

## RUTAS TÉCNICA

Contribución geológica de las obras de construcción del acondicionamiento del Puerto de Querol. N-232. Tramo: Bco. de la Bota-Masía la Torreta (provincia de Castellón, España)

Integración de los Dominios de Diseño Operativo de los Vehículos Automatizados en las Carreteras

¿De qué hablamos cuando hablamos de evaluación de la evolución del cambio climático en carreteras?

## CULTURA Y CARRETERA

El cómic “Nieve”: Un homenaje a los trabajadores de conservación

## ATC

2ª Conferencia Internacional sobre la Explotación y la Seguridad de los Túneles de Carretera y Simposio Nacional de Túneles

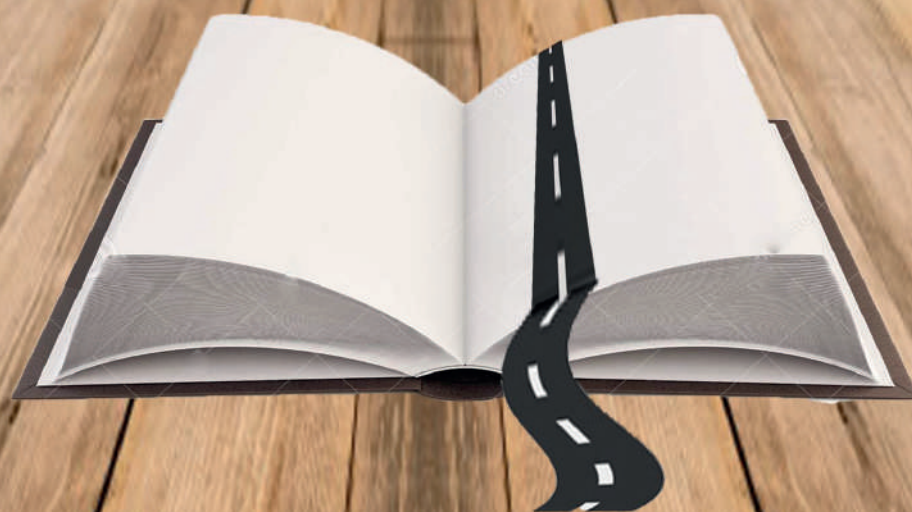
VIII

Distinciones ATC 2022

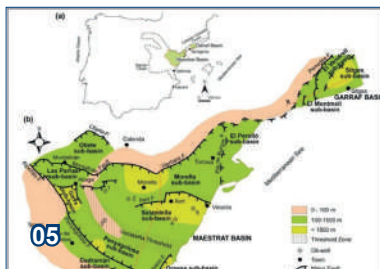
[www.normativadecarreteras.com](http://www.normativadecarreteras.com)



**Asociación Técnica  
de Carreteras**  
Comité nacional español de la  
Asociación Mundial de la Carretera



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



### Tribuna Abierta

- 03 **Mitma.es/CarreterasInnova**  
M<sup>a</sup> del Rosario Comejo Arribas

### Rutas Técnica

- 05 **Contribución geológica de las obras de construcción del acondicionamiento del Puerto de Querol. N-232. Tramo: Bco. de la Bota-Masía la Torreta (provincia de Castellón, España)**  
*Geologic contribution of construction. N-232. Road of Querol pass section: Bco. de la Bota-Masía la Torreta (Castellón province, Spain)*  
Luis Fernández Pérez, Vicente Ferrer Pérez y Jose María Jaén García



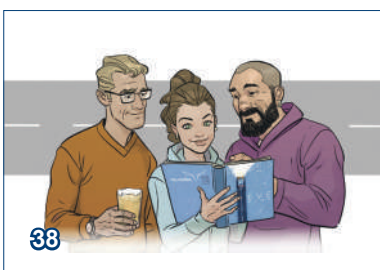
- 17 **Integración de los Dominios de Diseño Operativo de los Vehículos Automatizados en las Carreteras**  
*Adaptation of Operational Design Domains of Automated Vehicles to Roads*  
Alfredo García, Francisco Javier Camacho Torregrosa y David Llopis Castelló



- 28 **¿De qué hablamos cuando hablamos de evaluación de la evolución del cambio climático en carreteras?**  
*What are we talking about when we talk about evaluating the evolution of climate change on roads?*  
Grupo de trabajo sobre cambio climático aplicado a carreteras, Comité técnico de Medio Ambiente

### Cultura y Carretera

- 38 **El cómic “Nieve”:** Un homenaje a los trabajadores de conservación  
Jesús Rubio Alférez



### Actividades del Sector

- 40 **MITMA lanza un programa integral de innovación para transformar la Red de Carreteras del Estado**

### ATC

- 43 **2ª Conferencia Internacional sobre la Explotación y la Seguridad de los Túneles de Carretera y VIII Simposio Nacional de Túneles**
- 52 **Distinciones ATC 2022**
- 56 **Próximos eventos ATC**
- 57 **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:

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

### Vocales:

Ana Isabel Blanco Bergareche	Subdirectora Adjunta de Circulación, DGT, M. Interior (España)
Alfredo García García	Catedrático de la Universitat Politècnica de València (España)
Jaime Huerta Gómez de Merodio	Secretario del Foro de Nuevas Tecnologías en el Transporte, ITS España (España)
Mariló Jiménez Mateos	Jefa de Área Técnica Estudios, 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)

### 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 Pedrazo Majarrez	Presidente del CT de Planificación, Diseño y Tráfico
Álvaro Parrilla Alcaide	Presidente del CT de Geotecnia Vial
Vicente Vilanova Martínez-Falero	Presidente del CT de Conservación y Gestión
Álvaro Navareño Rojo	Presidente del CT de Puentes de Carreteras
Roberto Llamas Rubio	Presidente del CT de Seguridad Vial
Antonio Sánchez Trujillano	Presidente del CT de Carreteras y Medio Ambiente
Andrés Costa Hernández	Presidente del CT de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico
Carlos Azparren Calvo	Presidente del CT de Dotaciones Viales

### Redacción, Maquetación, Diseño, Producción y Gestión Publicitaria:

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

### Arte Final, Impresión y Distribución:

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

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

Todos los derechos reservados.

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

Precio en España: 18 euros +IVA

© Asociación Técnica de Carreteras

## REVISTA RUTAS

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

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

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



Nº 193 OCTUBRE - DICIEMBRE 2022

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Fotografía de portada:  
Imagen de Roland Mey en Pixabay

**M<sup>a</sup> del Rosario Cornejo Arribas**

Directora Técnica de la DGT, MITMA

El 30 de noviembre de 2022 se presentó en Madrid, en la sede nacional del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, el programa de Compra pública de innovación de la Dirección General de Carreteras del MITMA.

La DGC es una de las más antiguas de la Administración. Con diferentes denominaciones y adscripciones, durante más de dos siglos ha planificado, proyectado, construido y conservado buena parte de las infraestructuras viarias del país. El reparto competencial surgido de la Constitución de 1978, que derivó entre otros aspectos en las transferencias a las Comunidades Autónomas, ha ido matizando el modelo hasta la situación actual.

Durante todo este tiempo y con los cambios derivados en la organización del Estado y en la Administración que lo vertebraba, la DGC siempre ha pretendido ser un ejemplo de innovación tecnológica en cuanto a normativa y procedimientos de planificación, proyecto y ejecución de obras, así como de su conservación y explotación.

Durante los últimos sesenta años y por un conjunto de razones de toda índole, España ha experimentado un desarrollo social y económico sin precedentes, que ha hecho que alguno de los indicadores que permiten su visualización creciesen de manera exponencial. Este crecimiento se ha facilitado en gran medida por el desarrollo de la red viaria.

La segunda mitad del periodo recién mencionado ha permitido alcanzar logros casi inimaginables en la primera, tales como tejer una red de carreteras que malle el territorio en todas las direcciones y permita comunicar con autopistas y autovías todas las capitales de provincia y las principales ciudades de nuestro país (ámbito peninsular).

Unido a este desarrollo de la red en número de kilómetros y tipo de carretera, se ha ido produciendo una mejora de la seguridad vial, en cuanto a procedimientos para localizar tramos y actuaciones para procurar la disminución de la accidentalidad y la mortalidad, situándonos en puestos cimeros de seguridad a nivel continental.

Pero además de lo ya hecho por las generaciones que nos han precedido, la DGC ha de mirar al futuro. Aunque con la carga subjetiva que lleva el formar parte de ella, creemos que la Dirección lleva la innovación en sus genes, no sólo en cuestiones técnicas, aportando expertos a los foros nacionales e internacionales en los que se produce la innovación y se concibe o redacta la normativa, sino también en cuestiones ambientales, en la mejora de la gestión interna, en los análisis de rentabilidad de las actuaciones o en la transparencia.

En los últimos años las tecnologías rupturistas hacen que el mundo esté cambiando a velocidades que nunca habíamos imaginado y en un mundo que cambia a toda velocidad, la innovación se convierte en algo esencial: innovar o desaparecer, aunque el éxito conlleva riesgo y puede no ser inmediato.

Hay momentos en que se generan cambios profundos en las organizaciones y entendemos que este es uno de ellos, con la innovación como motor principal. Este cambio requiere necesariamente y desde el principio, el concurso de las empresas innovadoras del sector, que conocen en primera persona del singular lo que acontece dentro y fuera de nuestras fronteras.

En unas áreas, las soluciones innovadoras tendrán una rápida implantación, mientras que en otras se requerirá de un proceso de maduración, estudio y desarrollo tecnológico, pero siempre, se plantea la necesidad de innovar para mejorar. La DGC está abierta a todas las iniciativas y a evaluar conjuntamente cuáles de ellas abren los caminos más prometedores.

Este renacer de la innovación tecnológica aplicada a la carretera se inició tímidamente con la licitación de un procedimiento de compra pública de innovación para mitigar los efectos de la niebla en un tramo de la A-8 en la provincia de Lugo, que ha culminado con la selección de dos prototipos, siendo ahora necesaria una licitación pública para su implantación.

La voluntad de cambio y apuesta por la innovación se hizo patente por escrito y en forma de instrucción en abril de 2022, con la aprobación de la Orden Circular 1/2022 sobre las declaraciones de excepcionalidad normativa para impulsar la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológicas en carreteras. Con dicha instrucción se ha pretendido generar una especie de sand-box, tramos en donde, con las debidas salvaguardas, se puede ir un paso más allá de la normativa y tratar de eliminar los obstáculos o frenos para facilitar en cada caso *“mediante una previa declaración de excepcionalidad normativa, la realización en la propia carretera o sus márgenes de pruebas controladas que sirvan para confirmar la bondad de la solución innovadora en consideración o para su mejor conocimiento y la elaboración de una normativa apropiada que la regule y en la que se incluya el resultado de las experiencias realizadas y lecciones aprendidas.”* Se han informado ya cuatro excepciones normativas relativas a firmes y está en estudio una quinta relativa a señalización vertical. Es un indicador de que las Demarcaciones son otro de los grandes activos de la DGC a la hora de innovar. Su implantación en el territorio y su cercanía a universidades

y centros de investigación es otro de los pilares de este proceso de cambio.

Como se ha indicado al principio de estas líneas, el pasado 30 de noviembre, se dio el pistoletazo de salida a un nuevo proceso de compra pública de innovación. Se trata de una consulta preliminar al mercado en la que se plantean diez retos con otros tantos aspectos sobre los que se quiere incidir para mejorar y sobre los cuales, el sector tiene mucho que aportar y definir. El proceso ha contado desde su origen con el firme impulso del Director General de Carreteras y del Secretario General de Infraestructuras, para lo que se remite al lector al video de la mencionada jornada. Las ideas transmitidas son claras y tajantes: es momento de innovar, no hay excusas.

El hecho de afrontar esta ilusionante etapa cargados de buenas intenciones y de deseos de innovar en todos los ámbitos posibles, no exime del cumplimiento estricto de las normas sobre contratación pública. Así, la vigente Ley de Contratos del Sector Público (LCSP), trasposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva equivalente, no sólo permite, sino que desde una visión subjetiva creemos que incluso potencia una serie de nuevas figuras jurídicas concebidas desde la perspectiva europea de la innovación pero que, en buena medida y debido a las diferencias respecto de los modelos tradicionales, nos plantean dudas de interpretación. Así, antes del verano se decidió contar con el apoyo de una empresa especialista en CPI que, con una perspectiva transversal que comprende ámbitos tan diferentes como el sanitario o el de la ciberseguridad, nos acompaña durante todo el proceso. El primer paso que se ha llevado a cabo ha sido la realización de una jornada de formación para todo el personal implicado en la tramitación.

Para tratar de despertar el interés y asegurar una participación importante del sector, el 18 de noviembre de 2022, se efectuó una presentación anticipada, convocando a asociaciones, colegios profesionales y universidades con objeto de explicar los retos para que en esos ámbitos se pudieran transmitir ya a priori, las líneas generales de la convocatoria.

Tal y como se ha indicado al principio de este texto, la jornada de presentación, se realizó en la sede nacional del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, el 30 de noviembre de 2022 y contó con las intervenciones iniciales de los titulares de la SGI y de la DGC. Ambos plasmaron la voluntad del Ministerio y por ende de los órganos que representan, de innovar y transmitir esta innovación al tejido empresarial con objeto alcanzar una mayor eficiencia en la inversión pública y mejorar el servicio ofrecido al ciudadano. La jornada contó con más de doscientas personas en la versión presencial y de cuatrocientas en formato virtual, mediante transmisión en directo por diferentes canales.

Los retos objeto de la jornada se han planteado de forma bastante abierta y son diez. Esta decena de propuestas puede agruparse en cuatro categorías, a saber:

- La primera es relativa a planificación e incluye dos retos con los que se pretende conseguir soluciones innovadoras para mejorar la capacidad de la infraestructura sin la realización de obras y estudiar las necesidades de la carretera para facilitar el tránsito del vehículo autónomo, cuestión muy debatida y con diferentes tendencias a nivel europeo y universal.
- El segundo grupo comprende otros dos retos y se dedica a la mejora de los procedimientos constructivos y al seguimiento de las obras.
- El tercero se refiere a la conservación y explotación de las carreteras, e incluye cuatro retos relativos a la inspección automatizada de elementos, la racionalización y modernización de la gestión de los túneles, el diagnóstico y prognosis de la evolución del estado de los firmes y la eficiencia energética en la RCE.
- El cuarto bloque, seguridad vial, se divide en dos retos que pretenden la consecución de una gestión avanzada de dicha materia y el estudio y planteamiento de medidas de protección para usuarios vulnerables y para accidentes con fauna.

Para mayor concreción de los conceptos anteriores y como una referencia concreta a la que acudir, la página web del MITMA alberga un espacio dedicado al programa, [Mitma.es/CarreterasInnova](https://mitma.es/CarreterasInnova) a través del que se deben aportar las propuestas. Asimismo, se ha creado un buzón para consultas: [CarreterasInnova@mitma.es](mailto:CarreterasInnova@mitma.es). El plazo para la presentación de propuestas finaliza el 30 de enero de 2023.

En el espacio web recién mencionado se ha recogido la descripción de cada uno de los retos, el formulario de presentación de propuestas, el video y las presentaciones de la jornada y un listado de las empresas inscritas en el evento para facilitar el contacto entre ellas y aprovechar sinergias.

Se busca la máxima difusión y participación, porque se entiende que ello incrementa las posibilidades de éxito para encontrar soluciones innovadoras a los retos planteados, que resulten satisfactorias.

De las propuestas recibidas, algunas de ellas tendrán implantación inmediata como requisito de solvencia o valoración en los pliegos de contratación, otras requerirán la licitación de contratos para su implantación y otras (las que necesiten un desarrollo tecnológico) podrán a su vez demandar otras figuras contractuales de las recogidas en la LCSP.

Estamos seguros de que esta convocatoria contará con el apoyo de las empresas más dinámicas del sector y que, juntos, avanzaremos en este camino que nos llevará a una mejor gestión de los recursos y a una movilidad futura segura, conectada y sostenible. ❖

# Contribución geológica de las obras de construcción del acondicionamiento del Puerto de Querol. N-232.

Tramo: Bco. de la Bota-Masía la Torreta  
(provincia de Castellón, España)



Geologic contribution of construction. N-232.  
Road of Querol pass section: Bco. de la Bota-Masía la Torreta (Castellón province, Spain)

**Luis Fernández Pérez**  
Geólogo

**Vicente Ferrer Pérez**  
ICCYP Director de Obra

**Jose María Jaén García**  
ITOP

Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana

El principal objetivo de este estudio es dar a conocer la nueva información geológica obtenida durante la realización de la Obra de Construcción “Acondicionamiento del Puerto de Querol. N-232. Tramo: Barranco de la Bota- Masía de la Torreta” situada en la provincia de Castellón (España)” y ejecutada entre 2017 y 2022.

La construcción de una carretera ofrece la oportunidad de tener un mejor conocimiento de la geología debido a que durante los trabajos de desbroce, excavación de desmontes, túneles y cimentación de las estructuras, se exhuman y se tiene la posibilidad de observar directamente los materiales y estructuras geológicas existentes en el subsuelo que permanecían ocultas por la vegetación y/o recubrimientos cuaternarios.

En este caso, se ha mejorado el conocimiento de la litoestratigrafía y características sedimentológicas y paleontológicas de los materiales en el tránsito Jurásico-Cretácico, donde se han diferenciado hasta 11 unidades

en lugar de las 4 unidades anteriores que se mencionaban para esta zona.

Por otro lado, también se han obtenido nuevos datos de la estructura geológica de los materiales incluyendo la orientación de un centenar de fallas de diversos tipos: sinsedimentarias y postsedimentarias, fallas lítricas con pliegues asociados tipo rollover y zonas de falla con desgarré sinistral, con formación de estructuras en flor negativas, así como datos de microestructuras tectónicas (juntas, estilolitos y estrías de falla).

A la vista de la aportación geológica obtenida durante las obras de construcción, se propone la inclusión de un Anejo de Geología dentro del Informe de Finalización de Obras de la Certificación Final en aquellas obras de especial interés, en el que de forma resumida se actualice la Planta Geológica, el Perfil Geológico Longitudinal del tramo construido y se incluya un resumen de la contribución al conocimiento geológico de la zona.

This study's main objective is to present the new geological information obtained during the construction of "N-232 road of Querol Pass Section. Bco. de la Bota- Masía la Torreta" located in Castellón Province (Spain)" which was executed between 2017 and 2022.

Road construction provides the opportunity to get a better insight into the area's geology. During clearing of lands, slopes and tunnel excavations and the laying of structural foundations, materials and geological structures existing in the subsoil which were previously hidden by vegetation and/or quaternary coverings, are exhumed and become exposed for viewing.

In this case, a better knowledge of the lithostratigraphy and sedimentological and paleontological data of the materials in the Jurassic-Cretaceous transit were obtained, differentiating 11 units instead of 5 previous units mentioned for this zone.

Additionally, new data about the geologic structure of the materials was obtained including the orientation of nearly a hundred faults of different types: synsedimentary and postsedimentary faults, listric faults with associated rollover folds and fault zones acting as sinistral strike-slip fault forming negative flower structures, as well as tectonic microstructural data (joints, stylolites and slickenlines).

Considering the geologic contribution obtained during road construction, we propose the usefulness of the general inclusion of a Geology Annex in the Final Construction Report of Final Certification. This would contain a summarized update of the Geological Maps and Cross-Sections of built road section and a summary of the contributions obtained towards the geologic knowledge of the area.

## 1. Introducción

Se trata de un tramo de carretera convencional que salva un desnivel máximo de 239,3 m y tiene una longitud total de 7,71 Km de los que 2,44 Km corresponden a desmontes, 2,89 Km a rellenos, 1,62 Km a viaductos, con un túnel de 192 m que pasa por debajo del actual Puerto de Querol (1.004 m) y un falso túnel de 50 m. La obra ha sido ejecutada por la UTE: Pavasal-Sarrión-Nortunel, con un presupuesto de 47,66 millones de euros.

La carretera N-232 cruza transversalmente la Península entre el norte de Castellón y Cantabria pasando por Zaragoza. Por otro lado, constituye la principal vía de comunicación de Morella, la localidad más importante de la comarca de Els Ports que además de su interés turístico, presenta importantes explotaciones de arcilla que se transportan en camiones a las industrias cerámicas situadas en la zona de Castellón.

Para la realización de este trabajo, se han tenido en cuenta las observaciones y reconocimientos geológicos efectuados principalmente durante la excavación de los desmontes y perforación del túnel del Puerto de Querol, así como de las excavacio-



Figura 1. Panorámica de la carretera en construcción y de la antigua N-232 desde el viaducto del Barranco de la Bota hacia la subida al Puerto de Querol (Mayo 2022)

nes realizadas para el apoyo de los rellenos, muros y viaductos. Estos reconocimientos fueron realizados por geólogos del Ministerio de Transportes, Asistencia Técnica (Typsa) y UTE: Pavasal-Sarrión-Nortunel.

También se han considerado los datos aportados por la campaña de sondeos para el estudio de cimentación de estructuras y la caracterización geomecánica del macizo rocoso ya que en el Proyecto no se pudieron realizar debido a las dificultades de acceso existentes.

## 2. Marco Geológico

La zona estudiada se encuentra situada en la cuenca del Maestrazgo, una de las de mayor subsidencia de la Cordillera Ibérica durante el Jurásico superior- Cretácico inferior. El rift Ibérico, con una acusada tectónica extensiva, dio lugar a un sistema de fallas directas que la dividieron en subcuencas, encontrándose en este caso dentro de la Morella tal como se indica en la Figura 1.



Estas fallas normales que en este sector de la cuenca presentan buzamiento al S debido a su carácter sinsedimentario, provocan que el espesor de los sedimentos sea mayor hacia el N de cada una de las fosas tectónicas.

Durante el Cenozoico, tuvo lugar una inversión de este sistema extensional debido al Cabalgamiento de Zócalo del Maestrazgo (CZM) que atraviesa la cuenca de E a O con vergencia N. Este cabalgamiento se propagó principalmente a través del nivel de despegue del Muschelkalk medio, transportando la parte superior de los sedimentos y de las fallas normales unos 11-13 Km hacia el NNE (Nebot y Guimerá, 2016a).

Según estos autores, la estructura contractiva resultante presenta tres sectores:

1. Sector meridional, poco deformado, constituye una extensa zona elevada con plieques de gran amplitud despegados del Muschelkalk
2. Monoclinal de Calders, de orientación E-O que se interpreta como un pliegue de flexión que se adapta a la geometría de rampa-rellano de la falla de zócalo principal, con estructuras muy amplias despegadas y por cuyo extremo oriental discurre la carretera estudiada (Figura 2).
3. Cinturón de Pliegues y Cabalgamientos de Portalrrubio-Vandellós, situada en la parte N y frontal del CZM.

