

RUTAS TÉCNICA

Normalización de tipología de incidentes en túneles de carretera

Gestión de los Dominios de Diseño Operativo para los Vehículos Automatizados

Los firmes semirrígidos. Un análisis de los firmes con base hidráulica empleados en España

La participación pública ciudadana en proyectos de carreteras

ATC

Jornadas Nacionales de Seguridad Vial 2022

**Jornada Técnica Internacional Inspecciones de Puentes
(Bridge Inspection)**

www.normativadecarreteras.com



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



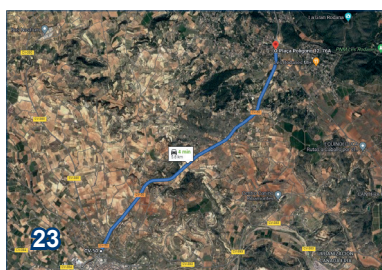
Legislación y normativa técnica de carreteras
Acceso libre y gratuito



Tribuna Abierta

03 Reflexiones desde mi experiencia

Javier Sainz de los Terreros



05 Normalización de tipología de incidentes en túneles de carretera

Standardization of incidents categories in road tunnels

Comité Técnico de Túneles



23 Gestión de los Dominios de Diseño Operativo para los Vehículos Automatizados

Management of Operational Design Domains for Automated Vehicles

Alfredo García, Francisco Javier Camacho Torregrosa y David Llopis Castelló

32 Los firmes semirrígidos. Un análisis de los firmes con base hidráulica empleados en España

The semirigid pavements. An analysis of pavements based in hydraulic bases employees in Spain

Francisco Javier Payán de Tejada González y Jesús Díaz Minguela



43 La participación pública ciudadana en proyectos de carreteras

Public participation in road projects

José Carlos Rubio Matilla

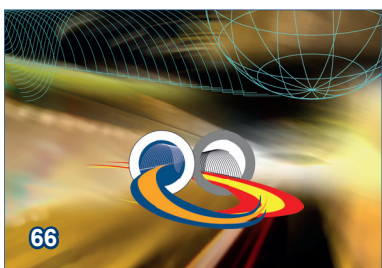
ATC

52 Jornadas Nacionales de Seguridad Vial 2022

64 Jornada Técnica Internacional Inspecciones de Puentes (Bridge Inspection)

66 Próximos eventos ATC

69 Junta Directiva, Comités Técnicos y Socios de la ATC



Edita:

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

Comité Editorial:

Presidenta:

Mª 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)
Fernando Varela Soto	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)

Vocales-Representantes de los Comités Técnicos de la ATC:

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

Redacción, Maquetación, Diseño,

Producción y Gestión Publicitaria:

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

Arte Final, Impresión y Distribución:

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

Depósito Legal: M-7028-1986 - ISSN: 1130-7102
Todos los derechos reservados.

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

Precio en España: 18 euros +IVA

© Asociación Técnica de Carreteras

REVISTA RUTAS

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

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

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



Nº 192 JULIO - SEPTIEMBRE 2022

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Fotografía de portada:
Túnel de Caldearenas (Huesca)

Reflexiones desde mi experiencia

Javier Sainz de los Terreros

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

1. Miradas al futuro

Nuestro papel como ingenieros de caminos está cambiando y va a cambiar mucho más pues los cambios sociales y tecnológicos avanzan de forma casi exponencial. Esto afecta a la forma de trabajar, de formarse, de pensar y de vivir; incluso afecta a la filosofía y a la ética. Nos obliga a estar despiertos y muy atentos a los cambios.

Lógicamente también afecta a la movilidad por lo que así como antes nos preparábamos principalmente para hacer infraestructuras, ahora lo importante es mantenerlas (están hechas casi todas) y estudiar la globalidad de la movilidad para así hacerlas eficientes y dar rentabilidad económico-social a nuestras actuaciones.

Nos aparece con mayor fuerza el aspecto económico-social porque la vida no se puede compartimentar, todo está entrelazado y todo repercute en todo.

2. Función social

Cuando los ingenieros de caminos trabajamos en las carreteras u otras infraestructuras es muy importante pensar en la función social que cumplen, lo cual nos hace trabajar con mayor ilusión y dedicación.

