relacionado con: (i) la gestión y control cooperativo del tráfico; (ii) los incidentes y eventos; (iii) las obras en carreteras; (iv) las actuaciones de conservación y mantenimiento de la infraestructura; y (v) la supervisión de flotas de vehículos automatizados y conectados.

### 4.3. Taxonomía de la Sociedad de Ingenieros de Automoción de EE.UU. (SAE)

La SAE publicó en 2020 un informe donde se propone un marco conceptual y una nomenclatura para la definición y publicación de los ODDs por parte de las empresas automovilísticas. Se trata de un planteamiento

para una comprensión realista de las condiciones del entorno de la carretera, de la geometría de la misma y de su infraestructura física, así como de las zonas y los comportamientos de los otros usuarios de la carretera.

Se trata de identificar, en primer lugar, la red de carreteras y rutas sobre las que puede operar el vehículo automatizado. Luego, hay que caracterizar la infraestructura física de esas carreteras, con sus condiciones y elementos del entorno relevantes para el funcionamiento del sistema automatizado. En tercer lugar, hay que identificar las limitaciones operativas dentro de esas carreteras, como son, por ejemplo, los obstáculos, objetos, zonas, condiciones o eventos. Por último, se propone que los fabricantes de vehículos formulen y comuniquen claramente la descripción del ODD de cada uno de sus vehículos, en términos de características, elementos y parámetros permisivos y no permisivos, es decir, que habilitan un ODD o que suponen la finalización de uno anterior o la restricción de entrada a ese tramo de carretera que no reúne los mínimos habilitantes para el sistema automatizado definido.

Además, el informe de la SAE proporciona una terminología con el fin de que los fabricantes y desarrolladores puedan utilizar un lenguaje común para describir sus ODDs. En esta se incluyen factores y parámetros para definir: (i) las condiciones ambientales relacionadas con el clima y la meteorología; (ii) las condiciones de la superficie de la carretera; (iii) las restricciones operativas, es decir, otros elementos dentro del entorno operativo no relacionados con las condiciones meteorológicas y atmosféricas; (iv) los posibles usuarios de la vía; (v) los objetos u obstáculos de la carretera no estáticos; y (vi) la conectividad, es decir, la comunicación con otros vehículos, otros usuarios de la carretera e infraestructura, incluidos los centros de operación de las flotas de vehículos automatizados.

## 5. Caso de Estudio

Para comprender mejor el concepto y la utilidad de los Dominios de Diseño Operativo de un determinado vehículo automatizado, se muestra un estudio real a lo largo de un tramo de carretera convencional de 5,25 km de longitud (Figura 5). Se trata de un tramo de la CV-50, situado entre los municipios de Cheste y Villamarchante (Valencia).

El tramo de carretera presenta un trazado en planta con una velocidad de diseño de 80 km/h, un perfil longitudinal ondulado con acuerdos convexos suaves y una sección transversal 7/10. El límite de velocidad está establecido en 90 km/h. El estado de las marcas viales es adecuado para la detección de las líneas de borde de los carriles y no presenta discontinuidades. Igualmente, el estado del pavimento es bueno.

Se llevaron a cabo observaciones a través de múltiples recorridos mediante un vehículo con un sistema automatizado de conducción de nivel 2, el cual permite el control simultáneo del movimiento longitudinal, mediante el sistema de control de cruceo adaptativo (ACC, Adaptive Cruise Control), y el movimiento lateral, a través del sistema de asistencia de mantenimiento en carril (LKA, Lane Keeping Assist).

Lo primero que se determinó para cada curva, a través de diversos recorridos de las mismas, fue la velocidad máxima a la que ese sistema era capaz de funcionar sin ceder el control al conductor y, por tanto, sin salirse del carril. Este nuevo concepto, la velocidad automatizada, fue propuesto y publicado internacionalmente por el GIIC-UPV (García et al., 2020), estando directamente relacionada con el radio o curvatura de la curva. En la Figura 5, se puede observar las diversas velocidades automatizadas en función del radio de la curva (en azul).

Si un vehículo con este sistema automatizado de conducción recorre el tramo a una velocidad constante correspondiente al límite de velocidad –90 km/h–, el sistema no podría funcionar a esa velocidad sin ceder el control en cuatro curvas, creando tres zonas de no automatización, resaltadas en rojo. Las otras zonas verdes son ODDs para este sistema automatizado de conducción y a esa velocidad, ya que el vehículo no cedió el control al conductor.

Como resultado, el vehículo automatizado presentó cuatro zonas compatibles con sus ODDs y tres zonas intermedias que precisaron conducción manual, correspondientes a las cuatro curvas con una velocidad automatizada inferior al límite de velocidad. Esto supuso la desconexión durante 1,275 km del total del desarrollo, es decir, un 24,3% del mismo.

En este caso de estudio, se observó que al entrar en esas cuatro curvas se producían las desconexiones y las correspondientes cesiones del control al conductor. Durante una cierta distancia posterior a cada desconexión, se mantenía el control manual hasta que el sistema automatizado recobraba el control y se iniciaba el siguiente ODD.

Este ejemplo ilustrativo del concepto de ODD indica con claridad que cada sistema automatizado de conducción presentará diferentes ODDs en este tramo según sea el nivel de desarrollo tecnológico de su sistema de guiado y control lateral. Además, se demuestra que la velocidad que se adopte como referencia para la definición del ODD del vehículo automatizado debe ser explicitado en su descripción porque es un factor clave en el funcionamiento. Esta velocidad nunca debería ser inferior al límite de velocidad establecido hasta ahora.

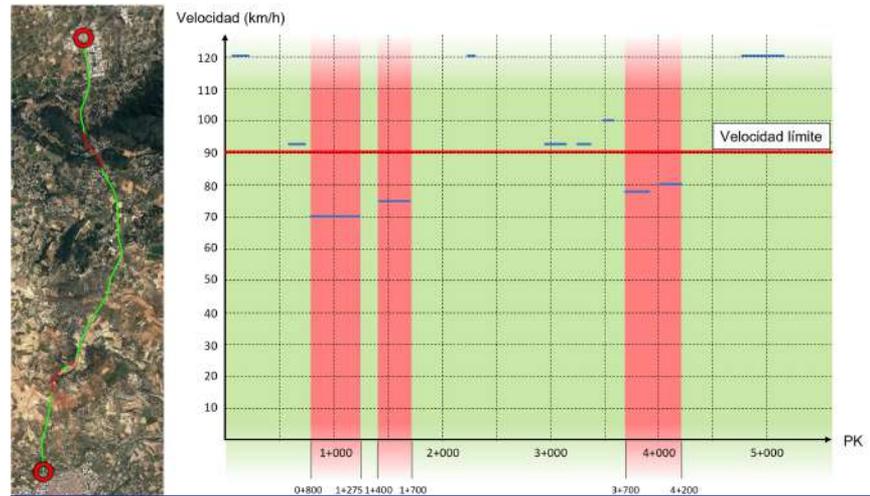


Figura 5. Caso de estudio.

## 6. Conclusiones

Los vehículos automatizados son capaces de mantener el control a lo largo de una sección de una carretera si se dan unas determinadas condiciones favorables durante su circulación por ella. Esas secciones propicias para un funcionamiento seguro de un vehículo automatizado es lo que se denomina Dominio de Diseño Operativo (ODD). Por tanto, un ODD se refiere a las condiciones específicas bajo las cuales un vehículo automatizado está diseñado para funcionar de forma segura a lo largo de una sección de la carretera manteniendo el control longitudinal y lateral del vehículo.

De esta forma, el ODD define cuándo, dónde y bajo qué condiciones un determinado vehículo automatizado está diseñado para operar de manera autónoma, controlando en todo momento el movimiento longitudinal y lateral del vehículo. De manera complementaria, las condiciones no recogidas por los ODDs de un vehículo son aquellas para las que su sistema de conducción no ha sido diseñado y, por lo tanto, no podrá operar.

Las definiciones de ODD establecidas hasta la fecha se fundamentan en las capacidades del vehículo automatizado y en cómo está diseñado para operar de forma automática y se-

gura en ciertos ámbitos y condiciones. Sin embargo, la propia carretera y su entorno, que es lo que mayor interés puede despertar en las administraciones de carreteras, no se considera de manera explícita en estas definiciones. En este sentido, se podría definir un ODD como una sección de carretera que reúne una serie de características que propician, durante un cierto periodo de tiempo y longitud de carretera, el funcionamiento de un determinado sistema automatizado de conducción.

La definición de un ODD para un determinado vehículo automatizado depende de multitud de factores o condiciones operacionales que le permitan iniciar y mantener el control automatizado, de manera que en el momento que aparece una condición fuera del rango definido en el ODD, el vehículo desconecta y transfiere al conductor su control o, en caso de que este no responda, desarrolla unas tareas dinámicas por sí mismo para apartar el coche a una situación de riesgo mínimo.

Por tanto, los factores o condiciones operacionales de un ODD son fundamentales y pueden ser diversos y atender a clasificaciones distintas. A este respecto, se puede distinguir entre factores estáticos o fijos y dinámicos o variables, y entre factores internos y externos.

Por tanto, la clave está en las limitaciones que puedan existir en la interacción entre un vehículo automatizado y la infraestructura de la carretera, además de diversos factores de entorno o variables. Probablemente pueda ser más claro el concepto no solo diciendo lo que incluye sino también lo que excluye, es decir, los factores y umbrales que provocan la desconexión y hacen que el ODD termine.

La conducción automatizada realmente segura dependerá de la definición y publicación de la lista exhaustiva de múltiples condiciones y factores superpuestos que puede encontrar y manejar un determinado vehículo automatizado para seguir operando como tal a lo largo de una sección de carretera. Hasta ahora, solo ha habido tres propuestas de taxonomía de los factores y atributos a tener en cuenta para la definición de un ODD, pero no se ha trasladado todavía como obligatorio para los fabricantes.

Actualmente, los fabricantes describen de una forma muy general el ODD para los vehículos automatizados que venden, por lo que desarrollar y acordar una taxonomía va a ser un primer paso para estandarizar la forma en que los fabricantes describen sus sistemas y así facilitar la información adecuada a los usuarios para reducir su confusión, ya que podrán saber y ajustar sus expectativas en torno al rendimiento de los vehículos automatizados que van a conducir. Luego, el ODD detallado es fundamental para ser aplicado y aumentar la aceptación del usuario.

Para aprovechar todos los beneficios de la conducción automatizada, se debe maximizar la longitud del ODD y minimizar las transiciones entre automatizado y manual, es decir, maximizar la continuidad del ODD en el espacio y el tiempo. El vehículo debe saber cuándo se acerca al final de cada ODD, para lo que harán falta alertas de aproximación a los límites

correspondientes mediante mapas HD digitales y dinámicos, apoyándose en la conectividad.

La verdad es que, a día de hoy, las funciones y responsabilidades están aún poco claras. Es necesario avanzar en el estudio, las discusiones y los acuerdos para ir resolviendo los problemas y limitaciones de los ODDs actuales, donde todos los agentes implicados participen, no solo las empresas automovilísticas. Para este necesario objetivo a corto y medio plazo, es imprescindible que se involucren las administraciones de carreteras y tráfico, responsables de la infraestructura física y digital, así como de la circulación y seguridad de los vehículos y los usuarios.

## Referencias

- [1] ASAM (2021). P2020-08 ASAM OpenODD Project. 2020. Acceso online: <https://www.asam.net/project-detail/asam-openodd/#backToFilters>.
- [2] British Standards Institution. PAS 1883:2020. Operational Design Domain (ODD) taxonomy for an automated driving system (ADS) – Specification, 2020.
- [3] Dogan, E., M. Rahal, R. Deborne, P. Delhomme, A. Kemeny y J. Perrin (2017). Transition of Control in a Partially Automated Vehicle: Effects of Anticipation and Non-Driving-Related Task Involvement. Transportation Research Part F: Traffic Psychology Behavior, vol. 46, pp. 205-215.
- [4] ERF (2020). New mobility and road infrastructure. Brussels (Belgium): European Road Federation. Acceso online: <http://www.cica.net/new-mobility-and-road-infrastructure-main-findings-of-a-benchmark-study-in-20-countries/>
- [5] EU EIP (2020). Road map and action plan to facilitate automated driving on TEN.
- [6] European Parliament. (2019). Type-approval requirements for motor vehicles as regards general safety. Brussels (Belgium): European Parliament.
- [7] Gyllenhammar, Magnus, Rolf Johansson, Fredrik Warg, Stig Ursing, DeJiu Chen, Hans-Martin Heyn, Martin Sanfridson, Jan Söderberg, Anders Thorsén, and, Stig Ursing (2020). Towards an Operational Design Domain That Supports the Safety Argumentation of an Automated Driving System. 10th European Congress on Embedded Real Time Systems. Toulouse, France.
- [8] ISO (2020). ISO/TC 22/SC 33 Vehicle dynamics and chassis components. ISO/AWI 34503. Road vehicles – Taxonomy for operational design domain for automated driving systems. ISO, 2020. Acceso online: <https://www.iso.org/standard/78952.html>.
- [9] SAE (2018). SAE Surface Vehicle Recommended Practice J3016: “Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles”. [https://doi.org/10.4271/J3016\\_201806](https://doi.org/10.4271/J3016_201806)
- [10] SAE (2020). Automated Vehicle Safety Consortium (AVSC). AVSC Best Practice for Describing an Operational Design Domain: Conceptual Framework and Lexicon. Society of Automotive Engineers.
- [11] Shen, S. y D. M. Neyens (2017). Assessing Drivers' Response during Automated Driver Support Systems Failures with Non-Driving Tasks. Journal of Safety Research, vol. 61, pp. 149-155.
- [12] Waymo 2017. On the road to fully self-driving. Waymo Safety Report. 43 p. Acceso online: <https://www.mtfchallenge.org/wp-content/uploads/2017/02/waymo-safety-report-2017-10.pdf>. ❖

# La norma ISO 39001 (sistema de gestión de la seguridad vial) y su implantación en las empresas de conservación y explotación de carreteras. Un reto y los beneficios que se derivan



The ISO 39001 standard (Road Safety Management System) and its implementation in conservation companies and road operation. A challenge and benefits that are derived

## Comité Técnico de Seguridad Vial

Asociación Técnica de Carreteras

Redactado por:

**Cristina Zamorano Nicolás**  
AUTOPISTAS (Grupo ABERTIS)

**Ana A. Marina Álvarez**  
ALAUDA

**Beatriz Molina Serrano**  
PROINTEC

**Eva García Morales**  
EMESA

**Beatriz Domingo Rimada**  
CEDINSA

**Pablo Sáez Villar**  
ACEX

Redactor del prólogo:

**Roberto Llamas Rubio**

DGC- Presidente del Comité de Seguridad Vial

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible incorpora la seguridad vial dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, de forma que la convierte en un foco prioritario de actuación y la enmarca como estrategia fundamental a incorporar en los planes de desarrollo de cualquier empresa y país.

En esta línea se debe reflexionar sobre herramientas internacionalmente reconocidas, que puedan integrar de forma rigurosa los procedimientos y la gestión en materia de seguridad vial para contribuir a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y particularmente en el objetivo de reducir los fallecidos y las lesiones derivadas de los accidentes de tráfico. Con ello se persigue progresar y avanzar hacia una mayor mejora en el bienestar y calidad de vida de las personas. Bajo un paraguas de “norma”, la ISO 39001 “Sistemas de Gestión de Seguridad Vial, requisitos y recomendaciones de buenas prácticas”, objeto del presente artículo, se postula como una herramienta de gran valor y utilidad para alcanzar tales fines.

El artículo analiza en qué consiste, cual es el objetivo que persigue, a qué tipo de organización es aplicable y qué requisitos son necesarios para poder establecer un sistema de gestión de seguridad vial eficaz y eficiente. También se abordan los motivos por los que es recomendable su implantación, centrándose en las particularidades de las empresas de conservación y explotación de carreteras. Asimismo, se plantea cómo abordar esa implantación del sistema de gestión debidamente certificado y se exponen algunas de las ventajas y beneficios que conlleva, tanto a nivel interno de la propia organización donde se instala como a nivel externo, así como también se ponen de manifiesto determinados aspectos relevantes que deben contemplarse para un mayor éxito en la implantación y en los resultados obtenibles. Y para finalizar se sintetizan algunas conclusiones derivadas de los conceptos e ideas planteadas en esta publicación.

The 2030 Agenda for Sustainable Development incorporates road safety into the Sustainable Development Goals, making it a priority focus of action and frames it as a fundamental strategy to be incorporated into the development plans of any company and country.

In this line, it is necessary to reflect on internationally recognized tools, which can rigorously integrate the procedures and management in the field of road safety to contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals and particularly in the objective of reducing deaths and injuries derived from traffic accidents. With this, the aim is to progress and move towards a greater improvement in the well-being and quality of life of people. Under an umbrella of “standard”, ISO 39001 “Road Safety Management System, requirements and recommendations of good practices”, which is the subject of this article, is postulated as a tool of great value and utility to achieve such ends.

The article analyzes what it consists of, what is the objective it pursues, what type of organization it is applicable to and what requirements are necessary to be able to establish an effective and efficient road safety management system. The reasons why its implementation is recommended are also addressed, focusing on the particularities of road maintenance and operation companies. Likewise, it proposes how to approach this implementation of the duly certified management system and some of the advantages and benefits that it entails are exposed, both internally of the organization itself where it is installed and externally, as well as certain Relevant aspects that must be considered for a greater success in the implantation and in the obtainable results. Finally, some conclusions derived from the concepts and ideas raised in this publication are synthesized.

## Prólogo

*Cada 24 segundos muere una persona en la carretera; ello supone más de 1,35 millones de muertes por accidentes de tráfico cada año en el mundo. Además, las lesiones causadas por el tránsito por las carreteras son la primera causa de muerte entre los niños de 5 a 14 años y entre los adolescentes y jóvenes de entre 15 y 29 años. Estas cifras ponen de relieve la lacra social que suponen los accidentes de tráfico y que por ello sean considerados por la OMS (Organización Mundial de la Salud) como un problema de salud pública. Evitar o reducir esta siniestralidad mejorando la seguridad vial es una responsabilidad compartida de toda la sociedad y de cada uno de nosotros como individuos que intervenimos o interactuamos en el sistema vial.*

*La preocupación por la seguridad vial y su mejora ha ido en incremento año tras año en las últimas décadas, a medida que también han ido aumentando la motorización, el desarrollo económico y la concienciación social ante este lastre de pérdidas humanas y económicas que conllevan los accidentes de tráfico. Esta mayor sensibilización ante este grave problema ha he-*

*cho que la mejora de la seguridad vial se haya incorporado como una meta dentro de los objetivos establecidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Así, ésta se ha materializado en el planteamiento de reducir a la mitad los fallecidos y las lesiones causadas por los accidentes de tráfico.*

*En este contexto, se debe contar con mecanismos, procedimientos y herramientas que ayuden a conseguir esa disminución de los siniestros viales. Y la Norma ISO 39001 se constituye como una de esas herramientas que pueden contribuir a mejorar la seguridad vial dentro de las actividades que desarrollan las empresas de mantenimiento de las carreteras. Pues dicha Norma es aplicable a cualquier tipo de empresa u organización cuya actividad se circunscriba dentro del sistema de transporte por carretera, entendido en su acepción más generalista.*

*La ISO 39001 ayuda a estas empresas a orientar e implantar un sistema de gestión de la seguridad vial dentro de su organización, con unos determinados requisitos y especificidades para la particular actividad que desa-*

*rollan las mismas, que permita reducir la incidencia y riesgos derivados de los accidentes de tráfico disminuyendo las víctimas mortales y heridos graves consecuencia de los mismos. Además, esta ISO 39001 de gestión de la seguridad vial es complementaria, compatible e integrable con otros procesos de organización o sistemas de gestión que se puedan disponer, tales como los de seguridad y salud (ISO 45001, de calidad (ISO 9001) o de medio ambiente (ISO 14001).*

*Asimismo, cada vez es más frecuente que en las licitaciones vinculadas a la infraestructura sea exigible o valorable favorablemente y de forma objetiva el disponer de un sistema de gestión de la seguridad vial certificado basado en esta Norma ISO 39001. Por lo que las empresas del sector deben (si no lo han hecho ya) esforzarse de manera rápida en la consecución de este certificado si no quieren quedar fuera de dichas licitaciones o por lo menos estar en desventaja frente a sus competidoras del sector. Actualmente suele ser un aspecto valorable, habitualmente contemplado como un criterio objetivo de puntuación técnica*

de las ofertas pero en un futuro próximo, según se plantean algunas de las Administraciones de carreteras españolas, podrá hacer imprescindible para cualquier empresa que quiera tener opciones de contratar con ellas. Este es un aliciente más, fomentado acertadamente por las Administraciones de carreteras, para conseguir disponer de un sistema de gestión certificado que contribuya a reducir la accidentalidad vial y sus consecuencias.

Esta inquietud por avanzar en mejorar la seguridad mediante la divulgación y difusión de nuevas técnicas y herramientas útiles para conseguir dicho objetivo, fue lo que motivó al Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de la Carretera -ATC- a abordar el análisis de esta Norma ISO 39001 con ánimo de impulsar el interés por dicha Norma y su aplica-

bilidad e implantación en el colectivo de las empresas de conservación y explotación de carreteras. Hay que reseñar que estas empresas trabajan en y para la carretera, realizando labores en las vías con el tráfico circulando, por lo que el riesgo para sus propios operarios es elevado y, por tanto, la seguridad para este colectivo es primordial.

Por ello se constituyó un grupo de trabajo específico para esta tarea, liderado por Cristina Zamorano y con la publicación del presente artículo es un resultado de dicha labor realizada. En él, tras realizar una breve introducción, se pasa a describir en qué consiste dicha ISO, analizando los motivos que recomiendan su implantación y cómo debe abordarse esa implantación del sistema de gestión, las ventajas y beneficios que se derivan, así como los aspectos más destacables que deben

considerarse y tenerse en cuenta, con especial particularidad para el colectivo de las empresas de mantenimiento de carreteras, para un mayor éxito.

Por último y como Presidente del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de la Carretera, quisiera expresar mi agradecimiento a todos los miembros que de alguna manera han participado y contribuido al trabajo desarrollado por el grupo anteriormente citado, y en especial a los autores de este artículo por su esfuerzo y dedicación.

**Roberto Llamas Rubio**  
Presidente

Comité Técnico de Seguridad Vial  
Asociación Técnica de Carreteras

## 1. Introducción

Desde hace décadas, la seguridad vial es una preocupación mundial debido a la lacra social que suponen los accidentes de tráfico y sus consecuencias en la sociedad actual. Los datos que se recogen en el Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial de la Organización Mundial de la Salud, pronostican que en el año 2030 los accidentes viarios podrían ser la quinta causa de mortalidad y la primera entre los jóvenes de 15 a 29 años [7].

Esta creciente preocupación, acompañada de los costes socioeconómicos que conllevan estos accidentes hacen que la necesidad de acometer actuaciones de mejora sea acuciante. Así, el 25 de septiembre de 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas, aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y, 193 países, entre ellos España, suscribieron dicho acuerdo. Este hecho

supuso un hito pues, por primera vez, la seguridad vial aparece integrada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel global.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible recoge un plan de acción común, tras un proceso de consulta amplio y participativo, con una clara vocación de compromiso multilateral tanto de las entidades públicas, el sector privado, la educación, los gobiernos y la sociedad civil en general, para avanzar hacia una mejora en el bienestar y la calidad de vida de las personas. Para ello, se identificaron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), desarrollados en 169 metas con un plazo de 15 años para poder desarrollarlos. Es a través de la Meta 3.6 de este ODS: "Reducción de Accidentes de Tráfico", donde se plantea reducir a la mitad los fallecidos y las lesiones causadas por accidentes de tráfico en el mundo [6].

Es en este marco donde la Norma ISO 39001, publicada en abril de 2013, aparece como respuesta a la necesidad de disponer herramientas que permitan mejorar la seguridad vial [5]. Así, la Norma ISO 39001 es una herramienta que permite ayudar a las empresas a reducir la incidencia y el riesgo derivado de los accidentes de tráfico, identificando elementos de buenas prácticas en materia de seguridad vial, pues su principal objetivo es "especificar los requisitos para un sistema de gestión de seguridad vial que permita a una organización que interactúa con el sistema vial reducir las víctimas mortales y heridos graves de los accidentes de tráfico" [2].

Al seguir la misma estructura que otras Normas ISO de gestión empresarial, es totalmente integrable con otros sistemas de gestión, tales como la Norma OHSAS 18001/ ISO 45001 de Seguridad y Salud, la Norma ISO 9001 de Calidad o la Nor-

ma ISO 14001 de Medio Ambiente, que ya se encuentran implantadas en multitud de empresas. Por tanto, esta herramienta, debe ser un complemento a los requisitos legales que cualquier organización y ciudadano debe cumplir y respetar, dentro de su ámbito de actuación.