### 3. Litoestratigrafía

Tomando como referencia la edad establecida para unas huellas de dinosaurios pterópodos (Icnitas de Vallivana) existentes en el inicio de la obra P.K. 0+100 MD (Salas et al, 2003) y la correlación establecida

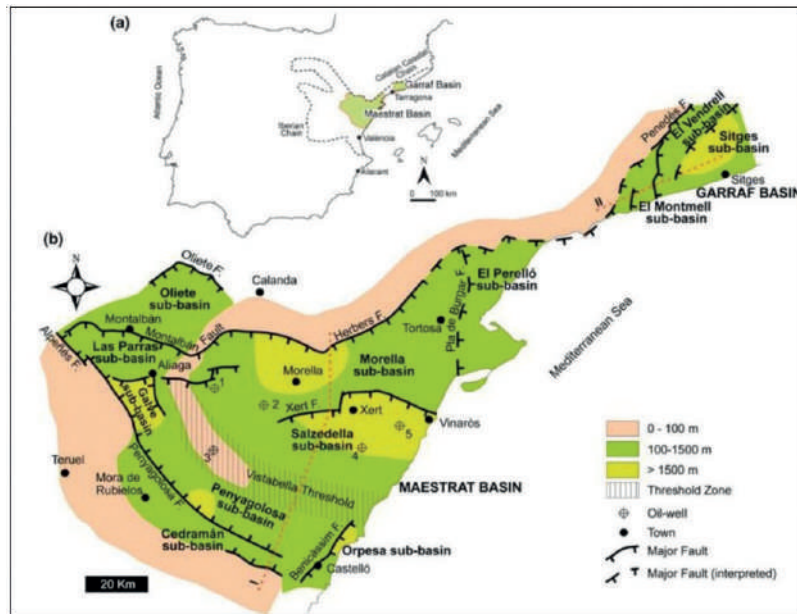


Figura 2. Subcuencas del Maestrazgo (Martín-Chivelet et, 2019)

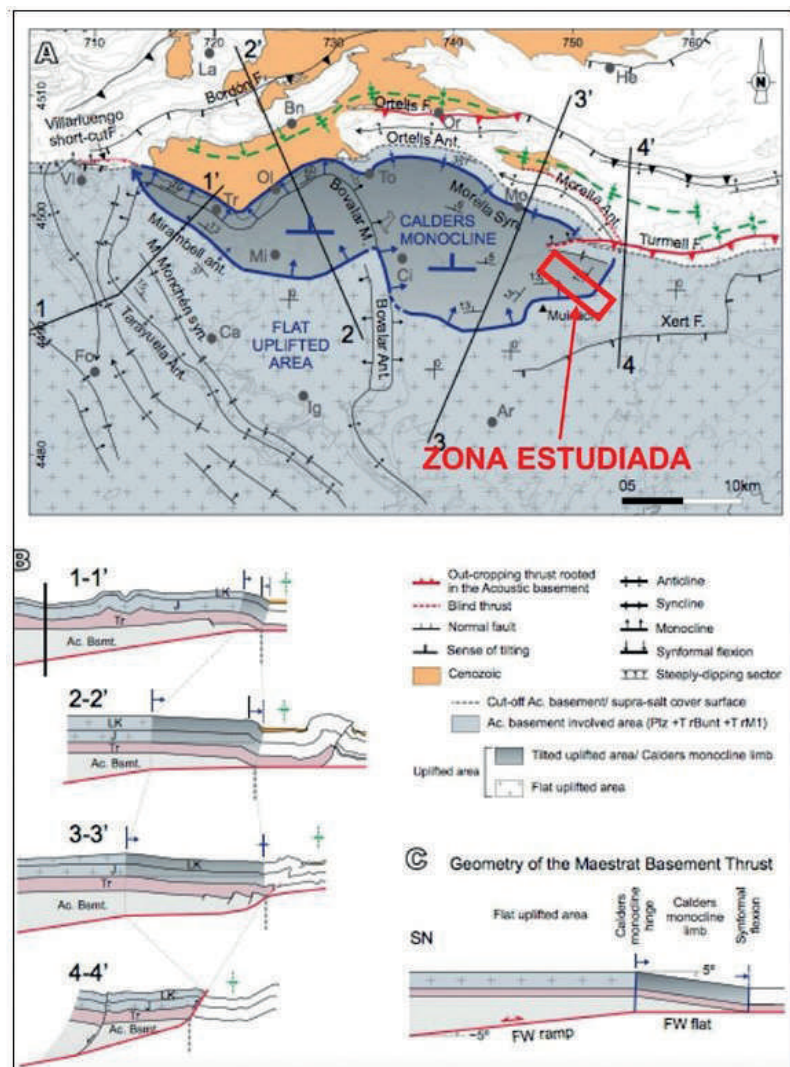


Figura 3. Geometría del Cabalgamiento de Zócalo del Maestrazgo (Nebot y Guimerá, 2016b) y situación de la zona estudiada

con las formaciones Mirambel y Artoles en el tramo final de la misma, se han diferenciado y cartografiado 11 unidades litoestratigráficas para el tránsito: Jurásico superior-Cretácico inferior, con un espesor total de sedimentos de unos 350 m.

Por otro lado, dentro de los depósitos que recubren el sustrato cenozoico, se han diferenciado depósitos tipo glacis de edad Pliocuatrnario y antiguas de terrazas del río Bergantes de los depósitos aluviales más recientes correspondientes a la red de drenaje actual.

En la Figura 4 se resume la columna geológica y estratigrafía, así como la descripción litológica y características sedimentarias de las distintas unidades diferenciadas, así como su correlación probable con otras unidades y formaciones geológicas documentadas.

Se han diferenciado dos unidades de edad Jurásico superior de origen marino que podrían corresponder a la Fm. Talaies y a la Fm. Pleta y que han sufrido dolomitización más o menos acusada dando lugar a dolomías cristalinas estratificadas, de color blanco-rojizo (J1) y calizas tipo mudstone con dascycladáceas e intercalaciones de dolomías cristalinas y mudstone (J2).

Sobre estas unidades se dispone, de forma discordante, la unidad C1 con marcada estratificación, constituida generalmente por calizas mudstone con laminación paralela e intercalaciones de margas y lutitas de color verde y rojizo, así como calizas rudstone intraclástica, con caparazones de ostrácodos y ogonios de carofitas (Figura 5) de origen palustre-lacustre, que podría corresponder a la Fm. Ladruñán o En Carro y tienen un espesor total de unos 70 m.

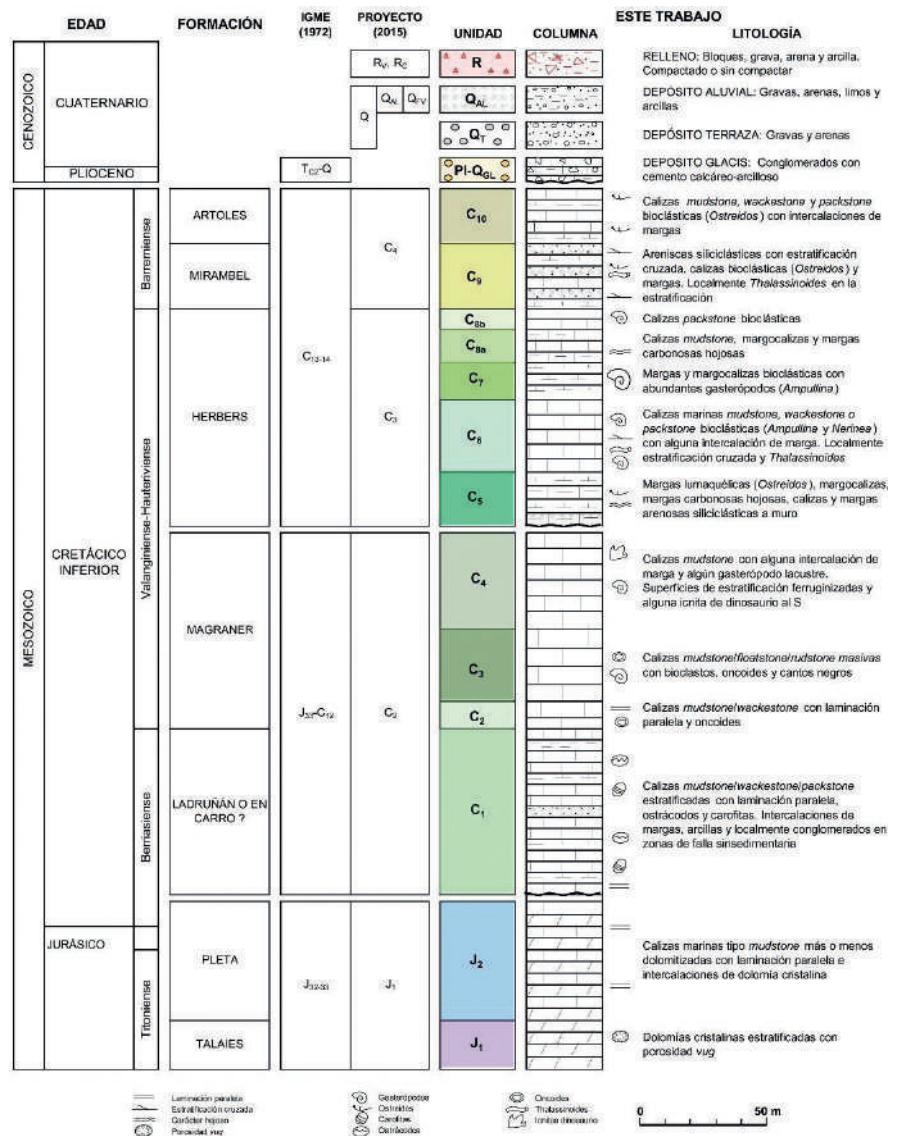


Figura 4. Litoestratigrafía de las unidades geológicas diferenciadas y posible correlación con otras unidades y formaciones geológicas

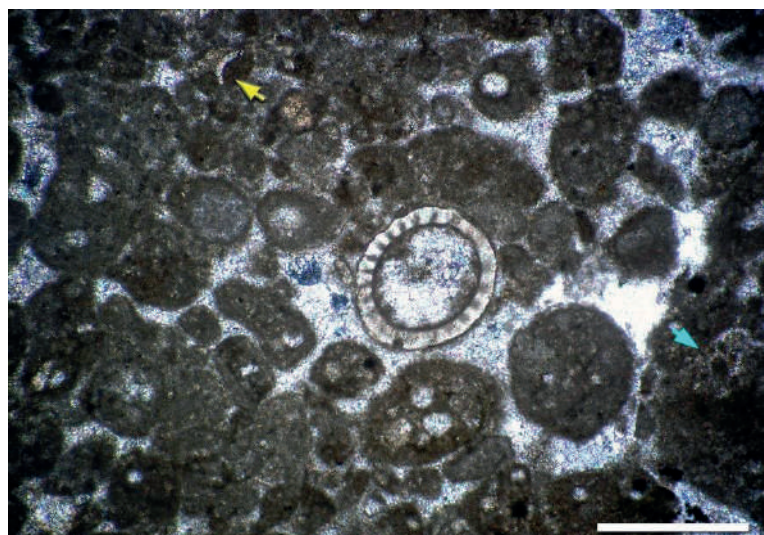


Figura 5. Microfotografía (lámina delgada) de caliza rudstone intraclástica (C1) con sección longitudinal de ogonio y tallo de carofita (flecha azul) y caparazón de ostrácodo (flecha amarilla). Tomado de Company (2021)

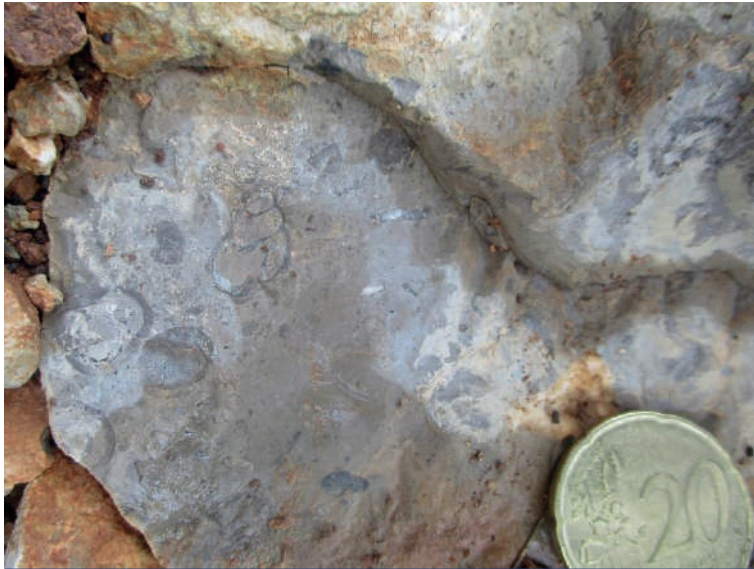


Figura 6. Caliza mudstone masiva con bioclasto de gasterópodo lacustre (C3)



Figura 7. Nivel de caliza bioclástica con gasterópodos y Nerinea (C6)

Sobre estos materiales, y de forma concordante, se apoya la unidad C2 con un espesor de 15-20 m y constituida por calizas blanquecinas con oncoides y laminación paralela, sobre la que se encuentra la unidad C3 formada por calizas mudstone/floatstone de color marrón oscuro masivas, con oncoides, cantos negros y bioclastos (Figura 6), con un espesor de unos 30 m que originan resalte morfológico en el relieve.

Sobre ellas, se disponen calizas mudstone estratificadas de la unidad C4, con alguna intercalación de

margas, gasterópodos lacustres y superficies de estratificación ferruginizadas, que parece corresponder con la Fm. Magraner. En la zona de inicio de la obra (P.K. 0+100 MD), en estas calizas, se encuentra el yacimiento de icnitas de Vallivana, no volviendo a afectar al trazado hasta el P.K. 3+740, poco antes de la Boca S del Túnel de Querol.

Sobre estas calizas lacustres, se disponen, de forma discordante, margocalizas lumaquélicas de color gris con ostreidos, calizas mudstone beige-gris, margas carbonosas hojo-

sas y margas arenosas siliciclásticas a muro correspondientes a la unidad C5 que podrían corresponder al comienzo de la Fm. Herbers y presenta carácter marino. Aparecen en la zona del inicio del trazado y cerca del Túnel del Puerto de Querol, a partir del P.K. 3+845, aflorando en el desmante que da acceso a la Boca N del Túnel.

Sobre estos materiales y de forma concordante, se dispone la unidad C6, constituida por calizas marinas bioclásticas de tipo mudstone, wackestone y grainstone/packstone, con alguna estratificación cruzada e intercalación de margas y algunos niveles con abundantes gasterópodos y *Nerinea* (Figura 7) y superficies de estratificación con bioturbación (*Thalassinoides*).

Sobre estas calizas, se dispone un tramo, principalmente margoso, con un espesor de 10-15 m y gran abundancia de gasterópodos de gran tamaño (*Ampullina leviathan*) correspondientes a la unidad C7. A ésta sucede un tramo con alternancia de margocalizas carbonosas y calizas mudstone correspondientes a la unidad C8a y finalmente aparecen calizas packstone bioclásticas de la unidad C8b con espesor total de 20-25 m.

A partir de P.K. 5+060, se disponen de forma concordante materiales de la unidad C9 (Fm. Mirambel) con un espesor total de 25-30 m constituida por una alternancia de areniscas siliciclásticas de color beige y gris con estratificación cruzada (Figura 8) y aureolas de alteración liesegang, calizas bioclásticas con ostreidos y margas. En las superficies de estratificación es posible encontrar huellas de bioturbación tipo *Thalassinoides*

Finalmente, sobre estos materiales, se dispone de forma concordante la unidad C10 (Fm. Artoles), última de las unidades mesozoicas diferen-

ciadas, que está constituida por una alternancia rítmica de calizas mudstone, wackestone y packstone de carácter bioclástico con ostreidos, margocalizas y margas de color gris.

Las restantes unidades corresponden a recubrimientos cenozoicos, siendo los más antiguos unos depósitos tipo glacis de posible edad Pliocuatnario (PI-QGL) constituidos por conglomerados con matriz arcillo-calcareá de color rojizo que afloran en el inicio del trazado; depósitos de terraza (QT) de edad Cuaternario constituidos por gravas y arenas asociados al río Bergantes; y, por último, depósitos aluviales (QAL) en las zonas de fondo de valle correspondientes a la red de drenaje actual.

#### 4. Tectónica

##### 4.1. Estructura y pliegues

La disposición y estructura de los materiales a lo largo del trazado se encuentra estrechamente relacionada con la existencia del denominado Monoclinal de Calders que origina que desde aproximadamente el P.K. 1+850 los materiales tengan un buzamiento general de unos 10-15° hacia el NE y N, aunque con ligeros plegamientos tipo rollover debidos bien a la existencia de fallas lístricas o a la influencia de la zona de falla de El Turmell de carácter contractivo al final del trazado.

En la Figura 9, se expresa mediante diagramas de polos las orientaciones de la estratificación S0 en algunas unidades mesozoicas, así como el plano principal medio. Se observa una orientación predominante de la estratificación S0 hacia el NE y N excepto para las unidades C7-C8 y C9-C10 que tienen buzamientos predominantemente hacia el O y SO.



Figura 8. Areniscas siliciclásticas con estratificación cruzada (C9)

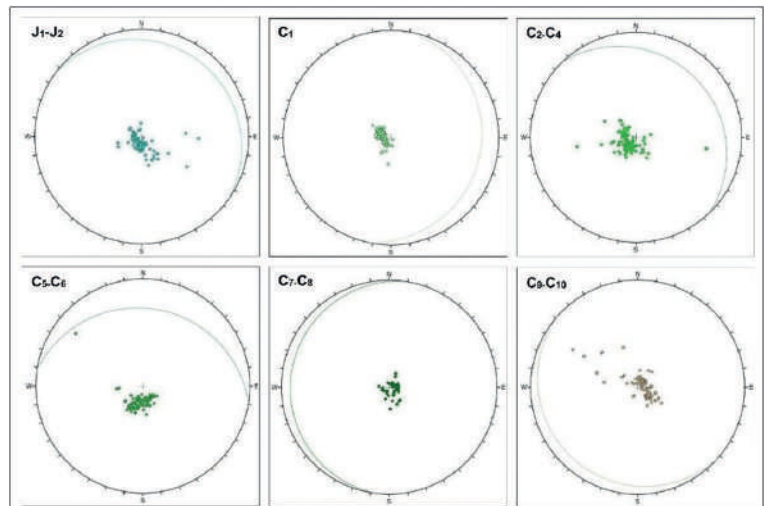


Figura 9. Diagrama densidad de polos de la estratificación S0 y orientación del plano principal medio de las unidades geológicas

Tabla 1. Orientación predominante de la estratificación S0 (Buz/Dir Buz)

Unidades	Orientación S <sub>0</sub>
J <sub>1</sub> -J <sub>2</sub>	7-37°
C <sub>1</sub>	10-102°
C <sub>2</sub> -C <sub>4</sub>	13-46°
C <sub>5</sub> -C <sub>6</sub>	18-9°
C <sub>7</sub> -C <sub>8</sub>	5-278°
C <sub>9</sub> -C <sub>10</sub>	6-222°

Para las unidades existentes entre el inicio y el P.K. 1+850 (J1-J2, C1 y C2-C3) también se observa buzamientos significativos hacia el E y SE, debido a que la primera parte del trazado se encuentra al S del Monoclinal de Calders, donde existen pliegues de gran amplitud.

En la Tabla 1, se expresan las orientaciones medias de la estratificación S0 (buzamiento/dirección de buzamiento) encontradas para las distintas unidades geológicas.

Para el extremo E del Monoclinial de Calders, se observa que en lugar de tener estratificación S0 con buzamientos hacia el NO (Nebot y Guimerá, 2016), se tienen valores predominantes hacia el NE para la primera parte del trazado; y a partir del P.K. 4+600, hacia el O (C7-C8) y finalmente hacia el SO (C9-C10), posiblemente influenciados por la zona de falla de El Turmell, correspondiente a un cabalgamiento hacia el N.

Se ha observado la existencia de dos anticlinales tipo rollover asociados a los labios hundidos de fallas lítricas: aproximadamente al E del viaducto 1,1 (P.K. 1+300) y en la zona del Barranco de la Bota (Figura 10) así como algunos pliegues de arrastre en zonas de falla situadas en los P.K.: 0+600, 3+200, 6+170 y 6+590 (Figura 11).

### 4.2. Fallas

La tectónica, estructura y deformación de los materiales a lo largo de la zona estudiada se produce fundamentalmente por fallas que han tenido lugar, tanto durante la sedimentación del tránsito Jurásico superior/ Cretácico inferior (fallas sinsedimentarias), como las que se produjeron tras el depósito de estos materiales (fallas postsedimentarias), bien durante la fase distensiva del Rift Ibérico como durante la fase de inversión tectónica del Cenozoico.

Se han inventariado un total de 94 fallas, en las que además de medir su orientación, se han realizado observaciones de las microestructuras asociadas (venas de calcita, estilolitos, estrías, etc.) y se ha estimado su salto vertical.

En la Figura 12 se expresa la roseta de los rumbos de falla que son similares a los encontrados por Antolín-Tomás et al (2007) en el Puerto de Querol.



Figura 10. Panorámica de plegamiento rollover en el Barranco de la Bota asociado al labio hundido de la Falla P.K. 1,91 (Mayo 2022)

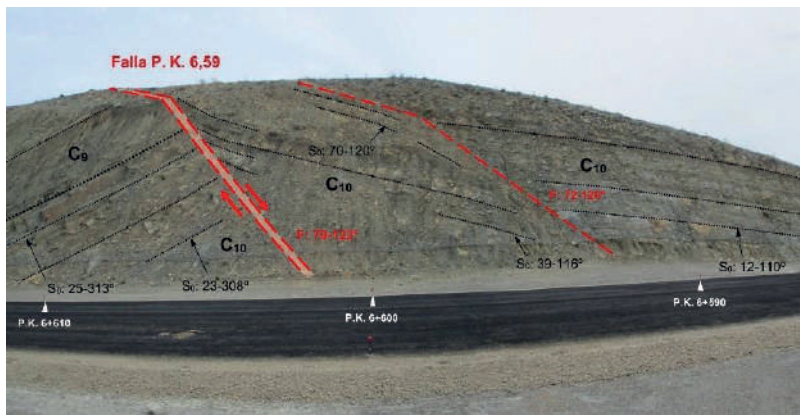


Figura 11. Pliegue de arrastre asociado a la Falla P.K. 6,59

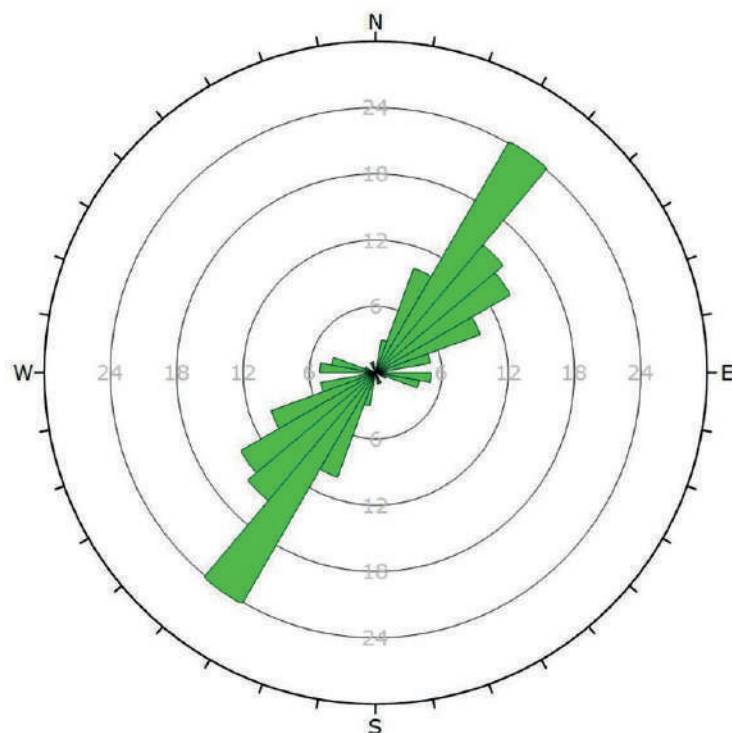


Figura 12. Roseta de los rumbos de falla a lo largo del trazado

Se observa que la mayor parte de las fallas presentan rumbos: N30-60°E y que sólo una pequeña parte de ellas (<10%) tienen rumbos: N90-100°E.

En la Figura 13, se expresa el diagrama de polos con la orientación de las fallas teniendo en cuenta su salto vertical bien medido o estimado en campo.

Se observa que las fallas con orientación SO-NE generalmente son fallas normales de tipo subvertical o de alto ángulo en los que el hundimiento de los bloques se produce tanto al NO como al SE; mientras que las fallas de orientación E-O, son también fallas normales, pero con menor inclinación (buzamientos de unos 40-60°) y labios o bloques hundidos únicamente hacia el S.

Las rocas de falla más comúnmente observadas son las brechas de falla con más del 30 % de los fragmentos correspondientes a la masa de roca y harinas de falla cuando existen menos del 30 % de estos fragmentos. En general, estos materiales de falla presentan arcillas más o menos plásticas y coloración ocre- amarillenta a rojiza y espesores que van desde algunos centímetros en los casos con escaso movimiento (<1 m) a 2-3 m de anchura para las fallas con saltos verticales superiores a los 20 m.

**Fallas sinsedimentarias**

Teniendo en cuenta las observaciones realizadas en campo y el contexto geológico de la cuenca del Maestrazgo, las fallas ESE-ONO con buzamiento al SSO serían fallas sinsedimentarias que funcionarían durante la sedimentación mesozoica en la subcuenca de Morella.