Aún cuando todos los trabajos contribuyen a mejorar la sociedad, incluso los más humildes, no cabe duda de que los nuestros tienen la visibilidad muy cercana.

Creo que la gran formación que hemos recibido implica una gran responsabilidad hacia la sociedad, que

no debería limitarse a la vida laboral sino que debería continuarse en la jubilación, cada uno donde su reflexión interna se lo indique, pues no cambiamos las personas por el solo hecho de jubilarnos.

3. Planificación

La planificación en las carreteras, sobre todo en los trazados, es lo más importante, pues todas las decisiones posteriores estarán vinculadas a ella.

Normalmente se le da escaso papel y un tiempo de estudio insuficiente, consecuencia de ello es que siempre surgen errores que vemos a posteriori y que van a implicar mucho mayores costes.

Planificar significa evitar problemas futuros por lo que debe hacerse siempre a largo plazo.

Aquí siempre chocamos con los intereses políticos cortoplacistas de una legislatura.

4. Razones políticas

En general cuando un político llega a gestionar infraestructuras no suele saber casi nada de esa competencia, pero en seguida su vanidad le pide su lucimiento, por ello se cree con derecho a elegir soluciones técnicas con un simple asesoramiento (el problema es cuando ni se deja asesorar). No es consciente de que su papel debe ser más humilde dejando hacer a los técnicos y limitándose al aspecto presupuestario y a ver otros aspectos que salen fuera del campo de la ingeniería y que a veces son importantes.

Cuántas veces nos ha pasado a los técnicos que viendo claramente cual es la mejor solución técnica-económica nos la han cambiado sin atreverse a dar ninguna explicación sino simplemente aduciendo que es por “razones políticas”.

A nuestro pesar esto no tiene una solución clara, aunque da mucha pena. Por el contrario, algunas veces te encuentras con políticos que saben escuchar, confían en los técnicos y se establece un maridaje donde los egos se rebajan.

5. Tráfico

Los responsables del tráfico urbano deben tener competencias técnicas. Antes había más ingenieros de caminos en los Ayuntamientos, ahora nos van sustituyendo por arquitectos, policías municipales y otros que dicen saber de movilidad. Es una pena, y nuestro Colegio debiera trabajar sobre ello pues la movilidad implica una visión global de la ciudad y la interacción de un montón de problemas diversos de gran complejidad que no se resuelven simplemente con muy buena voluntad.

A nivel interurbano las competencias de la DGT se solapan con las del MITMA, cuando en realidad éste debiera ser el competente de la mayor parte de las decisiones y la DGT de su supervisión y control.

6. Carreteras 2+1

Están de moda, el tráfico en ellas (que suelen ser importantes) crecerá, por lo que deberá calcularse

cuando se llega a necesitar doble calzada. Si es pronto hay que dejar preparadas las estructuras y grandes desmontes pues si no luego costará el doble o triple y con grandes molestias en las obras.

El porcentaje de adelantamiento de los tramos donde se pueda adelantar debe ser significativo, quizás del orden superior al 25% y en función del número de camiones que determinarán las longitudes mínimas de cada tramo de adelantamiento.

7. Peaje

Al estar finalizando los contratos de las concesiones de las autopistas de peaje surge el debate social sobre si deben dejarse gratuitas.

Aún reconociendo que el tema tiene dos caras, creo que es más justo y social que se cobre un pequeño peaje para atender los gastos de conservación y mantenimiento. Es evidente que los costes siguen existiendo, y por tanto la gratuidad significa que los paguemos entre todos; los que la usan y los que no la usan.

Los contrarios al peaje aducen que las alternativas viarias equivalentes, en caso de haberlas, se van a llenar de tráfico y se va a aumentar la peligrosidad. En estos casos, habrá que discernir las soluciones adecuadas. Pero en general, si el peaje es reducido la gente lo asume por el beneficio en tiempo y seguridad, y las empresas de transporte trasladan el coste al último usuario de las mercancías, lo cual resulta de lo más lógico. ❖



Normalización de tipología de incidentes en túneles de carretera



Standardization of incidents categories in road tunnels

Comité Técnico de Túneles

Asociación Técnica de Carreteras

Autores:

Ramón Morera, Vanessa Piris, José Ramón Ochoa, Manuel Alberto Abella, Juan Zamorano, M^a Cristina Zamorano, Mar Martínez Yebra, David Zamora, Enrique Segura Echániz e Íñigo Pérez

La seguridad en los túneles depende de numerosas circunstancias que a su vez son consecuencia de situaciones o acciones fortuitas o provocadas, que tienen como consecuencia una alteración del riesgo inherente al propio túnel, situación que comúnmente se viene a conocer como incidente.