Son cada vez más las empresas en el mundo que implantan la Norma ISO 39001 en sus sistemas de gestión, pues promueve el uso de procesos iterativos que permiten orientar a las empresas en la consecución de sus metas en materia de seguridad vial. Asimismo, se compatibiliza también con los planes de movilidad y seguridad vial que tienen implantados muchas organizaciones, pues la Norma ISO 39001 identifica factores de exposición al riesgo (por ejemplo, los trayectos efectuados o el tráfico), de resultados intermedios (siniestros sin daños) y finales (heridos graves y/o fallecidos), que tienen su correspondencia con los factores de la eficiencia de los planes de movilidad [4].

Merece destacar la atención a los siniestros sin daños, pues su seguimiento puede aportar un enorme valor añadido, ya que normalmente las estadísticas se centran más en los accidentes con víctimas y en la evolución de la mortalidad.

La estructura de la norma permite aplicarse a cualquier organización, si bien su interés es evidente para determinada tipología de empresas, como todas aquellas cuya actividad se circunscribe al transporte por carretera, tanto de personas como de mercancías. No obstante, la implantación de la norma también resulta necesaria en otras empresas que, pese a no ser de transportes, empleen vehículos y/o las propias vías en su actividad ordinaria, tales como las autoescuelas [9], aquellas que trabajan en las carreteras (empresas de conservación y explotación,

mantenimiento, asistencias técnicas para la realización de estudios, etc.) o aquellas cuyos trabajadores ocupen las vías como peatones (compañías de limpieza, servicio de correos, etc.). Asimismo, se podrían considerar como candidatas para la implantación de la Norma ISO 39001 todas aquellas empresas y organizaciones cuya actividad genera tráfico hacia o desde sus instalaciones, tales como centros comerciales, edificios administrativos, campos deportivos, centros educativos, etc. [11]

Desde su publicación, son numerosas las empresas en todo el mundo que han implantado dicho sistema de gestión [1, 8, 10], si bien cabe destacar no sólo su aplicación, sino que dicha norma ha servido como base a estudios y publicaciones científicas.

En esta línea, el Grupo de Trabajo de análisis de la Norma ISO 39001<sup>1</sup>, creado en el seno del Comité de Seguridad Vial de la ATC, para el ciclo 2020-2023, ha redactado el presente artículo con ánimo de animar e impulsar el interés por dicha norma. Se ha tratado de dar al texto un enfoque meramente práctico de cara a que pueda ser usado por las empresas a la hora de decidirse a implantar dicha norma dentro de su sistema de gestión. En suma, los objetivos que se persiguen con el presente artículo son:

- Dar a conocer la Norma ISO 39001 y sus beneficios.
- Fomentar la implantación de la ISO 39001 en las empresas, por ser una herramienta que aporta valor añadido a la mejora de la seguridad vial.
- Fomentar su valoración por la Administración, como sello de excelencia en la gestión de la seguridad vial, situándola al mismo nivel que otras normas de calidad.

- Analizar el actual grado de implantación en las empresas (si fuese posible catalogando grande, mediana y pequeña empresa y sector público/privado).

Dado el extenso número de tipos de empresas relacionadas con la carretera en las que la Norma ISO 39001 sería aplicable, el trabajo realizado por el Grupo de Trabajo que se plasma en el presente artículo, se circunscribe al sector de la Conservación y Explotación de carreteras españolas.

De forma previa a la redacción del artículo, se han realizado una serie de encuestas dirigidas a empresas de conservación y explotación con unas cuestiones muy sencillas cuyos resultados han permitido orientar el enfoque del mismo, principalmente en el aspecto de diferenciar el alcance y aporte de la ISO 39001 en comparación con la OSHAS 18001/ISO 45001, dado que se desprende cierta confusión entre las mismas.

El esquema de trabajo seguido se muestra en la imagen siguiente (Figura 1).

## 2. ISO 39001: Sistemas de Gestión de la Seguridad Vial, requisitos y recomendaciones de buenas prácticas

La Organización Internacional de Normalización (ISO) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO) que prepara normas internacionales mediante comités técnicos de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las

<sup>1</sup> El Grupo de Trabajo está formado por Cristina Zamorano (líder), Beatriz Domingo, Eva García, Ana A. Marina, Beatriz Molina y Pablo Sáez



Figura 1. Esquema metodológico del análisis desarrollado por el Grupo de Trabajo. Fuente: Elaboración propia

Directivas ISO/IEC [2]. En concreto, la Norma ISO 39001 fue redactada por el Comité de Proyectos PC 241, Sistemas de gestión de la seguridad vial.

La Norma ISO 39001 especifica los requisitos para un sistema de gestión de la seguridad vial que permita a una organización, relacionada con el sistema vial, reducir los fallecidos y los heridos graves ocasionados por los accidentes de tráfico. Así, además de incidir sobre los accidentes de los propios trabajadores, el ámbito de aplicación (alcance) de la misma puede y debe ser el de los propios usuarios de las carreteras, en función de la actividad que desarrolle la organización. Un ejemplo ilustrativo es el caso de las empresas de conservación y explotación de carreteras, pues en este caso el foco se pone no solo en sus propios trabajadores sino también en los conductores que hacen uso de la infraestructura. En este punto cabe reflexionar sobre las diferencias entre la OHSAS 18001/ISO 45001 y la ISO 39001. Ambas normas comparten muchos aspectos al ocuparse de la prevención de riesgos si bien, la principal diferencia se establece en el alcance de las normas. Mientras que la ISO 45001 trata la gestión de riesgos laborales de una empresa, principalmente en las instalaciones de la misma, el alcance de la ISO 39001 puede ser mayor. En el caso de aplicarse la ISO 39001 a una

infraestructura podrá abordar no solo aspectos internos de la organización sino también aspectos externos como pueden ser los usuarios de las infraestructuras que gestiona la empresa.

Los requisitos de esta norma incluyen no sólo la aplicación de una política de seguridad vial adecuada, sino también el desarrollo de unos objetivos realistas de seguridad vial y planes de actuación que tengan en cuenta los requisitos que suscribe dicha organización, así como la información sobre los elementos y criterios relacionados con la seguridad vial identificados para controlarlos y modularlos.

Es por ello, que el sistema de gestión incluido en la Norma se centra en la propia organización, considerando sus objetivos, de forma que la orienta a su consecución mediante un enfoque de Sistema Seguro. Señalar que dicha gestión puede integrarse o compatibilizarse con otros sistemas de gestión y/o procesos de organización que se encuentren ya implantados, se estima que es lo más práctico y recomendable, si bien, la propia norma implica disponer de una serie de información documentada. Sin duda, pueden ser numerosas las acciones que se lleven a cabo en materia de seguridad vial en una empresa, pero, si no queda documentado, la información quedará dispersa y no

podrá ser auditable. Esta norma, supone un sistema de ayuda para establecer objetivos, organizarlos, trazar acciones, documentar y verificar su eficacia, en el ámbito de la seguridad vial.

No obstante, cabe señalar que todos los requisitos incluidos en la misma son genéricos, de forma que si, por la naturaleza de la organización o su producto, alguno de estos no pudiera implantarse, puede considerarse su exclusión, documentándola junto con su correspondiente motivación [5].

Por tanto, la implantación de la Norma pretende poner en valor y dar a conocer a toda la sociedad las actividades que desarrolla una organización y que impactan en la seguridad vial y, por consiguiente, apoyar la prevención de los accidentes de tráfico y, en caso de que se produzcan, minimizar sus consecuencias a través de una preparación y respuesta a las emergencias previamente trabajada.

### 2.1. ¿Por qué es recomendable su implantación en las empresas?

La norma internacional ISO 39001 especifica los requisitos para la implantación de un sistema de gestión de la seguridad vial que permite a una empresa reducir los fallecidos y

heridos graves derivados de los accidentes de tráfico. Tal y como se ha mencionado anteriormente, la norma ISO 45001 recoge la prevención de riesgos laborales en el ejercicio de la actividad de la empresa, aunque principalmente se centra en las instalaciones de la misma.

El sistema de gestión que se incluye en la norma se centra en la organización, sus objetivos en materia de seguridad vial, orientando la planificación en las actividades que permiten alcanzar esas metas mediante un enfoque de Sistema Seguro. Así, la ISO 39001, al poner el foco sobre los desplazamientos, aporta un plus a la seguridad de los trabajadores, lo que toma especial relevancia para las empresas de conservación de carreteras, cuya labor se desarrolla en la propia infraestructura.

Los accidentes de tráfico suponen un porcentaje elevado de los accidentes mortales de trabajo. La mejora en la seguridad vial en los desplazamientos de trabajo supone un avance importante, no sólo para incrementar las condiciones de seguridad vial a nivel general, sino también en el conjunto de la prevención de riesgos laborales. La norma ISO 39001 y su desarrollo e implantación, supone un complemento a los requisitos legales que debe cumplir cualquier organización

La Norma suministra una herramienta que permite ayudar a las empresas a reducir la incidencia y riesgo derivados de los accidentes de tráfico, identificando elementos de buenas prácticas en materia de seguridad vial, como por ejemplo:

cursos de seguridad vial para toda la organización pero adaptados a cada perfil y rol, desde la alta dirección (con el objetivo de sensibilizar) como a colectivos staff (por ejemplo departamentos de compras, servicios jurídicos etc), que pueden estar menos habituados y alejados del día a día de la actividad "in situ" de conservación o explotación, pero cuya responsabilidad en la organización tiene impacto en la misma. Así mismo, es recomendable involucrar a empresas subcontratadas, proveedores, los cuales deberían estar alineadas con la política en materia de seguridad vial que defina la empresa y deberían cumplir ciertas especificaciones y requisitos que así se determinen. En definitiva, forman parte no solo de la propia imagen de la empresa, sino que, en muchos casos, desarrollan tareas principales. Se debería verificar que, al menos, disponen de un plan de seguridad para sus empleados. Se les puede brindar ayuda para conseguir llegar a los estándares esperables en esta materia. En definitiva, son partes interesadas dentro del sistema.

Otro aspecto destacable de la norma, es la necesidad de investigar los accidentes de tráfico y otros incidentes, a través de procedimientos, que permitan identificar posibles acciones correctivas u oportunidades de mejora. Este análisis, no sustituye al propio que debe llevarse a cabo en el ámbito de la prevención de riesgo, pero sí lo puede complementar. Por ejemplo, un accidente de un trabajador provocado, presuntamente, por exceso de velocidad, debe penalizarse desde el punto de vista del ámbito laboral y debe analizarse des-

de el ámbito de la norma ISO 39001, facilitando recursos y medidas que ayuden a prevenir y minimizar ese riesgo detectado.

Es necesario promover el uso de procesos iterativos (planificar, hacer, verificar y actuar) que orientarán a las empresas en la consecución de sus metas en materia de seguridad vial. Una meta puede ser "formar a todos los colaboradores en seguridad vial en un periodo de tiempo determinado".

Como se ha mencionado anteriormente, además de incidir sobre los accidentes de los propios trabajadores, el ámbito de aplicación (alcance) puede y debe centrarse también en los de los propios usuarios de las carreteras. Así, en las empresas de explotación y conservación se pondría el foco en los conductores que hacen uso de la misma.

Por tanto, se puede afirmar que su implantación contribuye de manera directa en la cuenta de resultados de las organizaciones, ya que medidas de este tipo se encuentran bonificadas en forma de reducción de cuotas a la seguridad social vía la implantación de los Planes de Movilidad y la reducción de accidentes laborales (RD 404/2010) [11].

Además, en algunas concesiones de conservación de carreteras (las conocidas como autovías de primera generación) existen indicadores de gestión que miden, y bonifican o penalizan, la evolución de los índices de accidentalidad y mortalidad de las carreteras, teniendo, nuevamente, una aplicación directa en la cuenta de resultados de la empresa.

Tabla 1. Datos procedentes del Anuario estadístico del Ministerio de Trabajo y Economía Social de 2019

	Nº ACC	Nº ACM	Nº ACG	Nº ACL
ACC TRABAJO CON BAJA	650602	721	5394	644487
POR ACC DE TRÁFICO	77496	234	1175	76087
% POR ACC DE TRÁFICO	11,91%	32,45%	21,78%	11,81%

## 2.2. ¿Qué ventajas proporciona su implantación tanto en la propia empresa como a nivel externo?

Contemplar como objetivo la reducción de víctimas mortales o heridos graves en accidentes de tráfico ya es por sí una razón de peso para la implantación de la Norma, si bien existen otros beneficios, tanto a nivel interno de la organización como a nivel del conjunto de la sociedad tal y como se muestra a continuación:

### a) A nivel interno

- Establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de seguridad vial para mejorar su desempeño y asegurar su conformidad.
- Concienciar y formar a los trabajadores y, en general, a toda la organización, en aspectos de seguridad vial y ayudar a la empresa a fomentar el respeto de los trabajadores a la normativa de seguridad vial.
- Poder detectar, y anticiparse, a un posible problema al poder ser identificado previamente empleando las herramientas del sistema.
- La mejora en la seguridad de los empleados mediante la reducción de accidentes de tráfico lleva asociado una serie de reducción de costes: pagos de seguros, bajas médicas, gastos de taller.
- Ordenar e integrar, en un sistema de gestión, junto con el resto de normas que pueda haber implantadas en una empresa, los procedimientos específicos que impactan sobre la seguridad vial. En muchos casos, se detecta que hay procedimientos ya implantados en las organizaciones, que funcionan bien, que se entienden y se ejecutan y, simplemente, se deberán revisar y encajar el im-

pacto que tienen las actividades reflejadas en esos procedimientos en la seguridad vial con la incorporación del impacto que suponen en esta materia.

### b) A nivel externo

- Valoración favorable en licitaciones, ya que comienza a incorporarse como requisito en algunas licitaciones vinculadas a la infraestructura, su mantenimiento y gestión.
- Bonificación económica por cumplimiento y mejora de indicadores de gestión, en accidentalidad y mortalidad, de las carreteras.
- Aumento de la responsabilidad Social. La responsabilidad social puede definirse como el compromiso voluntario por parte de las empresas con el desarrollo social y medioambiental en sus operaciones comerciales y en las relaciones con sus interlocutores. Las empresas que alcanzan un alto nivel de conciencia social disfrutan de mayor confianza, tanto dentro de su propia organización como con el resto de los actores de su grupo de interés. Trabajar por la seguridad vial, persiguiendo el objetivo de reducir los accidentes de tráfico, es un valor para la sociedad en conjunto. La seguridad vial es una responsabilidad compartida, y todos los agentes, públicos o privados con responsabilidad a este respecto deben trabajar juntos en la consecución de este objetivo.
- Dar a conocer las actividades en materia de seguridad vial a toda la sociedad y, en el caso de usuarios de vías de peaje, los servicios adicionales.
- Ayuda a “profesionalizar” la labor de una organización en materia de seguridad vial, prevención, explotación y gestión del tráfico.

- Demostrar la conformidad de la empresa con esta norma internacional.

## 2.3. ¿Qué aspectos deben considerarse en su implantación, independientemente del tamaño de la empresa?

La Norma ISO es aplicable a todas las organizaciones, sin importar su tipo, tamaño o servicio prestado, pues no especifica requisitos técnicos ni de calidad de los productos y/o servicios de transporte. Así, la propia Norma ISO 39001 indica que no pretende dar uniformidad en la gestión de la seguridad vial o en la documentación, sino que cada organización debe identificar aquellos elementos o criterios que pueda controlar y modular [2].

El sistema de gestión incluido en la Norma ISO 39001 se basa en la metodología conocida como ciclo Deming o ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) (Figura 1), que es un proceso cíclico que requiere un fuerte liderazgo y un férreo compromiso de la alta dirección de la organización [11].

Por tanto, siguiendo este esquema los pasos a seguir para la implantación de la Norma ISO 39001 en una empresa son los siguientes:

### a) Planificar (Plan)

Según se indica en la Norma ISO 39001, la empresa debe seguir un proceso que revise su desempeño actual en materia de seguridad vial y determine los riesgos y oportunidades. Así, en primer lugar, cada empresa debe analizar el contexto de la compañía, para determinar las cuestiones internas y externas que afectan a su capacidad para lograr los resultados previstos en su sistema de seguridad vial.

Asimismo, debe identificar su rol en el sistema de seguridad vial y los procesos que la afecten. Al tiempo que selecciona los factores de desempeño de seguridad vial en los que se va a trabajar estableciendo objetivos y metas, definiendo los planes a abordar para conseguirlos.

Por tanto, los pasos a seguir en la planificación son [11]:

- Identificar el impacto de la organización en la seguridad vial.
- Establecer un compromiso de la alta dirección.
- Determinar el alcance de la norma y las partes interesadas.
- Establecer, documentar y comunicar la política de seguridad vial. Si la empresa ya dispone de una política se puede completar incorporando la línea de seguridad vial: por ejemplo, política de calidad, medio ambiente, prevención y seguridad vial.
- Asignar roles, responsabilidades y autoridades en la organización. Indicar quien es el responsable de la gestión de la seguridad vial en la empresa y quien va a velar por el cumplimiento y mantenimiento de la certificación.
- Determinar qué recursos (humanos, económicos, organizativos...) se disponen para la consecución de los objetivos.
- Determinar los riesgos y oportunidades mediante la evaluación del desempeño actual, identificando los factores de desempeño de mayor relevancia tanto para la organización como para la mejora de la seguridad vial.
- Establecer objetivos y metas de seguridad vial para cada uno de los factores del desempeño.

Sobre la determinación de las partes interesadas, en el caso de las

empresas de conservación y explotación de carreteras, gran parte de sus procesos y actividades tienen un impacto directo en la seguridad vial, no sólo sobre los propios trabajadores, sino también sobre el resto de agentes del sistema viario (usuarios de la vía, peatones, cuerpos y fuerzas de seguridad, servicios de emergencias, etc.). Es por ello que es necesario determinar las necesidades y expectativas de todas las partes interesadas, de forma que, con toda la información recogida, se establezca el alcance de sistema a implantar.

En relación con la planificación de la evaluación del desempeño, la Norma ISO 39001 define factores de desempeño de seguridad vial como aquellos “factores medibles, elementos o criterios que contribuyen a la seguridad vial en los que una organización puede ejercer influencia, y que le permite determinar los impactos en la seguridad vial” [2]. Asimismo, establece que dichos factores permiten a la organización, incluyendo sus contratistas y subcontratistas, determinar los cambios en el desempeño en seguridad vial, de forma que son elementos concretos y medibles de la actividad de la organización que

se usan para hacer un seguimiento del desempeño en el tiempo [2].

En este sentido, la Norma establece tres grupos de factores (Figura 3)

### b) Hacer (Do)

Una vez establecida la planificación y definidos los conceptos a considerar, el siguiente paso consiste en llevarlo a la práctica, es decir, en implementar en la organización el sistema de gestión de la seguridad vial.

Si la empresa cuenta con un Sistema de Gestión “maduro”, esta norma se puede y debe integrarse en ese sistema. Se facilita así el trabajo. Hay aspectos comunes para todas las normas (política, objetivos, compromiso de la Dirección, Riesgos...), siendo la estructura de la ISO 39001 similar a la de otro tipo de normas ISO [5].

Hay que tener en cuenta también la dotación de recursos para poder garantizar la consecución de la certificación, su implantación y el proceso de auditorías propio de cualquier Norma implantada en una organización. De aquí, que sea muy importante la definición de roles y responsa-

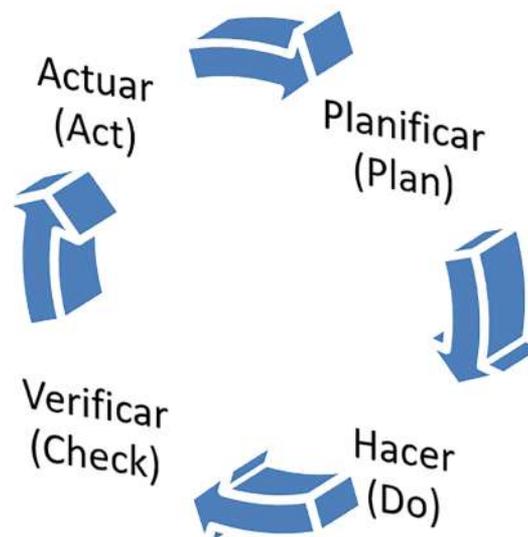


Figura 2. Ciclo Deming o ciclo PDCA. Fuente: Elaboración propia

bilidades comentada anteriormente y el compromiso de la alta dirección.

### c) **Verificar (Check)**

Una vez diseñado e implantado el sistema de gestión, el siguiente paso es la verificación de su correcto funcionamiento. Por tanto, no sólo se debe controlar y evaluar el desempeño en materia de seguridad vial, sino que en esta fase se deben llevar a cabo auditorías internas y revisiones periódicas de dicho sistema de gestión con objeto de identificar nuevas oportunidades de mejora [11]. Es habitual, que estas primeras auditorías exijan de una mayor dedicación, pero son la herramienta que permite medir y evaluar si las líneas establecidas son las correctas. En este sentido, el buen trabajo de un auditor debe versar en ayudar a la empresa a adaptar la norma y su sistema a su contexto y objetivos previstos.

### d) **Actuar (Act)**

Tras la verificación y la identificación de nuevas oportunidades de mejora y acciones correctivas (si se identifican), se procede a implantar dichas oportunidades, mejorando así el sistema de gestión. Cada oportunidad de mejora requiere de un tiempo y recursos concretos, por este motivo, no debe “desmotivar” a la organización esta detección de oportunidades. Forma parte de los procesos de implantación y posteriores auditorías y, como su nombre indica, debemos valorarlas como oportunidades para mejorar nuestro sistema.

La idea es llevar a cabo una mejora del sistema de gestión de forma continuada mediante la evaluación del desempeño de seguridad vial, comparando los objetivos fijados, el desempeño del sistema de gestión, las deficiencias y no conformidades y la identificación de acciones correctivas y oportunidades de acciones preventivas [11].

## 2.4. ¿Cómo abordar su implantación en una empresa?

Ya hemos comentado que la Norma ISO 39001 indica que, la gestión de la seguridad vial puede integrarse y/o hacerse compatible con otros sistemas de gestión y procesos implantados en la empresa [2].

La Norma es complementaria con otras normas de gestión, tales como la Norma OHSAS 18001 o la Norma ISO 45001, siendo posible conseguir la certificación integrada de estas normas, con objeto de mejorar la eficiencia al reducir el tiempo invertido en las auditorías, aprovechar la documentación ya generada en la empresa y, reducir los costes de implementación. Este sistema de gestión integrado resulta muy útil ya que estas normas comparten muchos aspectos comunes, pero, a la vez complementarios, tal y como hemos ido mencionando a lo largo del artículo.

No obstante, se debe tener en cuenta también la dotación de recursos para poder garantizar la consecución no sólo de la certificación, sino también de su implantación y del proceso de auditorías propio de cualquier norma a implantar en una organización.

La organización debe determinar las necesidades de comunicación tanto internas como externas, teniendo en cuenta a las partes interesadas.

## 3. Metodología y aplicación práctica

A continuación, se incluyen unas recomendaciones prácticas y ejemplos para facilitar la implantación de la ISO 39001 teniendo en cuenta las particularidades de empresas de conservación y explotación de carreteras en España. Siguiendo la estructura de la propia norma, las

indicaciones permiten la integración en sistemas de gestión como la Norma OHSAS 18001/ ISO 45001 de Seguridad y Salud, la Norma ISO 9001 de Calidad o la Norma ISO 14001 de Medio Ambiente

### a) **Particularidades del contexto y determinación del alcance**

La organización tiene que determinar tanto su contexto como sus propósitos en seguridad vial. En este apartado se identifican las más comunes en organizaciones del ámbito de la conservación y explotación.

Será necesario que se analice el rol de la organización en el sistema vial en los siguientes ámbitos:

- Seguridad del usuario de la carretera.
- Seguridad del usuario de la carretera en convivencia con las operaciones de mantenimiento y conservación, así como análisis de mejora de ésta.
- Seguridad de los empleados.
- Estado de la carretera, así como análisis de mejora de éste.

A continuación, se enumeran las actividades que tienen relación con la seguridad vial en una organización cuyo alcance sea la conservación y explotación de la carretera.

- Distribución de servicios y productos para el sistema vial tanto con personal propio como subcontratado.
  - o Realización de operaciones de mantenimiento y conservación en condiciones de tráfico abierto.
  - o Realización de servicios de vigilancia, señalización y atención a accidentes.
  - o Realización de inspecciones básicas.