Ejemplos de este tipo de fallas serían la Falla P.K. 1,41 que afecta al extremo SE del Falso Túnel P.K. 1+500 (Figura 14) que desplaza a

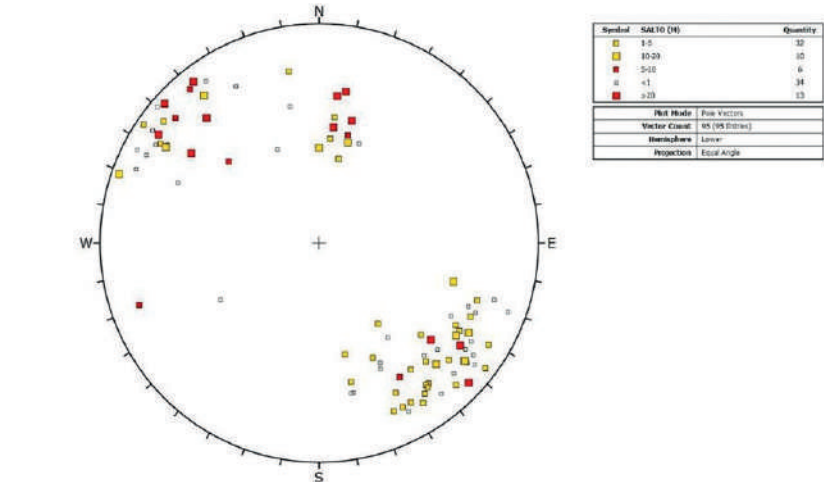


Figura 13. Diagrama de polos de las fallas según salto vertical

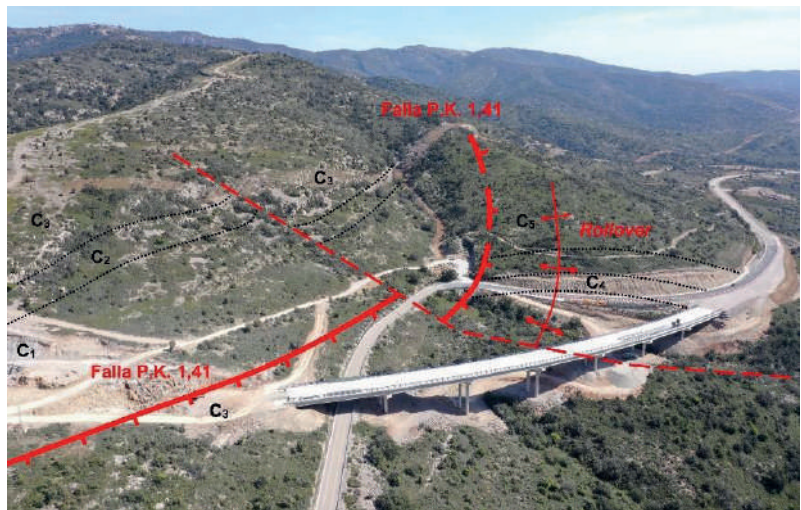


Figura 14. Panorámica de la Falla P.K. 1,41 situada al SE del Falso Túnel y del rollover existente al inicio del trazado (Mayo 2022)

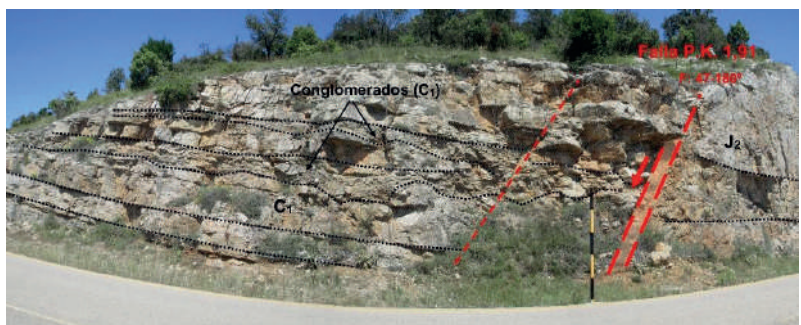


Figura 15. Detalle de la Falla P.K. 1,96 en un talud de la antigua carretera N-232 que afecta a las unidades C1 y J2

las unidades C1, C2 y C3; así como la Falla P.K. 1,96 que puede observarse en un talud de la antigua N-232 y que afecta a las unidades C1 y J2, con un salto vertical de unos 15 m (Figura 15).

Aunque no se ha observado directamente, se ha interpretado la posible existencia de una gran falla de este tipo en las inmediaciones del P.K. 2+940 que afectaría también a la zona de la Serra d'en Pi.

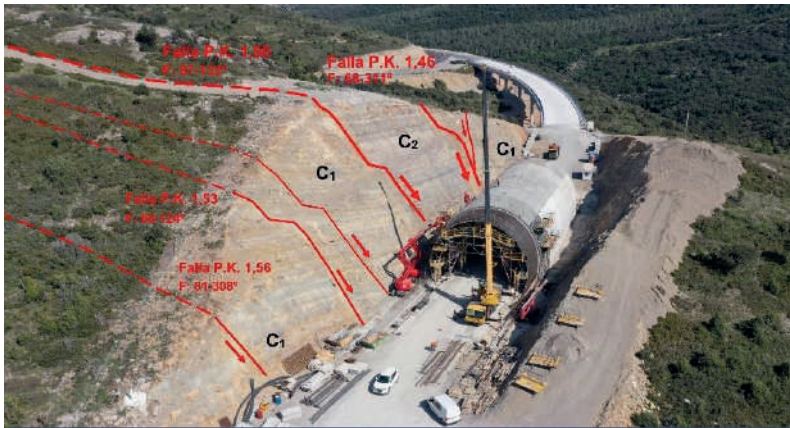


Figura 16. Panorámica de la ZF P.K. 1,41-1,50 (Falso Túnel) con las fallas que afectan a los materiales de las unidades C1 y C2 y la posible formación de una estructura en flor negativa (Mayo 2022)

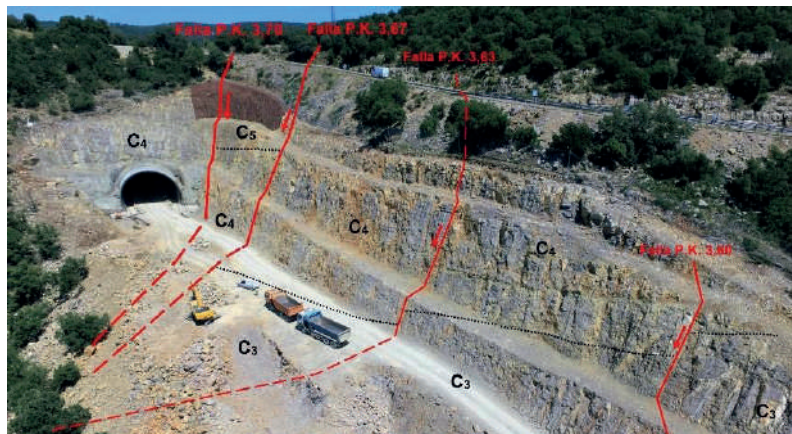


Figura 17. Panorámica de la ZF P.K. 3,56-3,70 (Boca Sur) con las fallas que afectan a las unidades: C3, C4 y C5 (Mayo 2020)

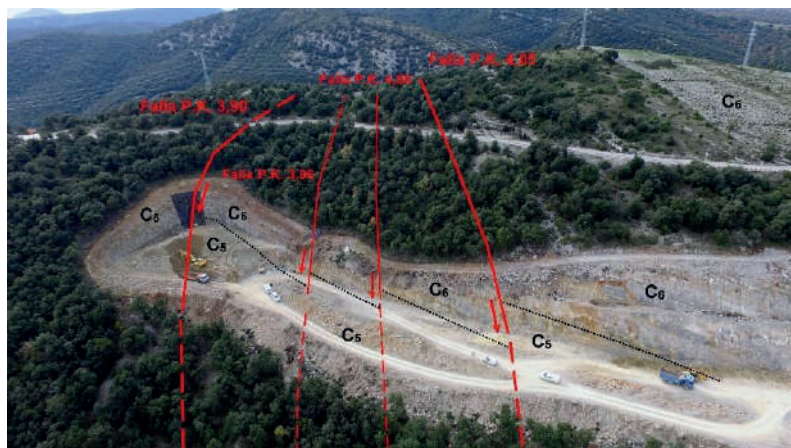


Figura 18. Panorámica de la ZF P.K. 3,90-4,05 (Boca Norte) con las fallas que afectan a las unidades: C5 y C6 (Noviembre 2018)

encajante más o menos tectónica.

Dentro de las fallas individuales aisladas, se ha observado la existencia de fallas lítricas que han dado lugar a pliegues tipo rollover en el labio hundido con alguna falla de tipo antitético asociada. Este sería el caso de la Falla P.K. 1,91 del Barranco de la Bota (Figura 10) y de la Falla P.K. 1,41 (Figura 14).

Los movimientos y desplazamientos de estas fallas parecen ser importantes, con saltos verticales superiores a 20 m y espesores de roca de falla de 2-3 m.

Las restantes fallas, generalmente de carácter aislado, son fallas normales que presentan buzamientos subverticales o de alto ángulo, con un comportamiento frágil y no siguen asociaciones o pautas definidas, bien dando lugar a escalonamiento en un sentido o movimientos alternativos, con separaciones variables comprendidas entre los 10 y los 200 m.

### Zonas de falla

En estos casos se observa la existencia de al menos dos fallas principales próximas y varias fallas secundarias que producen un hundimiento más menos pronunciado de la zona intermedia, interpretándose como “estructuras en flor negativas” a consecuencia de movimientos oblicuos, desgarre o cizalla que provocan transtensión entre las fallas principales.

Dentro de estas Zonas de Falla (ZF) se encuentran las que afectan a la zona del Falso Túnel: ZF P.K.1,41-P.K. 1,50 (Figura 16) y las que afectan tanto a la Boca S y N del Túnel de Querol: ZF P.K. 3,56-P.K. 3,70 (Figura 17) y ZF P.K. 3,90-P.K. 4,05 (Figura 18).

### Fallas postsedimentarias

Las fallas postsedimentarias constituyen la mayor parte de las fallas inventariadas, caracterizándose por presentar generalmente orientación NE-SO y buzamientos subverticales o de alto ángulo

con bloques hundidos tanto al NO como al SE.

Se observa la existencia de dos tipos de falla: unas de carácter más o menos aislado y otras que forman zonas de falla que agrupan varias fallas formando un cortejo con roca

### 4.3. Microestructuras tectónicas

#### Estrías de falla

Únicamente se han observado estrías en las fallas: P.K. 1,46, P.K. 4,00 y P.K. 6,58 (R') al ser los únicos casos en que, en algún punto, sus movimientos generaron "espejos de falla" con superficies pulidas.

En la Tabla 2, se expresan las orientaciones de las estrías y en la Figura 19 su representación en proyección estereográfica. Se observa que las Fallas P.K. 1,46 y P.K. 6,58 (R') son de tipo normal, mientras que la Falla P.K. 4,00 es una falla oblicua o de desgarre de tipo sinistral dentro de la ZF P.K. 3,90-P.K. 4,05.

#### Juntas, venas de calcita y estilolitos

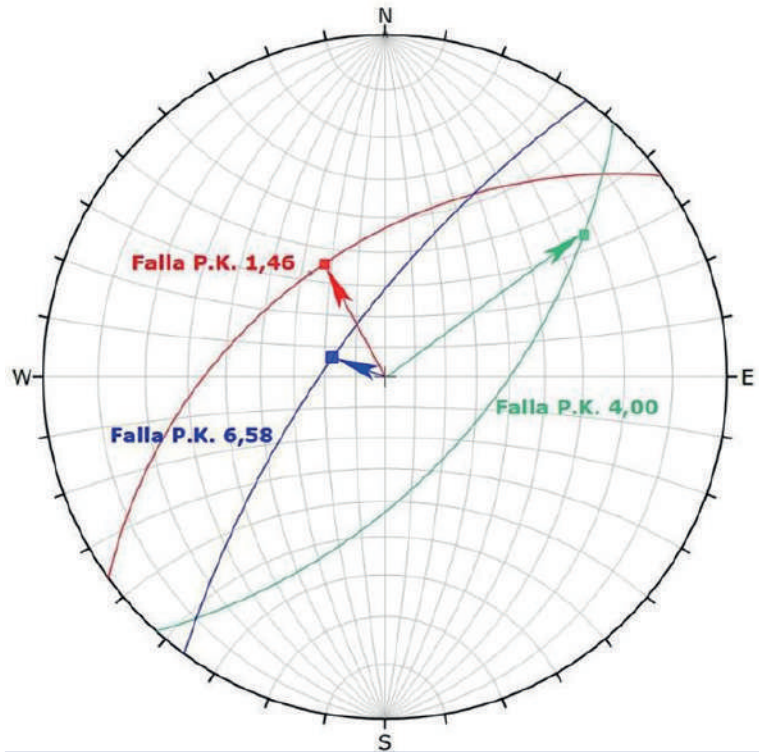
A partir de los estudios de discontinuidades realizados para determinar la estabilidad y posibles sostenimientos de los taludes de desmontes, así como en los reconocimientos de las cimentaciones de los apoyos de estructuras, se han medido orientaciones de juntas, venas de calcita y superficies estilolíticas.

Las juntas abiertas presentan orientaciones similares a las fallas, con dos familias predominantes de orientación: SO-NE y NO-SE, mientras que en el caso de las venas de calcita, la familia predominante es la SO-NE.

En cuanto a las superficies estilolíticas, se observa que son predominantemente subparalelas a la estratificación y corresponden a la tectónica distensiva del rift mesozoico. No obstante, en algunas zonas se ha observado la existencia de picos estilolíticos subhorizontales, asociados posiblemente a la etapa de inversión tectónica del Cabalgamiento de Zócalo Cenozoico (CZC).

Tabla 2. Orientaciones de las estrías de falla (Inmersión/Dirección inmersión)

Falla	Inmersión	Dirección inmersión
P.K. 1,45	48	331°
P.K. 4,00	25°	52°
P.K. 6,58	71°	288



Figuras 19. Representación estereográfica de las estrías de falla



Figura 20. Panorámica de la Falla P.K. 6,59 con pliegue de arrastre y anticlinal debido a una posible reactivación tectónica durante el Cenozoico (Junio 2022)

Tal es el caso de la zona afectada por la Falla P.K. 6,59, en la que además de observarse un pliegue de arrastre de una falla normal (Figura 11), a mayor escala, se observa también la existencia de un posible plie-

gue anticlinal abierto, con charnela aguda, limitado por fallas, originado por una posible reactivación tectónica de la falla durante el Cenozoico (Figura 20).



Las microestructuras tectónicas medidas tanto en la zona de falla como en las inmediaciones, ha puesto de manifiesto la existencia de fracturas de tipo Antiriedel (R'); dos familias de juntas, una de las cuales con venas de calcita y picos estilolíticos subhorizontales que indican la posible reactivación una antigua falla normal bien como falla inversa o como desgarre transpresivo (Figura 21).

## 5. Conclusiones y propuesta final

Este trabajo quiere contribuir a mejorar el conocimiento geológico a partir de las observaciones realizadas durante la construcción de la carretera. Por otro lado, sin pretender realizar un modelo geotectónico general para la cuenca del Maestrazgo, quiere aportar algunos datos que permitan profundizar la interpretación tectónica de la zona.

Los materiales afectados por el trazado de la carretera corresponden fundamentalmente al tránsito Jurásico-Cretácico, diferenciándose 11 unidades litoestratigráficas con edades comprendidas entre el Titoniense y el Barremiense, permitiendo conocer mejor la estructura y disposición de los materiales mesozoicos.

La medida sistemática de la estratificación y otras discontinuidades durante la excavación de desmontes y del túnel, ha permitido detectar y observar estructuras y fallas bajo la superficie del terreno y conocer su geometría y características. A partir de ello, se ha encontrado la existencia tanto de fallas sinsedimentarias de orientación ESE-ONO como postsedimentarias con orientación general NE-SO, así como la existencia de fallas lítricas con formación de pliegues rollover (Figura 22A) y posibles estructuras en flor negati-

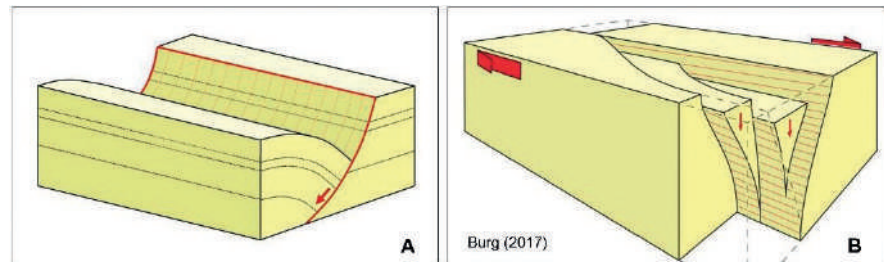


Figura 22. Ejemplos de falla lítrica y pliegue rollover (A) y fallas en flor negativas (B)

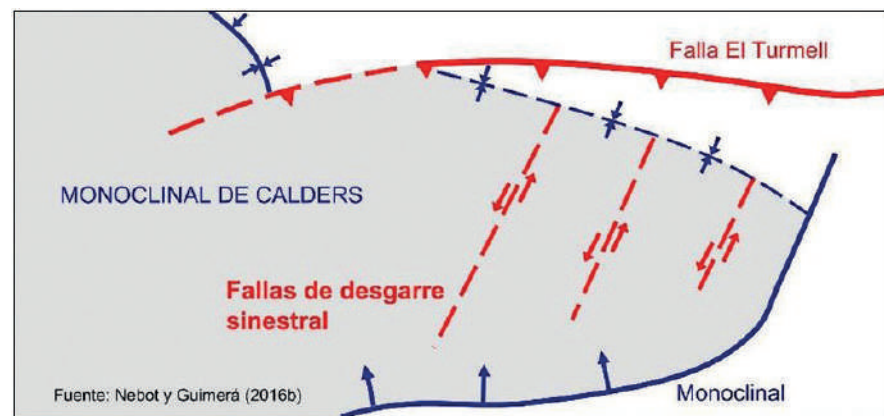


Figura 23. Esquema del posible modelo geotectónico

vas asociadas a zonas de falla de desgarre (Figura 22B).

Las fallas sinsedimentarias de orientación ESE-ONO son compatibles con la extensión NNE-SSO del dominio ibérico durante el Cretácico inferior (Antolín- Tomás et al, 2007), mientras que las de orientación NE-SO, podrían ser debidas a una extensión NO-SE, asociadas a una apertura del margen occidental del mar de Tetis (García-Lasanta et al, 2015).

Teniendo en cuenta las medidas y observaciones geológicas realizadas, la disposición y estructura geológica general muestra buzamientos generales de 5- 15° hacia el NE, diferentes a los que presenta el Monoclinial de Calders más al oeste a consecuencia del Cabalgamiento de Zócalo del Maestrazgo (Nebot y Guimerá, 2016).

Esta diferencia es posible interpretarla por la existencia de fallas mesozoicas de orientación NE-SO que durante el cabalgamiento cenozoico (CZM) se reactivaron y ac-

tuaron principalmente como fallas de desgarre o cizalla de tipo sinistral, dando lugar a estructuras en flor negativas y provocando buzamientos de los sedimentos hacia el NE en lugar de hacia el N (Figura 23).

Este funcionamiento como fallas de desgarre sinistral de las zonas de falla: ZF

P.K. 1,41-1,59 y las situadas en las inmediaciones del Túnel del Puerto de Querol (ZF P.K. 3,56-P.K. 3,70 y ZF P.K. 3,90-P.K. 4,05), ha sido constatado tanto por la cartografía geológica realizada como por las microestructuras tectónicas observadas.

Además de existir esfuerzos transtensivos en dichas fallas de desgarre, se han observado zonas con esfuerzos tectónicos compresivos tanto por la existencia de venas paralelas a S0, como por la presencia de superficies estilolíticas y venas subverticales, tal como ocurre en la Falla P.K. 6,59 que correspondería a una antigua falla normal que, al reactivarse durante la inversión

tectónica Cenozoica, originó un pliegue anticlinal.

A la vista de la aportación geológica obtenida durante las obras de construcción de esta carretera, se propone la inclusión de un Anejo de Geología dentro del Informe de Finalización de Obras de la Certificación Final en aquellas obras de especial interés geológico, en el que de forma resumida se actualice la Planta Geológica y el Perfil Geológico Longitudinal del tramo construido, y se incluya un resumen de la contribución al conocimiento geológico de la zona.

A modo de ejemplo, en las Figura 24 y 25 se expresan la nueva cartografía geológica y el perfil geológico longitudinal de dos tramos del trazado de la nueva carretera construida.

**Bibliografía**

Antolín-Tomás, B., Liesa, C.L., Casas, A.M. and Gil, I. (2007). Geometry of fracturing linked to extension and basin formation in the Maestrazgo Basin (Eastern Iberian Chain, Spain).

Burg, J.P. (2017). Structural Geology and Tectonics.

Company, J. (2021). Estudio y caracterización petrológica de muestras procedentes de sondeos. Viaducto del Barranco de la Bota (Morella, Castellón).

García-Lasanta, C., Román, T., Oliva, B. and Casas, A.M. (2015). Tethyan versus Iberian extension during the Cretaceous period in the eastern Iberian Peninsula: insights from magnetic fabric.

IGME (1971). Mapa Geológico de España: Hoja de Morella (545).

Martín-Chivelet, J. et al (2019). The Late Jurassic-Early Cretaceous Rifting.

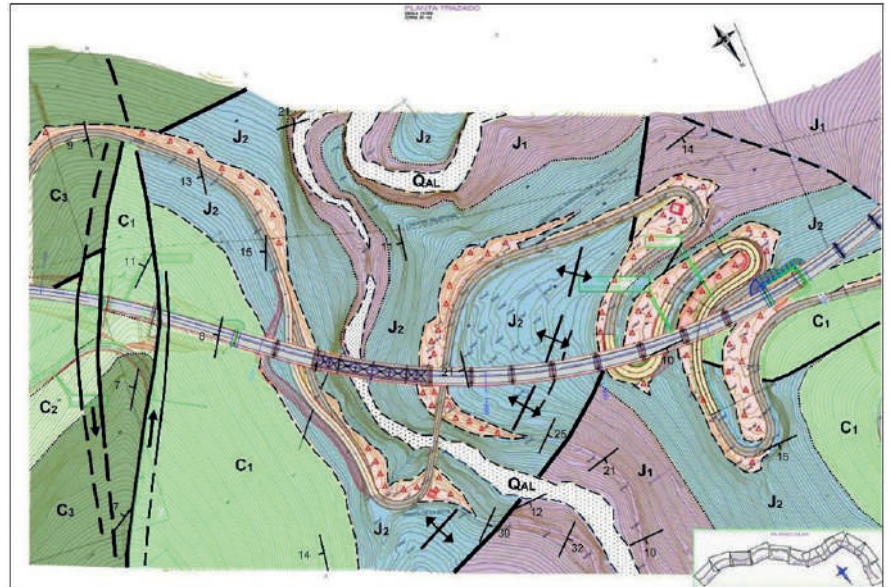


Figura 24. Planta geológica del tramo P.K. 1+400 a 2+180

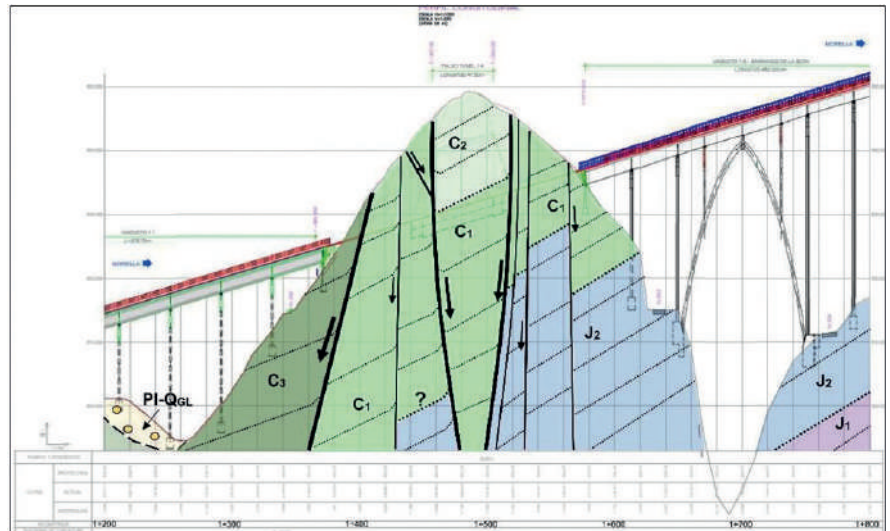


Figura 25. Perfil geológico longitudinal del tramo P.K. 1+200 a 1+800

Ministerio de Fomento (2015). Proyecto de Construcción: Acondicionamiento del Puerto de Querol. PP.KK. 46+300 al 54+900. Tramo: Barranco de la Bota-Masía de la Torreta. Provincia de Castellón. Anejo 2: Geología y Procedencia de Materiales.

Nebot, M. y Guimerá, J. (2016a). Inversión Cenozoica de la Cuenca mesozoica del Maestrat: evolución cinemática del cinturón de pliegues y cabalgamientos desarrollado en su margen norte (Cadena Ibérica oriental).