El presente artículo tiene como objetivo identificar, ordenar y clasificar los incidentes potenciales, partiendo de una definición de incidente y de un análisis de los factores que pueden condicionar la incidencia, tanto desde los puramente estructurales y de proyecto como hasta la sección transversal, el trazado en planta, el equipamiento y el nivel de servicio y la formación del personal encargado de la seguridad, el de la sala de control y del mantenimiento.

Establecidas estas premisas, se establece una clasificación de las situaciones en función de su origen: factor humano, factor técnico, o factor natural.

Asimismo, se establece otra clasificación según la forma de actuación para su resolución y según las posibles afecciones o consecuencias que puedan derivarse de cada uno de los incidentes, realizando un listado de incidencias y una reseña de estudios del comportamiento de los conductores en túneles.

Safety in tunnels depends on circumstances, which are, in turn, the consequence of fortuitous or provoked situations or actions, which have consequently an alteration of the risk inherent in the tunnel itself, which soon becomes known as an incident.

The objective of this document is to identify, order and classify potential incidents, for which, based on an incident definition, and an analysis of the factors that can condition the incidence, from the purely structural and design factors: cross section, tracing in plant, equipment, level of service, training of the personnel in charge of security, both in the control room, as well as in maintenance and road workers.

Once established these premises, a classification of the situations is established according to their origin: Human factor, technical factor, or natural factor.

Another classification is established according to the form of action for its resolution, and according to the possible conditions or consequences that may arise from each of the incidents, a list of incidents, and a review of studies of the behaviour of drivers in tunnels.

1. Introducción y objeto

La Norma Básica de Autoprotección, aprobada por Real Decreto (RD) 393/2007, y las Normas de algunas Comunidades Autónomas, como el Decreto 82/2012 de la Generalitat de Cataluña, indican que un Plan de Actuación en Emergencias debe definir las acciones a desarrollar por parte del operador de los túneles para que éste lleve a cabo el control inicial en una situación de emergencia hasta la llegada de los servicios externos. Esta tarea incluye:

- Identificar, ordenar y clasificar los incidentes potenciales;
- Definir un procedimiento de actuación para cada uno de ellos.

El presente artículo se refiere a la primera de ellas y no a las peculiaridades de los procedimientos de actuación que se abordarán en otro posterior, si bien algunos de ellos deben ser considerados en la clasificación de incidentes por compartir acciones con los planes de respuesta.

Por otra parte, el RD 635/2006, exige que el Manual de Explotación contenga un plan de respuesta a situaciones de emergencia, elaborado conjuntamente con los organismos competentes en materia de protección civil, que incluya las fichas de incidencia y los protocolos de actuación.

Realizar una lista exhaustiva de las posibles incidencias que acontecen en un túnel sería una tarea enorme a la par que inútil pues la realidad siempre superará a las imaginadas.

Clasificar las incidencias es una tarea compleja pero siempre es posible, atendiendo a distintos patrones, de forma que ayuden al personal con inquietudes en la seguridad de los túneles a homogeneizar las distintas incidencias que se produzcan



Ilustración 1. Avería del turbo de un camión

con un mínimo esfuerzo de implementación de medios materiales, y especialmente en la formación de personal.

El artículo tiene como objeto establecer una tipología de los incidentes basada en los criterios que se enumeran, que permita realizar una clasificación homogénea de causas y tratamientos con las singularidades inherentes a cada túnel en cuanto a su equipamiento, tipología, tráfico, etc.

2. Definición de incidencia/incidente

Como primer paso para la “normalización de tipología de incidente”, es necesario definir el significado de “incidencia/incidente” en el ámbito que nos ocupa, ya que en los “planes de autoprotección” se asigna la resolución de distintos acontecimientos acaecidos a distintos equipos, en función del propio término empleado, a saber “incidencia”, “accidente” u otros, y a partir del término empleado se indicará su tipología, gravedad y otros factores que van a condicionar los equipos que se vayan a emplear en su resolución

y en consecuencia la asignación de responsabilidades.