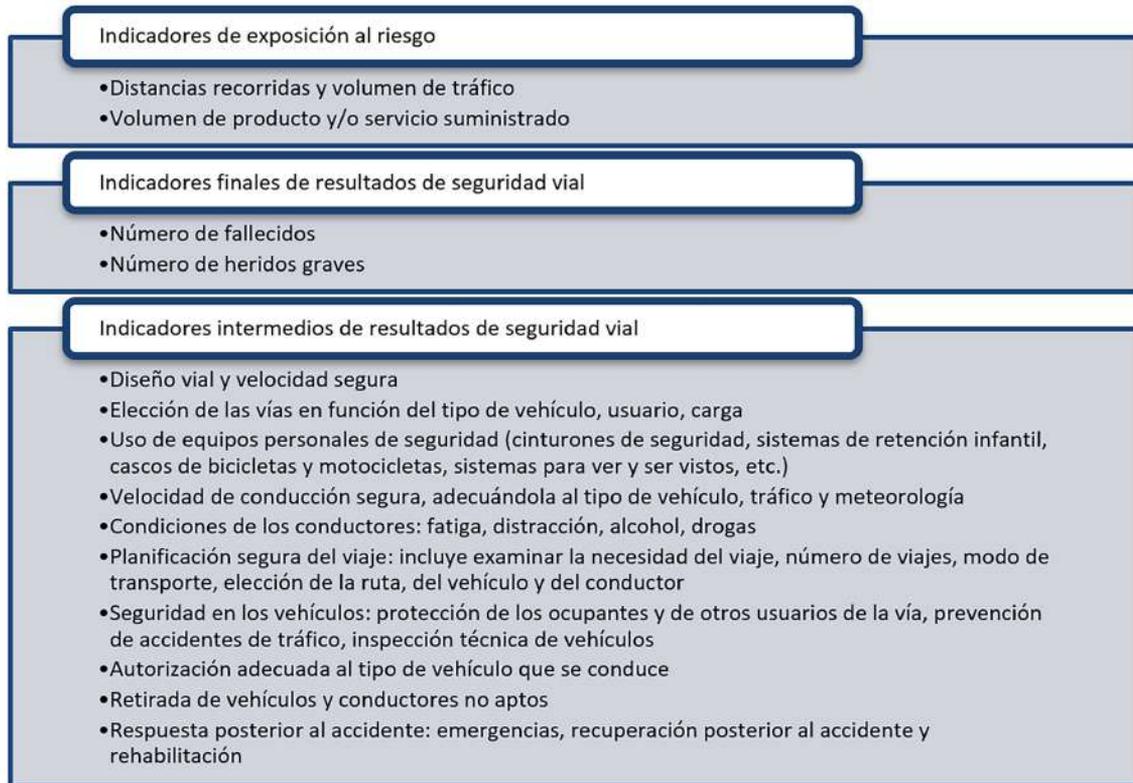


Figura 3. Tipos de factores de desempeño. Fuente: Elaboración propia a partir de [2]

- Uso del sistema vial por los empleados, sea in itinere o en misión.
- Transporte de bienes y personas dentro del sistema vial.
- Adecuación o mejora de Sistemas/elementos de seguridad vial.

La persona u organización que puede afectar, verse afectada o percibirse como afectada por una decisión o actividad son las partes interesadas y se identifican como estas a:

- Empleados directos o indirectos utilizando el sistema vial in itinere o en misión
- Empleados directos o indirectos que realizan actividades propias de la organización (operaciones de mantenimiento, vigilancia y atención de accidentes, inspecciones y auscultaciones).
- La administración como propietaria de la infraestructura.

- Empresas que realicen servicios en la vía como servicios de emergencia, organismos competentes en materia de gestión de tráfico...
- Usuarios de la vía en relación con las actividades y regulaciones establecidas por la organización.

Por ejemplo, partes interesadas para una empresa de conservación pueden ser: los trabajadores (qué esperan de esta norma y qué se puede ofrecer), usuarios de la vía (qué esperan los clientes de nuestra compañía), peatones, proveedores y subcontratistas etc.

Mientras que, en el caso de las empresas relacionadas con el diseño y las operaciones viales, el negocio principal tiene un impacto en la seguridad vial de todos los usuarios de la red, de forma que las partes interesadas son [5]:

- Los estudios de ingeniería civil.
- Los operadores de servicios.

- Los principales usuarios de la infraestructura.

En función de las particularidades del contexto y la comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas, se determina el alcance del sistema de gestión. El alcance puede ser solo a los empleados o bien ampliar e incluir a los usuarios de la infraestructura.

#### **b) Particularidades del liderazgo, compromiso y política**

La política de la empresa, suscrita por la alta dirección, debe proporcionar un marco de referencia para cumplir las necesidades y expectativas de las partes interesadas. Tendrán que integrarse objetivos y metas con compromisos en los que se incluya:

- Política y objetivos compatibles con la dirección estratégica.
- Integración en los procesos de la empresa.

- Asegurar los recursos.
- Eliminación de muertes y heridas graves derivadas de accidentes de tráfico a largo plazo.
- Respuesta a incidencias.
- Cumplimiento de la legislación.
- Promover la mejora continua.
- Asignación de responsabilidad y autoridad dentro de la organización.
- ...

### c) Particularidades de la planificación

Cada empresa deberá analizar, particularizar y priorizar sus factores de desempeño de la siguiente lista de factores de riesgo a fin de identificar factores o criterios medibles que contribuyen a la Seguridad Vial.

- Factores de exposición al riesgo:
  - o Uso del sistema vial por los empleados in itinere.
  - o Uso del sistema vial por los empleados en misión.
  - o Volumen de producto o servicio (operaciones de mantenimiento, vigilancia, inspección...)
- Factores finales de resultado:
  - o Número de accidentes y tipología
  - o Número de incidentes y tipología
  - o número de muertos o heridos de usuarios de la carretera
  - o número de muertos o heridos de empleados directos o indirectos
- Factores intermedios de resultado de seguridad vial
  - o Itinerarios para llegada al puesto de trabajo

- o Uso de vías y condiciones meteorológicas en función del vehículo
- o Condiciones de flota de vehículos y equipos de seguridad
- o Ropa de trabajo garantizando visibilidad
- o Formación en emergencias
- o Formación en señalización y comunicación de las actividades a otros usuarios
- o Diseño vial
- o Condiciones de los empleados conductores: fatiga, horas de conducción, alcohol...
- o Cumplimiento de indicadores contractuales y seguimiento de las planificaciones establecidas: valores de auscultaciones, tiempo con restricciones, tiempos de reparación etc.

Se establecerán objetivos medibles y específicos como puede ser:

- Mejora en la estadística de incidencias y accidentes.
- Disminución de número de accidentes.
- Diseño de propuestas de mejora tras el análisis de las posibles causas de accidentes e incidentes.
- Mejora en la estadística de infracciones de tráfico de los empleados y análisis de las posibles causas.
- Reducción de desplazamientos en carretera de los empleados (siempre que su actividad lo permita) o bien identificar las mejores rutas y/o modos de transporte para realizarlos.

La consecución de los objetivos tendrá que integrarse en las actividades y procedimientos de la empresa. En consecuencia, es necesari-

rio analizar estas actividades y sus procedimientos y se planificarán las acciones a emprender para mejorar el desempeño de lo que más incida en la seguridad vial:

- Comunicación de actividades y restricciones en la vía con señalización normativa y mejoras propias de la empresa.
- Comunicación de actividades y restricciones en cartelería de mensajes variables
- Comunicación y señalización de personas vulnerables en la vía al usuario de la carretera.
- Gestión de la comunicación de incidencias generadas por usuarios o agentes externos.
- Coordinación de actividades y restricciones en la vía.
- Coordinación con equipos de emergencia y control de tráfico.
- Investigación de incidencias y accidentes y análisis de las posibles causas.
- Diseño de mejoras viales a partir de la investigación de incidencias y accidentes y análisis de las posibles causas.

Es necesaria una planificación para garantizar el logro de cada uno de los objetivos. A cada objetivo se asigna las acciones para llevarlo a cabo, los recursos humanos y materiales, el responsable de seguimiento y evaluación y como se medirá y evaluará.

### d) Particularidades del seguimiento, evaluación y mejora

Se recomienda que la organización designe un responsable de Seguridad Vial (o un equipo en organizaciones mayores) que coordine horizontalmente y que tenga acceso a todos los niveles de la organización para garantizar la comunicación del

plan, la toma de conciencia y dotar de información y formación.

Es conveniente constituir un grupo de trabajo de 4 o 5 personas liderado por el responsable de Seguridad Vial. Los miembros de este grupo cubrirán los diferentes departamentos de la empresa y en especial el de operaciones. Se recomienda esta organización para una mejor implicación en la integración de la planificación y los objetivos en materia de seguridad vial con las actividades habituales de la empresa y la evaluación y mejora que se deriva.

Este grupo se reunirá periódicamente para hacer el seguimiento de los objetivos y evaluar el desempeño. La evaluación del desempeño se hará en base a la planificación anteriormente descrita en la que la medición, análisis y evaluación está establecida.

Es de relevancia el seguimiento de los accidentes y otros incidentes de tráfico, así como su investigación.

Las no conformidades deben ser corregidas dentro de un enfoque de mejora continua. Se pueden detectar oportunidades de mejora en:

- La evidencia de compromiso de la alta dirección: Es recomendable mantener al menos dos reuniones anuales con la alta dirección para exponer la situación y seguimiento del sistema de gestión y en concreto lo referente a la Norma ISO 39001.
- El establecimiento de objetivos: por ejemplo, si se detecta que no son realistas o es difícil alcanzarlos, deben analizarse e identificarse alternativas a los mismos. Un primer objetivo puede ser la consecución de la certificación ISO 39001.
- La definición de responsabilidades: deben estar claramente definidas y recogidas en las descripciones

de los puestos de trabajo, solo así se garantiza que toda la organización conoce su rol en el sistema de gestión y en concreto en las actividades vinculadas a la seguridad vial.

- La disposición de recursos: a raíz del análisis de la situación de la empresa en materia de seguridad vial se pueden detectar carencias en los recursos, tanto materiales como humanos.
- La evaluación periódica, aprovechando los controles trimestrales, semestrales etc, previamente establecidos para otros sistemas de gestión implementados, con otras normas como la ISO 45001.
- El registro de incidentes de tráfico: debe ser riguroso y con los campos de registro suficientes que permitan una explotación de los mismos que resulte enriquecedora.
- La implementación de actividades planificadas

Es importante la evaluación y revisión para llevar a cabo acciones de mejora, así como la documentación y el registro. Se debe garantizar que es posible “evidenciar” el desempeño de la empresa en materia de seguridad vial. Se debe ser riguroso en este punto. Elaborar actas de reuniones, o tablas sencillas para hacer el seguimiento de acciones derivadas de formaciones, del análisis de incidentes etc., donde se pueda especificar el responsable, plazo y una evidencia de lo ejecutado. Es una tarea que nos exige ser muy constantes pero cuyo beneficio se verá rápidamente evidenciado tras las primeras auditorías. Toda la actividad generada, derivada de los procedimientos, protocolos u objetivos de seguridad vial estarán perfectamente identificados, trazados y accesibles.

## 4. Conclusiones

La mejora de la seguridad vial es una responsabilidad compartida y debe ser uno de los ejes principales sobre los que gire la actividad de cualquier empresa que interactúa con el sistema viario, tanto para el caso de empresas relacionadas con la conservación y explotación de las carreteras como de empresas y entidades con capacidad de acción sobre alguno de los siguientes aspectos:

- Infraestructura.
- Desempeño de sus colaboradores internos,
- Interacción con usuarios
- Logística, etc.

Por tanto, queda patente que, para reducir la siniestralidad viaria en la línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, es necesario sumar sinergias e impulsar estrategias y compromisos individuales y colectivos, a través de empresas y entidades cuya actividad tiene un claro impacto en la seguridad vial.

La Norma ISO 39001 se constituye como una herramienta útil para avanzar en la mejora de la seguridad vial pues establece requisitos técnicos y de calidad en el sistema de gestión de la seguridad viaria, adaptables a las distintas organizaciones, de forma que es aplicable a todas las organizaciones, sin importar el tamaño o actividad que desarrollen, siendo únicamente necesario disponer de unos objetivos claros en relación con la reducción de la siniestralidad, que se reflejen tanto en los valores como en la política de la organización. Además, es complementaria, compatible e integrable con otros procesos de organización o sistemas de gestión que se puedan disponer, tales como los de seguridad y salud (ISO 45001, de calidad (ISO 9001) o de medio ambiente (ISO14001).

En base a la experiencia, se demuestra que la gestión de la seguridad vial mediante la Norma ISO 39001 permite adoptar actuaciones que pasan a ser acciones coordinadas con un claro objetivo de eficiencia, permitiendo a la vez reducir los costes derivados de los accidentes viarios y sus consecuencias (vialidad, mantenimiento, etc.). Asimismo, su implantación tiene un impacto positivo en el resto de sistema vial en toda la sociedad al avanzar un paso más hacia la Visión Cero en sus vías, tanto para los profesionales que trabajan en las infraestructuras viarias como para los usuarios de las mismas.

No obstante, cabe señalar que, con el fin de integrar la seguridad vial en una determinada organización y crear una cultura adecuada de seguridad vial, es necesario implicar a la cúpula directiva, pues el diseño de un sistema de gestión de la seguridad vial requiere una serie de recursos técnicos, humanos y económicos, que la organización debe estar dispuesta a asumir.

Pero estos esfuerzos y recursos necesarios para la implantación de la ISO 39001 se compensan con creces con los muchos beneficios que ella conlleva, tanto a nivel interno como externo a la organización. Algunos de estos se materializan en una mayor concienciación y formación de los trabajadores en esta materia, fomentando el respeto a la normativa de seguridad vial (dentro como fuera del ámbito empresarial) e incrementa la responsabilidad social de la empresa y su proyección externa en su compromiso con el desarrollo social y medioambiental en sus operaciones comerciales y en sus relaciones con sus interlocutores. También, incorpora un buen posicionamiento frente a las Administraciones en los procesos de licitaciones pues añade una valoración positiva de la empresa, llegando incluso a ser un requisito indispensable para poder licitar.

Cada vez se está incorporando más esta exigencia (la de disponer de un sistema certificado según la ISO 39001) en los procesos de contratación con las Administraciones de infraestructuras. Actualmente suele ser un aspecto muy valorable, siendo habitual ser contemplada como un criterio objetivo en la puntuación técnica de las ofertas pero, tal como ya han manifestado algunas de las Administraciones de carreteras españolas, próximamente se hará imprescindible para cualquier empresa que quiera tener opciones de contratar con ellas.

## Referencias bibliográficas

- [1] Almeida Villarreal, E. S. (2019). Diseño de un sistema de gestión de la seguridad vial según ISO 39001 para la compañía de transporte Tercinorte SA (Bachelor's thesis).
- [2] Asociación Española de Normalización (2013). UNE-ISO 39001:2013 Sistemas de gestión de la Seguridad vial. Requisitos y recomendaciones de buenas prácticas. Madrid: AENOR
- [3] Cabel Velasco, E. J., & Arrieta Trigo, H. E. (2018). Implementación de un sistema de gestión en seguridad vial basada en la Norma ISO 39001: 2012 para el control de accidentes en el proyecto TALBOT (Tesis parcial).
- [4] Cuesta, M. V. (2015). Eficiencia de los planes de movilidad y seguridad vial y su correspondencia con la Norma ISO 39001. *Técnica industrial*, (311), 34-41.
- [5] Ledesma, A. S. T., & Sánchez, X. B. (2015). La gestión de la seguridad vial según la Norma ISO 39001. El porqué de un dossier sobre prevención de riesgos laborales.
- [6] Naciones Unidas (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible
- [7] Organización Mundial de la Salud (2013). Informe sobre la situación mundial de la Seguridad Vial. Ginebra: Organización Mundial de la Salud
- [8] Ramos Quezada, R. W. (2017). Propuesta de implementación de la Norma ISO 39001 Sistema de Gestión de la Seguridad Vial, en la Empresa Joequera Transporte SA.
- [9] Simbaña Arciniegas, C. J. (2020). Diseño de un sistema de gestión de seguridad vial basado en la Norma ISO 39001 para la escuela de conducción de la Universidad Técnica del Norte (Bachelor's thesis).
- [10] Vinocunga Toaquiza, J. E. (2020). Sistema de gestión de seguridad vial basado en la Norma ISO 39001: 2013 para la Compañía de transportes Pesados Líderes de Cotopaxi TRANSPOLIDCO CA (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización).
- [11] Zapico Alonso, E. (2013). Nueva norma ISO-39001 Compromiso con la seguridad vial. *Cesvimap* 86:54-57. ❖

# El Proyecto DRAIN: una plataforma para la gestión optimizada de sistemas de drenaje en el mantenimiento de carreteras



The DRAIN Project: a platform for optimal management of drainage systems in road maintenance works

**José Manuel Baraibar**

*Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director Técnico. Viuda de Sainz*

**D**RRAIN es una aplicación multiplataforma que permite monitorizar el estado de las redes de drenaje asociadas a infraestructuras carreteras, capturando mediciones en tiempo real de sensores propios y estaciones meteorológicas públicas. La herramienta es capaz de calcular la capacidad teórica máxima de cada elemento de la red y ajustarla en función de eventuales disminuciones de sección debidas a obstrucciones, aterramientos u otros daños, permitiendo establecer índices de comportamiento y alarmas específicas que ayuden al gestor de su mantenimiento a priorizar tanto sus actividades de control preventivo como sus acciones correctivas. La implementación de la herramienta permite optimizar los recursos destinados por las Administraciones Públicas al mantenimiento de redes de drenaje en las carreteras, minimizando la probabilidad de ocurrencia de afecciones al tráfico y mejorando en definitiva la seguridad de sus usuarios.

**D**RRAIN is a cross-platform application that allows the monitoring of the status of drainage systems related to road infrastructures, capturing real-time measurements from its own sensors and public weather stations. The tool is capable of calculating the maximum theoretical capacity of each element of the network and adjusting it according to eventual decreases in section due to obstructions, blockages or other damages, allowing to establish specific behaviour indices and alarms that help the maintenance manager to prioritize preventive control activities and corrective actions. The implementation of this tool may optimize the resources from Public Administrations for the maintenance of drainage systems in road networks, minimizing the probability of occurrence of traffic problems and improving road users safety.

## 1. Introducción

Es evidente que cualquier construcción de una nueva infraestructura viaria modifica entorno natural en el que habitamos, generando superficies poco permeables y alterando en muchos casos los cauces de las corrientes naturales. Este tipo de

construcciones provoca indirectamente un incremento de los caudales de inundación que pueden tener efectos adversos para las personas y para las propias infraestructuras. Para tratar de minimizar estos efectos se disponen sistemas artificiales para captar y recoger las aguas procedentes de la plataforma y sus

márgenes, conducirla a cauces naturales, y restituir la continuidad de aquéllos que se vean interceptados por la infraestructura viaria, mediante la construcción de puentes u obras de drenaje transversal (ODT) [1].

El correcto funcionamiento de estas redes de drenaje depende

fundamentalmente de dos factores: un dimensionamiento adecuado y el despliegue de las operaciones suficientes de mantenimiento que garanticen que el sistema trabaja dentro de sus rangos normales de diseño. Durante esta etapa se deben detectar y solucionar obstrucciones en tuberías y colectores, grietas o fugas, cambios significativos de la rugosidad y otros condicionantes que pueden afectar al flujo de agua.

Por otra parte, el creciente incremento de los eventos de lluvia muy intensa debido a los efectos del cambio climático está teniendo un efecto negativo en estas redes de drenaje superficial de nuestro territorio. Este fenómeno hace que cada vez resulte más necesario una perspectiva de gestión integral de estos sistemas [2].

Normalmente, las empresas dedicadas al mantenimiento viario dedican la mayor parte de sus esfuerzos a las propias vías. El mantenimiento de las redes de drenaje asociadas suele basarse en protocolos de inspecciones visuales periódicas, combinadas con verificaciones puntuales de dimensionamiento. Este procedimiento es efectivo para la detección de problemas puntuales, pero carece de una capacidad de aviso o prevención. El procedimiento implica indirectamente un desaprovechamiento de los recursos, y no garantiza ni la capacidad de adaptación ni de reacción suficiente ante el escenario actual en el que cada vez son más habituales los eventos extremos [3]. Para tratar de optimizar estos procedimientos de gestión son necesarias herramientas que permitan anticipar los comportamientos de la red, y de este modo cambiar las actuaciones de tipo reactivo por intervenciones eficaces de tipo preventivo.

En el presente artículo se presenta la aplicación DRAIN. Este programa multiplataforma combina los da-

tos conocidos de los elementos de la red de drenaje superficial de una carretera (inventario de elementos, geometría, registro de sensores e histórico de incidencias) con algoritmos de cálculo para verificar el estado operacional del sistema, con el objeto de predecir fallos a corto y largo plazo. La plataforma asigna a cada elemento un cierto nivel de criticidad, lo que permite muy fácilmente asignar las prioridades de inspección. La herramienta se integra en un entorno de Building Information Modelling (BIM), lo que facilita el acceso a la información de manera visual, así como la actualización y el posible intercambio de datos con terceros.

## 2. Mantenimiento de redes de drenaje en carreteras

### 2.1. Contexto actual

En la actualidad existe una preocupación creciente por el estado de conservación de las carreteras en el ámbito europeo. Aunque se manifiesta una falta de inversión en conservación en los últimos años, particularmente desde la crisis de 2008, de forma proporcional el mantenimiento de las redes de carreteras sigue teniendo un impacto muy alto para las administraciones locales, regionales o estatales, siendo una parte sustancial de los presupuestos de mantenimiento anual de sus infraestructuras [4].

A pesar de que en los últimos años se han desarrollado las denominadas Smart Infraestructuras, es decir, infraestructuras dotadas con el concepto de Structural Health Monitoring (SHM), o lo que es lo mismo, equipadas con sensores que aportan en modo continuo información sobre sus condiciones, emitiendo alertas sobre eventos o daños sufridos por las mismas, en la práctica, debido a la complejidad y coste de los siste-

mas desarrollados hasta el momento, esta solución no se ha extendido de forma generalizada a los sistemas de drenaje de carreteras.

Normalmente, las empresas que se dedican a este tipo de servicios dedican la mayor parte de los esfuerzos a las propias vías, limitándose el mantenimiento de las redes de drenaje superficial a inspecciones visuales periódicas. Su mantenimiento se basa generalmente en acciones correctivas después de eventos de precipitación de cierta intensidad (Figura 1).

En general no existen para estos elementos planes de mantenimiento cíclico y mucho menos una gestión integrada de estos sistemas de drenaje.

### 2.2. Gestión de redes de drenaje y Green Deal Europeo

En la actualidad está claro que se avecina un horizonte propicio para la implementación de proyectos como DRAIN, que se presenta en esta comunicación. La inversión en infraestructuras sostenibles, como lo han de ser también las redes de drenaje asociadas a las infraestructuras viarias, es una de las claves para reiniciar el crecimiento, avanzar en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y de reducir los riesgos climáticos, en línea con el acuerdo de París [5].

En los últimos años se han lanzado numerosas propuestas para combatir el cambio climático. Uno de las más destacadas y ambiciosas es el Green Deal o Pacto Verde Europeo, presentado por Ursula Von der Leyen en diciembre de 2019, cuyo principal objetivo es conseguir un continente climáticamente neutro para el año 2050 [6].

La Comisión Europea prevé en los próximos lustros una inversión



Figura 1. Tareas de inspección y mantenimiento correctivo en un colector de un tramo de carretera de Bizkaia, tras un episodio de lluvias. La imagen derecha muestra el estado de bloqueo del colector

muy elevada para la adaptación de las infraestructuras frente al cambio climático. El presupuesto a largo plazo de la Unión Europea, junto con Next Generation EU, el instrumento temporal concebido para impulsar la recuperación de la Europa posterior a la COVID-19, sienta las bases para conseguir una Europa más ecológica, digital y resiliente.

### 2.3. La filosofía BIM y la gestión de redes de drenaje

Building Information Modelling (BIM) puede traducirse en este contexto como “Modelado Integrado de Información para la Construcción”. La filosofía de los programas CAD con tecnología BIM es integrar toda información necesaria en cada etapa del proyecto, desde la fase de diseño inicial a la fase de operación y mantenimiento, por parte de todos sus intervinientes, y compartirla entre sí. El flujo de información de los programas CAD/BIM hacia otras aplicaciones puede realizarse a través de ficheros de intercambio en formatos abiertos, como IFC. De este modo, el proceso de introducción de datos se simplifica y cada aplicación informática que interviene en el proyecto no necesita una introducción de datos completa, sino que puede aprovechar los datos introducidos en otras etapas del mismo. La plataforma DRAIN incorpora un módulo de importación/exportación de modelos de CAD/BIM, que permite interoperar

con archivos IFC y aprovechar todas las ventajas de este formato abierto.

El desarrollo de tecnologías tipo BIM para ingeniería civil está en una fase de implementación más tardía en comparación con otros ámbitos tales como la arquitectura o los procesos industriales, probablemente por la falta de repetitividad de los elementos constructivos [7]. En este sentido existen iniciativas tales como LIM (Landscape Information Modelling), donde se han creado modelos del terreno para aplicaciones concretas. Ligado al ámbito de la gestión de agua de lluvia, objeto del proyecto DRAIN, cabe destacarse la creación de un modelo LIM para la simulación del terreno para medir la efectividad de ciertas medidas de mitigación de agua de lluvia, generado por un grupo de investigación de la Kansas State University [7].