Nebot, M. and Guimerá, J. (2016b). Structure of an inverted basin from subsurface and field data: the late Jurassic-Early Cretaceous Maestrat Basin (Iberian Chain)

Salas, R. et al (2003). XIX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, Morella. Guía de la excursión. ❖

# Integración de los Dominios de Diseño Operativo de los Vehículos Automatizados en las Carreteras



## Adaptation of Operational Design Domains of Automated Vehicles to Roads

### Alfredo García

*Catedrático*

*Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC)*

### Francisco Javier Camacho Torregrosa

*Profesor Titular de Universidad*

*GIIC – Universitat Politècnica de València*

### David Llopis Castelló

*Profesor Contratado Doctor*

*GIIC – Universitat Politècnica de València*

Revisado por:

### Comité Técnico de Planificación, Diseño y Tráfico

*Asociación Técnica de Carreteras (ATC)*

En los próximos años, el concepto de Dominio de Diseño Operativo (ODD) resultará crucial para determinar cuándo un vehículo automatizado puede funcionar sin supervisión humana. Los ODDs definen las condiciones para las que un determinado vehículo automatizado está diseñado. De este modo, una carretera que cumpla las especificaciones de un ODD presentará muy pocas desconexiones en los niveles SAE 2 y 3 de automatización, y ninguna en los niveles SAE 4 y 5.

El concepto de ODD aún debe madurar en muchos aspectos, como es una taxonomía detallada, sus umbrales, la interrelación entre los diferentes factores (especialmente la velocidad) o cómo gestionar factores variables. Además, deberá estudiarse también los funcionamientos degradados: cómo debe operar un vehículo automatizado hasta detenerse en una condición de riesgo mínimo.

Para administraciones y operadores de carreteras, sin embargo, puede que la mayor limitación esté en que el ODD está definido desde el punto de vista vehicular. Cada modelo de vehículo automatizado presenta su propio ODD, que es además susceptible de variar con actualizaciones software. Con centenares de modelos de vehículos, se hace especialmente complejo conocer el grado de adaptación de las infraestructuras a la conducción automatizada.

En este artículo se revisan algunas de estas limitaciones, así como se propone un nuevo concepto de ODD desde la perspectiva de la infraestructura: la Sección Viaria Operativa, entendida esta como aquella compatible con los ODDs de los vehículos en el mercado en un determinado momento. De este modo administraciones y operadores podrán trabajar mucho más fácilmente sobre las redes viarias que gestionan.

In the coming years, the concept of Operational Design Domain (ODD) will become crucial in determining when an Automated Vehicle can operate without human supervision. The ODDs define the conditions under which an Automated Vehicle is designed to drive autonomously. Thus, a road section that meets the specifications of an ODD will have very few disengagements at SAE Level 2 and 3, and none at SAE Level 4 and 5.

The concept of ODD still needs to mature in many aspects such as a detailed taxonomy, its thresholds, the interrelation between the different factors (especially speed) or the management of variable factors. In addition, degraded operations will need to be studied: how an Automated Vehicle should operate to a stop in a minimal risk condition.

For Road Administrations and Operators, the biggest limitation may lie in the fact that the concept of ODD is defined from the point of view of the vehicle. Each Automated Vehicle model has its own ODD which is also subject to change with software updates. With hundreds of vehicle models, it is particularly complex to know the degree of adaptation of infrastructures to automated driving.

This article aims at reviewing some of these limitations and proposing a new concept of ODD from the point of view of the infrastructure: Operational Road Section (ORS), defined as a road section compatible with the ODDs of the Automated Vehicles on the market at any given time. This concept will allow Road Administrations and Operators an easier road management.

## 1. Introducción

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. El conjunto de condiciones propicias para un funcionamiento seguro de un vehículo automatizado es lo que se denomina Dominio de Diseño Operativo (ODD). Por tanto, un ODD define cuándo, dónde y bajo qué circunstancias o condiciones un determinado vehículo automatizado puede funcionar con un control automatizado. Todo ello según el diseño de ese vehículo y su sistema de automatización.

Así pues, el objetivo principal del ODD es especificar con precisión el dominio en el que un vehículo automatizado puede realizar sus tareas dinámicas de conducción. Su explicación es especialmente importante para vehículos de nivel 4, que sí garantizarán el pleno funcionamiento autónomo dentro de sus ODDs. Vehículos de nivel 3 también presentan ODDs, pero no garantizan que el sistema sea suficientemente robusto como para no ceder el control de forma inesperada incluso dentro de ellos.

En general, el ODD es útil en los siguientes ámbitos:

- En el proceso de **diseño** del sistema automatizado, la definición del ODD ayuda a identificar los escenarios para los que debe diseñarse el sistema, por lo que sirve de orientación a los desarrollos tecnológicos asociados.
- En el proceso de **verificación**, el ODD se debe comprobar mediante pruebas con diferentes niveles de detalle, en entornos viarios cerrados o abiertos, o mediante simulación.
- En el proceso de **comprobación**, el ODD se puede validar durante el funcionamiento de los vehículos automatizados correspondientes, reportando las características de las desconexiones, como: identificación del vehículo; localización; tiempo; velocidad; etc.

Definir un ODD implica concretar todos los posibles factores y atributos (con sus umbrales correspondientes) para los que un vehículo autónomo debería ser capaz de funcionar autónomamente. La evolución tecnológica actual, así como el incipiente estado de la estandarización a estos efectos, hace que, a día de

hoy, existan serias limitaciones en el propio concepto, en su desarrollo y definición, y en el proceso que tendría que seguir para llegar a ser útil para todos los agentes involucrados y los usuarios finalistas.

A lo largo de un tramo de carretera, cada vehículo automatizado puede encontrarse con diferentes zonas que son acordes con sus ODDs, de modo que en principio podrá circular de forma autónoma por ellas. Sin embargo, hay que destacar dos aspectos: (i) los diferentes vehículos pueden presentar diferentes ODDs, por lo que una sección viaria puede ser adecuada para unos pero no para otros, y (ii) para cada vehículo automatizado, habrá zonas no acordes con ningún ODD, sobre las que no podrán circular de forma autónoma.

El ODD se centra en el diseño del vehículo automatizado para que pueda circular de forma autónoma en unas zonas viarias o ámbitos geográficos si se cumplen los condicionantes incluidos en su definición. En cambio, el ODD no está pensado ni enunciado desde la óptica de la carretera y su entorno, que es lo que más puede interesar a las administraciones de carreteras, como responsables del desarrollo y gestión de las mismas.

En ese otro sentido, se debería adaptar el ODD para centrarlo en qué secciones viarias reúnen las características adecuadas que propician 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.

No obstante, esta adaptación no es a priori suficiente debido a que actualmente el concepto de ODD se centra en cada vehículo automatizado, es decir, en un mismo tramo de carretera habrá más o menos zonas compatibles con los ODDs según el vehículo automatizado que lo recorra. En este sentido, se requiere ir más allá de completar y perfilar el ODD, incluyendo su propia adaptación a la carretera, para proponer otros conceptos asociados al ODD más directamente formulados desde la perspectiva de la carretera y que realmente puedan ser operativos para el diseño, mantenimiento y gestión de las carreteras actuales y futuras.

## 2. Limitaciones de los ODDs

### 2.1 Relación con la infraestructura

Las definiciones que existen del 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. Sin embargo, lo que más puede interesar a las administraciones de carreteras es que los ODDs estén formulados desde la carretera y su entorno.

Hasta la fecha no existe un consenso completo respecto a la definición de un ODD, pero las diferen-

cias son aún más manifiestas en los factores y condiciones que han de soportarlo. Otra cuestión que está en duda respecto a la concreción de un ODD es la probabilidad de que ocurran determinados eventos conflictivos frente a la precisión del sistema de detección como una tasa de fiabilidad. Son conceptos no comparables directamente, pero que están relacionados y afectan plenamente al ODD. El ODD debe de poder garantizar el funcionamiento autónomo del sistema al que está referido (siempre y cuando este funcione correctamente). Por ello, no puede definirse con unos factores, atributos y condiciones que establezcan unos límites probabilísticos, sino que los umbrales tienen que presentar suficiente margen como para que las condiciones de funcionamiento sean totalmente seguras. Fuera del rango del ODD, el vehículo autónomo podría seguir funcionando, pero ya no está garantizado.

Un ejemplo podría ser el cruce de un peatón a través de una carretera. Este es un evento conflictivo que presenta una probabilidad baja de que se produzca (supongamos un 10%). Si el sistema automatizado para el que se defina el ODD abarcara ese tramo de carretera, con presencia de peatones, no sería admisible que la detección automatizada de los peatones sobre la calzada presentara una detección precisa del 70%. Para este vehículo, ese tramo de carretera debería estar fuera del ODD. Si este evento ocurre con muchos vehículos, las autoridades podrían plantearse prohibir la presencia de peatones en el mismo o impedir físicamente que puedan cruzar la calzada, extendiendo de este modo la compatibilidad de la carretera con la mayoría de los vehículos (nótese que para tomar esta decisión se valora el funcionamiento no solo de un vehículo).

Otra dimensión que todavía no está clara se refiere a cómo varía

el ODD en función del comportamiento del vehículo automatizado. Un ejemplo de esto es la afección de la propia velocidad. De hecho, para cada ODD debería definirse como parámetro la velocidad automatizada, definida por García et al. (2020) como la máxima velocidad de circulación a la que el vehículo es capaz de mantener la conducción autónoma. ¿Qué ocurriría si el vehículo y/o su conductor desarrollan una velocidad mayor, bien voluntariamente o como necesidad de una maniobra evasiva? Incluso respetando la velocidad automatizada, si se definiera en el ODD, se podría producir un deslizamiento debido a un mal estado de los neumáticos, lo que supondría una limitación propia del vehículo, no del ODD.

La velocidad es, por lo tanto, un ámbito muy sensible a tener en cuenta en el ODD y en el diseño y operación de un tramo de carretera. Todavía no se ha concretado si la velocidad automatizada tiene que estar relacionada con la velocidad de diseño y el límite de velocidad genérico de cada segmento de carretera. Para que la circulación mixta de todo tipo de vehículos sea segura durante muchos años, las velocidades máximas de los ODDs de los vehículos automatizados que incluyan ese segmento viario deberían ser, como mínimo, las correspondientes al diseño y al límite genérico de velocidad.

### 2.2 Generalización del uso de los ODDs

En un futuro cercano será necesario que el concepto y la aplicación práctica de los ODDs se generalice. Para ello, es esencial que exista una superposición entre las dos perspectivas del ODD: el fabricante (o el diseñador del sistema automatizado) y el usuario final; para garantizar el despliegue seguro de los vehículos automatizados. La mayoría de las

veces se olvida la segunda de estas perspectivas.

Los ODDs pueden desplegarse de varias formas, aunque hasta ahora se haya hecho de una forma muy incipiente y poco detallada (únicamente conocidos por cada fabricante en su fase de diseño y pruebas propias, así como por las agencias correspondientes en las pruebas de certificación). Hay que ir mucho más allá, comunicando estos ODDs también a compradores –incluyendo los posibles conductores ocasionales– y vehículos –a través del navegador– de forma georreferenciada y permitiendo recibir información dinámica por conectividad.

Si bien esto puede parecer todavía lejano, van apareciendo algunas iniciativas al respecto. Por ejemplo, la empresa TomTom ha desarrollado la función Roadcheck, dentro de su paquete de mapas HD para la navegación de los vehículos (Figura 1). En ella estarán representadas las secciones que permitan activar la conducción automatizada y las que no, para cada vehículo automatizado. Al considerar mapas en HD, el nivel de detalle llega incluso a conexiones, bifurcaciones y convergencias (Figura 2).

RoadCheck permite a los fabricantes de automóviles editar de forma georreferenciada los ODDs de cada modelo sobre los mapas avanzados de TomTom, incluso con la posibilidad de incluir los datos provenientes de las pruebas de esos vehículos, así como, en el futuro, de los propios vehículos circulando por la carretera. Por tanto, será habitual que en una misma sección de carretera haya vehículos que tengan permitida la activación del sistema de conducción automatizada y otros que no (Figura 3).



Figura 1. Secciones viarias dentro y fuera del ODD. Fuente: TomTom.



Figura 2. Conexiones viarias con diferentes condiciones de conducción. Fuente: TomTom.



Figura 3. Sección viaria con vehículos circulando en su ODD y fuera de su ODD. Fuente: TomTom.

Esto va a abrir muchas ventanas de mejora para todos los agentes:

- Los fabricantes y proveedores podrán verificar si realmente los atributos de sus ODDs se ajustan a la realidad del funcionamiento de sus vehículos y así mejorar sus tecnologías, así como compararse con otras tecnologías.
- Las administraciones y los operadores de carreteras dispondrán de una herramienta que les facilite la comprobación de qué secciones y segmentos de carreteras son aptos para los vehículos automatizados y cuáles no, pudiendo entrar a analizar la forma de ampliarlos a través de algunas posibles mejoras.
- Los usuarios serán los más beneficiados al disponer de una información clara de dónde se pueden activar las funciones de conducción automatizada y, probablemente, con qué nivel de atención o intervención del conductor.

Por tanto, este nuevo tipo de herramienta, que seguro será desarrollada de forma similar por otras empresas o instituciones, abre nuevas posibilidades para hacer que los vehículos automatizados sean realmente más seguros.

Sin embargo, su desarrollo e implantación va a traer algunas dudas y limitaciones que habrá que ir superando. Todo este sistema va a depender de que los fabricantes editen sus ODDs de forma georreferenciada, es decir, sus límites o barreras virtuales, lo cual va a suponer un gran trabajo, ya que será diferente según el modelo de vehículo. Luego, como al principio habrá poco detalle en los atributos de los ODDs, se arrancará con la habilitación de la conducción automatizada para los segmentos de carreteras principales con buenas condiciones de geometría, señalización, marcas viales y estado del pavimento.

Posteriormente, conforme los fabricantes vayan detallando los atributos y umbrales o límites de sus ODDs, la localización de zonas compatibles con sus ODDs será más amplia y concreta, abarcando más carreteras, pero también más secciones intermedias fuera de los ODDs. Estas últimas serán las más importantes para advertir con antelación a los conductores de una desconexión localizada o de la finalización del ODD, con el beneficio en la seguridad del proceso de cesión del control.

Otro parámetro que se debería incluir para cada ODD individualizado sería la velocidad máxima a desarrollar, y la mínima, si es de aplicación. Todo ello porque el rango de velocidades es uno de los factores o atributos importantes para que el sistema automatizado pueda mantener el control con seguridad dentro de un ODD.

Desde el punto de vista de los titulares de las carreteras, como se ha mencionado antes, el nuevo sistema les permitirá saber qué secciones o segmentos son aptos, según los fabricantes, para la conducción automatizada, pero se tendrán que desarrollar procedimientos para la verificación y/o certificación de que realmente es así, tanto para cada marca y modelo, como para el conjunto de los vehículos automatizados que circulen por ese tramo.

Esta nueva situación puede hacer que los fabricantes adopten otra estrategia de desarrollo más competitiva, si cabe. El ODD está planteado como una característica o propiedad resultante del diseño del sistema automatizado. Pero, también, puede ser el objetivo de las condiciones operativas de un vehículo nuevo para que el fabricante seleccione y diseñe todos los sensores y la computación necesarios para alcanzarlo.

### 3. Gestión dinámica de los ODDs

En el proyecto ASAM OpenODD (ASAM, 2021) se está trabajando para integrar el concepto de **ODD condicionado o reducido**. Esta aportación va a ser muy necesaria ya que un ODD, con sus atributos, especifica un rango operativo completo para un sistema automatizado. Sin embargo, puede haber un determinado atributo del ODD que presente una limitación en un cierto periodo de tiempo y ámbito espacial, que haga que el rango del ODD deba estar restringido, pero no por ello sea necesario abandonar completamente el ODD.

Un ejemplo claro se da con el atributo del rango de velocidades al que puede funcionar un sistema automatizado, por ejemplo, entre 0 y 80 km/h. Sin embargo, en el caso de una niebla densa (suponiendo que el concepto de “niebla densa” esté bien definido), el sistema automatizado se podría mantener dentro de su ODD, condicionado o reducido, si el rango de velocidades pasa a ser de 0 a 40 km/h.

Otra cuestión a tener en cuenta está relacionada con que el ODD de un vehículo automatizado ha de ser válido a lo largo de toda su vida útil, ya que va a ser una parte fundamental de su seguridad y la de otros vehículos y usuarios. Así, lo normal es que los fabricantes sean capaces de actualizar las tecnologías de automatización a bordo, al menos, en la parte de computación, y así se pueda habilitar un ODD dinámico o mejorado, es decir, que cada vez que se introduzca en el vehículo una mejora en su sistema de automatización, se amplíen y se hagan más robustos sus ODDs. De este modo, habrá versiones del ODD para un mismo vehículo automatizado a lo largo de su vida útil.

Esta expansión de los ODDs lleva aparejada la necesidad de nuevos umbrales e, incluso, la eliminación de alguno de los factores o atributos como condicionantes. Toda esta dinámica hace que la seguridad que se atribuye a un ODD a través de sus factores y umbrales no sea sencilla de gestionar y asegurar. Máxime, cuando el vehículo automatizado circula en el mundo real, avanzando dentro de todas las dimensiones posibles del ODD declarado, y las sorpresas o los conflictos pueden surgir con cierta frecuencia. Hay tantos eventos y situaciones extremas que ni siquiera los expertos pueden anticipar pruebas reales o en entornos de simulación para afrontar toda la variedad de sorpresas (Fraade-Blanar et al., 2018).

Por tanto, tal y como se está planteando y definiendo el ODD, con los umbrales para los diversos factores o atributos, el enfoque de la seguridad de la conducción automatizada se está orientando hacia la seguridad nominal, es decir, la que se basa en cumplir una serie de límites, dejando de lado que la seguridad real es un continuo (Blumenthal et al., 2020).

Según lo expuesto hasta ahora, un vehículo automatizado puede estar circulando dentro de su ODD, pero, en un momento dado, puede surgir un evento o conflicto que precipite su salida del dominio operativo, por lo que el nivel de seguridad pasa a estar en la gestión de las maniobras de riesgo mínimo que puedan llevar al vehículo a la cesión del control al conductor o a la búsqueda de una condición o localización de riesgo mínimo. No obstante, también puede ser posible desarrollar unas acciones preventivas, como aminorar la velocidad, para mantenerse dentro de un ODD condicionado o reducido.

Así, la relación de los ODDs con la seguridad resultante de la circulación de los vehículos automatizados, siendo innegable que será mucho mejor que la actual, ha de ser objeto de múltiples estudios e investigaciones para ir definiendo los factores y límites que realmente favorezcan una maximización de la seguridad del sistema resultante. Además, no es suficiente con que toda la seguridad recaiga en los sistemas de automatización, a través de los ODDs, sino que la infraestructura física, la infraestructura digital y la conectividad han de jugar un papel importante. No se puede dejar de lado la necesidad de contemplar, en el sistema seguro que se ha de buscar, la situación y disposición del conductor para intervenir si es necesario, así como las capacidades y operación del vehículo ante eventos.

En ese sentido, recientemente desde China, han propuesto un nuevo concepto que engloba al ODD y pretende aclarar la confusión que rodea al mismo (Khastgir, 2020). Le han denominado **Condición de Diseño Operativo (ODC)** y engloba al ODD, añadiendo las capacidades del vehículo objeto en cada momento y las del conductor. Este avance más integrado puede permitir lograr un sistema más seguro al contemplar dinámicamente el ODD según sea la operación del vehículo y la situación del conductor respecto a recobrar el control manual.

#### 4. Adaptación de los ODDs a las carreteras

Hasta ahora, el planteamiento y desarrollo del ODD se centra en el diseño del vehículo automatizado para que pueda circular de forma automática y segura en unas secciones o zonas viarias si se cum-

plen los factores y condiciones incluidos en su definición. En cambio, el ODD no está enunciado desde la carretera y su entorno, que es lo que más puede interesar a las administraciones de carreteras.

Desde la perspectiva viaria, se podría definir un ODD como una sección de carretera que reúne una serie de características que propician, durante un cierto tiempo o periodo, 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 y hacen que el ODD no aplique.

Para una administración u operador de carreteras, se debería poder dar respuesta a toda una serie de necesidades (ASAM, 2021):

- Tener fácil acceso a las especificaciones del ODD de todos los vehículos que circulan por sus carreteras, para tener una visión clara de las demandas actuales y poder estimar las futuras en su red de carreteras.
- Tener la capacidad de advertir a los vehículos con anticipación si están a punto de elegir una ruta a través de su red de carreteras que probablemente exceda o esté fuera de su ODD.
- Facilitar recomendaciones a los vehículos automatizados sobre qué rutas, carreteras y carriles han de usar dependiendo de sus capacidades del ODD.



- Tener la capacidad de comunicar fácilmente restricciones actuales de ODD en determinadas secciones o tramos de su red.
- Disponer de control sobre las versiones de los formatos de cada ODD, al poder ir variando con el tiempo.

El camino emprendido por la empresa TomTom va en la dirección de algunos de esos requerimientos. Si todos los ODDs se georreferencian en un único mapa HD, será posible desde las administraciones de carreteras conocer las secciones que permiten la circulación automatizada para cualquier vehículo y también las secciones que presentan limitaciones y que, por tanto, no permiten la circulación automatizada de todos los vehículos automatizados.

Las administraciones de carreteras no pueden estar ajenas y supeditadas a los fabricantes de vehículos que decidan unilateralmente el diseño de sus sistemas automatizados sin contar, ni saber realmente, qué ocurre con la infraestructura física y de qué manera se podría mejorar y adaptar la infraestructura física de las carreteras para potenciar que los ODDs fueran más amplios y robustos.

Para que el sistema sea realmente seguro, las administraciones y operadores de carreteras han de conocer cómo son y cómo se adaptan los múltiples ODDs existentes a las condiciones de cada carretera, para poder gestionarlas de forma eficiente.

## 5. Sección Viaria Operativa (ORS)

Ante las limitaciones propias de los ODDs y de su adaptación a las carreteras, se hace necesario una

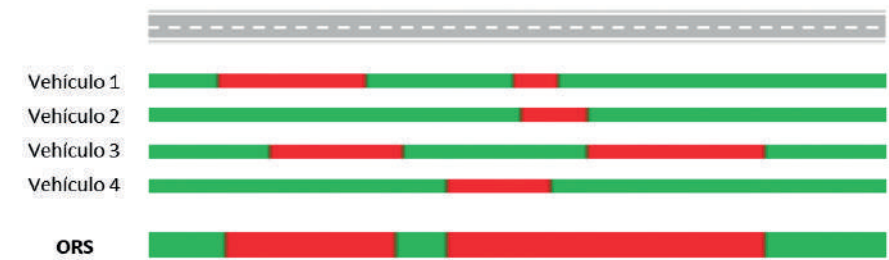


Figura 4. Secciones viarias operativas en un segmento de carretera.

adaptación o una interpretación de los ODDs desde el ámbito de la infraestructura viaria para poder conocer las secciones de carreteras que realmente puedan permitir el funcionamiento óptimo y seguro de todos los vehículos automatizados.

Se trata de las secciones viarias que resultan de la intersección de todos los ODDs correspondientes a todos los vehículos automatizados que circulen por un tramo de carretera. Por tanto, se trata de un nuevo concepto que haga o permita una adaptación de los ODDs a la realidad de la infraestructura viaria.

Este nuevo concepto se propone denominarlo **Sección Viaria Operativa** (ORS, Operational Road Section), es decir, una sección de carretera donde todos los sistemas automatizados pueden funcionar de forma segura, teniendo en cuenta las características de la infraestructura física y digital, salvo que haya factores de entorno o variables que puedan limitar temporalmente alguno de los ODDs.

La Figura 4 representa esquemáticamente el concepto de ORS a lo largo de un segmento de carretera. Las diversas líneas horizontales se corresponden con las zonas compatibles con los ODDs de diversos vehículos automatizados, representados en verde. Las secciones que permiten el funcionamiento de todos los sistemas automatizados se obtienen por la intersección de todos los ODDs, obteniendo las diversas secciones

viarias operativas que se muestran en la parte inferior también en verde.

Desde un punto de vista práctico y del lado de la seguridad, habría que eliminar de los extremos de una ORS las partes que se correspondan con la finalización e inicio de curvas y acuerdos verticales convexos que hayan supuesto una limitación de ODD para alguno de los sistemas automatizados.

Las secciones viarias operativas serán variables conforme se vayan introduciendo en la circulación nuevos vehículos automatizados, con una tecnología superior, que dispongan de unos ODDs más amplios y robustos. Luego, con el tiempo, estas secciones viarias operativas serán cada vez más largas y menos numerosas, pudiendo llegar en algunas carreteras de altas prestaciones a abarcar todo un segmento o tramo.

Por tanto, se podría plantear la posibilidad de determinar y comunicar a los usuarios, tanto conductores como vehículos automatizados, diferentes ORSs para los diversos niveles de automatización, que serán más largos conforme los niveles SAE sean más altos.