INCIDENCIA/INCIDENTE:

La definición que da la RAE para el concepto de “incidencia/incidente” es demasiado genérica, pero consideramos más adecuada *“Cualquier acción o suceso ajena al normal comportamiento de tráfico y usuarios y al correcto funcionamiento de las instalaciones, que implica una actuación o modificación de las condiciones normales de explotación”*.

Hechos concretos que suceden durante la incidencia, caso de existir, serían los considerados incidentes y de aquí la importancia de definir y clasificar su tipología.

Para su mejor comprensión, a continuación, se incluye un ejemplo práctico, la congestión de un túnel sería la “Incidencia” y la causa, si se tratara de un alcance entre vehículos sería, el “Incidente” cuya tipología debería valorarse. Es importante que los datos se recojan de tal forma que faciliten su gestión posterior.

Desde un punto de vista más técnico, el alcance del concepto

podría establecerse como “Incidente significativo es aquel que puede suponer un riesgo potencial sobre la seguridad de los usuarios o sobre la integridad de la infraestructura o de las instalaciones que impida su normal funcionamiento”. En concreto se consideran los siguientes tipos de incidentes:

- al menos 1 víctima (herido leve, grave o fallecido),
- incendio en el túnel, incluyendo sus plataformas,
- fuga de Mercancías Peligrosas,
- fallo de la estructura o de alguna instalación que afecte a la seguridad,
- cierre no programado del túnel ocasionado por: exceso de CO, NOX u opacidad, presencia de un peatón, animal o ciclista, pavimento deslizante, vehículo detenido, etc.

3. Factores que condicionan la incidencia

Prácticamente cualquier aspecto relacionado con el túnel puede suponer un factor condicionante de la incidencia, ya sea por su influencia sobre la probabilidad de que ésta ocurra, o bien por la gravedad asociada o las acciones de respuesta.

Para poder identificarlas y clasificarlas será necesario el conocimiento de las características del túnel, el análisis de las peculiaridades de las instalaciones de seguridad, la interacción con el entorno que lo rodea y con los principales factores que condicionan las incidencias.

3.1. Tipología de túnel

El RD 635/2006 considera que un túnel con diversos tubos supone un factor adicional de seguridad ya

que la existencia de más de un tubo habilita, por defecto, que el modo de tráfico sea unidireccional.

Tal es la influencia de este factor que en los túneles bidireccionales hay que ser mucho más exigente con las instalaciones, sobre todo con una tan crítica como es la ventilación.

La tipología de túnel no solamente puede repercutir significativamente sobre la actuación asociada a la incidencia sino también en la clasificación de su gravedad.

3.2. Tráfico

3.2.1. Intensidad de tráfico

Es uno de los parámetros fundamentales para tener en cuenta en el proyecto de un túnel. De la intensidad de tráfico y de su composición depende el equipamiento mínimo exigible, el número de tubos, el número de carriles y por lo tanto la sección, todo ello necesario para evitar congestiones. Los vehículos deben mantener una distancia de separación entre ellos, incluso parados, regla ésta que generalmente se indica mediante balizas luminosas situadas en los hastiales.

Más allá de los condicionantes de proyecto y de la definición del equi-

pamiento, la intensidad de tráfico es uno de los factores que más clara influencia tiene en las incidencias ya que en general a mayor número de vehículos se incrementa el número de éstas.

Las circunstancias excepcionales que se dieron durante el año 2020, con severas restricciones de movilidad promovidas para hacer frente a la pandemia por COVID-19, fueron un escenario único para estudiar el efecto del volumen e intensidad del tráfico.

Así lo recogen los datos de siniestralidad de 2020 publicados por la Dirección General de Tráfico, en lo referente a número de muertos en 24 horas en vías interurbanas. El informe “Siniestralidad mortal a 24h en vías interurbanas” asocia y atribuye, sin ningún tipo de reserva, al estado de alarma las variaciones encontradas en los datos respecto al año precedente:

- con anterioridad al primer estado de alarma (1 de enero al 14 de marzo), la tendencia en el número de muertos era ascendente respecto a 2019 (+8%),
- durante el primer estado de alarma (del 15 de marzo al 20 de junio) se registró un descenso de esta cifra del 59% respecto al año



Ilustración 2. Túnel Calle 30

2019. En este periodo se registraron 32 días con 0 fallecidos frente a los 10 de 2019,

- después del primer estado de alarma (del 21 de junio al 31 de diciembre) el número de muertos descendió un 12% respecto de ese mismo periodo en 2019.