### 2.4. Relación con otros proyectos de investigación

Existen proyectos de monitorización de redes de drenaje que se han llevado a cabo con éxito en otros países, sobre todo en ámbitos urbanos. Un ejemplo destacable es la monitorización del drenaje de la ciudad de Québec, donde se estableció un sistema de control a tiempo real del sistema de drenaje urbano, con el objetivo de minimizar los caudales de descarga en el río [8]. Además, existen casos de gestión integral de redes, tales como el proyecto RisUr-

Sim, desarrollado en el ámbito EUREKA de la Comisión Europea [9]. El objetivo del proyecto es el desarrollo de un sistema integral de planificación y gestión de sistemas urbanos de drenaje, integrando un sistema de simulación dual de red-superficie. El sistema fue aplicado en un caso piloto en una zona de la ciudad alemana de Kaiserlautern, donde acostumbran a experimentar problemas frecuentes de inundaciones, si bien no existe constancia de su aplicación permanente en el ámbito de una Administración. Además, se han consultado los siguientes proyectos:

- ESTOLZAIN (proyecto GAITEK para el desarrollo de una plataforma para la gestión avanzada red de drenaje y saneamiento urbano, desarrollado por la Universidad de Deusto) [10].
- CORFU (proyecto para la investigación colaborativa en la resiliencia frente a las inundaciones en áreas urbanas) [11].
- RAIN (proyecto europeo para proporcionar una metodología de análisis de riesgo operacional de análisis críticas urbanas y minimizar sus impactos en la sociedad).
- FLOODSITES (proyecto europeo para la gestión integral del riesgo de inundaciones).

En comparación con los proyectos citados, DRAIN está enfocado a la optimización de la gestión de redes de drenaje de carreteras inter-

urbanas, y presenta como factor diferencial un enfoque eminentemente práctico para que pueda emplearse por los operarios de las empresas de mantenimiento de carreteras.

## 3. El proyecto DRAIN

### 3.1. Objetivos del proyecto

El principal objetivo del proyecto DRAIN es desarrollar una aplicación multiplataforma que consiga optimizar la planificación de las tareas de inspección y actuación sobre los elementos de una red de drenaje de carreteras, con base en una monitorización de determinados parámetros de estado y en la situación meteorológica de cada localización determinada.

Los objetivos secundarios del proyecto se citan a continuación:

- Automatizar el proceso de importación de información desarrollado mediante herramientas BIM.
- Permitir una adecuada elaboración y actualización del inventario de elementos de una determinada red de drenaje.
- Registrar el histórico de incidencias y actuaciones en la red para que la información esté permanentemente actualizada.
- Integrar el registro de sensores que permitan obtener información en tiempo real del estado de obturación de los puntos más conflictivos de la red.
- Integrar la comprobación bidireccional con un módulo de cálculo que permita comprobar en tiempo real los márgenes de seguridad de cada elemento de la red, pudiendo asignar a cada uno un cierto nivel de criticidad.
- Definir en base al nivel de criticidad una priorización de actua-

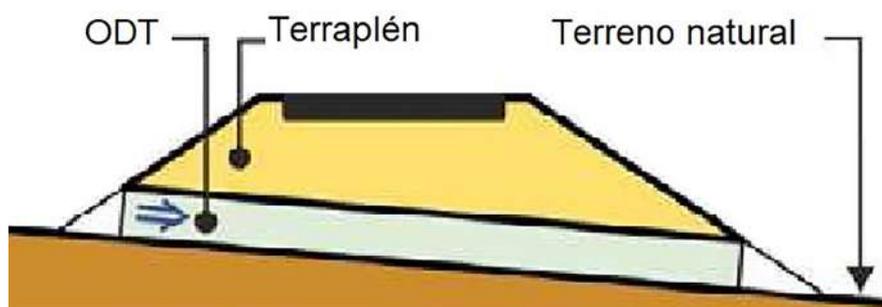


Figura 2. Esquema de una Obra de Drenaje Transversal [12]

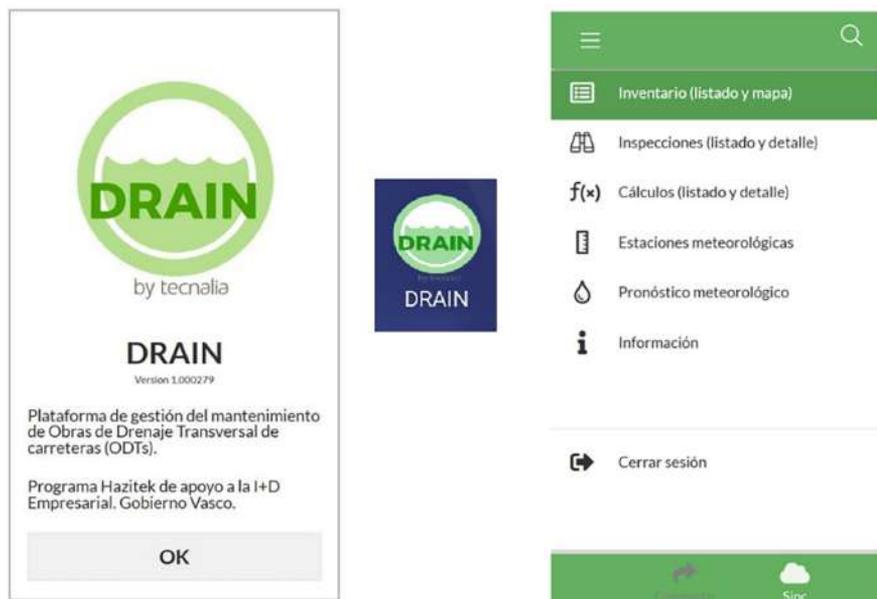


Figura 3. Front end y pantalla de acceso a la aplicación DRAIN

ciones que sirvan para constituir la base para actualizar los planes de mantenimiento, basándolos en una gestión predictiva del riesgo.

### 3.2. Elementos del sistema

El proyecto DRAIN contempla en una primera fase las obras de drenaje transversal de las carreteras, ya que, en general, los fallos en este tipo de sistemas, que suelen recoger caudales de áreas tributarias más amplias, son de carácter más crítico que los fallos en los sistemas de drenaje de plataforma y márgenes. Según se indica en la Norma 5.2 IC, relativa al drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras [12], las obras de drenaje transversal están compuestas por una embocadura de entrada, uno o varios tramos enterrados, una

embocadura de salida y conexiones entre ellos (ver figura 2).

### 3.3. Descripción de la aplicación

En los apartados siguientes se describen los módulos principales de la aplicación DRAIN y los principios de funcionamiento.

#### 3.3.1. Módulo de acceso

La imagen de entrada a la plataforma se ilustra en la Figura 3. Se emplea también como botón de arranque en los aplicativos móviles. El front end de plataforma es de uso muy intuitivo, según puede observarse en la propia imagen. La versión app de la plataforma DRAIN permite trabajar offline (sin conexión de datos), en modo consulta, e incluso permite la

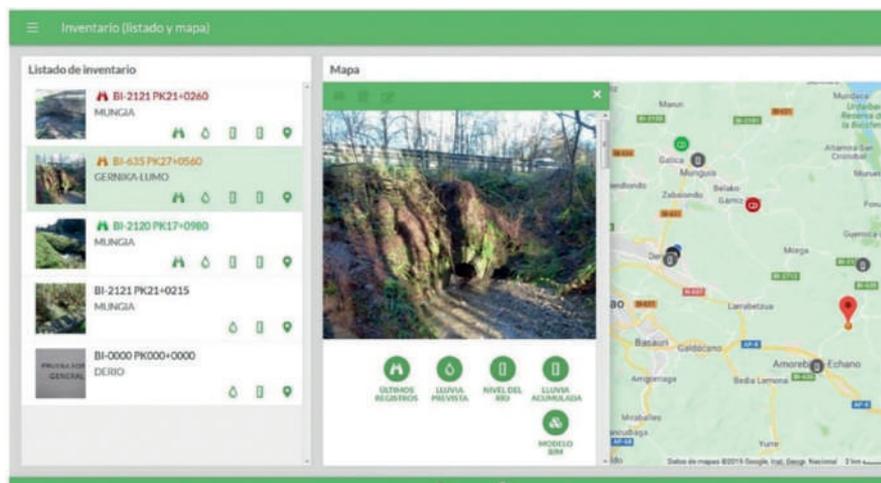


Figura 4. Vista de inventario de la aplicación DRAIN

FECHA INSPECCIÓN	HORA INSPECCIÓN	CONDUCTO	INTEGRIDAD CONDUCTO	ATERRAMIENTO CONDUCTO	NODO ENTRADA
<b>BI-635 PK27+0560</b>					
24/1/2018	11:00:00	CO-BI-635-27+0560	BUEHO	LIMPIO	ND-BI-635-27+0560-D-01
15/6/2011	00:00:00	CO-BI-635-27+0560	BUEHO	LIMPIO	ND-BI-635-27+0560-D-01
<b>BI-2120 PK17+0980</b>					
24/1/2018	12:00:00	CO-BI-2120-18+0000	BUEHO	LIMPIO	ND-BI-2120-18+0000-D-01
10/3/2011	00:00:00	CO-BI-2120-18+0000	DAÑOS LOCALIZADOS	SECCIÓN OBTURADA 10-30%	ND-BI-2120-18+0000-D-01
<b>BI-2121 PK21+0260</b>					
24/1/2018	13:00:00	CO-BI-2121-21+0260	DAÑOS LOCALIZADOS	SECCIÓN OBTURADA +60%	ND-BI-2121-21+0264-D-01
10/1/2012	00:00:00	CO-BI-2121-21+0260	DAÑOS LOCALIZADOS	SECCIÓN OBTURADA 30-60%	ND-BI-2121-21+0264-D-01
24/4/2011	00:00:00	CO-BI-2121-21+0260	DAÑOS LOCALIZADOS	SECCIÓN OBTURADA +60%	ND-BI-2121-21+0264-D-01

Figura 5. Módulo de registro de inspecciones de la aplicación DRAIN

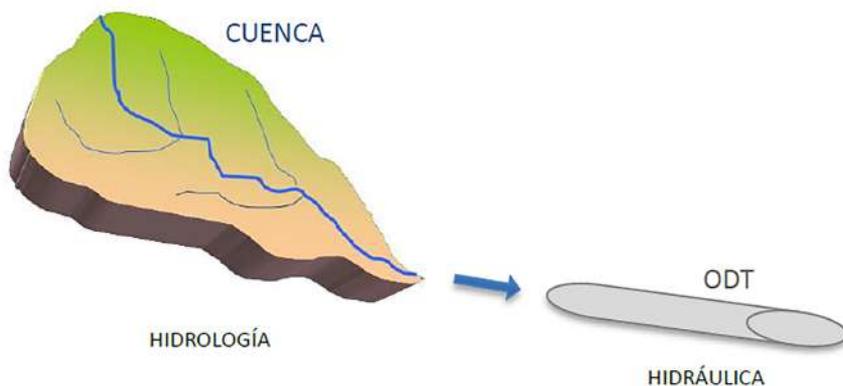


Figura 6. Esquema del proceso inicial de evaluación del comportamiento hidrológico

introducción de información, que se guarda en modo local hasta que se recupera la conexión, momento en el que se vuelca a la base de datos que soporta la plataforma. La versión web de la plataforma es accesible desde cualquier navegador, escribiendo la dirección URL de la página web en la barra de navegación.

Como funciones generales en ambos formatos se incluyen la búsqueda, la sincronización y un menú

desplegable general que permite el acceso desde cualquier pantalla a todos los apartados de la plataforma.

### 3.3.2. Módulo de inventario

El apartado de inventario de la plataforma incluye el listado de elementos de la red de drenaje considerados, su localización en un mapa y la ficha de detalle. En la vista conjunta todas las opciones se encuentran vinculadas (Figura 4).

En el listado de inventario los elementos se muestran automáticamente en función de su criticidad, con un código de colores sencillo, a modo de semáforo, que los ordena de más críticos (rojo) a menos críticos (verde). En último lugar aparecen los elementos que carecen de registros de inspección.

Tal como puede observarse en la Figura 4, cada ODT presenta un enlace a los últimos registros de inspecciones realizadas en la misma, a la lluvia prevista y el nivel del río en las próximas horas en la estación hidrometeorológica que se haya asociado al elemento y al modelo BIM que se le haya asociado.

### 3.3.3. Módulo de inspecciones

El módulo de inspecciones muestra una lista con las inspecciones de cada elemento, que se encuentran organizados en bloques (Figura 5). Dentro de cada bloque las inspecciones se muestran automáticamente ordenadas en función de su fecha de ejecución.

La aplicación permite incorporar nuevos elementos de inspección a los propios operarios, que pueden generar la información desde su propio dispositivo móvil. Entre otros aspectos, se controla la integridad del conducto y su nivel de aterramiento, así como las integridades y niveles de aterramientos de los nodos de entrada y salida. Estas variables se incorporan automáticamente a la base de datos y son consideradas para evaluar en cada instante la criticidad del elemento inspeccionado.

### 3.3.4. Módulo de integración de modelos de cálculo y análisis

El módulo de cálculo consta de dos etapas diferenciadas. En primer lugar evalúa el comportamiento hidrológico de la cuenca que vierte sus aguas hacia el punto en el que se encuentra la ODT considerada y

comprueba el comportamiento hidráulico de ésta frente a los caudales máximos de diseño (Figura 6).

Para calcular el caudal máximo anual correspondiente a un período de retorno T en un punto de desagüe de la cuenca, se sigue la formulación del método racional, según se indica en la Norma 5.2 IC [12]. El esquema de cálculo se ilustra en la Figura 7.

El módulo de cálculo efectúa una doble comprobación inicial que sirve para verificar el diseño de cada ODT:

- Comprobación de que  $Q_{TUBO SECCIÓN LLENA} \geq Q_{HIDROLÓGICO MÁXIMO POR TUBO}$  (Figura 8).
- Comprobación de que la velocidad del agua se sitúa entre 0.5 y 6 m/s.

En segundo lugar, se comprueba el estado de sollicitación de los elementos estudiados en cada momento según las condiciones cambiantes de la meteorología y estado de aterramiento.

En la zona de estudio específica en la que se ha desarrollado el Proyecto DRAIN, el norte de la provincia de Bizkaia, los caudales máximos previstos se ajustan bien a la formulación indicada en la Ecuación 1, en la que se considera la precipitación horaria máxima prevista en las siguientes 72 horas ( $P_{max72h}$ ), con un cierto coeficiente de seguridad.

$$Q_T = \frac{(2 \cdot P_{max72h}) \cdot C \cdot A}{3.6}$$

La plataforma DRAIN adopta este valor de precipitación horaria máxima tomando datos de predicción en tiempo real de las estaciones más cercanas (Figura 9).

En este caso, la comprobación que efectúa la aplicación DRAIN consiste en verificar que, para los caudales máximos previstos, la altura libre en cada ODT es superior a la altura

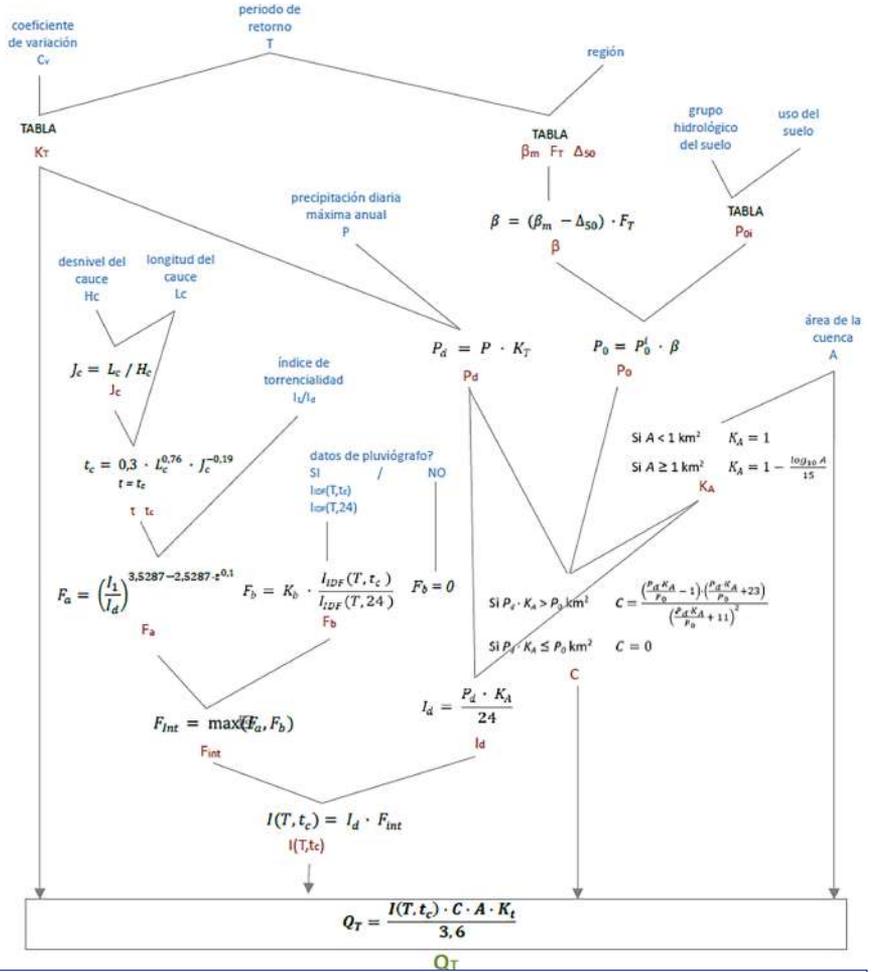


Figura 7. Esquema de cálculo de  $Q_T$

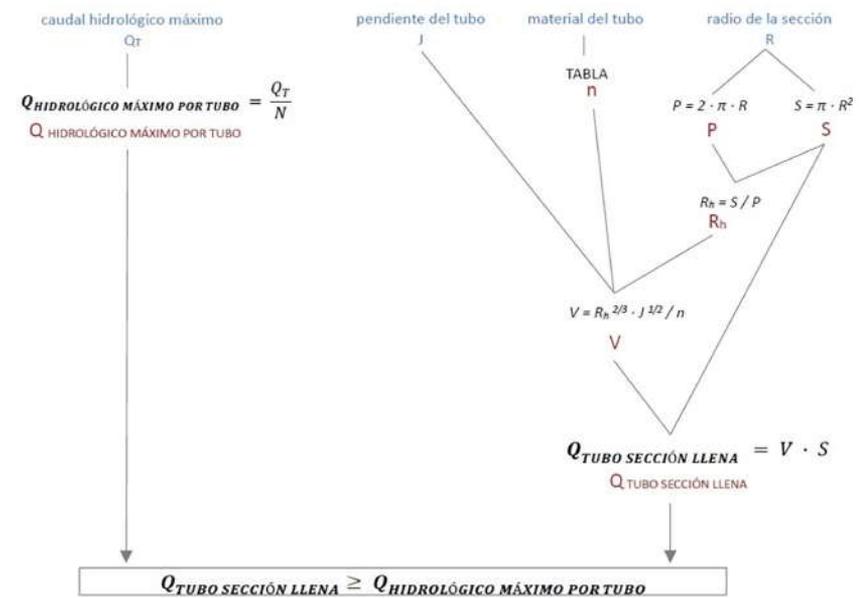


Figura 8. Esquema de cálculo de  $Q_T$

obturada. Aunque lo deseable desde el punto de vista de la gestión óptima de la red es que en todas las obras de drenaje transversal no existiera

ningún tipo de obturación de forma mantenida en el tiempo, pueden darse situaciones de emergencia que provoquen obturaciones parciales



Figura 9. Predicción en tiempo real de estaciones meteorológicas más cercanas

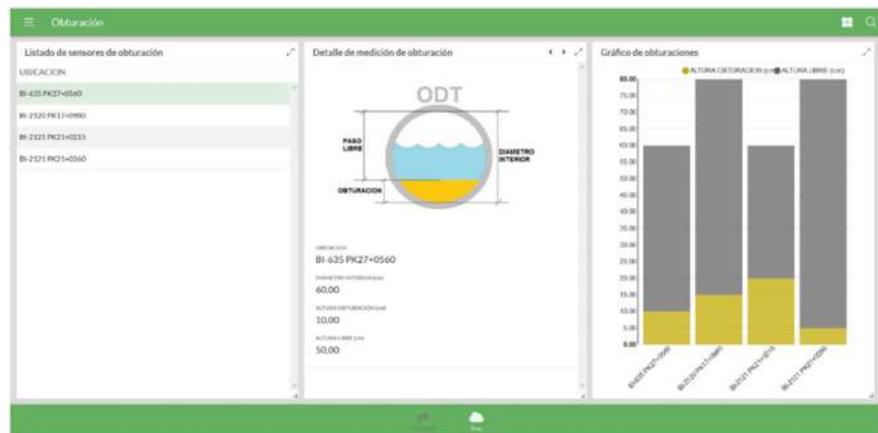


Figura 10. Registro de niveles de aterramiento

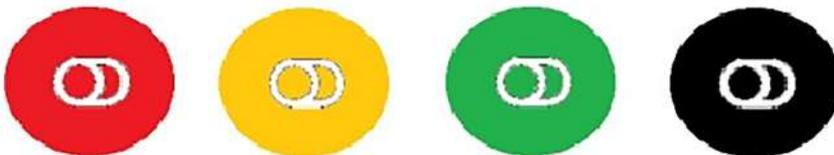


Figura 11. Niveles de criticidad en el registro de inventario

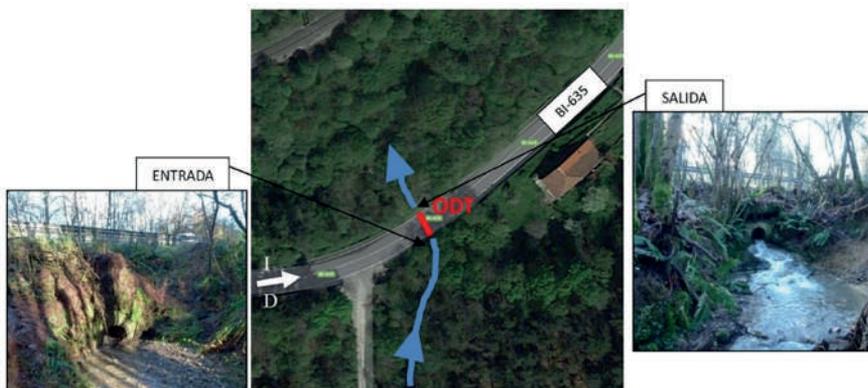


Figura 12. Localización de la ODT empleada para el caso piloto

temporales, por lo que la aplicación DRAIN permite considerar esta variable. El parámetro de obturación se va registrando a lo largo del tiempo bien por la instalación de sensores,

bien por el registro manual en cada inspección visual (Figura 10).

La proporción de altura libre efectiva en cada ODT es quien determina

el nivel de criticidad de cada elemento (Figura 11), descrito en el apartado 3.3.2, y sirve para priorizar en cada instante las acciones de inspección.

### 3.4. Caso Piloto

Con el objetivo de alejar la plataforma DRAIN de planteamientos excesivamente teóricos, se comprobó su funcionamiento en una obra de drenaje transversal real, en concreto, el colector de drenaje transversal sito en el P.K. 27+560 de la carretera BI-635, en el término de Autzagane, en Bizkaia (Figura 12).

Se seleccionó este elemento por tratarse de un punto que tradicionalmente había presentado problemas ocasionales de inundaciones, su carácter puntual, la facilidad de acceso en las entradas y salidas y la disponibilidad de datos por parte de la empresa mantenedora. En esta obra de drenaje transversal se validó el procedimiento de cálculo hidrológico e hidráulico, comparando los valores obtenidos de forma manual con los arrojados de forma automática por la plataforma.

Además, a través del empleo de la plataforma en un PC en oficina y en una Tablet en la propia carretera (Figura 13) pudo comprobarse el correcto funcionamiento offline de la aplicación, permitiendo incluso la toma de fotografías que se volcaron de forma estructurada a la nube al recuperar la conexión.

### 4. Conclusiones

El empleo de plataformas como DRAIN puede contribuir notablemente a mejorar las condiciones de seguridad de los usuarios de las carreteras, ya que pretende aspirar a conseguir una situación ideal con ausencia total de afecciones al tráfico e incidencias provocadas por el



Figura 13. Comprobación del funcionamiento de la plataforma DRAIN en el caso piloto

mal funcionamiento de las redes de drenaje en cualquier infraestructura viaria.

Además, pueden suponer un cambio en el tipo de mantenimiento realizado en este tipo de redes, ya que evitan los altos costes derivados de la auditoría de colectores en las inspecciones rutinarias, correspondientes al personal necesario para su revisión y sus vehículos asociados. La plataforma DRAIN contribuirá a cambiar paulatinamente las actuaciones de remediación por actuaciones de prevención, en función del nivel de criticidad o alerta asignado a cada elemento.

Indirectamente, su implementación también conduce al aumento de la seguridad de los operarios de mantenimiento de carreteras y a la mejora de sus condiciones de trabajo, ya que permite optimizar las intervenciones, actuando solamente en los casos necesarios.