Para una administración u operador de carreteras este concepto de ORS puede ser realmente útil por diversos motivos. Con su determinación, se podrán deducir las características de la carretera y los umbrales de las mismas que son plenamente facilitadoras para

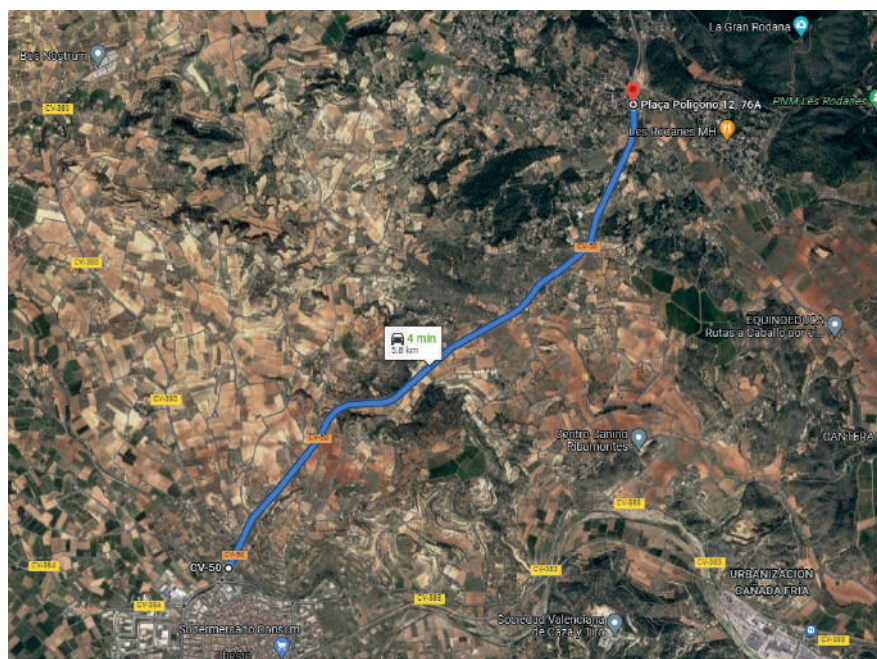


Figura 5. Tramo de carretera de estudio. Fuente: Google Maps.

la operatividad de los sistemas automatizados. Así, se podrán establecer las acciones de mejora y adaptación de otros tramos de carreteras que permitan el funcionamiento automatizado continuo sobre ellos. Además, también estarán en condiciones de poner restricciones de circulación a algunos sistemas automatizados y fomentar, así, que los fabricantes de vehículos y de sistemas automatizados avancen en sus desarrollos, no solo para los nuevos vehículos sino para actualizar los vehículos automatizados que ya circulaban. Si los fabricantes de vehículos hicieran explícitos los ODDs, las ORSs serían más fáciles de identificar, y los OEMs podrían recibir información de las administraciones de carreteras para mejorar sus sistemas.

Las ORSs, al igual que los ODDs, variarán con el tiempo. Al principio, se espera que todos los sistemas automatizados de conducción admitan solo los tramos de autopistas y autovías con un trazado suave. A medida que la tecnología evolucione, otros tramos serán compatibles con todos los sistemas, ampliando la aplicación de las ORSs. La

adaptación activa y continua de los tramos de carretera aceleraría esta generalización de las ORSs, pero para seleccionar las medidas más eficientes, los ODDs deben hacerse explícitos.

Finalmente, cabe destacar que este nuevo concepto de Sección Viaria Operativa (ORS) podría ser de gran interés en el diseño e implementación de carriles dedicados, es decir, de carriles de uso exclusivo de vehículos automatizados. En este sentido, la identificación y establecimiento de ORSs ayudará a determinar qué vehículos pueden circular por un determinado carril dedicado. De este modo, se podrá realizar una gestión más eficiente de estos carriles restringiendo el tráfico solo a aquellos vehículos capaces de actuar de manera automatizada.

## 6. Caso de Estudio

Para que se comprenda mejor cómo georreferenciar los Dominios de Diseño Operativo de diversos vehículos automatizados, así como la determinación de las Secciones

Viarías Operativas, se ha llevado a cabo un estudio basado en observaciones de recorridos a lo largo de un tramo de carretera convencional rural de dos carriles de 5,25 km de desarrollo (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 era adecuado para la detección de las líneas de borde de los carriles.

Se llevaron a cabo observaciones a través de múltiples recorridos mediante tres vehículos distintos con un sistema automatizado de conducción de nivel 2, es decir, con control longitudinal mediante sistema de control de velocidad adaptativo (ACC), y control lateral mediante sistemas de detección y mantenimiento en el carril (LKA y LCA). Concretamente, se emplearon los siguientes vehículos: (i) BMW serie 5 equipado con el paquete Driving Assistant Plus, de 2017; (ii) Volkswagen Tiguan con el paquete Driving Assistance, de 2020; y (iii) Audi Q2 con Driving Assistance Pack, de 2019.

Para determinar los ODDs de cada vehículo se realizaron recorridos a velocidad constante, empleando como velocidades de referencia 70, 80 y 90 km/h, para no superar el límite de velocidad establecido. De esta forma, se comprobó experimentalmente si cada uno de los vehículos sufría alguna desconexión, cediendo el control al conductor, registrando su localización (PK y tiempo). Durante una cierta distancia posterior a cada

desconexión, se mantenía el control manual hasta que el sistema automatizado recobraba el control, quedando igualmente registrada esa localización (PK y tiempo).

Para cada vehículo automatizado aparecen diversas zonas compatibles con su ODD, desde el punto donde el sistema automatizado recupera el control hasta el siguiente punto de desconexión. Entre las sucesivas zonas compatibles aparecen zonas de no automatización o control manual del conductor. Como ejemplo, la Figura 6 muestra las zonas compatibles con el ODD, en color verde, del vehículo BMW circulando a una velocidad de 80 km/h. Las zonas marcadas en rojo indican zonas en las que el vehículo no fue capaz de operar de manera automatizada.

La Figura 7 presenta, de forma superpuesta, las zonas compatibles con los ODDs de los 3 vehículos para cada una de las velocidades de circulación consideradas. Realizando la intersección de todos los ODDs, se han identificado las diversas ORSs estrictas o brutas.

En caso de que las ORSs obtenidas contengan parcialmente alguna curva, estas habría que reducirlas para no incluir el desarrollo de las curvas que incluyen alguna desconexión para alguno de los vehículos. De esa forma, se obtendrían las ORSs finales o netas, que son las que realmente habría que tener en cuenta para la gestión viaria.

Teniendo en cuenta que el límite de velocidad del tramo es de 90 km/h, se deberían adoptar las Secciones Viarias Operativas (ORS) correspondientes a esa velocidad, resultando la tramificación que se recoge en la Tabla 1. En este sentido, podemos diferenciar dos tipos de ORS: bruta y neta. Las brutas están asociadas a los PKs desde

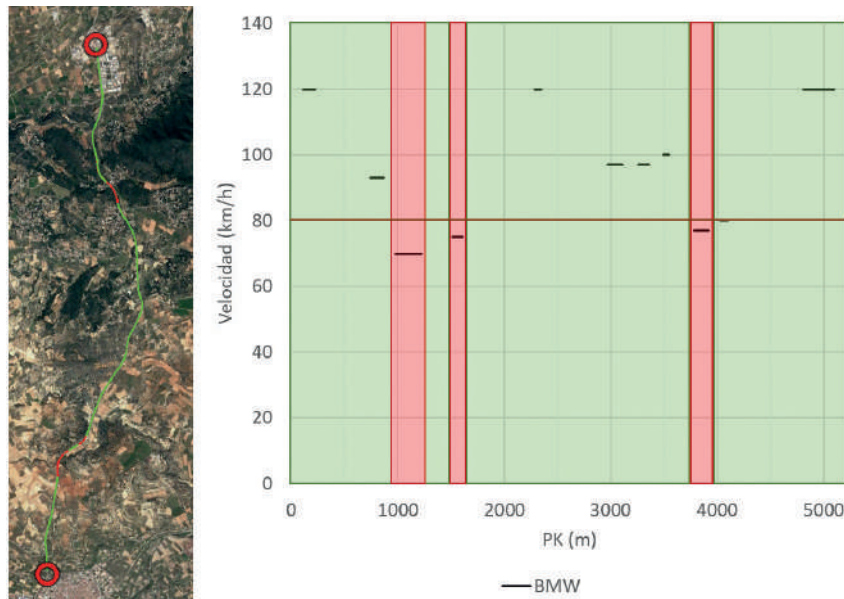
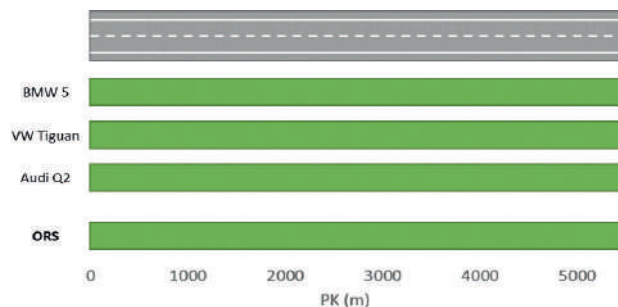
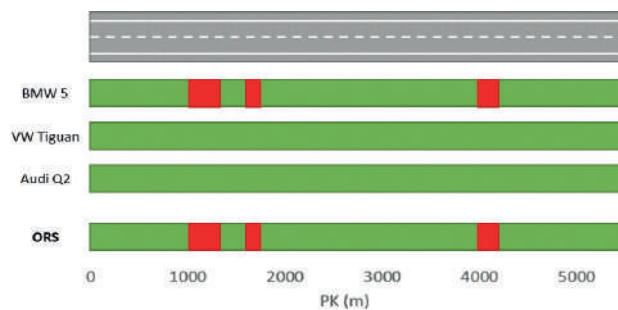


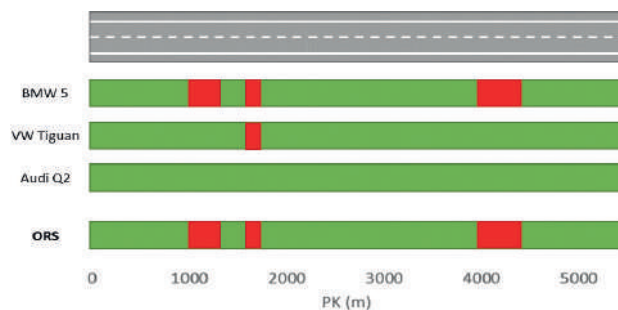
Figura 6. Zonas compatibles con el ODD para el BMW circulando a 80 km/h.



(a) Velocidad de circulación 70 km/h



(b) Velocidad de circulación 80 km/h.



(c) Velocidad de circulación 90 km/h.

Figura 7. Determinación de Secciones Viarias Operativas (ORSs)

Tabla 1. Secciones Viarias Operativas circulando a la velocidad límite de la vía.

	ORSs Brutas			ORSs Netas		
	PK inicial	PK final	Longitud (m)	PK inicial	PK final	Longitud (m)
1	0+000	1+001	1001	0+000	0+904	904
2	1+225	1+522	297	1+335	1+466	131
3	1+604	3+783	2179	1+739	3+749	2010
4	4+089	5+250	1161	4+173	5+250	1077
Total			4638			4122

que cada vehículo activa su sistema automatizado hasta que sufre una desconexión. Por otra parte, las netas quedan definidas a partir del elemento geométrico que provoca la desconexión, es decir, a partir de los PKs de inicio y final del elemento.

## 7. Conclusiones

Los ODDs son determinados por los fabricantes de vehículos y los desarrolladores de los sistemas de conducción automatizada (ADS). Lamentablemente, esta información sigue siendo muy limitada y restringida debido a razones de competitividad en el mercado de los desarrolladores de vehículos y sistemas de conducción automatizados. Asimismo, todavía no está sistematizada y acordada la taxonomía de todos los factores y atributos que han de formar parte de un ODD; menos aún los umbrales correspondientes.

Además, sigue habiendo discusiones respecto a ciertas limitaciones de los ODDs relacionadas con la seguridad resultante de los mismos, en el sentido de que si se cumplen los umbrales correspondientes a todos los factores se ha de poder garantizar que el sistema funcionará en condiciones totalmente seguras. Otra cosa es que con valores o magnitudes ligeramen-

te fuera del rango de diseño del ODD, el sistema automatizado presente ciertas probabilidades de poder seguir funcionando.

Otra dimensión que todavía no está clara se refiere al comportamiento del vehículo automatizado, como respuesta al entorno de conducción que encuentra, frente al ODD, que define los atributos de ese entorno que están contemplados desde el diseño. Sobre todo, se trata de concretar el rango de velocidades para el funcionamiento seguro del vehículo automatizado, asociándolo al ODD. No solo es fundamental la velocidad máxima, sino que la velocidad mínima también puede ser un límite a tener en cuenta por sus implicaciones en la seguridad del conjunto de la circulación.

Los ODDs se han desplegado de una forma muy limitada, tan solo internamente por el fabricante en su fase de diseño y pruebas propias e informados a la agencia correspondiente en las pruebas de certificación del vehículo. Sin embargo, es necesario extenderlos a todos los agentes y usuarios del sistema de transporte por carretera, siendo comunicados a los compradores, incluyendo los posibles conductores ocasionales, a los vehículos a través del navegador e integrados de forma georreferenciada en el navegador, con su posible adapta-

ción al recibir información dinámica por conectividad.

Un primer paso en este sentido lo ha desarrollado la empresa TomTom con su nueva utilidad RoadCheck. Esta concentración de la información de todos los ODDs podrá permitir a las administraciones de carreteras la comprobación de qué secciones y segmentos de carreteras son aptos para los vehículos automatizados y cuáles no, pudiendo entrar a analizar la forma de ampliarlos a través de algunas posibles mejoras. Luego, se tendrán que desarrollar procedimientos para la verificación y/o certificación de que realmente es así, tanto para cada marca y modelo, como para el conjunto de los vehículos automatizados que circulen por cada tramo.

Recientemente, se están planteando variantes de los ODDs para adaptarlos a distintas situaciones o evoluciones. En este sentido, el concepto de ODD condicionado o reducido para dar respuesta a situaciones en las que alguno de los factores del mismo presente temporalmente una limitación y se pueda compensar con una operación restringida del vehículo, como reducir la velocidad. También aparece el concepto de ODD dinámico o mejorado, relacionado con la introducción en el vehículo de una actualización o mejora en su sistema

de automatización, que haga que el ODD se amplíe y se haga más robusto, contando, por tanto, con versiones del ODD como ocurre con cualquier software comercial.

Como se ha explicado, el ODD no está enunciado desde la carretera y su entorno, que es lo que más puede interesar a las administraciones u operadores de carreteras. Habría que adaptar el concepto desde la perspectiva de la carretera, como, por ejemplo, una sección de carretera que reúne una serie de características que propician, durante un cierto tiempo o periodo, el funcionamiento de un determinado sistema automatizado de conducción.

Las administraciones de carreteras no pueden seguir supeditadas a que los fabricantes de vehículos decidan unilateralmente el diseño de sus sistemas automatizados sin tener realmente en cuenta qué ocurre con la infraestructura física y de qué manera se podrían mejorar y adaptar las carreteras para potenciar que los ODDs fueran más amplios y robustos.

Para que el sistema sea realmente seguro, las administraciones y operadores de carreteras han de conocer cómo son y cómo se adaptan los múltiples ODDs existentes a las condiciones de cada carretera, para poder gestionarlas de forma eficiente.

En este sentido, se ha propuesto un nuevo concepto, Sección Viaria Operativa (ORS), que permita la adaptación del ODD de los fabricantes a la realidad de cada tramo de carretera. Una ORS se define como una sección de carretera donde todos los sistemas automatizados pueden funcionar de forma segura, teniendo en cuenta las características de la infraestructura física y digital, salvo que haya factores de entorno o variables que

puedan limitar temporalmente alguno de los ODDs. Se trata de las secciones viarias que resultan de la intersección de todos los ODDs correspondientes a todos los vehículos automatizados que circulen por un tramo de carretera.

Para una administración u operador de carreteras este concepto de ORS permitirá deducir las características de la carretera y los umbrales de las mismas que son plenamente facilitadoras para la operatividad de los sistemas automatizados. Así, se podrán establecer las acciones de mejora y adaptación de otros tramos de carreteras que permitan el funcionamiento automatizado continuo sobre ellos. Además, servirá de base para poner restricciones de circulación a algunos sistemas automatizados y fomentar, así, que los fabricantes de vehículos y de sistemas automatizados avancen en sus desarrollos, no solo para los nuevos vehículos sino para actualizar los vehículos automatizados que ya circulaban.

## Referencias

ASAM (2021). P2020-08 ASAM OpenODD Project. Disponible en: <https://www.asam.net/project-detail/asam-openodd/>.

Blumenthal, M. S., Fraade-Blanar, L., Best, R., & Irwin, J. L. (2020). Safe Enough: Approaches to Assessing Acceptable Safety for Automated Vehicles. Blumenthal, Marjory S., Laura Fraade-Blanar, Ryan Best, and J. Luke Irwin (2020). Safe Enough: Approaches to Assessing Acceptable Safety for Automated Vehicles. Santa Monica, CA: RAND Corporation. [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RRA569-1.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA569-1.html).

Fraade-Blanar, L., Blumenthal, M. S., Anderson, J. M., & Kalra, N. (2018). Measuring automated vehicle safety: Forging a framework. Fraade-Blanar, Laura, Marjory S. Blumenthal, James M. Anderson, and Nidhi Kalra (2018). Measuring Automated Vehicle Safety: Forging a Framework. Santa Monica, CA: RAND Corporation. [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR2662.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2662.html).

García, A., Camacho-Torregrosa, F. J., & Baez, P. V. P. (2020). Examining the effect of road horizontal alignment on the speed of semi-automated vehicles. *Accident Analysis & Prevention*, 146, 105732.

Khastgir, S. (2020). The curious case of operational design domain: what is it and is not?. Disponible en: <https://medium.com/@siddkhastgir/the-curious-case-of-operational-design-domain-what-it-is-and-is-not-e0180b92a3ae>.

TomTom. Roadcheck product. Disponible en: <https://www.tomtom.com/products/roadcheck/>. ❖

# ¿De qué hablamos cuando hablamos de evaluación de la evolución del cambio climático en carreteras?

Análisis de los términos empleados en las metodologías de adaptación al cambio climático de infraestructuras de transporte



What are we talking about when we talk about evaluating the evolution of climate change on roads?

## Grupo de trabajo sobre cambio climático aplicado a carreteras

*Comité técnico de Medio Ambiente*

*Asociación Técnica de Carreteras*

El cambio climático ya es una realidad y sus impactos se muestran en todas las regiones del planeta, a través de un conjunto cada vez más amplio de señales. Los datos que aporta la observación sistemática son contundentes y no permite que se mire en otra dirección distinta a procurar fortalecer el conjunto del sistema, por un lado, mitigando los efectos del cambio climático y por otro lado impulsando acciones de adaptación.

España, por su situación geográfica y sus características socioeconómicas, se enfrenta a importantes riesgos derivados del cambio climático. Sectores clave de nuestra economía, como el agrícola y ganadero (incluida la silvicultura), el turístico o el transporte, dependen estrechamente del clima.

La reflexión metodológica que se recoge a continuación se enmarca en la búsqueda de soluciones que permitan mantener nuestro actual nivel de bienestar siempre que sea posible, cuidando la salud humana, la biodiversidad y un medio natural en adecuadas condiciones para generaciones futuras. Para ello, es preciso realizar análisis de los riesgos que se derivan del cambio climático. Sin embargo, la realización de estos análisis a veces se ve dificultada por la existencia de distintas terminologías para denominar un mismo concepto. Por ello, el objetivo de este artículo es proponer un punto de encuentro que permita emplear una terminología única (o equivalente) que facilite la realización de las evaluaciones de riesgos por cambio climático en las infraestructuras de transporte.

Climate change is already a reality and its impacts are shown in all regions of the planet, through an increasingly broad set of signals. The data provided by systematic observation is compelling and does not allow us to look in any other direction than trying to strengthen the system as a whole, on the one hand, mitigating the effects of climate change and on the other hand promoting adaptation actions.

Spain, due to its geographical situation and its socioeconomic characteristics, faces significant risks derived from climate change. Key sectors of our economy, such as agriculture and livestock (including forestry), tourism or transport, are closely dependent on the climate.

The methodological reflection that is collected below is part of the search for solutions that allow us to maintain our current level of well-being whenever possible, taking care of human health, biodiversity and a natural environment in adequate conditions for future generations. For this, it is necessary to carry out analysis of the risks derived from climate change. However, carrying out these analyzes is sometimes made difficult by the existence of different terminologies to describe the same concept. For this reason, the objective of this article is to propose a meeting point that allows the use of a single terminology (or equivalent) that facilitates the carrying out of risk assessments due to climate change in transport infrastructures.

# 1. ¿De qué hablamos cuando hablamos de evaluación del cambio climático en carreteras?

El cambio climático provocará el cambio de tendencias en las variables e índices climáticos, que provocarán, a su vez, una serie de efectos en cascada sobre los sistemas ecológicos y sectores económicos españoles, entre los que se encuentra el transporte, que en el actual modelo económico se convierte en un elemento vertebrador del conjunto de la economía.

La pérdida de operatividad en las infraestructuras de transporte puede deberse a la vulnerabilidad de las infraestructuras frente a las adversidades asociadas al clima, actual y futuro, y puede afectar de forma muy diferente tanto a los activos de las infraestructuras, como a los servicios que éstas prestan.

En el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC) se recoge la necesidad de analizar los efectos del cambio climático en las infraestructuras de transporte e iniciar el camino de la adaptación. Por ello, el Centro de Estudios y

Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), junto con el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, la Diputación de Valencia, Ines Ingenieros Consultores, S.L., Acciona Ingeniería, Lantania, Audeca y la Universidad Autónoma de Madrid, dentro del marco que les brinda el Grupo de Trabajo (GT) sobre “Cambio climático y resiliencia de las carreteras”, creado en el seno de la Asociación Técnica de la Carretera (ATC), está trabajando en una Metodología que permita analizar la vulnerabilidad y el riesgo de las infraestructuras viarias frente al cambio climático.

Existen muchas similitudes entre las carreteras y los ferrocarriles a efectos de la evaluación del cambio climático, si bien en este artículo nos centramos sobre todo en el ámbito de las carreteras.

El estudio de los impactos provocados por el cambio climático no es algo nuevo. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988 para realizar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias

de respuesta. Dentro de este grupo se han ido generando sucesivos informes recogiendo y actualizando esos conocimientos. Así mismo, se han ido actualizando los procedimientos para abordar el estudio de los riesgos vinculados al cambio climático.

Así, el sexto informe de evaluación del IPCC, el más reciente, pone un especial énfasis en la protección de las infraestructuras críticas, incluidos los sistemas de energía y transporte, por considerarse que ambos están muy relacionados (el transporte consume en España más del 40% de la energía final), y cada vez más afectadas por los peligros de las olas de calor, las tormentas, las sequías y las inundaciones, así como por los cambios de evolución lenta, como la subida del nivel del mar.

En la figura 1 se muestra el planteamiento propuesto por el IPCC para el estudio de riesgos. En ella se aprecia que los “ingredientes” del análisis de riesgos ante impactos vinculados al cambio climático son: peligro, vulnerabilidad y exposición.