Las estadísticas anteriores tienen un comportamiento correlativo con los datos de movilidad, es decir, con la intensidad de tráfico:

- las cifras de muertos y la movilidad de largo recorrido tienen un comportamiento similar,
- a partir del mes de abril descendió el número de muertos todos los meses excepto septiembre (+1%),
- los máximos descensos en las cifras de muertos se registraron en abril (-59%) y en mayo (-50%) de manera equivalente a los mayores descensos en movilidad del año (-75%, y -60%, respectivamente),
- los menores descensos en cuanto al número de muertos fueron en julio (-3%), en agosto (-11%) y en octubre (-8%).

Como aclaración a estos datos debe recordarse que después del estado de alarma, hasta finalizar el año, todavía se mantuvieron medidas que afectaban a la movilidad, variables en cuanto a intensidad y modo de restricción según comunidades autónomas. Los meses de julio a octubre se corresponden al periodo en el que las restricciones fueron menores.

Tabla 1. Accidentes mortales y movilidad de largo recorrido. Comparativo 2019-2020

La población estadística resulta mucho más extensa que la correspondiente a datos específicos de túneles, evitando así que los resultados puedan atribuirse como circunstanciales para un túnel concreto. Estos datos son excepcionales de la situación, pero existen multitud de estudios específicos de túneles que ponen de manifiesto la relación entre la intensidad de tráfico media y el número de incidencias de determinadas tipologías, aunque no todas son dependientes del tráfico. Ello también se observa en las horas punta y en los días laborables que, por lo general, llevan asociado un aumento en el tráfico.

3.2.2. Nivel de servicio

El nivel de servicio es una medida cualitativa relacionada con las condiciones de explotación de un flujo de tránsito y su percepción por los conductores. Al contrario que la intensidad de tráfico es un indicador sobre las condiciones de circulación por el túnel, desde la idealmente fluida hasta la completa congestión de la vía.

Por ello, el nivel de servicio es un factor que puede utilizarse para identificar y clasificar algunas incidencias. Cabría esperar que con niveles de tráfico congestionado se produjera un mayor número de incidencias, sin embargo, es necesario estudiar las condiciones particulares de cada túnel dado que con menor densidad de tráfico se desarrollan velocidades más elevadas, lo que da lugar en algunos casos a registrar un mayor número de incidencias.

Es posible afirmar que las incidencias generalmente relacionadas con la velocidad aumentan en condiciones de tráfico fluidas, mientras que otras lo hacen en condiciones de congestión, siendo ya ésta una incidencia por sí misma.

El número de incidencias acumuladas en un mes tipo, es decir sin

Tabla 1. Accidentes mortales y movilidad de largo recorrido. Comparativo 2019-2020

	Accidentes mortales				Fallecidos 24h				Heridos Hospitalizados 24h				Movimientos de largo recorrido		
	2019	2020	Dif. Nº	Var %	2019	2020	Dif. Nº	Var %	2019	2020	Dif. Nº	Var %	2019	2020	Var %
Enero	68	73	5		73	82	9		281	295	14	5%	30.016.067	30.702.414	2%
Febrero	73	73	0		82	82	0		319	299	-20	-6%	28.279.088	30.889.482	9%
Marzo	92	47	-45		100	53	-47		369	167	-202	-55%	33.655.767	20.416.792	-39%
Abril	69	26	-43		74	30	-44		345	49	-296	-86%	35.471.625	8.794.791	-75%
Mayo	77	43	-34		86	43	-43		378	247	-131	-35%	35.272.292	13.979.380	-60%
Junio	74	47	-27		78	50	-28		447	350	-97	-22%	35.877.904	25.435.958	-29%
Julio	104	105	1	1%	117	114	-3	-3%	445	442	-3	-1%	43.316.118	40.179.246	-7%
Agosto	94	79	-15		98	87	-11		447	419	-28	-6%	47.841.400	42.612.377	-11%
Septiembre	92	95	3		97	98	1		364	368	4	1%	36.119.069	33.325.107	-8%
Octubre	93	90	-3		106	97	-9	-8%	380	323	-57	-15%	35.397.201	28.991.562	-18%
Noviembre	81	50	-31		89	54	-35		314	243	-71	-23%	31.807.221	21.509.570	-32%
Diciembre	93	69	-24		101	80	-21	-21%	344	261	-83	-24%	34.092.860	24.382.523	-28%