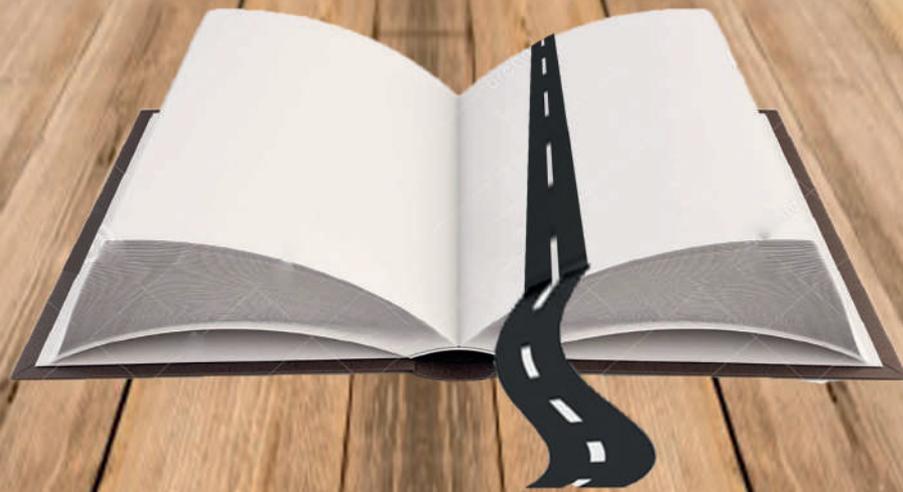
## 5. Agradecimientos

El Proyecto DRAIN ha sido desarrollado por TECNALIA, VIUDA DE SAINZ y BELAKO LANAK. Ha sido cofinanciado por el Gobierno Vasco y la Unión Europea a través del Fondo Europeo de desarrollo Regional 2014-2020 (FEDER), Programa Hazi-tek con nº ZL-2017/00877.

## Referencias

- [1] Dawson, A. Water in road structures. Springer Science+Business Media B.V, London, 2008
- [2] Guo, R., Deser, C., Terray, L., y Lehner, F. Human influence on winter precipitation trends (1921–2015) over North America and Eurasia revealed by dynamical adjustment. *Geophysical Research Letters*, 46, 3426-3434, 2019. <https://doi.org/10.1029/2018GL081316>
- [3] Arisz, H. Y Burrell, B. Urban Drainage Infrastructure Planning and Design Considering Climate Change. 2006 IEEE EIC Climate Change Technology Conference, EICCCC 2006. 1 - 9. <https://doi.org/10.1109/EICCCC.2006.277251>
- [4] Papí, J. et al. Estudio comparativo de prácticas de conservación y explotación de carreteras en España, Reino Unido, Alemania, Francia e Italia. Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX), 2020.
- [5] Corfee-Morlot, J., Rydge, J., Genscu, I., Bhattacharya, A. The sustainable infrastructure imperative: Financing for better growth and development. The Global Commission on the Economy and Climate, 2016. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12364.00640>
- [6] El Pacto Verde Europeo. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. COM (2019) 640. Bruselas, 11.12.2019
- [7] Hahn, H y Cross, D. Linking GIS-based modelling of stormwater best management practices to 3D visualization. *Digital Landscape Architecture*, 2014.
- [8] Pleau, M., Colas, H., y Lavallée, P., Pelletier, G. y Bonin, R. Global optimal real-time control of the Quebec urban drainage system. *Environmental Modelling & Software*. Vol. 20, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2004.02.009>
- [9] Schmitt, G., Thomas, M., Etrich, N. Analysis and modelling of flooding in urban drainage systems. *Journal of Hydrology*. Vol. 299, 3-4, p. 300-311. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.012>
- [10] Martin, C., Kamara, O., y Badiola, J. Smart GIS platform that facilitates the digitalization of the integrated urban drainage system. *Environmental Modelling & Software*. Vol. 123, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104568>
- [11] Batica, J, y Gourbesville, P. A resilience measures towards assessed urban flood management – CORFU project. 9th International Conference on Urban Drainage Modelling. Belgrade, 2012.
- [12] Norma 5.2-IC. Drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero. Ministerio de Fomento, 2016. ❖

[www.normativadecarreteras.com](http://www.normativadecarreteras.com)



**Legislación y normativa técnica de carreteras**  
**Acceso libre y gratuito**

# Los Juegos Olímpicos de Tokio 2020 (2021) y la carretera



**Álvaro Parrilla Alcaide**

Dirección General de Carreteras, MITMA

Como una de tantas secuelas derivadas del COVID 19, el pasado verano hemos vivido unos Juegos Olímpicos que, denominándose Tokio 2020 se han celebrado en 2021; si no han sido los que más han tardado en celebrarse desde su edición anterior (las dos Guerras Mundiales supusieron lapsos de ocho y doce años sin Juegos en la denominada Era Moderna del olimpismo), sí que pueden ser los que menos tarden hasta la próxima edición en París 2024.

Casi todo ha sido atípico en ellos, desde su denominación oficial que contiene un año en el que no se celebraron: ausencia de público, medidas de protección muy severas, puesta de manifiesto de casos de presión psicológica extrema en algunos deportistas, nuevos deportes que hasta hace muy poco casi nadie conocía como tales... si no fuera por-

que en este año y medio nos hemos acostumbrado a casi todo. También se ha visto, como tendencia, la presencia de una mayor cantidad de pruebas en que compiten equipos constituidos por hombres y mujeres.



Quizá no hayamos reparado del todo en que ha habido ciertas pruebas que han guardado bastante normalidad y un parecido alto, al menos

en lo que a la presencia de público se refiere, con la situación pre pandemia. Estas pruebas se han disputado sobre la carretera. Permítanos el lector esta licencia, pues se trata de pruebas de carretera, aunque el carácter eminentemente urbano de los Juegos Olímpicos (que se disputan en una ciudad concreta) hace que muchas veces se desarrollen en realidad, total o parcialmente, sobre calles.

Pero ¿Cuántas pruebas se han celebrado sobre la carretera en estos Juegos? ¿Cuántas medallas se han ganado sobre el asfalto? En este breve texto se trata de pasar revista a las pruebas de estos Juegos que han discurrido sobre nuestro medio, la carretera, único lugar en que el público, exclusivamente local, ha podido acercarse a unos Juegos varias veces en el alero de la suspensión,



El triatlón desarrolla dos de sus tres segmentos sobre la carretera. En la imagen los tres medallistas, el noruego, de blanco, sería el campeón



Primera prueba de relevos de triatlón en equipos mixtos de la historia olímpica: oro para Gran Bretaña, plata para EEUU y bronce para Francia

que finalmente se han celebrado en estadios y pabellones vacíos, exclusivamente para la televisión.

Tres de los treinta y nueve deportes han incluido pruebas sobre la carretera. Uno de ellos ha desarrollado todas sus pruebas parcialmente sobre la carretera: el triatlón. Los otros dos han disputado alguna de sus pruebas íntegramente en la carretera, aunque que también han celebrado otras pruebas en recintos cerrados: ciclismo y atletismo.

Se han disputado doce pruebas y, por tanto, distribuido treinta y seis medallas sobre un total de mil ochenta, es decir, la carretera ha repartido una de cada treinta medallas en estos Juegos. A continuación, se va a pasar revista a cada una de dichas pruebas: la carretera va a comparecer en los Juegos. Una anécdota, las de carretera fueron las pruebas más madrugadoras, el intenso calor y la duración prolongada del esfuerzo para los deportistas, llevaron a ce-

lebrar las pruebas a horas muy tempranas de la mañana japonesa.



## Triatlón

El triatlón es un deporte en que se suceden la natación, el ciclismo y la carrera pedestre, por este orden y sin sucesión de continuidad. Por tanto, los dos últimos *segmentos* se desarrollan sobre la carretera.

Las pruebas de triatlón se clasifican en varias modalidades según: su distancia (corta y larga), si el circuito de ciclismo es en carretera o campo a través y si permiten el denominado *drafting*, es decir ir a rueda de otro corredor en el segmento de ciclismo. El formato del triatlón olímpico es de corta distancia con *drafting*.

Aunque el origen de este deporte se remonta a alguna prueba aislada de hace alrededor de un siglo, con bastantes diferencias respecto del formato actual, no es hasta 1974

cuando se celebra la primera prueba moderna. Hizo su debut en el programa de los Juegos Olímpicos de Sídney 2000, donde se estableció la denominada distancia olímpica: natación: 1500 m, ciclismo: 40 km, carrera pedestre: 10 km.

El programa de Tokio 2020 comprendía tres pruebas, la masculina, la femenina y el nuevo relevo mixto, con equipos de dos hombres y dos mujeres, que ejecutan cada uno un triatlón de corta duración (natación: 300 m, ciclismo: 6,8 km, carrera pedestre: 2 km) antes de dar el turno al siguiente compañero de equipo.

Las tres pruebas se desarrollaron en el denominado Parque Marino de Odaiba. La prueba masculina se celebró bajo calor y humedad asfixiantes y la femenina, un día más tarde, hubo de aplazarse unas horas por el fuerte viento y las malas condiciones en el mar.

El medallero de este deporte fue el refelejado en la tabla 1.

Tabla 1. Medallero de la carretera: Triatlón

Fecha (2021)	Prueba	Oro	Plata	Bronce
26 de julio	Competición masculina	Kristian Blummenfelt (Noruega)	Alex Yee (GBR)	Hayden Wilde (Nueva Zelanda)
27 de julio	Competición femenina	Flora Duffy (Bermudas)	Georgia Taylor-Brown (GBR)	Katie Zaferes (EEUU)
31 de julio	Relevos mixtos por equipos	Gran Bretaña	Estados Unidos	Francia



Como curiosidades del medallero, citar que fue la primera medalla de oro olímpica de la historia para el territorio británico de las islas Bermudas y la tercera medalla de su carrera para el británico Jonny Brownlee, quien fue bronce en Londres 2012, plata en Río 2016 y oro como integrante del equipo de relevos mixtos en Tokio 2020. Tanto las dos platas británicas en categoría individual, como el bronce femenino estadounidense, formaron parte de su equipo nacional de relevos mixtos, por lo que estos tres atletas obtuvieron de la carretera dos medallas cada uno.



## Ciclismo

Este deporte en su versión olímpica incluye cuatro modalidades: de montaña, BMX, de pista (en velódromo) y en ruta, que es la que se desarrolla sobre nuestro medio.

A su vez la modalidad de ruta distingue entre la prueba contrarreloj individual y la carrera de ruta propiamente dicha en que los ciclistas del mismo país compiten como equipo, pero las medallas son individuales. Cada una de estas dos pruebas se disputa en categoría masculina y femenina, por lo que la carretera otorga doce medallas en este deporte.



Van Vleuten alza los brazos creyéndose campeona olímpica de ciclismo en ruta, mientras la verdadera campeona se recupera del esfuerzo

Las carreras de ruta se vienen celebrando desde el segundo tercio del siglo XIX y debutaron en los Juegos en su primera edición de la Era Moderna en Atenas 1896. La contrarreloj individual debutó como prueba olímpica en Estocolmo 1912.

A diferencia del resto de pruebas que se refieren en este texto, en el ciclismo, las distancias no son fijas para la competición olímpica. En el caso de la prueba de ruta masculina se recorrieron 234 km, por 137 km en la femenina; las contrarrelojes fueron de dos vueltas a un circuito de 22,1 km para los hombres y de una vuelta para las mujeres. La meta se situó, para las cuatro pruebas, en el circuito de velocidad de Fuji.

El medallero final fue el reflejado en la tabla 2.

Quizá la gran anécdota de este deporte estuvo en la competición femenina, donde la neerlandesa van Vleuten levantó los brazos en la meta como triunfadora de la prueba de ruta, cuando la austriaca Kiessenhöfer (matemática de profesión y ciclista aficionada) la había rebasado hacía más de un minuto. El hecho de correr sin poder recibir indicaciones del seleccionador desde el vehículo de equipo (lo que se suele denominar en el argot *correr sin pinganillo*) hizo que la neerlandesa no se percatase de que la austriaca marchaba en solitario muy por delante de ella. Tres días más tarde, el oro sí que fue para van Vleuten, en la prueba contra el crono, por lo que la ciclista neerlandesa marchó con dos preseas de la carretera, único atleta en hacerlo en competición individual.



Richard Carapaz fue uno de los pocos deportistas en escuchar el aplauso del público en estos Juegos



Primož Roglič, corredor esloveno, claro dominador de la prueba contrarreloj

Tabla 2. Medallero de la carretera: Ciclismo

Fecha (2021)	Prueba	Oro	Plata	Bronce
24 de julio	Ruta masculina	Richard Carapaz (Ecuador)	Wout van Aert (Bélgica)	Tadej Pogacar (Eslovenia)
25 de julio	Ruta femenina	Anna Kiessenhofner (Austria)	Annemiek van Vleuten (Países Bajos)	Elisa Longo Borghini (Italia)
28 de julio	Contrarreloj masculina	Primož Roglič (Eslovenia)	Tom Dumoulin (Países Bajos)	Rohan Dennis (Australia)
28 de julio	Contrarreloj femenina	Annemiek van Vleuten (Países Bajos)	Marlen Reusser (Suiza)	Anna van der Breggen (Países Bajos)



En categoría masculina, destacar también el brillante triunfo de Richard Carapaz en la prueba de ruta lo que suponía, en ese momento, la segunda medalla de oro en la historia de Ecuador, o el dominio esloveno con un oro en contrarreloj y un bronce en ruta.

## Atletismo

El atletismo es considerado como el deporte rey en los Juegos Olímpicos. Buena parte de las imágenes que quedan para la historia olímpica están relacionadas con este deporte, heredero de las pruebas que conformaban los Juegos en la antigua Grecia. Además, las ceremonias de inauguración y clausura que acumulan centenares de millones de espectadores de todo el planeta se desarrollan en el estadio

de atletismo (o estadio olímpico): la antorcha flamea en él durante toda su duración, los atletas y jueces prestan su juramento en él, la bandera de los cinco aros ondea en su interior... es la manifestación más visible del olimpismo.

En el atletismo las pruebas (carreras pedestres, saltos, lanzamientos y pruebas combinadas) se desarrollan en el estadio, salvo en dos casos: el maratón y la marcha, en que la distancia a recorrer las lleva a la carretera.

La marcha atlética es una disciplina en la que se intenta caminar lo más rápido posible sin llegar a correr, estableciéndose el límite con la carrera en el momento en que el atleta pierde contacto con el suelo de manera visible, es decir cuando mantiene los dos pies en el aire. Esta circunstancia se advierte a tra-

vés de jueces que pueden llegar a descalificar al atleta de acuerdo con el reglamento de la disciplina (sistema de acumulación de tarjetas de advertencia mostradas por jueces diferentes o eliminación directa por un juez principal).

Existen antecedentes documentados de pruebas de marcha desde finales del siglo XVIII y se incluyó por primera vez en los Juegos de Londres 1908.

Las distancias olímpicas son 20 km y 50 km, disputándose la primera en categorías femenina y masculina y la segunda exclusivamente en la masculina. La prueba de 50 km es la más larga de cuántas se compone el atletismo olímpico, por encima de la maratón, que casi todo el mundo asocia con la mayor distancia a recorrer; esta prueba de 50 km se ha retirado del programa



García Bragado concluye su octava participación en unos Juegos



Inicio de la prueba de 20km marcha femenina



**Maratón femenino: La carretera va seleccionando, poco a poco, a las que serían las primeras en la prueba**

olímpico de París 2024, por lo que, en principio, se ha celebrado por última vez.

Las pruebas en los Juegos se disputaron en el denominado parque Odori de Sapporo y el hecho que queremos destacar de ellas, queda fuera del medallero. Las tres medallas de chocolate (cuarto puesto) fueron para España, en que María Pérez, Ávaro Martín y Marc Tur, rozaron el metal hasta los últimos metros. Merece destacarse, con letras de oro, la octava participación olímpica de Jesús Ángel García Bragado (51 años) en la prueba larga, lo que constituye, en sí mismo, un récord en el atletismo olímpico.

La otra prueba atlética que discurre sobre la carretera es, acaso, la más mítica del deporte universal: la maratón, cuyos orígenes legendarios se remontan al año 490 antes de Cristo con la carrera del soldado Filípides desde esta localidad hasta Atenas, para anunciar la victoria sobre los persas en la batalla decisiva de la Primera Guerra Médica. El soldado dio la feliz noticia tras de lo cual cayó muerto, lo que según una de las versiones del mito evitó la inmolación de la población.

La prueba fue una de las que inspiró el resurgimiento de los Juegos Olímpicos de la Era Moderna por el barón Pierre de Coubertin en Atenas 1896, donde la distancia cubierta

fue de 40 km. Los Juegos de Londres 1908 establecieron la distancia en 42195 m tras una rectificación de trazado de última hora que permitiese a la consorte del soberano británico, Alejandra de Dinamarca quien se encontraba aquejada de una fuerte cojera, presenciar parcialmente la prueba desde el castillo de Windsor.

Las pruebas en Tokio se desarrollaron en el mismo escenario que las de marcha y fueron dominadas (con la sola excepción del bronce femenino) por atletas nacidos en Kenia y Somalia (estos últimos con nacionalidades neerlandesa y belga). En categoría masculina el dominio del keniano Kipchoge fue total, mientras que en la femenina sus compatriotas coparon los dos primeros puestos con una atleta estadounidense siguiéndolas muy de cerca.

Así, el medallero del atletismo olímpico sobre la carretera quedó como el reflejado en la tabla 3.

### Medallero de la carretera

Permítanos el lector de este medio, carretero por antonomasia, establecer un medallero de la carretera en estos Juegos de Tokio 2020, celebrados en 2021, ordenados según el criterio olímpico tradicional, más que discutible, de ordenar los países atendiendo únicamente al

**Tabla 3. Medallero de la carretera: Atletismo**

Fecha (2021)	Prueba	Oro	Plata	Bronce
5 de agosto	20 km marcha masculina	Massimo Stano (Italia)	Koki Ikeda (Japón)	Toshikazu Yamanishi (Japón)
6 de agosto	20 km marcha femenina	Antonella Palmisano (Italia)	Sandra Lorena Arenas (Colombia)	Hong Liu (China)
6 de agosto	50 km marcha	Dawid Tomala (Polonia)	Jonathan Hilbert (Alemania)	Evan Dunfee (Canadá)
7 de agosto	Maratón femenino	Peres Jepchirchir (Kenia)	Brigid Kosgei (Kenia)	Molly Seidel (EEUU)
8 de agosto	Maratón masculino	Eliud Kipchoge (Kenia)	Abdi Nageeye (Países Bajos)	Bashir Abdi (Bélgica)



número de oros, después de platas y por último de bronce. Treinta y seis medallas en doce pruebas y la clasificación virtual que observamos en la tabla 4.

Es difícil efectuar un análisis crítico con un mínimo de rigor sobre una muestra tan pequeña, de tan sólo doce pruebas pero, pese a ello, algo se puede comentar.

En primer lugar no hay un dominador claro, ningún país obtiene medalla en las tres disciplinas y los dos con dos oros lo son en una misma prueba para las categorías femenina y masculina (Kenia en maratón e Italia en 20 km marcha), mientras que dos de los países que más destacan lo son por un solo deporte: Gran Bretaña en triatlón y Eslovenia en ciclismo. Países Bajos y Bélgica obtienen medalla en dos disciplinas gracias a su brillante actuación en el ciclismo y a la nacionalización de atletas somalíes en maratón (práctica habitual en toda Europa). Estados Unidos, aunque sin oros, obtiene tres medallas y un meritorio Japón se lleva dos metales en 20 km marcha. Ecuador, las



Maratón masculino: los tres medallistas con sus respectivas mascarillas en una imagen insólita en la historia olímpica, pero habitual en nuestros días

Bermudas y Colombia han jugado un papel muy bueno. Pese a la mala suerte en la marcha, lamentar la ausencia de España en unas pruebas en que, con la excepción de la maratón (que parece vedada a los atletas del Cuerno de África y sus inmediaciones desde hace ya algunas décadas) nos han sido propicias en ediciones anteriores.

Así pues y a modo de conclusión general de estas notas señalar que, veintiún países se han repartido el treintavo del total de medallas en

los Juegos Olímpicos de Tokio 2020 (2021), en doce pruebas en que la carretera ha sido protagonista. En ellas, el público local ha podido acercarse físicamente a los Juegos.

Nuestro medio, la carretera, también está en el olimpismo como lo está en todas las facetas de la vida, a poco que se analicen con sentido crítico.



Tabla 4. Medallero de la carretera

Puesto	País	Oro	Plata	Bronce
1	Kenia	2	1	0
2	Italia	2	0	1
3	Países Bajos	1	3	1
4	Gran Bretaña	1	2	0
5	Eslovenia	1	0	1
6	Austria, Ecuador, Islas Bermudas (Reino Unido), Polonia y Noruega (x5)	1	0	0
11	Estados Unidos	0	1	2
12	Bélgica y Japón (x2)	0	1	1
14	Alemania, Colombia y Suiza (x3)	0	1	0
17	Australia, Canadá, China, Francia y Nueva Zelanda (x5)	0	0	1
<b>TOTAL (21 países)</b>		<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>



# XVI Jornadas de Conservación de Carreteras

## “La carretera: Infraestructura Esencial”

Sevilla, 26 al 28 de octubre de 2021

Del 26 al 28 de octubre se han celebrado en Sevilla las XVI Jornada de Conservación y Explotación de Carreteras, cuyo lema fue “La carretera: Infraestructura Esencial”.

Pasados tres años de la XV edición celebrada en Valencia, esta nueva convocatoria ha tenido de nuevo una gran aceptación con 650 asistentes aproximadamente.

Las jornadas se han desarrollado en diez sesiones de contenido variado, cuyo resumen extractado es el siguiente:

### Sesión 1. Nuevos Pliegos

La sesión primera estaba dedicada a los NUEVOS PLIEGOS DE LOS CONTRATOS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN que se están aplicando en los nuevos contratos de conservación integral.

Paula Pérez López Subdirectora Adjunta de Conservación de la Di-

rección General de Carreteras (DGC) del MITMA ha presentado el nuevo pliego de conservación donde se incluyen 7 capítulos entre los que se encuentra la explotación de las Areas de Servicio. Esta explotación genera unos cánones cuyos fondos Irán a conservación de carreteras.

Además hay 5 indicadores para la actividades básicas que pueden influir en la certificación mensual del contrato.

En esta sesión también ha intervenido Víctor Manuel Sarabia del Ayuntamiento de Madrid que nos ha explicado el fracaso de sus contratos de servicios con multitud de indicadores habiendo cambiado el contrato a uno más clásico y más racional, con menor número de indicadores, y con penalidades clásicas.

Gonzalo Ortiz de SEITSA nos ha explicado su experiencia con los 700 km de autopistas de las que se han hecho cargo. Han aplicado el mismo

pliego del Ministerio y ha funcionado muy bien incluso con el episodio de Filomena.

La mesa redonda sobre nuevos pliegos, celebrada al final de la sesión, ve positivo los nuevos pliegos mostrando alguna discrepancia con los indicadores.

Javier Soler, de la Demarcación de Valencia, pone de ejemplo los pliegos de conservación de la Comunidad Valenciana que permiten redactar proyectos de conservación o memorias valoradas sobre la marcha.

### Sesión 2. Seguridad y Salud

Dentro de la sesión segunda, destinada a seguridad y salud, ha intervenido Pablo Sáez que ha explicado la importancia que ha tenido en la prevención de accidentes los cursos de formación de operarios de ACEX,

que se pusieron en marcha en 2017, y que llevan formados a más de 2000 operarios con cursos de 8 horas.

Ángel García Garay, Jefe de la Demarcación de Carreteras de Murcia, ha explicado las Notas de Servicio de Seguridad y Salud de la DGC y comenta que hay diferentes actores, y que aunque estadísticamente hay pocos accidentes, estos son graves y con una repercusión importante.

Ha comentado también la necesidad de utilizar las aplicaciones TRAZA y RENO de la DGT que además tienen conexión con Google Y WAZE por lo que facilitan información al usuario.

Antonio Pérez Peña habla de la Nota de Servicio 1/2021 que actualiza la nota de servicio de 2/2017 incluyendo nuevas tecnologías y más experiencia y participación de las demarcaciones.

También comenta que la Instrucción 8.3-IC, sobre señalización de obras, se encuentra en fase de consultas.

Javier Uriarte de la Demarcación de Asturias ha explicado los avances del subgrupo del comité de conservación sobre colocación y retirada de señalización de obras y sobre la señalización de actuaciones no programadas.

Francisco García ha detallado las bases de El Premio Acex a la seguridad en conservación, que acaba de celebrar su decimoséptima entrega de premios en sus dos categorías "General" y "Premio Jesús Valdecantos". Ha comentado que todas las propuestas están disponibles en [www.acex.eu](http://www.acex.eu) para su consulta.

## Comunicaciones libres

Han sido 25 las admitidas y 7 presentadas en la sesión dedicada a ellas

La primera comunicación ha tratado de la evaluación dinámica de la iluminación por Aquilino Molinero, que ha presentado un sistema de medición de luminancias sobre vehículo.