Particularizando en el ámbito de la carretera, la principal referencia para la realización de este tipo de análisis

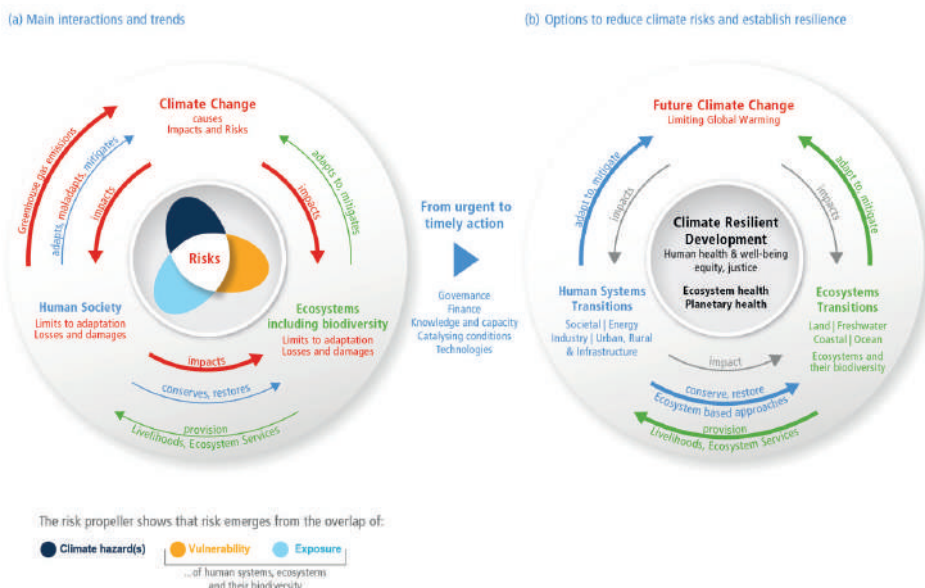


Figura 1. Del riesgo climático al desarrollo de la resiliencia climática: clima, ecosistemas (incluyendo biodiversidad) y sociedad humana como sistemas acoplados (IPCC, 2022)

es el marco metodológico propuesto por la Asociación Internacional de la Carretera, PIARC, que propone un análisis secuencial, en el que el análisis de riesgos parte de una fase preparatoria, en la que se define el alcance y los objetivos del estudio, para a continuación realizar un análisis de la vulnerabilidad, basado en el estudio de la exposición y la sensibilidad de los activos; después se efectúa el análisis de los riesgos, en el que ya entra en juego la valoración de las consecuencias, considerando las probabilidades de que se produzca la afectación y la severidad o gravedad de la misma. Por último, se plantean estrategias de adaptación y se integran los resultados en el proceso de toma de decisiones (figura 2).



Figura 2. Esquema de metodología PIARC. Elaboración propia a partir de PIARC (2019).

La metodología propuesta por PIARC no es la única referencia en el ámbito de las carreteras, sino que hay otras muchas (proyectos de investigación, guías, documentos normativos, etc.), algunas específicas de carreteras y otras en el ámbito de las infraestructuras de transporte de manera más general y con distintos alcances (nacional, internacional, comisión europea u otros organismos internacionales). Todas estas iniciativas tratan, de una forma u otra, de sistematizar la forma de abordar la búsqueda de resiliencia vinculada al cambio climático.

En una comunicación de la Comisión Europea (European Commission, 2021) se trata la defensa de las infraestructuras frente al cambio climático, tanto en su vertiente de mitigación como en la de adaptación. El esquema planteado en la siguiente figura resume la metodología seguida en relación con la adaptación al cambio climático, que es el tema que nos ocupa en este artículo.

Como se puede intuir a partir de las referencias citadas, en los análisis de los impactos y riesgos que el cambio climático puede generar para una determinada actividad (en este

## Resiliencia frente al Cambio Climático Adaptación al Cambio Climático

Fase 1. Comprobación Previa	Fase 2. Análisis detallado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de Sensibilidad</li> <li>• Análisis de Exposición</li> <li>• Análisis de Vulnerabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de Probabilidad</li> <li>• Análisis de Impacto<sup>1</sup></li> <li>• Evaluación de Riesgos</li> <li>• Determinar opciones de adaptación</li> <li>• Valorar opciones de adaptación</li> <li>• Planificar la adaptación</li> </ul>

Figura 3. Esquema de metodología de la Comisión Europea. Elaboración propia a partir de European Commission 2021

caso, la carretera) la terminología y los enfoques pueden ser variados (IPCC, PIARC, EC). Esto puede derivar en confusión a la hora de intentar comprender los distintos fenómenos que se han de tener en cuenta, siendo difícil “acordar” en qué momento de la evaluación se ha de efectuar un determinado análisis e incluso acotar el alcance de los estudios. Se llega al extremo de que un mismo significado, según diferentes metodologías, se asocia a distintos significados.

Por eso, el objeto del presente artículo es “acordar y acotar” de qué estamos hablando en cada una de las etapas de la evaluación de riesgos por cambio climático y contextualizarlo a la luz de otras metodologías, para de esta manera evitar confusiones, en la medida de lo posible, y facilitar el trabajo.

## 2. Marco de trabajo: revisión de las principales referencias sobre cambio climático

Para conocer los términos que se han de emplear en la evaluación de riesgos por cambio climático se ha efectuado una revisión de las principales referencias sobre cambio climático e infraestructuras de transporte. En esta investigación, lo primero que sorprende es la falta de uniformidad de los términos acuñados para designar los conceptos asociados a la evaluación de riesgos del cambio climático (Crespo et al, 2020); por ello, en este artículo se pretende resaltar este aspecto, hacer un barrido por las organizaciones que lo trabajan y comparar los términos utilizados y sus significados.

<sup>1</sup> Esta parte de la metodología de EC (2021) equivale al análisis de la gravedad en el resto de metodologías, incluida la planteada en este artículo.



Para comprender mejor el alcance del estudio de los riesgos asociados al cambio climático, se ha planteado la definición de un relato explicativo. Así este relato es una “mini-historia” que recoge los aspectos que se deben estudiar para conocer y cuantificar el impacto que se puede producir sobre un activo viario o sobre el propio servicio prestado por la carretera derivado de una amenaza climática actual o futura, que se puede ver modificada por los efectos del cambio climático. Este “relato” es el hilo conductor de la metodología propuesta en el marco de la ATC: (Figura 4)

A través del siguiente ejemplo sencillo, transformado en “relato”, se recoge “un posible análisis de los efectos de un evento climático sobre una carretera”. Es un ejercicio de aproximación que intenta facilitar la comprensión de la metodología y comparar los distintos términos que se emplean en otras metodologías y normas. A modo de ejemplo se analizan las consecuencias de un episodio de lluvias intensas sobre un talud de un tramo de carretera.



Figura 4. Propuesta de Esquema metodológico de Evaluación de Adaptación al Cambio Climático del Grupo de Trabajo de la ATC

**Ejemplo de relato:**

Las lluvias intensas (**amenaza**) hacen deslizar (**impacto**) un talud de carretera (**activo**) situado en la zona de estudio (**exposición**), debido a sus características geológicas y su pendiente y altura (**sensibilidad**), cada 5 años (**probabilidad**), provocando pérdidas económicas, ambientales y sociales moderadas (**gravedad**) generando efectos en el tráfico y en las poblaciones próximas (**criticidad**).

Como se puede ver en el ejemplo, hemos asignado un concepto a cada uno de los aspectos que influyen en el relato, de manera que a la lluvia la

consideramos la amenaza, al deslizamiento el impacto, etc. A continuación, se detallan numerosas definiciones recogidas en las diferentes fuentes consultadas para cada uno de estos conceptos (amenaza, impacto, etc.) de análisis de riesgo. Se recogen las definiciones en inglés para que no se pierdan los matices de cada idioma para algunos conceptos incluidos en la metodología. Cada uno de estos conceptos se asocian a cada una de las fases que forman parte de la metodología. El valor añadido de esta publicación es que el GT sobre cambio climático de la ATC propone la definición que más se ajusta a sus objetivos, que es la propuesta de una metodología sencilla y práctica que permita abordar de manera uniforme los estudios de cambio climático en nuestras carreteras.

EVALUACIÓN DE IMPACTOS (I)			
Elemento del relato	Según la metodología...	...lo llama...	... y lo define...
ACTIVO o SERVICIO (A)	ATC	Activo	Elemento (activo de la carretera o servicio de la circulación) receptor de la acción (impacto).
	FHWA (2017)	Asset	Refers to both physical transportation infrastructure such as roads, rails, and bridges as well as support facilities, vehicles, intelligent transportation systems, and ecosystem-related projects.
AMENAZA (H)	ATC	Amenaza	Elemento desencadenante de la acción (impacto).
	IPCC (2014) IMT (2017) IPCC (2018) MITERD (2021) EC (2021) e IPCC (2022) <sup>2</sup>	Peligro (Hazard)	Ocurrencia potencial de una tendencia o suceso físico de origen natural o humano que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, provisión de servicios, ecosistemas y recursos ambientales. El peligro en el CC se refiere a los acontecimientos o tendencias físicas que están relacionados con el clima o sus impactos físicos <sup>3</sup> .
	ISO (2019)	Peligro	Fuente potencial de daño.

<sup>2</sup> La definición dada por la Comisión Europea (2021) e IPCC (2022) (AR6) coincide con las anteriores excepto en la última frase.  
<sup>3</sup> Las definiciones del AR5 del IPCC de 2014 coinciden con las del segundo PNACC. Esa es la razón de que las definiciones sean en castellano

EVALUACIÓN DE IMPACTOS (II)			
Elemento del relato	Según la metodología...	...lo llama...	... y lo define...
IMPACTO (I)	ATC	Impacto	<b>Acción que se produce sobre el Activo o Servicio carretero a causa de la Amenaza.</b>
	IPCC (2014) IMT (2017) ISO (2019)	Impacts (consequences, Outcomes)	Efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del CC. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas; medios de subsistencia; estados de salud; ecosistemas; bienes económicos, sociales y culturales; servicios (incluidos los ambientales) e infraestructuras debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos también se denominan consecuencias y resultados.
	IPCC (2018) MITERD (2021) EC (2021) IPCC (2022)	Impactos consecuencias, resultados) impacts (consequences, outcomes)	Consecuencias de los riesgos materializados en los sistemas humanos y naturales, donde los riesgos provienen de las interacciones entre los peligros relacionados con el clima (incluidos los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos), la exposición y la vulnerabilidad. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud y bienestar, ecosistemas y especies, bienes económicos, sociales y culturales, servicios (incluidos los servicios ecosistémicos) e infraestructuras. También pueden denominarse consecuencias o resultados, y pueden ser adversos o beneficiosos.

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD (I)			
Elemento del relato	Según la metodología...	...lo llama...	... y lo define...
EXPOSICIÓN (E)	ATC	Exposición	<b>Definido por el lugar dónde se produce el impacto.</b>
	EC (2013)	Exposure	The nature and degree to which a system is exposed to significant climatic variations. Exposure is determined by the type, magnitude, timing and speed of climate events and variation to which a system is exposed.
	IPCC (2014) IMT (2017) IPCC (2018) ISO (2019) MITERD (2021) IPCC (2022)	Exposición (Exposure)	Presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, funciones y servicios ambientales o elementos del patrimonio económico, social o cultural en lugares y emplazamientos que podrían ser afectados de manera adversa.
	FWHA (2017)	Exposure	Refers to whether an asset or system is located in an area experiencing direct effects of climate variability and extreme weather events. Exposure is a prerequisite for vulnerability.
	EC (2021)	Exposure	The presence of people; livelihoods; environmental services and resources; infrastructure; or economic, social, or cultural assets in places that could be adversely affected.
SENSIBILIDAD (S)	ATC	Sensibilidad	<b>Características del activo o servicio que condicionan el efecto o grado del impacto (Cómo se produce el impacto).</b>
	IPCC (2007) EC (2013) <sup>4</sup> IPCC (2014) ISO (2019) PIARC (2019) MITERD (2021) EC (2021) IPCC (2022)	Sensibilidad (Sensitivity)	Grado en que un sistema o especie resultan afectados, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climáticos. Los efectos pueden ser directos o indirectos.
	FWHA (2017)	Sensitivity	Refers to how an asset or system responds to, or is affected by, exposure to a climate change stressor. A highly sensitive asset will experience a large degree of impact if the climate varies even a small amount, where as a less sensitive asset could withstand high levels of climate variation before exhibiting any response.

<sup>4</sup> IPCC (2007) y EC (2013) recogen la misma definición en inglés.

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD (II)			
Elemento del relato	Según la metodología...	...lo llama...	... y lo define...
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	ATC	Capacidad de adaptación	Se refiere a los aspectos que mejoran la respuesta de los elementos que componen la Vulnerabilidad aumentando la Resiliencia del activo o servicio.
	IPCC (2007) EC (2013) <sup>5</sup> IPCC (2014) IPCC (2018) ISO (2019) EC (2021) IPCC (2022)	Capacidad de adaptación (Adaptive capacity)	Habilidad de los sistemas, las instituciones y las personas para ajustarse a los daños potenciales, aprovechar las oportunidades o dar respuesta a las consecuencias.
	FWHA (2017)	Adaptive capacity	The ability of a transportation asset or system to adjust, repair, or flexibly respond to damage caused by climate variability or extreme weather.
	PIARC (2019)	Adaptive capacity	La capacidad o el potencial de un sistema para responder con éxito a la variabilidad y el cambio climático, e incluye ajustes tanto en el comportamiento como en los recursos y tecnologías.
VULNERABILIDAD (V)	ATC	Vulnerabilidad	Combinación de Exposición y Sensibilidad. Depende de las características el Activo y del tipo de Impacto. No se asocia directamente a ningún elemento del relato.
	IPCC (2007) EC (2013) EC (2021) FHWA (2017)	Vulnerability	Degree to which a system is susceptible to, and unable to cope with, adverse effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability is a function of the character, magnitude, and rate of climate change and variation to which a system is exposed, its sensitivity, and its adaptive capacity.
	IPCC (2018)	Vulnerabilidad	Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.
	PIARC (2019)	Vulnerabilidad	El grado en que un sistema es susceptible o incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los extremos.
	MITERD (2021)	Vulnerabilidad	Estado de susceptibilidad del ecosistema o sistema socio-ecológico de estudio a las perturbaciones del cambio climático. Está compuesto de tres elementos generales: exposición al impacto, sensibilidad al impacto y capacidad adaptativa al impacto.

EVALUACIÓN DE RIESGO (I)			
Elemento del relato	Según la metodología...	...lo llama...	... y lo define...
PROBABILIDAD (P)	ATC	Probabilidad	Cuándo y cuantos impactos se producen en un periodo de tiempo.
	IPCC (2007) <sup>6</sup> IPCC (2014) IPCC (2018) IPCC (2022)	Probabilidad (Likelihood)	Posibilidad de que se obtenga un determinado resultado, siempre que sea posible estimarlo por métodos probabilísticos.
	EC (2013)	Probability	The chance or relative frequency of occurrence of particular types of events, or sequences or combinations of such events. (Willows and Connell, 2003).
	PIARC (2019)	Probabilidad	La probabilidad de impacto se refiere a la probabilidad de que se produzca un impacto dentro de un plazo determinado. Medida de la probabilidad de ocurrencia expresada como un número entre 0 y 1, donde 0 es la imposibilidad y 1 es la certeza absoluta.

<sup>5</sup> IPCC (2007) y EC (2013) recogen definiciones prácticamente similares en inglés.

<sup>6</sup> IPCC (2007) recoge la misma definición en inglés.

<sup>5</sup> IPCC (2007) y EC (2013) recogen definiciones prácticamente similares en inglés.

EVALUACIÓN DE RIESGO (II)			
Elemento del relato	Según la metodología...	...lo llama...	... y lo define...
<b>GRAVEDAD (G)<sup>7</sup> (Severidad, Magnitud o Consecuencias)</b>	ATC	<b>Gravedad</b>	<b>De cuánto es y qué consecuencias tiene el impacto que se produce.</b>
	PIARC (2019)	Consecuencia	Resultado de un evento que afecte a los objetivos. Un evento puede tener una serie de consecuencias. Una consecuencia puede ser cierta o incierta y puede tener efectos positivos o negativos en los objetivos.
<b>RIESGO</b>	ATC	<b>Riesgo</b>	<b>Combinación de Probabilidad y Gravedad. Depende de las características de la Amenaza. No se asocia directamente a ningún elemento del relato.</b>
	EC (2013)	Risk	Risk is a combination of the chance or probability of an event occurring, and the impact or consequence associated with that event. (Willows and Connell, 2003).
	IPCC (2014)	Risk	Consecuencias potenciales cuando algo que es considerado valioso está en juego y el resultado es incierto. El riesgo se expresa a menudo como la probabilidad de ocurrencia de un hecho peligroso o el producto de las tendencias por los impactos en caso de que esos hechos o tendencias se hagan realidad.
	IMT (2017)	Riesgo	Es el potencial de consecuencias cuando algo de valor está en peligro y donde el resultado es incierto, reconociendo la diversidad de valores. El riesgo se representa a menudo como la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos o tendencias multiplicados por los impactos, si ocurrieran estos eventos o tendencias. El riesgo resulta de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro.
	FHWA (2017)	Risk	A combination of the likelihood that an asset will experience a particular climate impact, and the severity or consequence of that impact.
	IPCC (2018) MITERD (2021) EC (2021)	Riesgo	Potencial de que se produzcan consecuencias adversas por las cuales algo de valor está en peligro y en las cuales un desenlace o la magnitud del desenlace son inciertos. En el marco de la evaluación de los impactos del clima, el término riesgo suele utilizarse para hacer referencia al potencial de consecuencias adversas de un peligro relacionado con el clima, o de las respuestas de adaptación o mitigación a dicho peligro, en la vida, los medios de subsistencia, la salud y el bienestar, los ecosistemas y las especies, los bienes económicos, sociales y culturales, los servicios (incluidos los servicios ecosistémicos), y la infraestructura. Los riesgos se derivan de la interacción de la vulnerabilidad (del sistema afectado), la exposición a lo largo del tiempo (al peligro), así como el peligro (relacionado con el clima) y la probabilidad de que ocurra.
	ISO (2019)	Riesgo	Efecto de la incertidumbre. Un efecto es una desviación de lo esperado. Puede ser positivo, negativo o ambos. Un efecto puede surgir como resultado de una respuesta, o falta de respuesta, a una oportunidad o una amenaza relacionada con los objetivos. La incertidumbre es el estado, incluso parcial, de la deficiencia de la información relacionada, la comprensión o el conocimiento de un evento, su consecuencia o probabilidad.
	PIARC (2019)	Riesgo	Efecto de la incertidumbre sobre los objetivos. El riesgo a menudo se caracteriza por la referencia a eventos potenciales, consecuencias, o una combinación de estos y cómo pueden afectar el logro de los objetivos. El riesgo se expresa a menudo en términos de una combinación de las consecuencias de un evento o un cambio en las circunstancias, y la probabilidad de ocurrencia asociada.
	IPCC (2022)	Risk	The potential for adverse consequences for human or ecological systems. In the context of climate change, risks can arise from potential impacts of climate change as well as human responses to climate change. Relevant adverse consequences include those on lives, livelihoods, health and wellbeing, economic, social and cultural assets and investments, infrastructure, services (including ecosystem services), ecosystems and species. In the context of climate change impacts, risks result from dynamic interactions between climate-related hazards with the exposure and vulnerability of the affected human or ecological system to the hazards. Hazards, exposure and vulnerability may each be subject to uncertainty in terms of magnitude and likelihood of occurrence, and each may change over time and space due to socio-economic changes and human decision-making.

<sup>7</sup> En las referencias consultadas no se ha encontrado una definición para este elemento con el concepto de Gravedad en las fuentes consultadas y referenciadas en esta nota. No obstante, sí que existen definiciones para el concepto de Consecuencia (Consequence).

EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA			
Elemento del relato	Según la metodología...	...lo llama...	... y lo define...
CRITICIDAD (C)	ATC	Criticidad	<b>Características que hacen indispensable un activo o servicio y que sufren el impacto.</b>
	PIARC (2019)	Criticidad	La relevancia de un elemento o sección de infraestructura para la disponibilidad de un sistema de infraestructura carretera.
RESILIENCIA <sup>8</sup> (Plan de adaptación)	ATC	Resiliencia	<b>Análisis de todos los elementos anteriores para procurar la mejor respuesta del servicio o activo frente al Cambio Climático.</b>
	IPCC (2007)	Resilience	The ability of a social or ecological system to absorb disturbances while retaining the same basic structure and ways of functioning, the capacity for self-organisation, and the capacity to adapt to stress and change.
	EC (2013)	Resilience	The capacity of a system, community or society potentially exposed to hazards to adapt, by resisting or changing in order to reach and maintain an acceptable level of functioning and structure. (UN/ISDR, 2004).
	IPCC (2014) IMT (2017) IPCC (2018) IPCC (2022)	Resiliencia	Capacidad de los sistemas económicos, sociales y ambientales para afrontar una perturbación o impacto respondiendo o reorganizándose de forma que conservan su función esencial, identidad y estructura, al tiempo que mantienen su capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.
	FWHA (2017)	Resilience	The ability to anticipate, prepare for, and adapt to changing conditions and withstand, respond to, and recover rapidly from disruptions.
	PIARC (2019)	Resiliencia	La capacidad de prepararse y planificar para, absorber, recuperarse de, o adaptarse exitosamente a eventos adversos reales o potenciales.
	MITERD (2021)	Resiliencia	La resiliencia es la capacidad que posee un sistema para absorber perturbaciones y reorganizarse mientras experimenta cambios, de tal modo que retenga la misma función, estructura, identidad y retroalimentaciones esenciales. Cuanto más resiliente es un sistema, mayores perturbaciones puede absorber sin cambiar a otro régimen alternativo.

<sup>8</sup> Este concepto hoy en día se emplea ampliamente, en el ámbito de las infraestructuras, en el sentido de adaptarse a las diferentes condiciones ambientales, garantizando la seguridad y la durabilidad en buenas condiciones de servicio.

Adicionalmente a los conceptos del relato, se recoge el termino resiliencia que también es necesario definir y aclarar su alcance, ya que es de interés en el marco de los estudios de cambio climático. Este

concepto hoy en día se emplea ampliamente, en el ámbito de las infraestructuras, en el sentido de adaptarse a las diferentes condiciones ambientales, garantizando la seguridad y la durabilidad en

buenas condiciones de servicio. Se incluyen también definiciones del concepto “criticidad”, aspecto fundamental de cara a, por ejemplo, la priorización de las necesidades de actuación.

Como resumen de los conceptos empleados en la metodología se recogen los términos incluidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen definiciones de conceptos empleados en la metodología ATC

Activo o Servicio	Amenaza	Impacto	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación	Vulnerabilidad
Elemento (activo de carretera o servicio de circulación) receptor de la acción (Impacto)	Elemento desencadenante de la acción (Impacto)	Acción que se produce sobre el Activo o Servicio carretero a causa de la Amenaza	Definido por el lugar dónde se produce el impacto	Características del activo o servicio que condicionan el efecto o grado del Impacto (Cómo se produce el Impacto)	Se refiere a los aspectos que mejoran la respuesta de los elementos que componen la Vulnerabilidad aumentando la Resiliencia del activo o servicio	Combinación de Exposición y Sensibilidad. Depende de las características del Activo y del tipo de Impacto. No se asocia directamente a ningún elemento del relato
	Probabilidad	Gravedad (Severidad, Magnitud, Consecuencias)	Riesgo	Criticidad	Resiliencia	
	Cuándo y cuántos impactos se producen en un periodo de tiempo	De cuánto es y qué consecuencias tiene el Impacto que se produce	Combinación de Probabilidad y Gravedad. Depende de las características de la Amenaza. No se asocia directamente a ningún elemento del relato	Características que hacen indispensable un Activo o Servicio y que sufren el Impacto	Análisis de todos los elementos anteriores para procurar la mejor respuesta del Servicio o Activo frente al Cambio Climático	

EVALUACIÓN DE IMPACTOS	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	EVALUACIÓN DEL RIESGO	EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA
------------------------	---------------------------------	-----------------------	------------------------------

### 3. Conclusiones

En algunos sectores existe preocupación por los riesgos derivados del cambio climático a los que la sociedad tiene que hacer frente. Si se quiere ser eficientes proponiendo medidas que permitan adaptarse a la nueva situación, se debe contar con estructuras de trabajo y metodologías que ayuden a detectar los principales impactos, los elementos más vulnerables y los riesgos más relevantes.

Se tiene que asumir que existen distintos enfoques metodológicos para la evaluación de riesgos por

cambio climático, pero se debe hacer un esfuerzo para entenderse y ser capaces de aunar los esfuerzos en marcha.

El objetivo de este artículo (y por extensión de los trabajos que están en marcha en el GT de CC de la ATC) es precisamente ser capaces de dar unas pautas sencillas y claras para poder avanzar en esta senda, con el objetivo a largo plazo de que nuestras redes de carreteras estén lo más adaptadas posible al cambio climático y, consecuentemente, adquieran elevados niveles de resiliencia.

En este sentido, queremos destacar que la metodología que se está proponiendo en el GT sobre cambio climático de la ATC está totalmente alineada con la propuesta en PIARC. Así mismo, desde el CEDEX y desde el GT de la ATC se están manteniendo reuniones con la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) para asegurar que los planteamientos recogidos son compartidos por este organismo y se integran dentro de la metodología más amplia con la que ellos trabajan.

Por último, se puede decir que la evaluación de la vulnerabilidad

que se está proponiendo en el marco de la ATC (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación) es ya por sí misma un análisis de riesgo preliminar, según la metodología IPCC. En una segunda etapa, la evaluación del riesgo que se propone constituiría una evaluación del riesgo detallado, según la metodología IPCC, en la que pasamos cuantificar y monetizar las consecuencias del impacto. De esta forma la metodología propuesta en el grupo de trabajo está en sintonía con la planteada por el IPCC.