eventos estacionales que condicionen el comportamiento del tráfico y por lo tanto el nivel de servicio, distribuidas por horas, permite observar que en los tramos horarios denominados “hora punta” se produce un incremento de incidencias, mientras que éstas disminuyen en la “hora valle”.

En el Gráfico 2 se aprecia que en las horas con intensidades de tráfico más elevadas, las incidencias más frecuentes son las que tienen que ver con vehículos detenidos en la calzada sin obstruir el paso, con averías de equipos sin degradación del servicio y con accidentes leves por alcance.

3.2.3. Restricciones de tráfico

Las restricciones permanentes u horarias que el Gestor del túnel pueda establecer para determinados vehículos o usuarios: peatones, bicicletas, motos, vehículos pesados, mercancías peligrosas, etc., alterarán significativamente la clasificación de las incidencias.

La presencia en el túnel de usuarios restringidos, además de ser una infracción, debe identificarse como una incidencia en sí y considerarse en la evaluación del riesgo asociado a otras incidencias, así como a los posibles riesgos que ello supone.

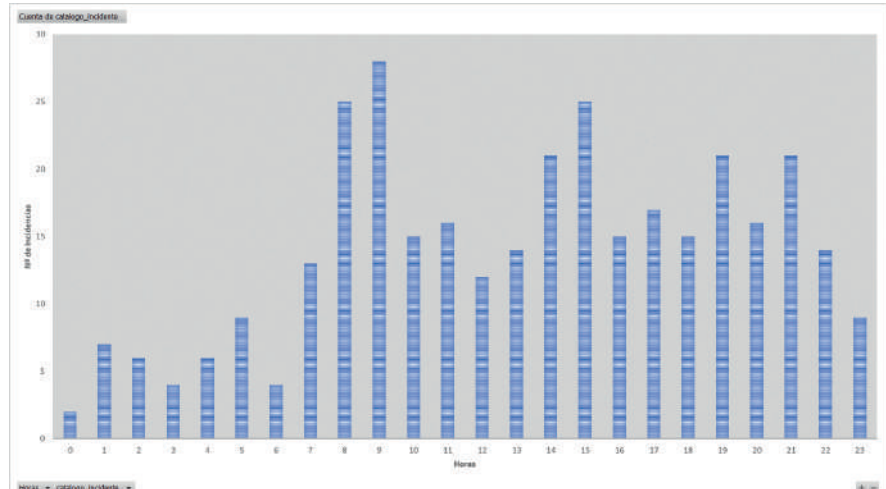


Gráfico 1. Número de incidencias acumuladas en un mes tipo

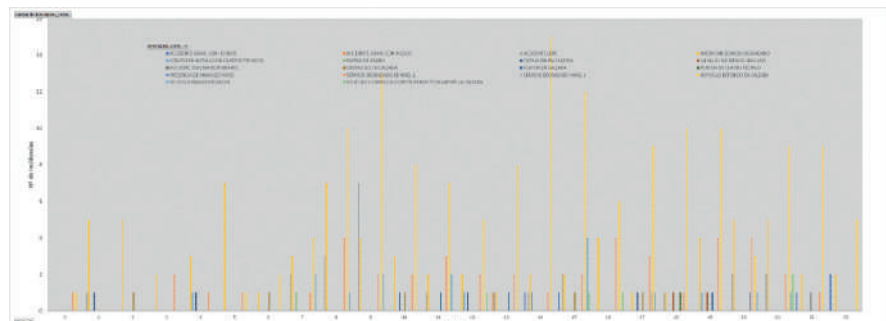


Gráfico 2. Frecuencia de las incidencias

A mayor longitud de túnel y en igualdad de otros factores, aumenta la probabilidad de que ocurra una incidencia y que sus consecuencias sean de mayor gravedad, debiéndose sumar posibles efectos de fatiga, monotonía y pérdida de concentración, así como fobias u otras alteraciones que un segmento de la población padece al atravesarlos, más si son de varios kilómetros.