La segunda comunicación ha tratado sobre mezclas asfálticas a baja temperatura, inferiores a 120°, presentada por Jorge Ortiz de la empresa ARNÓ.

La tercera comunicación presentada por Alberto Fox sobre percepción de usuarios en tramos de obras.

La cuarta ponencia ha sido impartida por la empresa BECSA que ha explicado su sistema de medición de IRI en vehículos turismo y furgonetas.

La quinta ponencia ha sido impartida por Tecnovial y nos ha explicado su nuevo atenuador de impactos.

La sexta ponencia impartida por Miguel Roucher de la empresa ALVAC ha tratado sobre el tema de inventarios con aplicaciones de cámaras en vehículos y otras aplicaciones de videos existentes en el mercado.

La séptima ponencia ha tratado sobre la Red de comunicación de primera ayuda en zonas sin cobertura

de telefonía móvil presentada por Manuel Feced de AUDECA.

## Sesión 3. Las infraestructuras y el futuro

La sesión tercera ha tratado de las infraestructuras y el futuro, Alfredo García catedrático de la Universidad Politécnica de Valencia nos ha expuesto la necesidad de tener una clasificación de carreteras inteligentes. Ha comentado la existencia de 5 niveles de clasificación y de la posibilidad de que la carretera interactúe con el vehículo o bien que el vehículo sea autónomo.

Ignacio González de la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras del MITMA nos ha comentado con detalle todas las fases que hay que seguir para la digitalización de todos los elementos de la carretera, incidiendo especialmente en que serían necesarios equipamientos ITS nuevos y mucha coordinación entre las diferentes administraciones implicadas.

La mesa redonda al final de la sesión ha debatido sobre la necesidad de coordinación y alcance de la digitalización.



Mesa Inaugural compuesta por, de izquierda a derecha, Charo Cornejo (de pie), Javier Herrero, Sergio Vázquez, María Francisca Carazo, José Lorenzo y Pablo Sáez.

## Sesión 4. Vialidad invernal

La cuarta sesión ha estado destinada a vialidad invernal, Luis Azcue ha explicado la actualización del Protocolo de Coordinación ante nevadas que incluye a los Centros de Gestión de Tráfico de la Dirección General de Tráfico y la inclusión de ayuntamientos y Comunidades Autónomas en los comités provinciales dependientes de las Delegaciones del Gobierno.

Ha explicado que para la campaña 2020-2021 hay disponibles 1.407 equipos y 246.000 Tn de fundentes y que supone un coste anual de 66 millones de euros.

Las actuaciones realizadas para hacer frente al temporal Filomena han sido un éxito y ha supuesto un coste adicional de 44 millones de euros.

El Director General de Carreteras, Javier Herrero, ha tomado la palabra para felicitar a todo el personal por su actividad, por su actuación y la eficacia demostrada en el temporal Filomena.

La mesa redonda que ha tenido lugar a continuación ha tratado sobre el temporal Filomena, y ha contado con la participación de la Dirección General de Tráfico a través de Ana Blanco, de la Comunidad de Madrid representada por Belén Peña, del Ayuntamiento de Madrid por Olivia Lombraña y Gloria Ramos Jefa de la Demarcación de Carreteras de Madrid. Todos han expuesto la necesidad de una mayor coordinación entre administraciones y también la necesidad de tener protocolos de actuación claros y también en la importancia de aumentar y mejorar la información al usuario.

Estos protocolos deben incluir el apoyo de provincias vecinas que irían prestando maquinaria de forma escalonada entre unas y otras.



Mesa Redonda "Carreteras de Futuro" presidida por Alfredo García

Se ha destacado como muy importante la operación desarrollada con los convoyes que se establecieron desde Murcia para suministro de fundentes a Madrid.

de Mejora mediante Actuaciones de Mantenimiento (ESMAMS) con una periodicidad de 6 años.

En la actualidad se está trabajando en el desarrollo de la metodología de los mismos.

## Sesión 5. Seguridad vial

La quinta sesión ha estado destinada a seguridad vial, Roberto Llamas de la Subdirección de Conservación del MITMA ha explicado que la aplicación de la Directiva Europea de Seguridad Vial se extiende a la totalidad de la red y no solo a la Red Transeuropea como hasta ahora.

No se va a hablar TCA's sino que se va a realizar una evaluación de los riesgos intrínsecos de los tramos donde se detecten accidentes. Se remitirán informes periódicos sobre seguridad vial de todos estos tramos.

La transposición de la Directiva debe realizarse antes del 17 de diciembre del presente año e implicará un mayor esfuerzo y una mayor inversión para una aplicación adecuada de esta Directiva.

Eduardo Parra nos ha hablado de la inspección de seguridad vial de los contratos de conservación. Su objetivo son los Elementos Susceptibles

de Luis Carlos Rodríguez Fiscal de Seguridad Vial ha destacado el aspecto social del tráfico y la valoración por parte del ciudadano de la misma. Ha comentado las Directivas de seguridad vial.

Ha explicado que el bien jurídico protegido en seguridad vial es la vida y la integridad física de las personas y ha destacado la aplicación del artículo 385 del Código Penal que trata sobre la obligación y la responsabilidad de restaurar la seguridad donde se detecten fallas de la misma.

La mesa redonda de final de la sesión ha tratado sobre la transposición de la Directiva y ha incidido en que el procedimiento está en fase de definición y en la necesidad de recursos económicos para las administraciones.

Los procedimientos futuros tendrán en cuenta a los usuarios vulnerables (peatones ciclistas etc.).



Sesión 6 "Infraestructura: Elementos y Patrimonio" presidida por Álvaro Navareño

## Sesión 6. Elementos y patrimonio

La Sexta sesión ha tratado sobre Elementos y Patrimonio, Ángel Luis Martínez Muñoz Jefe del Área de Proyectos y Obras de la Subdirección de Conservación ha comentado que los proyectos de conservación tienen unas características comunes que son la urgencia y la escasez de medios. Se pide una documentación mínima para su aprobación, acorde con la Nota de Servicio 1/2019 de la que ya se tiene experiencia.

En la actualidad se está preparando una guía didáctica para su aplicación y conocimiento. También se pide en la actualidad que los proyectos se entreguen en formato digital y comenta que en 2021 se han aprobado en la Subdirección de Conservación proyectos por importe de 152 millones de euros.

Antonio Pérez Peña ha comentado la apuesta de la Dirección General de Carreteras por el uso de la bicicleta y el apoyo al cicloturismo. Comienzan a haber muchas propuestas de carriles bici y se ha creado una oficina con la intención de redactar una serie de guías para la elaboración de proyectos de mo-

vilidad en bicicleta.

María Rita Ruiz de la universidad de la universidad de castilla la mancha ha comentado el Plan existente para la catalogación de elementos patrimoniales de interés como puentes etc.

Se elaboran una serie de fichas tipo para su archivo y posterior consulta.

Alejandro Jiménez-Espada nos ha explicado el sistema de conservación de puentes de la red de carreteras de la junta de Andalucía.

Hay casi 4.000 estructuras sobre las que se realizan inspecciones básicas y en las que se han realizado actuaciones de emergencia y se ha licitado un contrato de servicios que incluye inspecciones básicas, inspecciones principales y un Sistema de Gestión global buscando la eficiencia en la conservación de las estructuras.

Emilio Criado nos ha explicado las líneas de actuación del Sistema de Gestión de puentes de la Dirección General de Carreteras. Se han realizado más de 380.000 inspecciones desde su implementación y se van a utilizar nuevas tecnologías como drones, scanner etc. y se va a

llevar una monitorización de las estructuras principales.

## Sesión 7. Fondos europeos

La sesión séptima ha estado dedicada a los fondos europeos y a las líneas existentes de financiación, Jesús Santamaría de la Subdirección General de Conservación ha presentado el plan de actuación contra el ruido que se ha elaborado en la Subdirección.

Se han aprobado una serie de Órdenes de Estudio que se dividen en actuaciones simples barreras pavimentos etcétera y en no simples como travesías diseminados urbanos etcétera la inversión necesaria asciende a 495 millones de euros y se ha analizado cada actuación según la fecha de cada construcción afectada y de la carretera

Eduardo Toba nos ha expuesto su actuación de humanización de la travesía de El Ferrol, detallando la importancia social del proyecto con zonas verdes y carriles bici.

Luis Azcue ha expuesto el estado del Plan de Adecuación de túneles y el Plan para la implantación de sistemas inteligentes de iluminación. De 354 túneles, existentes en la red, 223 no están adecuados todavía. El plan se encuentra en ejecución, existiendo 39 proyectos listos para licitar. La licitación del plan finalizará en 2023.

En cuanto a iluminación está prevista la implantación de luminarias led en los túneles y tramos a cielo abierto. Se ha calculado un periodo de retorno de la inversión de 10 a 16 años y todavía deben redactarse los proyectos.

Charo Cornejo Directora Técnica de la DGC presenta el programa de apoyo al transporte sostenible y di-

gital. Se conceden subvenciones a las empresas en 2023 y los trabajos deben de estar finalizados en 2024. En la red del Estado hay tres de aplicación:

- Aparcamientos seguros
- ITS autopistas y seguridad
- Renovación de maquinaria para pavimentos sostenibles

Indica que hay que estar atentos a la web del Ministerio pues es donde irán apareciendo las convocatorias.

### Sesión 8. Explotación

La octava sesión ha estado destinada a Explotación, Ignacio Sellers nos ha hablado del nuevo Reglamento General de Carreteras derivado de la ley 37/2015 de Carreteras.

La ley 37/2015 aprobada por unanimidad en su momento ha sufrido varias modificaciones y discrepancias interpretativas quedando pendiente el desarrollo reglamentario para su aplicación.

La ley establece quince mandatos a destacar, la zona de influencia por distancia de 2 km y por afección, ruido y seguridad viaria.

También ha detallado el procedimiento de autorización de accesos y el criterio de cálculo de cuantía de multas por infracciones.

Sergio Cava ha hablado sobre actuaciones urbanísticas. La explotación aborda el uso y defensa de la vía incluyendo informes y autorizaciones del planeamiento urbanístico. Las afecciones derivadas del desarrollo urbanístico son los niveles de servicio y la seguridad viaria y un planeamiento urbanístico no puede empeorar dichos niveles ni la seguridad.

Otra afección que se produce son las servidumbres acústicas por lo



Sevilla fue la ciudad elegida como sede de las XVI Jornadas Técnicas de Conservación. Los asistentes pudieron disfrutar de una visita guiada por la siempre acogedora capital hispalense.

que el planeamiento debe garantizar el cumplimiento de calidad acústica de las viviendas y otros edificios.

Las zonas de protección son otra afección a considerar en todo el entorno de la carretera ante las diversas actuaciones que se producen en ella.

La sesión octava ha finalizado con una mesa redonda en la que Rodrigo Vázquez ha comentado que las Demarcaciones piden criterios (y no siempre se produce entre las 15 demarcaciones). Por ejemplo, los criterios dados para los informes urbanísticos hace indispensable la coordinación entre Unidades.

Sería conveniente informatizar el procedimiento de informes y autorizaciones.

### Sesión 9. Firmes nuevo enfoque

La novena sesión ha estado destinada al nuevo enfoque en los firmes, Javier Payán, de la Demarcación de Castilla y León Occidental

ha hablado del nuevo enfoque que se le da a los firmes y en el que se añaden aspectos como la resiliencia y la sostenibilidad

Jesús Felipo de la empresa Paval nos ha dado una visión general de las mezclas disponibles en la actualidad y la cantidad de soluciones, que en la actualidad es muy elevada. Se está elaborando un cuadro para elegir la más recomendable según su aplicación.

Destaca un nuevo enfoque en el que se incluyen otros elementos como el RAP, otros residuos, y también la fabricación de mezclas a menor temperatura.

También se están desarrollando otras de menor ruido y mayor reducción de emisiones. Expone ejemplos de cada técnica y también que se están desarrollando nuevos ensayos para la determinación de la durabilidad de las mezclas.

Susana Benavides ha explicado la mezcla MASAI. Ha hablado de fondos disponibles para la financia-



Vicente Vilanova, ponente general de las Jornadas, en el Acto de Clausura

ción de un proyecto piloto de I+D de pavimentos sostenibles e inteligentes para reducción de consumo y emisiones de CO<sub>2</sub> en la Red Transeuropea. Lo han aplicado en 113 km con un presupuesto de 60 millones de euros

Fernando Moreno de la Universidad de Granada ha comentado que el modelo no ha cambiado en mucho tiempo y que existen técnicas que se emplean muy poco como el reciclado (RAP). En la Universidad de Granada llevan investigando hace tiempo en con las mezclas MASAI (que significa Mezclas Asfálticas Sostenibles Automatizadas e Inteligentes).

Existen varios grados de mezclas MASAI según la tecnología y material aplicado o empleado. En general reducen un 20% las emisiones totales y está en marcha el estudio de un etiquetado energético para cada tipo de firme.

En la mesa redonda final de la sesión Félix Pérez, de la Universidad Politécnica de Cataluña, ha hablado del modelo de firmes y sobre otros factores que no se tienen en cuenta. Laura Parra, del CEDEX, ha hablado de la necesidad de instalar sensores en los firmes para disponer de infor-

mación sobre los filmes existentes y su evolución para poder caracterizar y analizar su comportamiento.

## Sesión 10. Herramientas de ayuda a la gestión

La sesión décima ha estado destinada a las herramientas de ayuda a la gestión, Charo Cornejo habla de la digitalización y de las oportunidades que existen con los fondos europeos para el desarrollo de la misma. En la actualidad se está comenzando a desarrollar el modelo BIM en la Dirección General de Carreteras del MITMA

José Menchén ha hablado de la como se está estableciendo la digitalización de toda la Dirección General de Carreteras con mas de 2000 personas, 26.329 km de red, mas de 10.000 documentos año y 2.000 millones de euros de inversión con mas de 700 contratos

Pilar Crespo ha explicado la aplicación CELOSIA ,de la Dirección Técnica de la DGC del MITMA, de monitorización de las estructuras donde aparecen todas asociadas a unos códigos de colores. Aparece para cada estructura toda la informa-

ción dinámica

Hay casos como el talud de Trabadelo del que se tiene información desde hace más de 10 años

Hay casos también como el puente del V centenario donde se miden desplazamientos y también se obtiene diversa información técnica. El objetivo último es controlar la tensión de los tirantes

El objetivo de la aplicación es aumentar la monitorización a otras muchas estructuras, taludes etc.

Al final de la sesión ha tenido lugar la mesa redonda sobre el BIM. Jesús Antoñanzas, de la Unidad de Carreteras de Teruel, expone que la digitalización debe ser integrada y compartida incluso con otras administraciones

Pedro Agustín explicó su sistema de gestión en Extremadura, Sonia Suárez de Madrid Calle 30 explica su sistema para calle 30 donde se ha desarrollado un modelo 3D en túneles.

Francisco Javier Navarro, de AMB, cuenta la modelización que han hecho en las Rondas de Barcelona y los indicadores que aplican

Antonio Martínez de la Demarcación de Carreteras de Murcia ha explicado la aplicación para la digitalización de documentos y expedientes que han hecho en esa demarcación y que se está aplicando en otras demarcaciones como Cataluña, Valencia y Aragón donde han supuesto un avance en el control documental.

En general todos indican que están avanzando en el desarrollo de nuevas utilidades, y especialmente en el acceso al público usuario

Tras la finalización de esta mesa se procedió a la clausura de las jornadas mediante la lectura de las conclusiones por el ponente general y el acto de clausura. ❖

# Jornada Técnica

## Carreteras 2+1

### una movilidad más segura



Madrid, 10 de noviembre de 2021

El pasado 10 de noviembre de 2021, se celebró en la E.T.S. de I.C.C.P de la Universidad Politécnica de Madrid la jornada sobre “Carreteras 2+1, una movilidad más segura”, que tenía como objetivo principal mejorar el conocimiento de esta solución viaria y la presentación de la Orden Circular 1/2021, de 12 de marzo de 2021, sobre “Recomendaciones para el diseño de carreteras 2+1 y carriles adicionales de adelantamiento” redactada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. La jornada estuvo

organizada por el Comité Técnico de Planificación, Diseño y Tráfico de la Asociación Técnica de la Carretera, y por el Grupo de Trabajo redactor de las recomendaciones, dependiente de la Subdirección General de Proyectos de la DGC.

El objetivo de un tramo de Carretera 2+1 es suprimir en toda su longitud la maniobra de adelantamiento con invasión del sentido contrario de circulación; para ello, la infraestructura proporciona la gestión segura de la maniobra de adelantamiento con una inversión más proporcionada a la de-

manda de tráfico y con unas menores afecciones ambientales. Bien concebido, un tramo de Carretera 2+1 proporciona una mejora del nivel de servicio de la carretera al incrementar la velocidad media de recorrido de los usuarios y reducir el tiempo de espera para adelantar a otros vehículos más lentos. Las recomendaciones aprobadas constituyen la primera norma técnica a nivel nacional que desarrolla el diseño de este tipo de vía, proporcionando a administraciones y proyectistas un soporte básico para todas las decisiones que se deben adoptar en su proyecto.

Categoría de diseño	Velocidad de proyecto	Nudos	Ancho ordinario de la plataforma (m)
Tipo 1 (C2+1A)	≤ 100 km/h	Enlaces	15,50 - 17,50
Tipo 2 (C2+1B)	≤ 100 km/h	Intersecciones o enlaces	13,25 - 15,50
Tipo 3 (C2+1C)	≤ 90 km/h	Intersecciones	11,75 - 13,25



Figura 1. Categorías de diseño de un tramo de Carretera 2+1.

La presentación de la jornada fue presidida por Javier Herrero Lizano, Director General de Carreteras, que subrayó la importante apuesta que ha realizado por esta solución como vía para modernizar nuestras carreteras convencionales, dotándolas de un mayor nivel de seguridad para los usuarios. En la mesa estuvo acompañado por Rosario Cornejo Arribas, Presidenta de la ATC, y Manuel Romana García, Subdirector de la E.T.S. de I.C.C.P. de la Universidad Politécnica de Madrid, anfitriona de la jornada, que dieron la bienvenida a todos los asistentes.

La introducción al tema estuvo a cargo de Rosalía Bravo Antón, Subdirectora General de Proyectos y responsable de Grupo de Trabajo redactor de la OC 1/2021, que desglosó los aspectos esenciales de un tramo de Carretera 2+1: la existencia de numerosas experiencias de éxito, la mejora de seguridad que representa la supresión de la invasión de sentido contrario en los adelantamientos, la posibilidad de modulación de actuaciones, que en la separación central no necesariamente se pueden emplazar sistemas de contención y que

posiblemente los nudos aumenten su complejidad. También destacó que las recomendaciones proporcionan un enfoque integral y flexible de esta solución, sin eludir el establecimiento de criterios detallados de diseño que sirvan de ayuda a los proyectistas.

Seguidamente, Fernando Pedrazo Majarrez, presidente del Comité Técnico, avanzó en la descripción de la solución subrayando que se trata de una solución ampliamente contrastada en países de nuestro entorno económico, siendo prueba de ello que en Alemania constituye la primera categoría de carretera convencional y que ya existen muchos kilómetros en servicio, incluso en nuestro país, que muestran un comportamiento satisfactorio. Subrayó que el objetivo básico de este diseño es la modernización de las carreteras convencionales interurbanas por la mejora integral de su nivel de seguridad. El proyecto puede basarse en el establecimiento de carriles aislados de adelantamiento o en el proyecto coordinado entre sentidos de carriles alternantes, constituyendo ya en sí un tipo de carretera que requiere de señalización específica y que es

conocido actualmente como Carretera 2+1. Cuando un usuario entra en un tramo de Carretera 2+1 se encontrará con la imposibilidad de invadir el sentido contrario de circulación y con oportunidades para realizar la maniobra de adelantamiento reguladas por la propia infraestructura. Para su diseño global se han definido las tres categorías que se presentan en la siguiente tabla 1, siendo incluso técnicamente posible su implantación como una primera fase de una autovía.

El siguiente ponente, Carlos Álvarez Merino, de la Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura, destacó que el carril de adelantamiento se concibe como carril rápido añadido por la izquierda al carril básico. Presentó las partes en que se divide el carril de adelantamiento conforme a la figura 1, desglosando la funcionalidad de la zona de transición no crítica (ZTNC) y la importancia de la zona de transición crítica (ZTC).

También presentó el diseño ideal de los carriles adicionales de adelantamiento en el marco de una Carretera

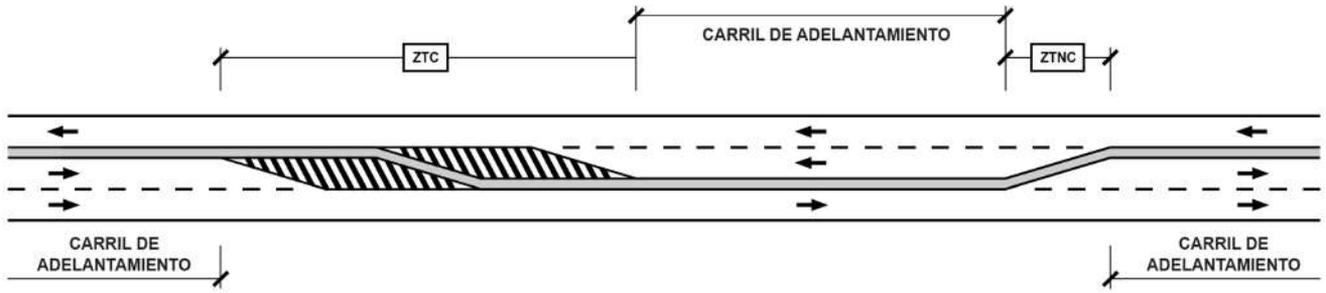


Figura 2. Tramo de Carretera 2+1 con acoplamiento de zonas de transición.

2+1, donde se llega al acoplamiento de las zonas de transición, conforme se presenta en la figura 2. Subrayó la necesidad de no coincidencia en el mismo segmento de carriles adicionales para ambos sentidos para evitar una falsa percepción a los usuarios. Como reglas básicas de diseño

expuso que los tramos de Carreteras 2+1 deben tener específicamente señalizadas sus puertas de entrada/salida, incluirán al menos dos segmentos con carril adicional de adelantamiento para cada uno de los dos sentidos de circulación, el porcentaje de longitud de adelantamiento por

sentido se recomienda como mínimo del treinta por ciento, no existirán tramos de más de cinco kilómetros sin posibilidad de adelantamiento y los tramos intermedios con sección 1+1 tendrán prohibido el adelantamiento. Finalizó abordando las distintas estrategias para el diseño de las zonas de transición y para la introducción de la desviación de los carriles, donde existe bastante flexibilidad para adaptarse a los condicionantes de espacio.