## Bibliografía

- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Appendix I: Glossary.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- European Commission (2013). *Non-paper. Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient.* European Commission.
- Willows, R.I. and Connell, R.K. (Eds.) (2003). *Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making.* UKCIP Technical Report, UKCIP, Oxford.
  - UN/ISDR (Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction). (2004). *Living with Risk – A global review of disaster reduction initiatives.*
  - World Bank (2009). *Albania. Climate Vulnerability Assessments. An Assessment of Climate Change Vulnerability, Risk and Adaptation in Albania's Power Sector.* Report No. 53331-ALB.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Annex II, Glossary.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IMT (2017). *Panorama internacional de la adaptación de la infraestructura carretera ante el cambio climático.* Instituto Mexicano del Transporte.
- FWHA (2017). *Vulnerability Assessment and Adaptation Framework. 3rd Edition.* Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation.
- IPCC (2018). *Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza. Anexo I: Glosario. Panel intergubernamental del Cambio Climático (IPCC).* ❖
- ISO (2019). *ISO 14090:2019. Adaptación al cambio climático — Principios, requisitos y directrices.* International Organization for Standardization (ISO).
- PIARC (2019). *Refinamiento del marco internacional de la PIARC para la adaptación al Cambio Climático de la infraestructura carretera.* Asociación Mundial de Carretera (PIARC).
- European Commission (2021). *Commission Notice. Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021-2027.* European Commission.
- Crespo, L. y Jiménez, F. (2020). *Metodología de análisis de adaptación al cambio climático de infraestructuras de transporte.* Revista Ingeniería Civil, 197/2020: p. 118-129.
- MITERD (2021). *Impactos y riesgos derivados del Cambio Climático en España.* Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD).
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report. Annex II: Glossary. Panel intergubernamental del Cambio Climático (IPCC).* ❖

# El cómic “Nieve”: Un homenaje a los trabajadores de conservación



## Jesús Rubio Alférez

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

Tenemos muchos casos en los que la carretera es el escenario principal de un cómic. “Akira: La autopista”, de Katsuhiro Otomo, considerado uno de los cómics más relevantes de la década de los 80 del siglo XX, es un buen ejemplo, pero creo que el cómic “Nieve”, recientemente presentado, es el primero que se genera desde el mundo de la ingeniería dedicado a la conservación de carreteras.



La confluencia de los astros y el buen trabajo del grupo “Vertebra!”, formado por ingenieros de caminos dispuestos a difundir nuestro trabajo por medios más abiertos al público de toda edad y condición, permitió poner en marcha en el ComiConCaminos de marzo de 2022 este cómic.

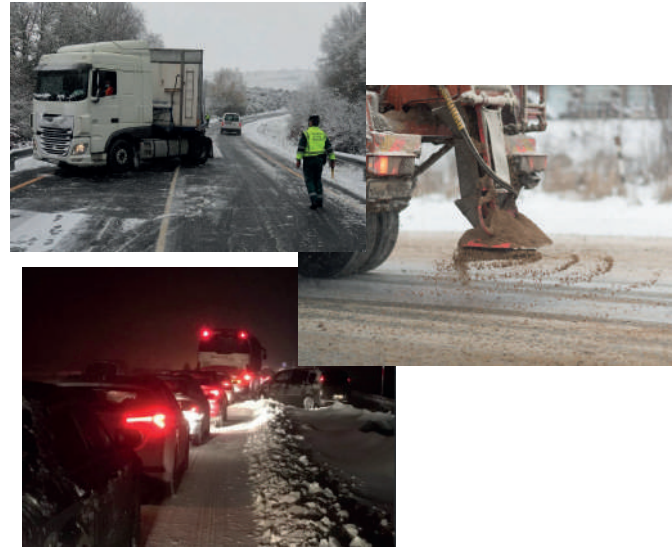
Durante la citada convención pudieron ponerse en contacto ingenieros y artistas del mundo del cómic que, entre cervezas, llegaron al acuerdo de que merecía la pena hacer lo que no se había hecho hasta ahora: un cómic en el que los protagonistas fuesen las personas que están trabajando en la carretera, velando por su buen funcionamiento en todo momento.

Hubo que centrar la historia en una sola de las funciones de conservación y pronto se llegó a la conclusión que la vialidad invernal era la más interesante para comenzar una divulgación inédita.

Una vez documentadas las funciones principales de la vialidad invernal, perfectamente resumidas por Carlos Ca-







sas (“Si vis pacem, para bellum”, en Rutas, 185), la sinopsis convirti3 unos informes administrativos en una historia con conflictos, sin los cuales no hay c3mic que se precie, y el gui3n termin3 de ambientar la historia y sus personajes.

Con Zaca a la cabeza, la trama tom3 forma en una historia coral, tal como se pretend3a.

Una vez terminado el gui3n, se document3 con fotos de distintos centros de conservaci3n y de situaciones reales vividas en las carreteras durante nevadas. El paso de esta documentaci3n a las viñetas ha sido apuntado en los contenidos extras del c3mic.

El resultado, en mi opini3n, es excelente. El equipo, liderado por Tirso Cons, ha dado forma al objetivo inicial: un c3mic que fuese un homenaje a las personas que, en algunos casos han dado su vida, trabajando en las con-

diciones climatol3gicas m3s adversas que pueden darse en nuestras carreteras.

El gui3n de David Mu3oz, el storyboard y dibujo de Tirso Cons, los acabados de Marcial Toledano y el color de Javier Mart3n, nos ofrecen una historia atractiva, en la que el homenaje se hace presente, pero no interfiere en la historia. El equipo se completa con Mikel Navarro, responsable del dise1o y la rotulaci3n.

Creo que nuestros personajes, metidos en la carretera en una nevada inclemente, nos har3n pasar un buen rato a los que amamos nuestro oficio e ilustrar3n a j3venes y mayores, acerca de unas tareas que se dan por supuestas, pero que necesitan buenos profesionales con nombres propios, que sepan qu3 hacer cuando la ventisca se empe1a en no dejarte trabajar.

El c3mic se puede descargar en:  
[www.alaudaingenieria.es](http://www.alaudaingenieria.es) ❖



# MITMA lanza un programa integral de innovación para transformar la Red de Carreteras del Estado



- El secretario general de Infraestructuras presenta el Programa de Compra Pública de Innovación, que persigue buscar soluciones para facilitar la gestión de las carreteras y mejorar la movilidad, apostando por la sostenibilidad y las nuevas tecnologías
- El Ministerio abre la primera consulta a empresas para orientar las futuras políticas de innovación de la infraestructura viaria y poner coto a las limitaciones en la gestión
- Xavier Flores defiende la importancia de apostar por las nuevas tecnologías ya que permitirán una mayor eficiencia de la inversión pública y una mejora del servicio
- Mitma identifica 10 retos iniciales del Programa para reforzar y modernizar la planificación, la construcción, la seguridad vial y conservación y explotación de las carreteras

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), a través de la Dirección General de Carreteras y promovido por la Secretaría General de Infraestructuras, lanza un programa integral de innovación que da

comienzo con una Consulta Preliminar al Mercado sobre 10 áreas técnicas en materia de Carreteras y que estará abierta para la presentación de propuestas hasta el 30 de Enero.

Este programa se presentó el pasado 30 de Noviembre en la sede del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, donde se alcanzó el aforo completo y además se conectaron 400 personas para su seguimiento on-line.

La apertura del evento corrió a cargo del Secretario General de Infraestructuras, Xavier Flores, quien afirmó que se persigue buscar soluciones para facilitar la gestión de las carreteras y mejorar la movilidad, apostando por la sostenibilidad y las nuevas tecnologías. En efecto, el secretario general de Infraestructuras ha aprovechado su intervención para recordar que el Ministerio de Transportes tiene una fuerte voluntad de innovación que desea transmitir al mundo empresarial y que se traduzca en mayor eficiencia de la inversión pública y mejor servicio público.

Por su parte, el Director General de Carreteras ha destacado el claro compromiso de la DGC con la innovación en carreteras, concebidas como soporte para la movilidad y la eficiencia del transporte. Y es que Mitma tiene un fuerte compromiso para avanzar en la incorporación de soluciones innovadoras para resolver problemáticas en materia de carreteras, que en gran medida se encuentran alineadas con la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada.

La Consulta Preliminar al Mercado incluye 10 retos que engloban aspectos de descarbonización, digitalización, big-data, seguridad vial avanzada, vehículo autónomo y conectado, así como tecnologías innovadoras en la construcción de carreteras y su conservación.

MITMA ha habilitado una página web en la que se puede consultar información detallada de cada uno de los retos así como toda la información actualizada sobre el procedimiento: <https://www.mitma.es/carreteras/innovacion/compra-publica-de-innovacion> Además en ella se pueden consultar las Preguntas Frecuentes donde se contesta públicamente las preguntas que los interesados pueden dirigir

a lo largo del plazo de la consulta.

De manera resumida a continuación se sintetiza el objeto de cada uno de los 10 retos presentados:

1. Diseño, mejora y optimización de las infraestructuras y el transporte viario. El objetivo es aprovechar al máximo la capacidad viaria, tomando decisiones más informadas y alcanzando un diseño más preciso en materia de funcionalidad viaria, entre otros.
2. Impulsar el despliegue del vehículo autónomo y extender su dominio operativo en la RCE, promoviendo solo inversiones eficientes para reducir desconexiones, y mejorar la eficiencia del tráfico, la seguridad vial y la comodidad de los usuarios.
3. Ejecución innovadora de las infraestructuras viarias. Los beneficios que se busca conseguir es un mayor control de las obras con la detección en tiempo real de problemas durante su ejecución y la posibilidad de análisis posteriores. Así se podrán optimizar recursos, reducir
4. Construcción de firmes bajo criterios de sostenibilidad, seguridad y eficiencia energética. Se persigue mitigar impactos ambientales, mejorar la eficiencia y reducir costes de operación. También se busca implantar cambios en el modelo de gestión de infraestructuras, incrementando la durabilidad de los pavimentos, evitando contratiempos, mejorando la seguridad y salud de los trabajadores y reduciendo accidentes.
5. Tecnologías e Inteligencia Artificial para la inspección de activos de la carretera: Aumento del conocimiento de los elementos inspeccionados, incremento de la seguridad, mejora del tráfico y digitalización.
6. Innovación aplicada para la racionalización de la gestión de los túneles de la RCE: Mejora en la optimización de la opera-



## LOS 10 RETOS DEL PROGRAMA DE INNOVACIÓN DE LA DGC



ción de los centros de control, las condiciones de comunicación de los centros de control y los servicios ofrecidos dentro del túnel. Facilitar las labores de formación reduciendo tiempos y esfuerzos de adaptación al puesto de trabajo y mejora de la comunicación a través de conexiones con el exterior mediante redes 4G/5G.

- 7. Soluciones innovadoras para el diagnóstico del estado evolutivo de los firmes. El objetivo es aplicar criterios de decisión objetivos y cuantificables y optimizar la inversión, priorizando actuaciones, programando actividades de conservación preventiva y planificando costes de gestión para los próximos ejercicios, entre otros.
- 8. Eficiencia Energética en la RCE. Racionalizar el uso de la energía y aumentar la eficiencia energética. Contribución a la descarbonización del transporte.

- 9. Gestión avanzada de la seguridad vial. Promover una profunda comprensión de la casuística y la génesis de la accidentalidad en la red de carreteras, mejorar la capacidad para la evaluación objetiva de medidas de seguridad vial, tomar decisiones más informadas, hacer inversiones más eficientes y ser proactivos, aprovechando todas las fuentes de datos disponibles en la actualidad.

- 10. Medidas de protección para usuarios vulnerables y para accidentes con fauna: Implementación de tecnología que permita detectar la presencia de animales en el entorno de las carreteras y avisar al conductor en caso de que pudiera suponer un obstáculo en la calzada. Reducción del número de atropellos de animales que en algunos casos son especies protegidas como es el caso del lince ibérico

A día de hoy, son 266 las entidades de diversos sectores como el de la obra civil, el tecnológico, la consultoría, o el científico, que han manifestado su interés en el procedimiento, entre las que se incluyen empresas privadas, centros de investigación, o universidades.

Desde MITMA se espera poder llevar a cabo procedimientos de contratación, adecuaciones normativas, nuevas regulaciones o directrices, o cualquier otra acción que permite avanzar con la implantación de todas aquellas innovaciones consideradas de alto valor añadido desde el punto de vista técnico y con potencialidad para maximizar el uso eficiente de los recursos públicos y en definitiva prestar un mejor servicio público.

# 2ª Conferencia Internacional sobre la Explotación y la Seguridad de los Túneles de Carretera y VIII Simposio Nacional de Túneles



Granada, 25 al 27 de octubre de 2022

**Rafael López Guarga y Rafael Sánchez Tostón**

*Presidente y Secretario del Comité de Túneles de la ATC*

Durante los días 25, 26, 27 de octubre de 2022 se ha celebrado en el Palacio de Exposiciones y Congresos de Granada, el VIII Simposio nacional de Túneles de carretera, que a su vez se ha correspondido con la 2ª Conferencia Internacional sobre la "Explotación y la Seguridad de los Túneles de Carretera".

Este evento ha sido organizado conjuntamente por el Comité Nacional Español de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), que tradicionalmente realiza sus congresos de túneles cada cuatro años, y PIARC, que tras el éxito de su primera Conferencia Internacional en Lyon (Francia) en el 2018 se ha animado a celebrar esta 2ª Conferencia.

El Simposio ha contado en la organización con la colaboración de distintos organismos tales como el MITMA, la Junta de Andalucía, la Diputación Provincial de Granada, el Ayuntamiento de Granada y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Como colofón a las tres jornadas de exposiciones técnicas, el viernes 28 de octubre, se realizaron visitas técnicas a los túneles de Calle 30 en Madrid, y a los túneles de la A-7 en Andalucía Oriental.

Los retos planteados por el Cambio Climático, la Sostenibilidad y la Resiliencia de las Infraestructuras, así como la Transformación Tecnológica del Transporte por Carretera están redefiniendo las normas de diseño y gestión de las carreteras y, por supuesto, de los túneles de carretera, habiendo sido el eje central del Simposio.

**MARTES  
25 DE OCTUBRE**

**Sesión Inaugural**

El acto estuvo presidido por D. José Entrena Ávila, Presidente de la Diputación Provincial de Granada, D. Mario Muñoz-Atanet, Viceconsejero de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda de la Junta de Andalucía, Mr. Nazir Alli, Presidente de PIARC, D. Álvaro Navareño Rojo, Subdirector General de Conservación de Carreteras del MITMA, Mr. Patrick Mallejacq, Secretario General de PIARC, D. Miguel Ángel Carrillo Suárez, Presidente del Colegio de ICCP, Dña. Mª Rosario Cornejo Arribas, Presidenta de la ATC y Mr. Ingo Kaundinya, Presidente del Comité TC4.4 de PIARC.

Esta sesión sirvió como una breve introducción de los diferentes temas que se iban a tratar durante las jornadas y mostraba el compromiso de todos los organismos intervinientes con la mejora de los túneles en las redes de carreteras, nacionales e internacionales. Se expuso la labor que viene realizando PIARC, desde su fundación en 1908, así como la Asociación Técnica de Carreteras, desde el año 1971.



Sesión inaugural, de izquierda a derecha, Ingo Kaundinya, Mª Rosario Cornejo Arribas, Patrick Mallejacq, Mario Muñoz Atanet, José Entrena Ávila, Nazir Alli, Álvaro Navareño Rojo y Miguel Ángel Carrillo Suárez



Mesa de Directores, de izquierda a derecha, Nam-Go Kim (Corea del Sur), Ronald Mante (Países Bajos), Tiago Massingue (Sudáfrica), David Palmitjavila (Andorra), Álvaro Navareño (España), Nazir Alli (Moderador de la Mesa y Presidente de PIARC), Guillermo Toro Acuña (Colombia), Ingo Kaundinya (Alemania), Corinne Chiodini (Noruega), Christian Gammeter (Suiza) y Eric Premat (Francia)

Tras la intervención de estos destacados miembros, hubo una actuación musical por parte de Juan Habiachuela Nieto, que llenó de sentimiento flamenco el palacio de Exposiciones y Congresos de Granada

**Mesa de Directores**

El Simposio se inició con una Mesa de Directores moderada por Mr. Nazir

Alli, en la que representantes de España, Colombia, Andorra, Alemania, Corea del Sur, Noruega, Suiza y Francia expusieron la situación en la que se encuentra el sector de los túneles en sus respectivos países y los retos que están afrontando.

D. Alvaro Navareño Rojo expuso la situación en la que se encuentra España en relación a los proyectos de adecuación de túneles que se han

redactado en estos últimos años, las obras que ya se están ejecutando y la importante inversión que el Estado está llevando a cabo.

D. Guillermo Toro Acuña, Director General del Inviás de Colombia, expuso la situación de su país, en la que la Red de Carreteras se está expandiendo gracias a una inversión superior a 1.000 M€, que les ha llevado a disponer de cuatro de los cinco túneles más largos de Sudamérica. Destacó la necesidad que tiene su país de empresas y profesionales especializados en túneles y sistemas de seguridad asociados.

D. David Palmitjavila, Director COEX del Gobierno de Andorra, explicó que la Red de Carreteras que gestiona tiene 9 túneles que suman 12 km, lo que supone el 12% de longitud de la red, estando previsto que se incremente hasta los 40 km, lo que muestra el peso relativo de los túneles en las carreteras andorranas.

Otro de los aspectos que destacaron los Directores en sus exposiciones, fue la problemática a la que se enfrentan por el envejecimiento y mantenimiento de los túneles más antiguos, que requieren elevadas inversiones para actualizarlos a los estándares actuales.

A este respecto, Mr. Ingo Kaundiya, Director de Túneles de BAST, contó la experiencia que están teniendo en Alemania con la renovación de varios túneles con un tráfico muy elevado, que les está llevando a diseñar los nuevos túneles con secciones de mayores dimensiones para así poder gestionar mejor el tráfico durante las tareas de renovación.

Christian Gammeter, Director de Túneles de la Agencia Federal de Carreteras de Suiza, hizo hincapié en que en su país el 70 % del consumo eléctrico de la red de carreteras se debe a los túneles, por lo que se están tomando medidas para una im-



Primera Sesión, Los nuevos retos de los túneles ante el objetivo 2030, de izquierda a derecha, Manuel Romana, Rafael Lopez Guarga, Patrick Malléjacq, Mª Rosario Cornejo Arribas, Ingo Kaundiya e Ignacio del Rey

plantación 100% de iluminación LED con otras mejoras en la eficiencia energética, como revestimientos con paneles blancos, pavimentos coloreados y adaptación dinámica de la iluminación según las condiciones del tráfico.

### Primera sesión: Los nuevos retos de los túneles ante el objetivo 2030

La presidencia de la mesa correspondió a Dña. Mª Rosario Cornejo Arribas, presidenta de la ATC. Inició la sesión Mr. Ingo Kaundiya con la ponencia "Future challenges for tunnel, safety and operation from the perspective of PIARCS tunnel committee" en la que repasó las actividades del Comité de Túneles en el periodo 2020-2023: publicaciones, manuales, reuniones, simposios, e indicó las actividades previstas para el siguiente ciclo 2024-2027.

A continuación, D. Rafael, López Guarga, Director Técnico del Simposio, con su ponencia "Túneles de futuro. Objetivo 2030" repasó cómo ha evolucionado el equipamiento y explotación de los túneles, las tenden-

cias actuales en los aspectos relacionados con la explotación y seguridad de los mismos y los retos que todavía quedan por abordar: transición ecológica, digitalización, mejora de la funcionalidad, resiliencia, sostenibilidad, nuevas energías de propulsión, vehículos conectados y nuevas tecnologías.



Rafael Lopez Guarga, Director Técnico de la Conferencia

Seguidamente, intervino D. Ignacio del Rey Llorente, de TYPESA, dejando constancia de por qué es uno

de los técnicos con mayor conocimiento y experiencia en temas de ventilación de túneles. En su ponencia expuso los desafíos a los que se enfrentan los proyectistas para optimizar los sistemas de ventilación, con unos objetivos que no son inalterables por el tiempo, que han sufrido modificaciones y lo seguirán haciendo a lo largo de los próximos años.

Para cerrar esta primera sesión, D. Manuel Romana García, de la Universidad Politécnica de Madrid, intervino para exponer las “Recomendaciones para las aproximaciones y zonas de bocas de túneles para aumentar la resiliencia y facilitar la construcción y la explotación de los túneles”, en la que aprovechó para recordar la importancia de la “Ley de Sitter” o “Ley de los cinco”, que postula que “un dólar gastado en fase de diseño y construcción elimina costes de 5 dólares en mantenimiento preventivo, 25 dólares en labores de reparación y 125 en rehabilitación”.

**Segunda sesión: Explotación y gestión sostenible de túneles**

La Sesión de tarde se celebró en dos salas. La SALA 1 estuvo presidida por D. Álvaro Navareño Rojo, Subdirector General de Conservación del MITMA, y se dedicó a la “Resiliencia en túneles de carretera”, entendiendo ésta como la capacidad para mantener un nivel de seguridad aceptable ante diversas circunstancias, especialmente cuando se interrumpe la situación normal.

Mr. Ronald Mante, de la Rijkswaterstaat, Ministry of Infrastructure and Water Management, expuso como el túnel de Heinoord en los Países Bajos se mantuvo en explotación durante los trabajos de adecuación mediante un “montaje en paralelo”, cuyo concepto supuso que las nuevas ins-



Segunda Sesión, Resiliencia en los túneles, de izquierda a derecha, Guillermo Toro Acuña, Bijan Khalegui, Arild Søvik, Álvaro Navareño Rojo, Ronald Mante y César Fernández-Nespral Pérez



Segunda Sesión, sala 2, de izquierda a derecha y de arriba a abajo, Javier Berges Redondo, Anne Lehan, Iván Ricondo Zaldívar y Vicente Sebastián Alapont

Otros aspectos tratados en esta sala fueron las condiciones mínimas de explotación, equipo humano, inteligencia artificial y los aspectos macroeconómicos asociados a la resiliencia de los túneles.

La SALA 2, presida por Dña. Isabel Blanco Bergareche, Subdirectora Adjunta de Circulación de la DGT, se dedicó a los “Sistemas ITS y su cola-

la que explicó como la integración de los sistemas de gestión y control del túnel con programas de inteligencia artificial ya se está utilizando para mejorar la seguridad de los túneles.

Los vehículos conectados autónomos también fueron objeto de debate en varias comunicaciones libres, como la de “Vehículos conectados y autónomos (CAV) a través de los tú-





Tercera Sesión, Gestión de túneles urbanos y de elevado tráfico, de izquierda a derecha, Juan Manuel Sanz Sacristán, Ricardo Miranda, Rosalía Gonzalo López, Arthur Kabuya y Antonio Tocino de la Iglesia

“Mantenimiento y explotación de túneles de carretera con tráfico pesado”, Mr. Arthur Kabuya, del Servicio Público Regional de Bruselas, expuso los casos de estudio que ha recopilado PIARC en estos últimos años, que permiten analizar con mayor profundidad este tipo de infraestructuras.

Enlazando con esta ponencia, D. Antonio Tocino de la Iglesia, de Calle 30, presentó uno de los mejores ejemplos de infraestructura urbana con “La complejidad de la explotación en una infraestructura de grandes dimensiones”, en el que explicó como Calle 30, con una red de túneles de 40 km, que son los mayores túneles urbanos de Europa, se gestiona mediante un contrato por indicadores que incluye trabajos de mantenimiento en horario nocturno y que también recoge los proyectos de renovación de infraestructuras e instalaciones, tratando de minimizar la afección al tráfico.

Destacó en esta sesión la ponencia de D. Juan Manuel Sanz Sacristán, Responsable de ventilación y seguridad de túneles de SENER, en la que expuso soluciones y configuraciones empleadas en los túneles de carretera en diferentes países para mejorar el entorno en el que se ubican, que incluyen desde silenciadores, filtros, sistemas de catalización o chimeneas elevadas en los puntos de extracción de aire hasta soluciones como pavimentos y revestimientos catalíticos para reducir el impacto en el entorno.



Cuarta Sesión, de izquierda a derecha, Bernhard Kohl, Enrique Catalina Carmona, Ingo Kaundinya, Peter Sturm y Ramón Morera Fauquier

neles” de D. Iván Ricondo Zaldivar de Tekia, o la de “¿Están los túneles preparados para el tránsito de vehículos autónomos y conectados?” de D. Vicente Sebastián Alapont, de Electronic Trafic, en las que se analizan las posibilidades que se abren a la hora de comunicar usuarios y explotadores, tanto por el reto tecnológico que suponen como por las consecuencias que esto puede entrañar.