3.3.2. Sección transversal

La amplitud de sección transversal es un bien escaso en los túneles ya que un aumento de ésta contribuye a incrementar considerablemente los costes de ejecución, algunas veces incluso de forma desproporcionada.

La disponibilidad de varios carriles en tubos unidireccionales proporciona un mejor escenario para



Ilustración 3. Cartel Autopista Tipo 1A

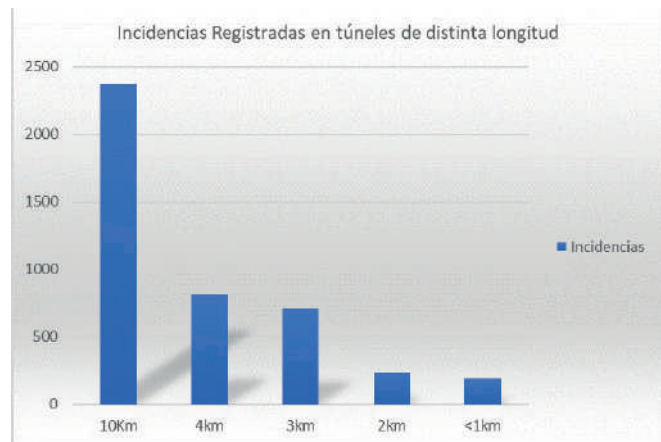


Gráfico 3. Incidencias Registradas en túneles en función de la longitud

resolver las incidencias e incrementa la seguridad, si se tiene en cuenta la posibilidad de impedir el adelantamiento a los usuarios en general o a los vehículos pesados en particular. A modo de ejemplo, un vehículo averiado en un carril de un tubo unidireccional que cuente con otros adicionales podría suponer únicamente el cierre de éste, sin alteraciones críticas en el tráfico de los adyacentes, facilitando el acceso de los servicios de emergencia propios y externos, si éstos fuesen requeridos. La misma incidencia en el carril de un túnel bidireccional con un solo carril por sentido implicará el cierre de éste, incluso el del túnel si a pesar de cometer una infracción se detectan usuarios que invadan el sentido contrario para sobrepasar el vehículo averiado.

Otros elementos de la sección transversal como los apartaderos, las aceras, los arcones y los escasamente disponibles en túneles españoles, carriles de emergencia, aunque puedan considerarse equipamientos, están condicionados por las dimensiones de ésta. Todos ellos resultan clave en las incidencias, reduciendo sus efectos en algunos casos (apartaderos y arcones), propiciando una correcta evacuación (aceras) o facilitando el acceso de los servicios de emergencia (carriles de emergencia). En conjunto, la disponibilidad de mayor sección transversal propiciará una mayor y mejor respuesta.