José Luis Ferreras Delgado, de la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental, subrayó la importancia de disponer en general de un Plan de Conservación y Explotación, y en particular para el caso de un tramo de Carretera 2+1, donde resulta necesario prever que un vehículo pueda rebasar a otro detenido en el carril único o el propio paso entre sentidos. Ello ha llevado a contemplar una anchura mínima de la

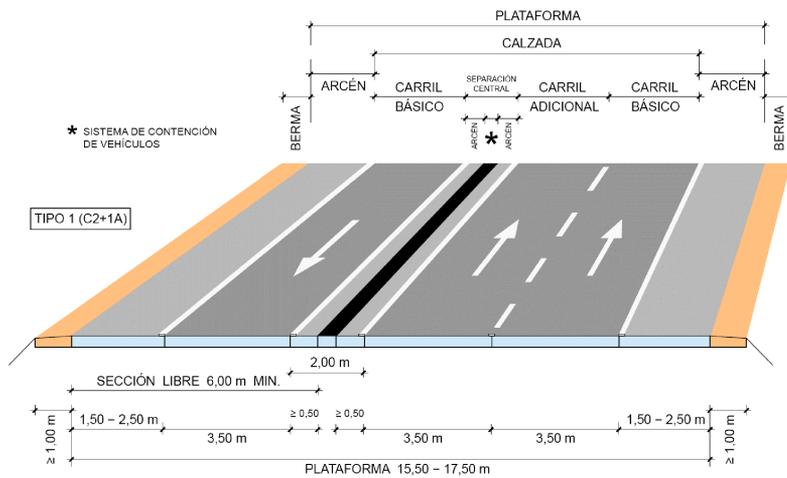
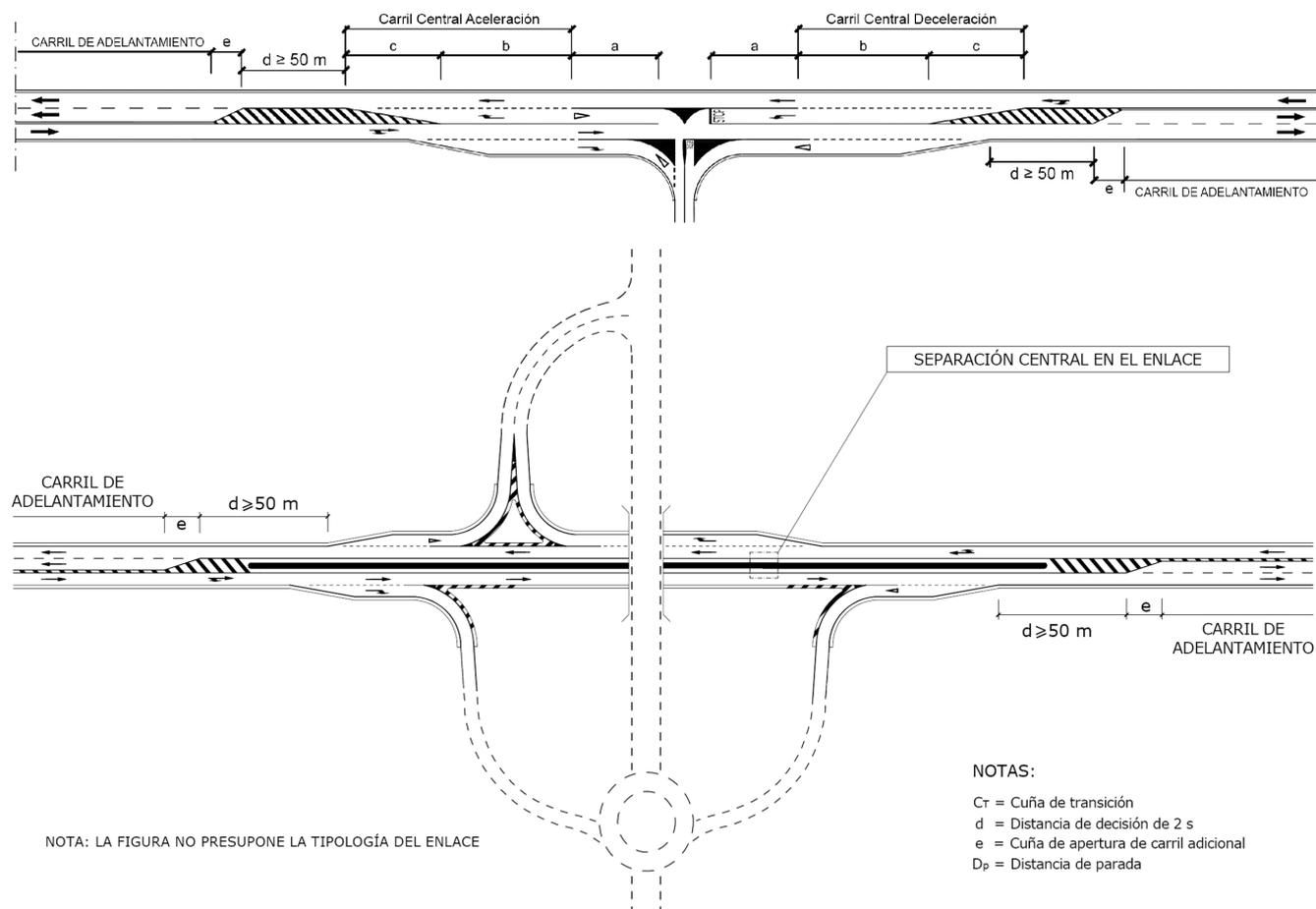


Figura 3. Sección transversal de la zona con carril adicional para el diseño de superior categoría (Tipo 1).

Tabla 2. Dimensiones de la sección transversal de la zona con carril adicional de adelantamiento en un tramo de Carretera 2+1, en función de su categoría de diseño.

Categoría de diseño	SENTIDO CIRCULACIÓN CARRIL ADICIONAL				SENTIDO CIRCULACIÓN OPUESTO			SEPARACIÓN CENTRAL		
	Carril básico (m)	Carril adicional (m)	Arcén exterior (m)	Bermas (mínimo) (m)	Carril básico (m)	Arcén exterior (m)	Bermas (mínimo) (m)	Arcenes interiores (mínimo) (m)	Tratamiento separación central	Total separación central (m)
Tipo 1 (C2+1A)	3,50	3,50	1,50-2,50	1,00	3,50	1,50-2,50	1,00	0,50	Sistema de contención de vehículos	2,00
Tipo 2 (C2+1B)	3,50	3,25-3,50	0,50-1,50	1,00	3,50	1,50	1,00	-	Sistema de contención de vehículos o Marca vial doble	1,00-2,00
Tipo 3 (C2+1C)	3,50	3,25-3,50	0,50-0,75	1,00	3,50	0,50-1,50	1,00	-	Marca vial doble	0,50



**Figura 4. Diseño recomendado de intersecciones y enlaces con interrupción del carril adicional de adelantamiento entre zonas de transición no críticas.**

sección del carril único de 6 m con arcén exterior de al menos 1,5 m. Destacó la importancia de considerar en su caso la vialidad invernal, desarrollando un estudio del recorrido de los equipos, prever su estacionamiento o el emplazamiento de los silos, e incluso contemplar la posibilidad de implantación de apartaderos.

Respecto a la sección transversal en la zona del carril adicional de adelantamiento, presentó los criterios básicos recogidos en la OC, que se recogen en la tabla 2, y en la figura 3 específicamente para el caso de la categoría de diseño superior (Tipo 1).

Para las secciones transversales singulares: túneles, soterramientos y obras de paso, se intentará mantener la homogeneidad de la sección salvo que existan estudios de seguridad y económicos que lo desaconsejen. En

estos casos, se evitará la disposición de sistemas de contención de vehículos en la separación central, aunque si se podrá utilizar balizamiento con elementos dotados de flexibilidad.

Respecto a los sistemas de contención señaló que como principal ventaja garantizan la supresión de la posibilidad de choques frontales, proporcionando un nivel de seguridad similar al de las carreteras de calzadas separadas, si excluimos otros aspectos. Como inconveniente se encuentra el mayor coste y unas mayores dificultades para los trabajos de mantenimiento o la atención a incidencias. La presentación se complementó con la revisión de diversas experiencias nacionales e internacionales relativas a los detalles reales de la sección transversal.

Álvaro Cuadrado Tarodo, de la

Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, centró su exposición en las condiciones que deben tener los nudos para ser compatibles con carriles adicionales de adelantamiento. Para el diseño Tipo 1 no se permitirán los giros a la izquierda ni el cruce a nivel de carriles, debiendo resolverse mediante enlaces. Para el resto de diseños, los giros a la izquierda y el cruce a nivel de carriles supondrán la interrupción del carril adicional de adelantamiento dentro de un tramo de Carretera 2+1. Como regla general, serán preferibles aquellas configuraciones en las que se haga coincidir el emplazamiento del nudo con zonas de transición no crítica, tal como se aprecia en la figura 4. Si en el emplazamiento correspondiente no se considera posible el movimiento de giro a la izquierda, se deberán proporcionar alternativas,

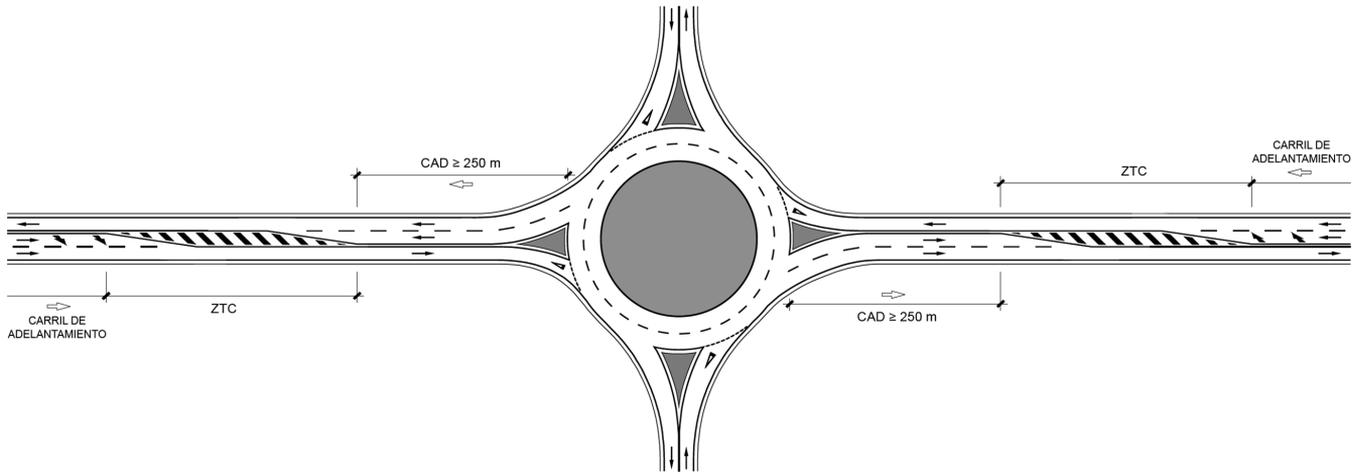


Figura 5. Glorieta entre zonas de transición no críticas con carril de aceleración diferencial (CAD).

lo que implica potenciar el diseño de elementos que faciliten el cambio de sentido.

Para el caso de las glorietas, se propone una funcionalidad adicional proporcionada por el carril de aceleración diferencial (CAD), que permite a los vehículos ligeros rebasar otro más lento a la salida de la intersección, tal como se recoge en la figura 5.

En esta presentación también se abordó la problemática de los accesos y de las vías de servicio, haciendo hincapié sobre la importancia que conlleva en un tramo de Carretera 2+1 la realización de una buena reordenación de accesos, que en sí ya implica un gran valor para la mejora de la seguridad de la vía. Desde el punto de vista técnico, tal reordenación se debe atender a los criterios de

la vigente Norma 3.1-IC de Trazado. Toda la presentación se complementó con ejemplos reales de los aspectos enunciados.

Manuel Romana García, de la Universidad Politécnica de Madrid, centró su exposición en los necesarios estudios de tráfico, y el efecto de los carriles adicionales sobre el nivel de servicio y la capacidad de la vía. La presentación se inició comentando la funcionalidad de las tres categorías de Carreteras 2+1, para seguidamente exponer el efecto que representa la disposición de un carril adicional de adelantamiento durante la formación de colas, recogido en la figura 6. Este efecto se manifiesta en una caída brusca de la cola y una mejora de las condiciones en una longitud superior a la del propio carril. Para cuantificar esta medida del desem-

peño, la revisión del vigente Manual de Capacidad de Carreteras opta ya por emplear la densidad de seguidores por kilómetro y carril.

El efecto sobre la velocidad media de recorrido tiene un comportamiento contrario, aumentando de forma brusca para gradualmente recobrar su valor inicial. Previene que este aumento puede acabar siendo reducido si no existe un número significativo de vehículos lentos.

Seguidamente presenta la metodología de análisis de la revisión del HCM y el tratamiento que proporciona la normativa alemana (FGSV, 2015), que utiliza como medida del desempeño la densidad de vehículos ligeros en kilómetros y por carril. Comparando en esta última una sección simple de carretera frente a otra con carril adicional de adelantamiento en igualdad de condiciones, se deduce un aumento de la capacidad y de la velocidad libre a favor de la última con intensidades medias. A la vista de diversos estudios, indica que la sección con carril adicional de adelantamiento tiene una capacidad inferior a 1.500 veh/h. Respecto a la longitud de los carriles adicionales de adelantamiento apunta a valores entre los 1.500 m y los 2.500 m. Previene del efecto de formación de cuellos de botella y aumento de frenadas en las zonas de transición crítica con

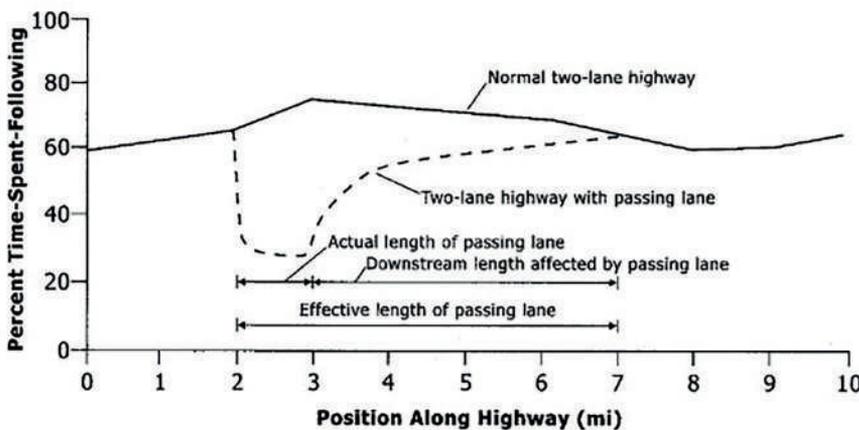


Figura 6. Efecto de un carril adicional de adelantamiento sobre las colas. (Fuente: Harwood and Hoban, referido en HCM6)



Figura 7. Secuencia de señales de carriles en una zona con carril adicional de adelantamiento.

intensidades elevadas y también comenta que, conforme a la experiencia en Cataluña, se deben anular los carriles de adelantamiento en operaciones de entrada/salida, especialmente si se prohíbe la circulación de camiones. Finalizó indicando la necesidad de estudios de tráfico locales que aumenten el conocimiento.

Juan Enrique Usechi Blanco, de la Subdirección General de Proyectos de la DGC, desarrolló en su presentación todos los aspectos referidos a la señalización horizontal, vertical y el balizamiento. Recordó que la Carretera 2+1 tiene consideración de ca-

rretera convencional y presentó diversos ejemplos de tramos señalizados en países de nuestro entorno.

Expuso que no resultarán efectivas aquellas señales duplicadas en la margen opuesta cuando queden al otro lado de una barrera o un sistema de balizamiento en la separación central, por lo que habrá que emplazarlas con tamaño medio o reducido en el espacio de separación. Un importante aspecto a tener presente es que para un tramo de Carretera 2+1 es necesario establecer transiciones de las reglas que rigen sobre la maniobra de adelantamiento. Indicó que

el inicio de la separación central se debe materializar con la señal R-401a en lugar de hitos de vértice. Presentó la disposición de las señales de carriles a lo largo del carril de adelantamiento, adaptada a la normativa vigente (pues este tipo de señal no existe con fondo blanco), y que se recoge en la figura 7.

También describió cómo quedaría la señalización de una zona de transición no crítica y de una zona de transición crítica, por aplicación de los criterios de la normativa actual, y que se presentan en la figura 8. Comentó la posibilidad de emplazar varias se-

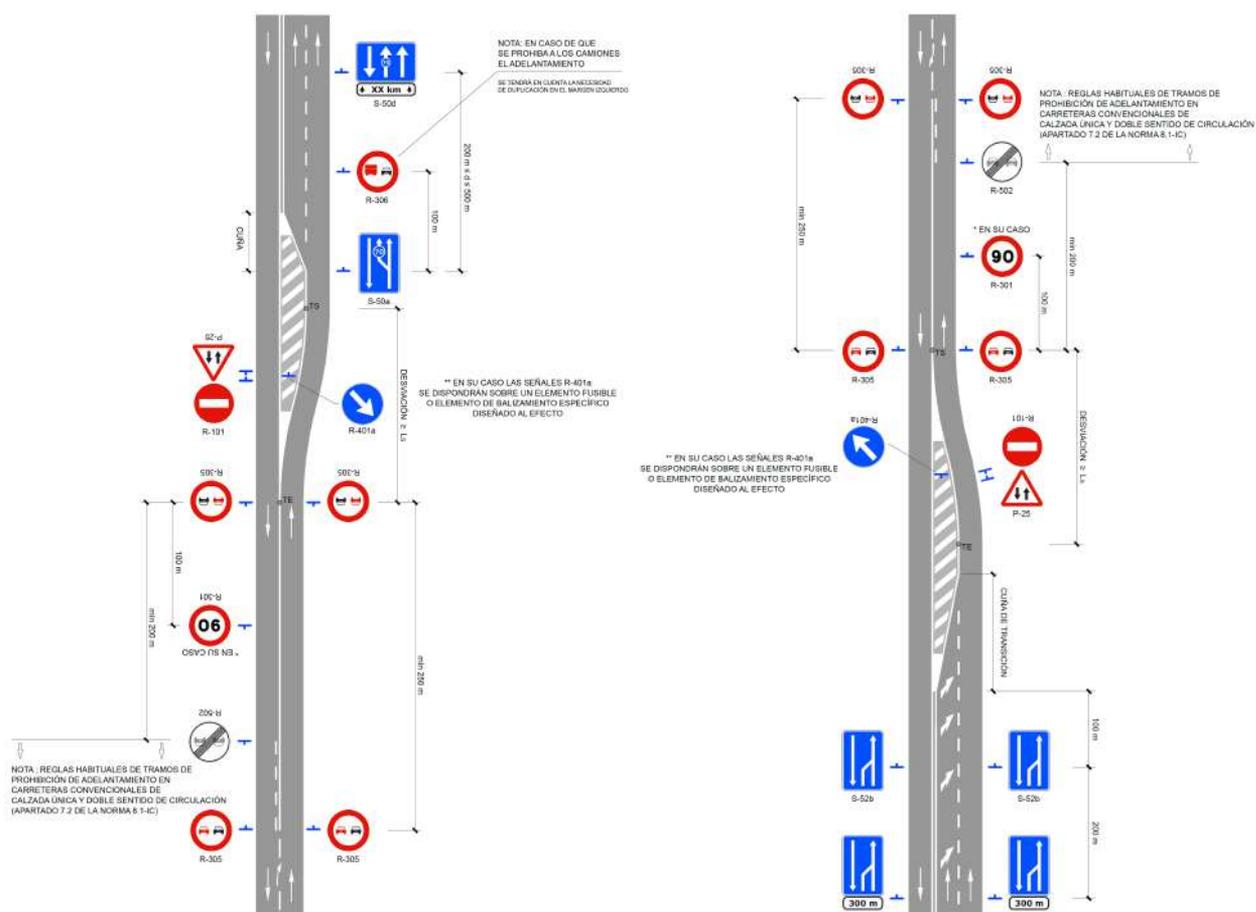


Figura 8. Señalización de una zona de transición no crítica y de una zona de transición crítica.

C-55 y C-58: Accidentes mortales y graves

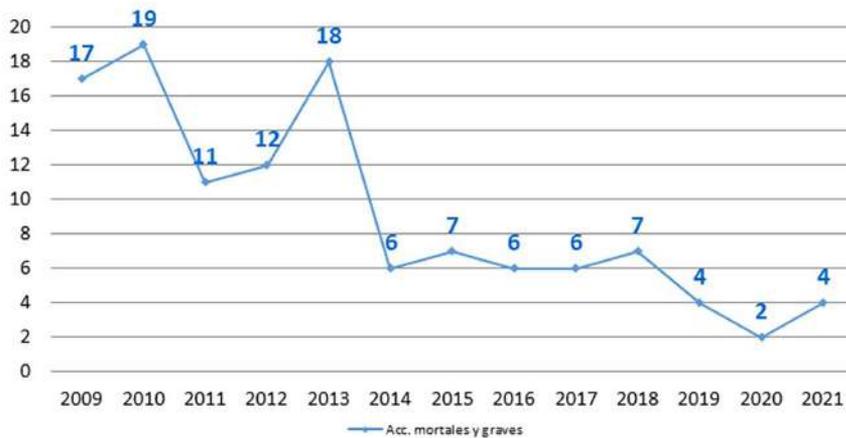


Figura 9. Accidentes mortales y graves en C-55 y C-58.

ñales que afectan a un tramo sobre un mismo cartel.

Respecto a las marcas viales, los criterios se recogen en la norma vigente, pero hay que destacar la disposición de flechas de fin de carril (M 5.4) en la zona final del carril de adelantamiento y la posible utilización de la marca de separación de sentidos (M-2.3a o M-2.3b). Finalizó su exposición comentando la conveniencia de uso de balizas flexibles en lugar de las convencionales balizas cilíndricas.

Manuel González Fabre, de la Subdirección General de Proyectos de la DGC, centró su presentación en el efecto de la Carretera 2+1 sobre la seguridad vial. Indicó que el valor añadido fundamental de un tramo de Carretera 2+1 es la no necesidad de invasión del sentido contrario durante la maniobra de adelantamiento, lo que conlleva una reducción en el número de colisiones frontales y frontolaterales.

Conforme a los datos de accidentalidad de 2018 en tramos interurbanos de carreteras de la R.C.E., el 24,7 % de los accidentes mortales se deben a colisiones frontales, y el 8,2 % a colisiones frontolaterales. Con datos del 2019, el 38,3 % de las víctimas mortales se debe a colisiones fronta-

les y el 18,5 % a colisiones laterales y frontolaterales. Todo ello evidencia el amplio potencial de mejora existente en nuestro país. Seguidamente realizó una revisión de los datos publicados en distintos países de nuestro entorno económico. En Suecia, con datos de 2009, se documentan reducciones de accidentes mortales en el entorno del 80 % utilizando sistema de contención en la separación central. La cifra se reduce a la mitad en el caso de no utilización de sistema de contención. En Alemania, con datos de 2010, la Carretera 2+1 reduce a la mitad el Índice de Peligrosidad de la carretera convencional, dejándolo ligeramente superior al de una autopista 2+2. En Polonia, la reducción del número de accidentes se cuantifica en aproximadamente el 70 % y la reducción de las víctimas mortales de aproximadamente un 65 %. Diversas experiencias en EE.UU señalan una reducción del número del número de accidentes de alrededor del 25 %. En UK, la conversión de carreteras convencionales en 2+1 ha supuesto una reducción estimada del 90 % en el número de accidentes con víctimas mortales, y del 67 % en el número de accidentes en general.

Concluye indicando que las Carreteras 2+1 tienen asociados Índices de Peligrosidad significativamente

inferiores a los de las carreteras convencionales, y en consecuencia, el coste asociado a los accidentes resulta también muy inferior. Los tipos de accidentes que mitigan las Carreteras 2+1 (frontales y frontolaterales) son precisamente los más frecuentes en la R.C.E. (≈33 %).

Albert Gómez Ametlier, de la Subdirección General de Explotación Vial de la Generalitat de Catalunya, expuso las pioneras experiencias de ejecución y explotación de tramos de Carretera 2+1 en Cataluña. Después de presentar la red de carreteras competencia de la Generalitat de Catalunya destacó la importante apuesta realizada por la seguridad viaria, pasando de un modelo reactivo a uno preventivo, y que ha sido avalada por los datos disponibles de mejora de la accidentalidad. Como ejemplo expuso el caso del corredor constituido por las vías C-55/C-58/C-16, donde se ha realizado una mejora integral de las condiciones de seguridad basada en la implantación de la Carretera 2+1 en las C-55 y C-58, con sistema de contención en la separación central, y disponiendo pasos transversales, de emergencia y apartaderos. Los datos de accidentalidad se recogen en la figura 9, siendo digno de mención que desde el 2019 no se registran accidentes mortales.

También presentó la Instrucción DGIM/1/2019 sobre el establecimiento de Carreteras 2+1, cuyo objetivo era establecer los criterios de diseño y adaptación de Carreteras 2+1 en todas las fases del ciclo de vida de una infraestructura viaria, desde la planificación hasta la explotación. En esta norma se contemplan como categorías la Autovía 2+1 y la Vía 2+1 convencional con cuatro tipologías.

Expuso el Plan 2+1 de la Generalitat cuyo objetivo es eliminar entre el 20 % y el 35 % de la accidentalidad mortal de la red, actuando en unos 784 km de carreteras existentes de

calzada única y una  $IMD \geq 5.000$  v/d, o donde la accidentalidad ligada al choque frontal lo requiera. Finalizó su exposición llamando la atención sobre la importancia de la separación de flujos y que existen para ello más formas que pueden ser exploradas.