## MÉRCOLES 26 DE OCTUBRE

### Tercera sesión: Gestión de túneles urbanos y de elevado tráfico

La mesa de la tercera sesión fue presidida por Dña. Rosalía Gonzalo López, Consejera Delegada de Calle 30. En la primera de las ponencias,

### Cuarta sesión: Nuevas energías de propulsión de vehículos y su impacto en los túneles

Esta sesión estuvo presidida por Mr. Ingo Kaundinya, Presidente del Comité TC 4.4 “Túneles” de PIARC, y estuvo centrada en las nuevas energías de propulsión y el impacto di-

recto que ya están suponiendo en la seguridad de los túneles.

En la ponencia “Impacto de los nuevos vectores energéticos en el diseño y la seguridad de los túneles” Mr Peter Sturm, de la Graz University of Technology, expuso que el Comité Técnico TC 4.4 de PIARC está investigando como el cambio en estas tecnologías de propulsión va a modificar la naturaleza de los riesgos para la seguridad de túneles, especialmente el derivado de los incendios, por lo que será necesario realizar un examen detallado del riesgo de incidentes significativos en los que se vean implicados dichos vehículos.

Un ejemplo claro de esta necesidad fue expuesto por Mr. Bernhard Kohl, de ILF Group Holding, en su ponencia “Enfoques de evaluación cuantitativa del riesgo de los nuevos vectores energéticos de propulsión de vehículos en los túneles de carretera” en la que se expuso que, si bien los incidentes con nuevas energías de propulsión parecen tener una influencia menor en el riesgo general de los túneles modernos, los riesgos de incendio y explosión, por sí solos, parecen aumentar significativamente, produciéndose incendios de características no consideradas hasta la fecha.

Asociado a esta nueva configuración del parque móvil se deben plantear nuevas posibilidades como la implantación de puntos de carga eléctrica en túneles y las modificaciones que supone en la calidad del aire la circulación de este tipo de vehículos, aspecto que quedó recogido en la comunicación de D. Alberto Cuadrado Madrona de IDOM.

Para finalizar esta sesión, D. Ramón Morera Fauquier, de INNOVIA , planteó en su ponencia “El vehículo eléctrico también contamina” como, a fecha de hoy, los vehículos eléctricos tienen un impacto medioambiental que dista bastante del concepto ecológico al que están asociados.

**Quinta sesión:  
Explotación y gestión sostenible de túneles (continuación)**

Las sesiones vespertinas se desarrollaron en dos salas.

La SALA 1, bajo la presidencia de D. Rafael López Guarga, Director Técnico del Simposio, los temas que se abordaron, estuvieron centrados en la “Gestión de Emergencias”, un tema recurrente pero siempre necesario para el intercambio de experiencias en todas las operaciones de auxilio ante eventos no deseados y de ayuda a la evacuación.

En la ponencia “La gestión de la información en los accidentes en túneles”, D. Emilio Leo Ferrando, de la Subdelegación del Gobierno en Huesca, Unidad de Protección Civil, expuso como se está trabajando en el túnel de Somport, de gestión binacional, para consensuar las informaciones que se vayan a emitir a través de las redes sociales de las instituciones y las notas de prensa oficiales para garantizar su veracidad y rapidez y evitar contradicciones.

Ms. Natalia Schmidt-Polonczyk, de la XAGH University of Science and Technology, en su ponencia “Pedestrian behavior during real scale evacuation experiments in road tunnels” destacó



Quinta Sesión, Sala 1, Gestión de las emergencias, de izquierda a derecha, Natalia Schmidt-Polonczyk, Arnold Dix, Rafael López Guarga y Emilio Leo Ferrando



Quinta Sesión, Sala 2, Análisis de Riesgos, de izquierda a derecha, Guillermo Llopis Serrano, Bernhard Kohl, Mónica López Alonso y Christophe Willmann

como, en simulacros a escala real, el comportamiento de los usuarios durante la evacuación difiere de los modelos teóricos, lo que debe recordarnos la importancia del factor humano.

Otros temas destacables en esta sesión fueron las implicaciones que tienen en las emergencias los vehículos de energía alternativa, que presentó Dña. Nuria Romeo Girón, de túnel de Somport, o como gestionar las emergencias mediante planes dinámicos, comunicación en la que D. Miguel Ángel Meléndez Fernández, de Kapsch TrafficCom Transportation, explicó como para minimizar el impacto de incidentes en túneles complejos se requieren sistemas de control ca-

paces de generar dinámicamente y en tiempo real planes de emergencia idóneos.

En la SALA 2, con Mr. Bernhard Kohl como presidente de mesa, se trataron los “Análisis de Riesgos”, temática que gracias a las experiencias adquiridas en su aplicación tanto en proyectos de nuevos túneles como en la rehabilitación de los existentes ha permitido mejorar y ampliar su rango de uso.

Un ejemplo significativo de esta mejora fue presentado en la ponencia de D. Guillermo Llopis Serrano, del MITMA, que recogió la propuesta de uno los grupos de trabajo del Comité de Túneles para actualizar la metodo-

logía MARTE en la que se han tenido en cuenta los conocimientos acumulados durante estos últimos años y que pretende mejorar, extender y facilitar el uso de esta herramienta a todos los implicados en la seguridad de los túneles.

Destacables en esta sala fueron también las exposiciones de Mr. Christophe Willmann, del Centre d'Etudes des Tunnels, que presentó las mejoras que se van a implementar en el programa DG-QRAM de análisis de riesgos de mercancías peligrosas, así como la de D. Carlos del Álamo Merino, de Typsa, que presentó una herramienta centrada en la combinación de modelos de comportamientos de humos de tipo tridimensional con modelos de evacuación simplificados.

## JUEVES 27 DE OCTUBRE

### Sexta sesión: Ventilación e iluminación

En la SALA 1, con Mr. Bijan Khaleghi, miembro del Comité TC 4.4 “Túneles” de PIARC, como presidente de mesa se expusieron los avances en “Ventilación”.

Gracias a la presencia de expertos en esta materia, se trataron temas como la sostenibilidad en la ventilación de túneles actuales y previsiones futuras y las medidas en la gestión de la ventilación para la reducción del riesgo, destacando la intervención de Mr. Fathi Tarada, de Mosen.

Entre las comunicaciones libres, se presentaron casos prácticos como el de la “Renovación de Ventiladores del Túnel 2 de Guadarrama” por parte de D. Gonzalo Grande Tomé, de Autopistas. También destacó la comunicación de D. Ernesto Sánchez Larios, de SENER, que presentó casos de



Sexta Sesión, Sala 1, Ventilación, de izquierda a derecha, Bijan Khale-gui, Juan Manuel Medina Torres y Fathi Tarada



Sexta Sesión Sala 2, Iluminación y eficiencia energética, de izquierda a derecha, Dorian Talon, Francisco Ruiz Hidalgo, Jorgen Holst y Luis Azcue Rodríguez

aplicación de IA en ventilación, donde a partir de los datos existentes en la infraestructura y la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial, se correlaciona y predice el comportamiento fluidodinámico en función de las condiciones meteorológicas, lo que representa un avance significativo en la toma de decisiones para mejorar las condiciones ambientales.

La SALA 2 se dedicó a la “Iluminación y eficiencia energética” con la presidencia de mesa de D. Francisco Ruiz Hidalgo, Ingeniero Jefe Accidental de la Demarcación de Carreteras del Estado en Andalucía Oriental, temática ésta que tuvo una importancia mayor a la habitual debido a la situación de crisis energética y al alza en los precios de generación de energía que se están produciendo a nivel global.

En la primera ponencia de la sala, “Regulación de los sistemas de iluminación de túneles de carretera. estrategias para optimizar su rendimiento”, D. Javier Borja López, de IDOM, planteó distintas estrategias para optimizar la filosofía de control del sistema de alumbrado de un túnel de carretera, tomando como referencia las experiencias recopiladas procedentes de túneles en explotación y de la práctica de los distintos fabricantes y suministradores.

Seguidamente, D. Luis Azcue Rodríguez, Jefe de Servicio de la Subdirección General de Conservación de la Dirección General de Carreteras, expuso el ambicioso, pero necesario, plan para el ahorro y mejora de la eficiencia en las instalaciones de iluminación en túneles de carreteras del Estado, para cuya rehabilitación está prevista una inversión de 340 M€.

Otras comunicaciones libres pusieron de manifiesto como los ya conocidos sistemas de control de iluminación y las tecnologías de iluminación LED se han impuesto definitivamente en todos los túneles de nueva



Séptima Sesión, Estado actual de los túneles y su relación con la Normativa, de izquierda a derecha, Benjamín Celada Tamames, Miguel Caso Flores, Camino Arce Blanco, Eva M<sup>a</sup> Montero Yéboles y Tiago Massingue

va construcción y en los que se están realizando tareas de renovación.

D. Rubén Jover Sevilla, de Sacyr Concesiones, presentó un sistema de iluminación lineal mediante luminarias continuas a lo largo del túnel que permite dar unas condiciones de homogeneidad y de confort en la conducción sin precedentes y que ya se ha implantado en túneles como los de la autopista Vespucio Oriente, en Santiago de Chile.

### Septima sesión: Estado actual de los túneles y su relación con la normativa

La madurez que han alcanzado las normativas de seguridad de túneles se ha visto reflejada en que, ya no solo los túneles de nueva construcción se diseñan con los criterios en ellas incluidos, sino que su aplicación también se ha hecho extensiva a los túneles existentes.

Dña. Camino Arce Blanco, Subdirectora General de Construcción del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, presidió la mesa de última sesión en la que se trató esta temática relacionada con la normativa.

Dña. Eva M<sup>a</sup> Montero Yéboles, de TYPESA, inició la sesión con una ponencia en la que destacó la dificultad de diseñar cuartos técnicos de acuerdo a la normativa internacional ya que deben considerarse simultáneamente normas como la NFPA 101, NFPA 101, NFPA 110, IBC (International Building Code), IFC (International Fire Code), etc.

A continuación D. Benjamín Celada Tamames, de Geocontrol, expuso cómo se han previsto adaptar a la normativa europea los túneles de Belate y Almandoz, que pasarán de ser de tráfico bidireccional, en los que tradicionalmente se han producido numerosos incidentes, a unidireccionales con niveles de seguridad equivalentes o superiores a los túneles de nueva construcción.

De manera similar, Tiago Massingue, de la South African National Roads Agency, presentó las mejoras proyectadas para el túnel de Huguenot, de 3.913 metros, que también está previsto que se duplique y que mejore sus instalaciones de seguridad, incluyendo un sistema de ventilación capaz de responder frente a un incendio de 100 MW.

En esta sesión quedó patente la importancia que ha tenido la Directiva Europea 2004/54 en la mejora de la



Clausura de la Conferencia, de izquierda a derecha, Rafael López Guarga, Patrick Mallejacq, Xavier Flores García, Enrique Catalina Carmona y María del Carmen Picón Cabrera



Conclusiones de la Conferencia. Rafael Sánchez Tostón

seguridad de los túneles, no solo en el continente europeo, sino en otros países en los que, existiendo normativa nacional, se han acogido a esta Directiva de manera parcial o total, con la clara intención de mejorar las condiciones de seguridad y establecer un marco homogéneo sobre el que realizar sus diseños.

Una muestra de estos casos en los que se ha adoptado la normativa europea fue expuesta por D. Antonio Martín Crisenti, de Comsa, en las Concesiones Pacífico 1, 2 y 3; otros casos de adopción normativa son la de los túneles de Bogotá a Villavicencio en Colombia, o en el propio túnel de Huguenot en Sudáfrica.

## Sesión de Clausura

En la mesa estuvieron presentes D. Xavier Flores García, Secretario General de Infraestructuras del MITMA, D. Enrique Catalina Carmona, Director General de Infraestructuras de la Junta de Andalucía, Mr. Patrick Mallejacq, Secretario General de PIARC, María del Carmen Picón Cabrera, Subdelegada del Gobierno en las Sociedades Concesionarias de Autopistas Nacionales de Peaje, y Rafael López Guarga, Director Técnico del Simposio.

Mr. Arnold Dix, presidente de ITA, intervino en primer lugar para hacer una breve reflexión de los tres días del congreso desde un punto de vista personal, y en la que agradecía el esfuerzo de todos los participantes.

Posteriormente, D. Rafael Sánchez Tostón, Secretario del Comité de Túneles de la ATC, intervino para presentar las conclusiones del Simposio, en las que destacó que durante los tres días de la Conferencia se contó con la participación de cerca de 700 personas de las que unas 130 procedían de otros países.

Indicó que se expusieron 28 ponencias y 56 comunicaciones libres y que además otras 34 comunicaciones que no se pudieron presentar se han incluido en el icónico libro, en esta ocasión compuesto de dos volúmenes, documento que se viene editando desde la primera edición de este Simposio celebrada en Gijón en el año 1994, que podrían haber llenado otro día de exposición.

El Sr. Sánchez destacó el gran número y alto nivel de las ponencias y comunicaciones presentadas, lo que da muestra de la madurez alcanzada en los aspectos relacionados con la seguridad de los túneles de carretera.

Destacó que los retos que están por delante, y que se tienen que afrontar en el diseño de los túneles en los años venideros, son los mismos a los que se enfrenta la sociedad: optimización de recursos, mejoras en la eficiencia energética, conectividad, nuevas tecnologías...

A continuación intervinieron todos los componentes de la mesa, siendo el denominador común el que este Simposio ha sido un éxito de participación, organización y calidad de las presentaciones, expresando el convencimiento de que contribuirá a la mejora de los túneles de carretera existentes y futuros y el deseo de que se pueda volver a congregarse a todos los presentes en un próximo Simposio de Túneles dentro de 4 años. ❖



# 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 15 de noviembre de 2022 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, tercera entrega del “Premio Enrique Balaguer, abriendo caminos” a aquellas personas u organizaciones que hayan destacado en el sector de las carreteras.

La Junta Directiva aprobó por unanimidad, en su reunión del 28 de junio de 2022 y a propuesta de su presidenta Charo Cornejo Arribas, el reconocimiento a Jorge Enrique Lucas Herranz y Álvaro Parrilla Alcaide como Socios de Mérito, por su contribución y dedicación al desarrollo de la Asociación Técnica de Carreteras. Se decidió como ganador de la tercera edición del “Premio Enrique Balaguer, abriendo caminos” al Instituto de la Ingeniería de España. También se aprobó la entrega de la Medalla a la Aportación Técnica de la Carretera a 12

destacados miembros de los Comités Técnicos de la ATC.

Hicieron entrega de las distinciones: Pere Navarro Olivella, Director General de Tráfico del Ministerio del Interior, Charo Cornejo Arribas, Directora Técnica de la Dirección general de Carreteras del MITMA y Presidenta de la ATC, Miguel Ángel Carrillo, presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y Antonio Alonso Burgos, Subdirector General de Explotación de la Dirección General de Carreteras del MITMA.

## SOCIOS DE MÉRITO 2022

### Álvaro Parrilla Alcaide

Álvaro es ingeniero de caminos por la Escuela de Madrid en 1994.

Trabajó en empresas de consultoría y constructoras hasta 1997 en que ingresó como Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado. Desde entonces, siempre se ha mantenido vinculado al Área de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras, como Jefe de Servicio desde 2001 y como Jefe del Área desde 2008.

Su trabajo ha estado siempre relacionado, por un lado, con la asistencia geotécnica a las Demarcaciones y Subdirecciones Generales, en la resolución de problemas concretos en obras y carreteras en servicio, y, por otro a la redacción de normativa y publicaciones técnicas, tanto en la propia Dirección General como en representación de España en el Comité Europeo de Normalización.

Dentro ya de la Asociación, pertenece al Comité de Geotecnia Vial desde 1999, actualmente es su presidente, y también es representante español en PIARC, en el TC 4.3 Obras de Tierra durante este periodo de sesiones.



### Jorge Enrique Lucas Herranz

Es Ingeniero Técnico de Obras Públicas e Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, en ambos casos por la Universidad Politécnica de Madrid.

Es funcionario de carrera de los Cuerpos Especiales de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas del Estado y de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos del Estado.

En la Administración Central ha ocupado diversos cargos en la Dirección General de Carreteras del, actualmente, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. A destacar:

- Jefe de la Unidad de Carreteras en Palencia, Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental, desde junio de 2001 hasta el 17 de mayo de 2010.
- Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental (2010-2017)

A partir de 2017 se incorpora al sector privado como Director Adjunto a la Dirección General de S.A. de Obras y Servicios COPASA, posición que desempeña actualmente.

Además. Ha sido miembro del Comité Técnico B.5 (Viabilidad Invernal) de la Asociación Mundial de la Carretera, en representación de la Dirección General de Carreteras y Presidente de la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación. (2020-2021).

Actualmente es vicepresidente de la Asociación Técnica de Carreteras y Decano de Castilla y León del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.



## 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 tercera edición el ganador fue el Instituto de la Ingeniería de España

Fundado en 1905, con la denominación de Instituto de Ingenieros Civiles, agrupó las asociaciones de ingenieros entonces existentes: Agrónomos, Caminos, Industriales, Minas y Montes

Posteriormente va incorporándose al Instituto otras ramas de la Ingeniería: Navales (1943), Aeronáuticos (1951), Telecomunicación (1952) e ICAI (1965).

En 1979, pasa a denominarse “Instituto de la Ingeniería de España”. En 1988 se adhieren al Instituto los Ingenieros Militares.

Este Instituto es el embrión de otras organizaciones de Ingenieros que han ido desarrollándose en España. Durante los años 50 nacen los Colegios Profesionales, promovidos por las asociaciones respectivas; y a lo largo de los años 80, el Instituto promueve la Academia de Ingeniería que finalmente se crea en 1992, pasando posteriormente a ser Real Academia.

En 2002 se creó en el seno del Instituto, el Alto Consejo Consultivo de la Ingeniería, para promover en la sociedad española el interés por la ciencia y la tecnología como bases de creación de valor, provocando la búsqueda de una ventaja competitiva basada en la tecnología, en la técnica y en la innovación tecnológica.

Con esta nominación se quiere reconocer el cada vez más acusado carácter pluridisciplinar del trabajo ingenieril en y por las carreteras.

Recogio el premio José Trigueros Rodrigo, Presidente del Instituto de la Ingeniería de España





## MEDALLAS 2022 A LA APORTACIÓN TÉCNICA A LA CARRETERA

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

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

<b>Vicente Ariño Peñalver</b>	Comité Técnico de “Vialidad Invernal”
<b>Fernando Angulo Pellegrero</b>	Comité Técnico de “Planificación, Diseño y Tráfico”
<b>Áurea Mónica Colás Pozuelo</b>	Comité Técnico de “Seguridad Vial”
<b>Marta Cordón Pozuelo</b>	Comité Técnico de “Baja Intensidad de Tráfico “
<b>Belén de Diego Abajo</b>	Comité Técnico de “Medio Ambiente”
<b>Juan Carlos Jiménez Lucas</b>	Comité Técnico de “Firmes”
<b>María Martínez Nicolau</b>	Comité Técnico de “Conservación”
<b>Jacinto Luis García de Santiago</b>	Comité Técnico de “Firmes”
<b>Juan Rodado López</b>	Comité Técnico de “Puentes “
<b>Fernando Sánchez Domínguez</b>	Comité Técnico de “Geotecnia Vial”
<b>Juan Manuel Sanz Sacristan</b>	Comité Técnico de “Túneles”
<b>Cristina Zamorano Nicolas</b>	Comité Técnico de “Dotaciones Viales “



# PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto los siguientes eventos:

- **Jornadas de Vialidad Invernal**  
León, marzo de 2023
- **Simposio Nacional de Firms SNF2023**  
Valencia, abril de 2023
- **Jornada de Conservación de Túneles**  
Madrid, mayo de 2023
- **Jornadas Proyecto y Construcción**  
Valladolid, junio de 2023

¿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.ª María del Rosario Cornejo Arribas
<b>CO-PRESIDENTES DE HONOR:</b>	- D. Juan Pedro Fernández Palomino - D. Pere Navarro Olivella
<b>VICEPRESIDENTES:</b>	- D. Álvaro Navareño Rojo - D.ª Mª del Carmen Picón Cabrera - D. Jorge Enrique Lucas Herranz - D. Pedro Gómez González
<b>TESORERO:</b>	- D. Pablo Sáez Villar
<b>SECRETARIO:</b>	- D. Alberto Bardsi Orúe-Echevarría
<b>DIRECTOR:</b>	- D. Alberto Bardsi Orúe-Echevarría



## VOCALES:

- Designados por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana:
  - D. Miguel Ángel Bermúdez Odriozola
  - D.ª María Rosario Cornejo Arribas
  - D. Javier de las Heras Molina
  - D. Ángel García Garay
  - D. Álvaro Navareño Rojo
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
  - D.ª Ana Isabel Blanco Bergareche
  - D.ª Sonia Díaz de Corcuera Ruiz de Oña
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
  - D. Felipe Cobo Sánchez
  - D. Ramón Colom Gorgues
  - D. José Luis Gochicoa González
  - D. David Merino Rueda
  - D. David Prat Soto
  - D. Jesús Félix Puerta García
- En representación de los órganos responsables de vialidad de los ayuntamientos
  - D.ª Margarita Torres Rodríguez
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
  - D.ª Ana de Diego Villalón
  - D.ª Laura Parra Ruiz
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
  - D. Rodrigo Miró Recasens
  - D. Manuel Romana García
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
  - D. Antonio Belmonte Sánchez
  - D. Bruno de la Fuente Bitaine
- Representantes de las empresas de consultoría:
  - D. Alfonso Alba Ripoll
  - D. José Luis Mangas Panero
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
  - D. Sebastián de la Rica Castedo
  - D. Francisco José Lucas Ochoa
  - D. Juan José Potti Cuervo
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
  - D. Camilo José Alcalá Sánchez
  - D. Jorge Enrique Lucas Herranz
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
  - D. Pablo Sáez Villar
- Representante de los laboratorios acreditados
  - D. Alonso Pérez Gómez
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
  - D. Alfredo García García
  - D.ª Anna París Madrona
  - D. Rafael Ángel Pérez Arenas
  - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
  - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
  - D. Pedro Gómez González
  - D.ª Mª del Carmen Picón Cabrera

## Comités Técnicos de la ATC

### COMITÉ DE VIALIDAD INVERNAL

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

### COMITÉ DE FINANCIACIÓN

- Presidente	D. José Manuel Blanco Segarra
--------------	-------------------------------

### 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

### PUNTES DE CARRETERAS

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

### GEOTECNIA VIAL

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

### SEGURIDAD VIAL

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

### CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE

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

### CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

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

## Socios de la ATC

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

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

### Socios de Honor

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

2013 - D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA  
 2013 - D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO  
 2013 - D.ª MERCEDES AVIÑÓ BOLINCHES  
 2014 - D. FEDERICO FERNANDEZ ALONSO  
 2014 - D. JUSTO BORRAJO SEBASTIÁN  
 2014 - D. JESÚS RUBIO ALFÉREZ  
 2014 - D. JESÚS SANTAMARÍA ARIAS  
 2015 - D. ENRIQUE DAPENA GARCÍA  
 2015 - D. ROBERTO LLAMAS RUBIO  
 2015 - D. FÉLIX EDMUNDO PÉREZ JIMÉNEZ  
 2017 - D. VICENTE VILANOVA MARTÍNEZ-FALERO  
 2017 - D. ÁNGEL GARCÍA GARAY  
 2018 - D. LUIS AZCUE RODRÍGUEZ  
 2018 - D. FERNANDO PEDRAZO MAJÁRREZ  
 2019 - D. ÓSCAR GUTIÉRREZ-BOLIÍVAR ÁLVAREZ  
 2019 - D. ALFREDO GARCÍA GARCÍA  
 2020 - D. CARLOS CASAS NAGORE  
 2020 - D. ANDRÉS COSTA HERNANDEZ  
 2021 - D. ANTONIO SÁNCHEZ TRUJILLANO  
 2021 - D. JESÚS DÍAZ MINGUELA  
 2022 - D. JORGE ENRIQUE LUCAS HERRANZ  
 2022 - D. ÁLVARO PARRILLA ALCAIDE

### Socios de Mérito

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

### Socios Protectores y Socios Colectivos

#### Administración General del Estado

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

#### Comunidades Autónomas

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

#### Ayuntamientos

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

#### Diputaciones Forales, Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consells

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

#### Colegios Profesionales y Centros de investigación y formación

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

## Asociaciones

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

## Sociedades Concesionarias

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

## Empresas

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

## Socios Individuales, Senior y Junior

Personas físicas (90) 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

“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en

[www.atc-piarc.com](http://www.atc-piarc.com)



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

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

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



**REPSOL**

*Inventemos el futuro*



Repsol Compromiso  
Cero Emisiones Netas  
2050



Descubre más  
aquí