Alfredo García García, de la Universidad Politécnica de Valencia, señaló el agotamiento del modelo tradicional de diseño de la carretera convencional muy focalizado en la funcionalidad, siendo necesario ya trasladar este foco hacia la seguridad, apoyándose en el concepto de sistema seguro. Seguidamente desarrolló un análisis de viabilidad de la solución de Carretera 2+1, enunciando sus beneficios, oportunidades, retos y barreras. Entre los beneficios se encuentran la mejora de la seguridad, la funcionalidad, el coste o la sostenibilidad. Como oportunidad apunta a la que proporciona disponer ya de unas recomendaciones técnicas. Entre los

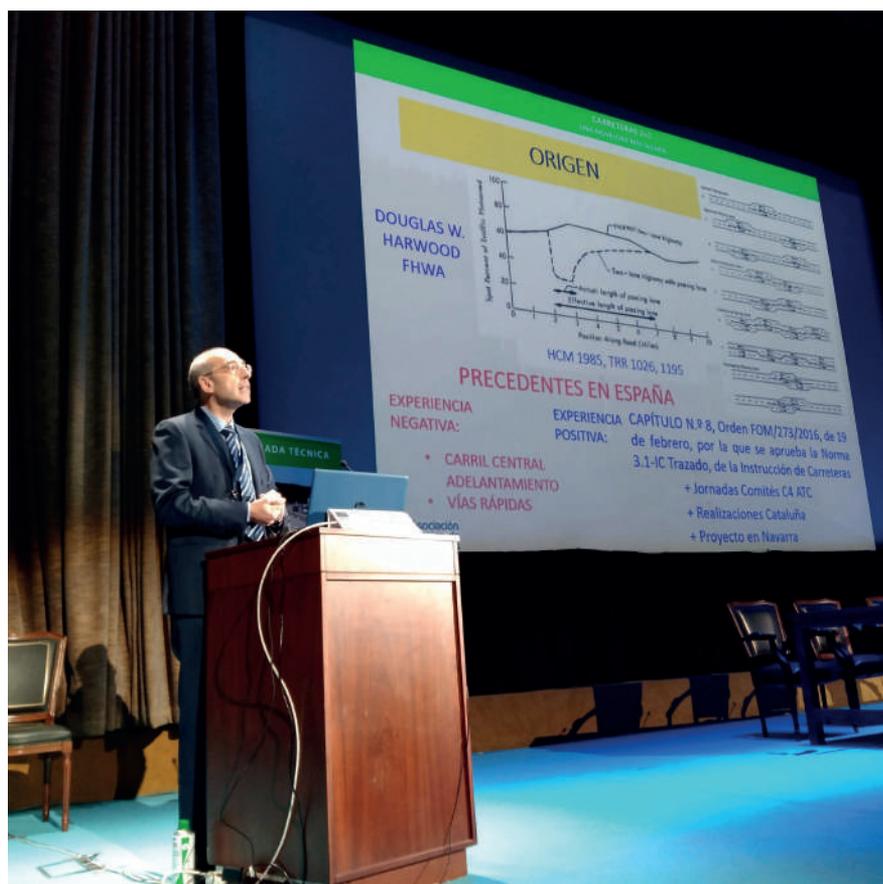
retos se encuentra la compatibilidad con las tareas de conservación y explotación, la atención a incidencias, el tratamiento de la separación central, la necesidad de estudios rigurosos de tráfico y la necesidad de formación técnica. Respecto a los estudios de tráfico indicó que la revisión del Manual de Capacidad (HCM 6.1) dispone de un nuevo capítulo dedicado a las carreteras convencionales que cambia totalmente su análisis operacional, utilizando como parámetro de desempeño la densidad de seguidores. También resulta posible recurrir a técnicas de simulación.

Señaló la necesidad de estudios de seguridad vial con análisis antes/después con una duración mínima de tres años, metodología bayesiana y utilizando grupos de control, y a la necesidad de prever el impacto sobre la solución de los vehículos automatizados y conectados, que conlleva explicitar el diseño geométrico y su tole-

rancia, la necesidad de apartaderos de vehículos, mejorar el tratamiento de la señalización, etc. Finalmente concluye indicando que un tramo de Carretera 2+1 constituye una solución intermedia de continuidad entre carreteras convencionales y autovías/multicarriles, y supone la mejora de carreteras con alta siniestralidad.

Seguidamente se dio paso a un grupo de presentaciones donde Joaquín Izquierdo Matesanz, de la empresa TECNIVAL, Andrés Navarro Cortés, de la empresa GIVASA, y Diego Santiago González, de la empresa ROAD STEEL ENGINEERING, presentaron diversos elementos de equipamiento disponibles ya en el mercado para resolver específicamente las necesidades de un tramo de Carretera 2+1. Entre ellos se encuentran balizas cilíndricas, puntuales, continuas, luminosas, láser; terminales; atenuadores de impacto; equipos de transferencia de barreras; barreras de hormigón con armadura continua ejecutables in situ; captafaros y barreras metálicas homologadas para altos niveles de contención.

Finalmente, la jornada culminó con un debate técnico de la solución, abierto a todos los asistentes, moderado por Rafael López Guarga, Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón, y en el que participaron Ferran Camps Roqué, de la Generalitat de Catalunya, Rosalía Bravo y Alfredo García. En este debate se abordaron temas como el concepto de separación física entre sentidos y su forma de materialización, la posible elevación de las limitaciones de velocidad, el nivel de aprovechamiento de la carretera existente, la posibilidad de limitación del adelantamiento a los camiones, la ventaja económica frente a la construcción de una autovía estricta, la construcción de una autovía apoyada en un tramo previo 2+1 o la conveniencia de un cambio de designación de la solución. ❖



Fernando Pedraza, director técnico de la Jornada

# La ATC entrega sus distinciones Socios de Honor y Mérito, Premio “Enrique Balaguer, abriendo caminos” y Medallas a la Aportación Técnica a la Carretera



El 22 de noviembre de 2021 la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) celebró la Junta Directiva. Como es tradición, posteriormente se celebró en el acto de reconocimiento a sus socios más destacados, las Medallas a la Aportación Técnica a la Carretera como reconocimiento interno a miembros de los Comités Técnicos y, por primera vez, el “Premio Enrique Balaguer, abriendo caminos” a aquellas personas u organizaciones que hayan destacado en el sector de las carreteras. También se premió a las mejores comunicaciones que serán presentadas en el XVI Congreso Mundial de Vialidad Invernal y Resiliencia de la Carretera.

La Junta Directiva aprobó por unanimidad, en su reunión del 25 de

junio de 2020 y a propuesta de su presidenta Charo Cornejo Arribas, el reconocimiento a María del Carmen Picón Cabrera como Socia de Honor, y a Carlos Casas Nagore y Andrés Costa Hernández, como Socios de Mérito, por su contribución y dedicación al desarrollo de la Asociación Técnica de Carreteras. Se decidió como ganador de la primera edición del “Premio Enrique Balaguer, abriendo caminos” a PIARC. En la Junta Directiva del pasado 29 de junio de 2021 se aprobó el nombramiento como Socios de Mérito a Antonio Sánchez Trujillano y Jesús Díaz Minguela, y ganador del “Premio Enrique Balaguer, abriendo caminos” a la Asociación de personas con lesión medular y otras discapacidades físicas (ASPAYM). En

ambas Juntas Directivas también se aprobó la entrega de la Medalla a la Aportación Técnica de la Carretera a 24 destacados miembros de los Comités Técnicos de la ATC.

Hicieron entrega de las distinciones: María José Rallo, Secretaria General de Transportes y Movilidad, Ana Blanco en representación de la D.G. de Tráfico del Mº del Interior, Álvaro Navareño, en representación de la D.G. de Carreteras del Mº de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Miguel Ángel Carrillo, presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y María del Rosario Cornejo, presidenta de la ATC.

## SOCIA DE HONOR

### María del Carmen Picón Cabrera

Ingeniera de Caminos por la Escuela de Madrid y pertenece al Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos del Estado.

Fue Directora Técnica de la Unidad de Apoyo de la Dirección General de Carreteras entre febrero de 2005 y noviembre de 2008), posteriormente Directora del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Infraestructuras, hasta febrero 2011, y desde esa fecha es la Coordinadora en la Unidad de Apoyo de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana donde se encarga de la coordinación de la actividad internacional de la Dirección General en cuanto a su participación en distintos organismos internacionales, así como del seguimiento y la promoción de las relaciones bilaterales con países fronterizos y terceros.

Entre estos organismos en los que participa destaca:

- La Conferencia Europea de Directores de Carreteras, CEDR, de la que es miembro desde 2007, presidió la Junta Ejecutiva en 2017 y ha liderado la redacción del Plan de Acción 2017-2019 y su primera actualización 2018-2020.
- El Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, DIRCAIBEA, del que es miembro del Consejo desde 2011 y de las Comisiones de Comuni-

nicación y de Planeación Estratégica y Evaluación, desde 2017

- La Asociación Mundial de la Carretera, PIARC, donde es miembro de la Delegación Española en el Consejo, desde 2005, miembro del Comité Ejecutivo, desde 2013, presidente de la Comisión de Planificación Estratégica, desde 2019 y Miembro de Honor, desde 2018. También ha participado activamente en comités técnicos y grupos de trabajo. Por su importancia, destacaríamos su actividad para promover el uso del español y expandir el ámbito de influencia de la Asociación a la membresía hispanohablante.

Además, ha tenido tiempo también para la Asociación Técnica de Carreteras, donde ha sido miembro del del Comité de Características Superficiales y del Comité de Puentes. Formó parte de la Junta entre 2008 y 2015, y desde 2018 es vicepresidente.

Por encima de todo, destaca su apoyo constante a todas las iniciativas de la Asociación, por fortalecerla y posicionarla dentro de PIARC y, como no, por la defensa de los intereses españoles en el contexto internacional de las carreteras.



## SOCIOS DE MÉRITO 2020

### Carlos Casas Nagore

Carlos es ingeniero de Caminos por la Escuela de Valencia. Promoción 1977

Inició su actividad profesional en Corviam. A partir de 1980 trabajó en la Diputación General de Aragón. A finales de 1985 gana la oposición al Cuerpo de Ing. de Caminos del Estado y desde mayo del 86 se incorpora a la Unidad de Teruel ejerciendo diversas responsabilidades en el área de Conservación y Explotación hasta su reciente jubilación en 2019. En el Ministerio ha formado parte de numerosos comités y comi-



siones técnicas sobre señalización y balizamiento, seguridad vial, trazado, gestión de la conservación, etc.

Su colaboración en la Asociación ha estado ligada al Comité de Conservación del que es miembro desde 2005 y Coordinador del Grupo de Trabajo sobre Gestión de la Vialidad. Ha escrito artículos en RUTAS, el último sobre otra de sus creaciones: "El museo de la carretera de Teruel".

A lo largo de su carrera ha participado como ponente en muchas jornadas y ha dictado numerosas conferencias, más de 50, de las que una quincena corresponde a actividades de la ATC, comenzando en las V Jornadas de Conservación del año 94 en Granada y terminando con el curso sobre Vialidad que ha estado impartiendo recientemente.

Estudioso de las carreteras, del arte en la ingeniería, de la herencia cultural turolense, ha participado en numerosas actividades de divulgación relacionadas con estas aficiones.

Está en posesión, entre otras distinciones, de la medalla al Mérito del Colegio, de la Medalla de Honor de la AEC y del Premio ITS en la Infraestructura.

### Andrés Costa Hernández

Ingeniero de Caminos por la Escuela de Madrid en la promoción de 1979.

Entre 1.979 y 1.982 estuvo realizando trabajos de investigación con una beca, en la Cátedra de Caminos de Madrid. Allí trabajó con Enrique Balaguer, José Luis Elvira, Aurelio Ruiz y otros profesionales que le transmitieron el entusiasmo por las carreteras.

Desde 1.982 ha estado trabajando en la empresa Asfaltos y Construcciones ELSAN S.A., hasta su jubilación en 2016. Y prácticamente siempre, en el Departamento de Conservación



de firmes de carreteras mediante técnicas bituminosas, tanto en frío como en caliente en las que es, sin duda, uno de los grandes expertos españoles en la materia.

Ha participado en numerosos proyectos de investigación entre los que se pueden mencionar algunos de gran impacto como el FENIX y EQUINOX. Ha participado en numerosos Congresos, Cursos y Jornadas Técnicas, tanto como ponente en las mismas, como a través de la presentación de Comunicaciones Libres.

Ha sido presidente de ACEX, presidente del Comité Técnico de ASEFMA y coordinador del Grupo de "Revestimientos superficiales y lechadas bituminosas" de normalización de AENOR. En 2012 fue galardonado con la Medalla de Honor de la AEC.

En la Asociación Técnica de Carreteras ha participado muy activamente en diferentes momentos en varios Comité Técnicos: Vialidad Invernal, Conservación y Gestión de Carreteras, Firmes de Carreteras y, desde mediados de los 80, sin solución de continuidad, ha pertenecido al Comité Técnico de CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO, del cual es Presidente desde 2013.

## SOCIOS DE MÉRITO 2021

### Antonio Sánchez Trujillano

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde su licenciatura en el año 1976 ha desarrollado su actividad profesional mayoritariamente en el sector público, tanto en la Administración General del Estado como en la Comunidad de Madrid.

Su actividad se ha centrado en la planificación urbanística y la ordenación del territorio, la planificación de infraestructuras hidráulico-sanitarias y de transporte, la implantación y gestión de instalaciones de tratamiento de residuos, la eva-



luación del impacto ambiental de proyectos y la evaluación ambiental estratégica de planes y programas.

En actividades referentes a la carretera y el transporte ha dirigido proyectos de acondicionamiento y mejora de carreteras de la Red de Carreteras de la Comunidad de Madrid, y ha intervenido en tareas relacionadas con el funcionamiento y explotación de éstas.

Actualmente es el Director del Centro de Estudios del Transporte del CEDEX

También ha sido Profesor Asociado de la Universidad de Alcalá de Henares, adscrito al Departamento de Geodinámica, en la Licenciatura de Ciencias Ambientales, desde el curso 96-97 hasta el 04-05.

Es miembro de nuestra Junta Directiva y presidente del Comité de Medio Ambiente de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), donde ha planteado propuestas sobre evaluación de la contaminación atmosférica y la emisión de gases de efecto invernadero del tráfico, la contaminación acústica y lumínica, cambio climático, análisis del ciclo de vida, huella de carbono y descarbonización de la carretera.

### Jesús Díaz Minguela

Es Ingeniero de Caminos por la Escuela de Madrid, promoción del 86, y Doctor por la Escuela de Burgos en 2012.

Desde hace años es miembro de varios Comités Técnicos de la ATC y preside el nuestro comité de Comunicación.

Ha sido Ponente General de 3 Congresos Nacionales de Firmes y ha participado en más de un centenar de Congresos y Jornadas Técnicas. También ha sido profesor en numerosos cursos, entre ellos, el de Firmes de la D. G. Carreteras



También ha colaborado con la D.G. Carreteras en el desarrollo de la normativa de pavimentos española, en particular, la de materiales tratados con cemento y pavimentos de hormigón.

Es redactor y coautor de varios Manuales, como el de firmes reciclados in situ con cemento, el de firmes con capas tratadas con cemento, el de pavimentos de hormigón para vías de baja intensidad de tráfico o el de Hormigón en las vías rurales y urbanas, y otras publicaciones

Como profesional libre, ha sido redactor y asesor de numerosos de Proyectos y Obras.

Ha participado en un gran número de programas de Innovación como ECOLABEL o etiquetado europeo de carreteras sostenibles; MERLIN para el empleo de pavimentadoras de aglomerado en la rehabilitación con capas delgadas de hormigones compactados; el desarrollo de hormigones de alta resistencia inicial FAST TRACK que permiten la apertura inmediata al tráfico.

## MEDALLAS A LA APORTACIÓN TÉCNICA A LA CARRETERA

La ATC otorgó sus Medallas a la Aportación Técnica de la Carretera 2020 y 2021, reconociendo la dedicación personal de los profesionales que pertenecen a sus Comités para la mejora de la movilidad en las carre-

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

### Medallas a la Aportación Técnica de la Carretera 2020

<b>Gonzalo Arias Hofman</b>	Comité de "Puentes de Carreteras"
<b>Luis Ayres Janeiro</b>	Comités de "Conservación y Gestión", "Vialidad Invernal" y "Túneles"
<b>Mª Dolores García Arévalo</b>	Comité de "Vialidad Invernal"
<b>Ramón Colom Gorgues</b>	Comité de "Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico"
<b>Carlos Millán Urrea</b>	Comités de "Conservación y Gestión", "Firmes de Carreteras" y "Financiación"
<b>José Mª Pardo Mayora</b>	Comité de "Seguridad Vial"
<b>Álvaro Parrilla Alcaide</b>	Comité de "Geotecnia Vial"
<b>Alicia Rodríguez Llorente</b>	Comité de "Seguridad Vial"
<b>Fco. Javier Payán de Tejada</b>	Comités de "Firmes de Carreteras" y "Geotecnia Vial"
<b>Manuel Romana García</b>	Comités de "Geotecnia Vial" y "Planificación, Diseño y Tráfico"
<b>Marcos Perelli Botello</b>	Comités de "Medio Ambiente" y "Firmes de Carreteras"
<b>Juan Zamorano Martín</b>	Comités de "Túneles", "Seguridad Vial" y "Vialidad Invernal"

### Medallas a la Aportación Técnica de la Carretera 2021

<b>Dámaso Alegre Marrades</b>	Comité de "Medio Ambiente"
<b>Jesús Felipe Sanjuán</b>	Comités de "Firmes de Carreteras" y "Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico"
<b>Mª Ángeles Basurto Álvarez</b>	Comités de "Conservación y Gestión" y "Vialidad Invernal"
<b>Carlos Jofré Ibáñez</b>	Comité de "Firmes de Carreteras"
<b>Mª Isabel Fiestas Carpena</b>	Comité de "Geotecnia"
<b>Ángel J. Muñoz Suárez</b>	Comité de "Seguridad Vial"
<b>Mª Luisa Jimeno Berceruelo</b>	Comités de "Dotaciones Viales" y "Conservación y Gestión"
<b>Luis Mª Ortega Basagoiti</b>	Comité de "Puentes de Carreteras"
<b>Ramón Morera i Fauquier</b>	Comité de "Túneles de Carreteras"
<b>José Antonio Soto Sánchez</b>	Comités de "Firmes de Carreteras" y "Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico"
<b>Mª del Carmen Plaza García Talavera</b>	Comité de "Seguridad Vial"
<b>Miguel Torrens Recellado</b>	Comités de "Conservación y Gestión", "Vialidad Invernal" y "Túneles"

## MEJORES COMUNICACIONES XVI CONGRESO MUNDIAL DE VIALIDAD INVERNAL Y PREMIO SANDRO ROCCI

El ganador a la mejor comunicación española al Congreso de Calgary fue Álvaro Parrilla Alcaide por su trabajo: "Acondicionamiento del cauce e infraestructura de la carretera en el cruce de la N-232 sobre el barranco de Moliná en Xert (Castellón)".

En el caso, del Premio Sandro Rocci, también la mejor comunicación de un joven profesional al Congreso de Calgary, fue Noemí Corral Moraleda por el trabajo titulado: "Problemática de las sales fundentes en la corrosión de armaduras en tableros de puentes y afección a los postesados".



## PREMIO ENRIQUE BALAGUER, ABRIENDO CAMINOS



Este premio se creó a para reconocer la labor de personas y organizaciones, nacionales o internacionales, no pertenecientes a nuestra asociación, que hayan destacado de forma puntual o por una actividad continuada en:

- La promoción y defensa de la carretera
- La innovación e investigación en cualquier ámbito ligado con la carretera
- Los avances tecnológicos y digitales en el sector
- La mejora de la Seguridad Viaria en todas sus facetas

Los candidatos son propuestos por los comités técnicos de la ATC y el ganador es elegido entre una terna

propuesta por el Comité de Comunicación elegida entre los candidatos.

En su primera edición el ganador fue la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC). M<sup>a</sup> del Carmen Picón, vicepresidenta primera de la ATC, entregó el premio a Patrick Mallejacq, Secretario General de PIARC.

En la edición 2021 el ganador fue la Asociación de personas con lesión medular y otras discapacidades físicas (ASPAYM). Pablo Sáez, secretario de la ATC, entregó el premio a Mayte Gallego Ergueta, presidenta de ASPAYM.



# PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto los siguientes eventos:

- **Jornada Técnica sobre la Nota Técnica de Seguridad en las Operaciones de Conservación**  
Madrid, febrero de 2021
- **Jornada Técnica sobre Normalización de Ventilación y Accesos Remotos en Túneles**  
Madrid, marzo de 2021
- **Jornada Técnica sobre Impermeabilización de Puentes**  
Madrid, abril de 2021

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



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

[info@atc-piarc.com](mailto:info@atc-piarc.com)

# Composición de la Junta Directiva de la ATC

<b>PRESIDENTE:</b>	- D. María del Rosario Cornejo Arribas
<b>CO-PRESIDENTES DE HONOR:</b>	- D. Francisco Javier Herrero Lizano - D. Pere Navarro Olivella
<b>VICEPRESIDENTES:</b>	- D.ª Mª del Carmen Picón Cabrera - D. Jorge Enrique Lucas Herranz
<b>TESORERO:</b>	- D. Pedro Gómez González
<b>SECRETARIO:</b>	- D. Pablo Sáez Villar
<b>DIRECTOR:</b>	- D. Alberto Bardsi Orúe-Echevarría



## VOCALES:

- Presidente Saliente:
  - D. Luis Alberto Solís Villa
- Designados por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana:
  - D.ª María Rosario Cornejo Arribas
  - D.ª María del Carmen Picón Cabrera
  - D.ª Ana Cristina Trifón Arevalo
  - D. Alfredo González González
  - 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. José Luis Gochicoa González
  - D. Xavier Flores García
  - D. David Merino Rueda
  - D. Jesús Félix Puerta García
  - D. Carlos Estefanía Angulo
  - D. Ramón Colom Gorgues
- 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. Antonio Sánchez Trujillano
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
  - D. Félix Edmundo Pérez Jiménez
  - D. Manuel Romana García
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
  - D. Bruno de la Fuente Bitaine
  - D. Antonio Belmonte Sánchez
- Representantes de las empresas de consultoría:
  - D. José Luis Mangas Panero
  - D. Juan Antonio Alba Ripoll
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
  - D. Jesús Díaz Minguela
  - D. Francisco José Lucas Ochoa
  - D. Sebastián de la Rica Castedo
  - D. Juan José Potti Cuervo
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
  - D. Jorge Enrique Lucas Herranz
  - D. José Luis Álvarez Poyatos
  - D. Camilo José Alcalá Sánchez
- 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 París Madrona
  - D. Rafael Ángel Pérez Arenas
  - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
  - D. Pedro Gómez González
  - D. Francisco Javier Criado Ballesteros

## 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
--------------	-------------------------------

### 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. Juan Manuel Sanz Sacristán

### 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
- **Otros Socios:**
  - Socios Senior
  - Socios Júnior
- **Socios Colectivos**
- **Socios Individuales**

### Socios de Honor

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

### Socios de Mérito

2010 - D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA  
 2010 - D. RAMÓN DEL CUVILLO JIMÉNEZ (†)  
 2011 - D. CARLOS OTEO MAZO (†)  
 2011 - D. ADOLFO GÜELL CANCELA  
 2011 - D. ANTONIO MEDINA GIL  
 2012 - D. CARLOS DELGADO ALONSO-MARTIRENA  
 2012 - D. ALBERTO BARDESI ORUE-ECHEVARRIA  
 2013 - D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA  
 2013 - D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO  
 2013 - D.ª MERCEDES AVIÑO BOLINCHES  
 2014 - D. FEDERICO FERNANDEZ ALONSO  
 2014 - D. JUSTO BORRAJO SEBASTIÁN  
 2014 - D. JESÚS RUBIO ALFÉREZ  
 2014 - D. JESÚS SANTAMARÍA ARIAS  
 2015 - D. ENRIQUE DAPENA GARCÍA  
 2015 - D. ROBERTO LLAMAS RUBIO  
 2015 - D. FÉLIX EDMUNDO PÉREZ JIMÉNEZ  
 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

### 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 INGENIERIA, S.A.
- ALVAC, S.A.
- AMIANTIT ESPAÑA S.A.U.
- 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.
- 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.
- FCC INDUSTRIAL E INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS, S.A.U.
- FERROSER INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- FERROVIAL AGROMÁN, S.A.
- FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.
- FIBERTEX ELEPHANT ESPAÑA, S.L. SOCIEDAD UNIPERSONAL
- FREYSSINET, S.A.
- GEOCONTROL, S.A.
- GIRDER INGENIEROS, S.L.P.
- GIVASA S.A.
- GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
- HIDRODEMOLICIÓN, S.A.
- HUESKER GEOSINTÉTICOS, S.A.
- IDEAM, S.A.
- IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE, S.A.U.
- IKUSI, S.L.U.
- IMPLASER 99, S.L.L.
- INCOPE CONSULTORES, S.L.
- INDRA SISTEMAS, S.A.
- INECO, INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A.
- INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
- INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A. (INECO)
- INGENIERÍA ESPECIALIZADA OBRA CIVIL E INDUSTRIA S.A.
- INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
- INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.
- INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, S.A.U.
- KAO CORPORATION, S.A.
- KAPSCH TRAFFICOM 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.
- 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)
- SGS TECNOS, S.A.
- SORIGUE, S.A.
- TALHER, S.A.
- TALLERES ZITRÓN, S.A.
- 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
- VSING INNOVA 2016, S.L.
- ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

## Socios Individuales, Senior y Junior

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

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



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

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

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](http://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



# SÚMATE AL PROYECTO ONGAWA

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

Tfno.: (+34) 91 590 01 90  
[info@ongawa.org](mailto:info@ongawa.org)  
[www.ongawa.org](http://www.ongawa.org)

Antes:

 **Ingeniería  
Sin Fronteras**  
Asociación para el Desarrollo

**ONGAWA**  
INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO HUMANO

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



# Innovar está en nuestros genes

En Repsol, la innovación forma parte de nuestra esencia.

Trabajamos para proporcionar a la sociedad las mejores **infraestructuras con respeto al medio ambiente**. Por eso, aplicamos todo nuestro potencial innovador en desarrollar **soluciones verdes** en la industria del **asfalto**.



[Repsol.com](https://www.repsol.com)