Incluso el gálibo en altura del túnel debe tenerse en cuenta como posible

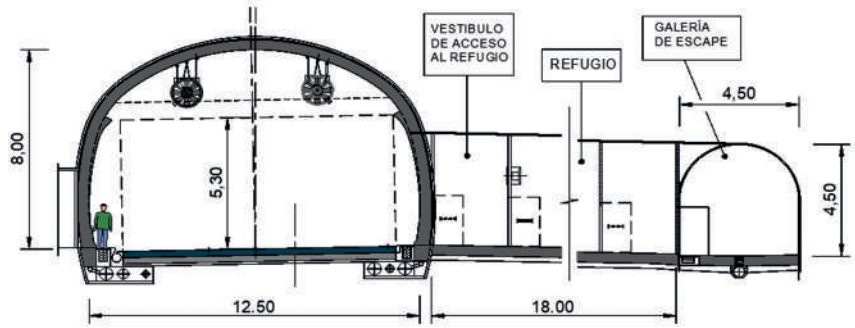


Ilustración 4. Sección transversal tipo con galería de emergencia

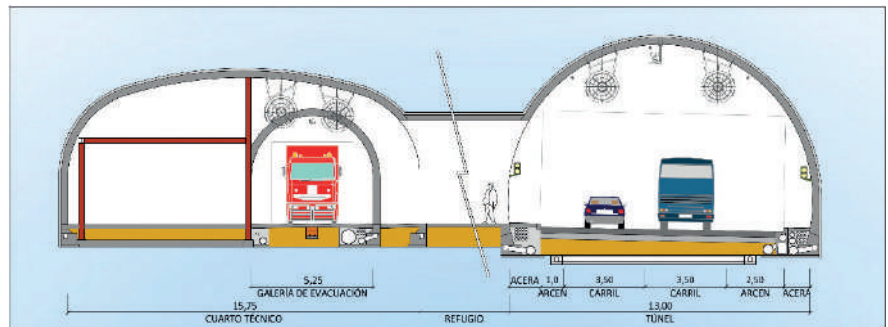


Ilustración 5. Túnel de Caldearenas. Sección tipo con galería

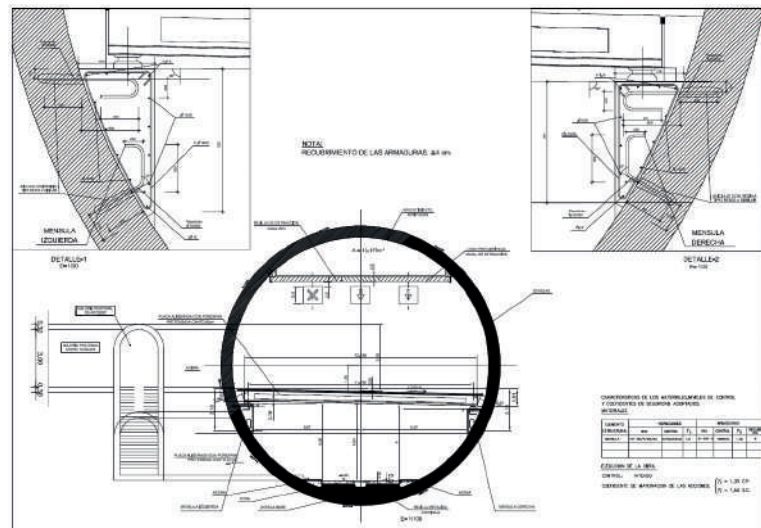


Ilustración 6. Sección tipo tuneladora-galería de emergencia

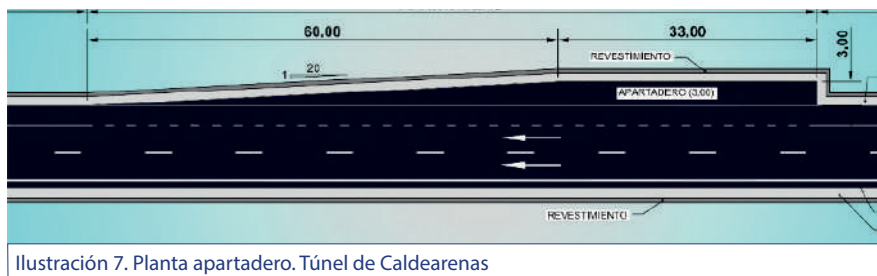


Ilustración 7. Planta apartadero. Túnel de Caldearenas



Ilustración 8. Detalle del cierre del apartadero. Túnel de Caldearenas

condicionante ya que la escasez de éste puede ser origen de incidencias, incluso adaptando todas las medidas de señalización y disuasión posibles.

Por otra parte, la sección transversal y más concretamente el gálibo libre del túnel son factores clave para la autoevacuación de los usuarios en caso de incendio ya que en los primeros minutos de éste es fundamental la estratificación de los humos para favorecer la visibilidad y la respiración bajo la capa creada, asegurándose una mayor velocidad en la evacuación cuanto mejor sea la visibilidad.

3.3.3. Trazado en alzado

La inclinación de la rasante y sus variaciones afectan al número de incidentes. El RD 635/2006 considera las limitaciones en la pendiente de los túneles como una medida de seguridad y considera que en el caso de tener tramos con pendientes superiores al 3% deberán tomarse medidas preventivas para evitar la incidencia o mitigar sus efectos.

Los carriles de entrada y salida con fuertes pendientes pueden afectar al número y gravedad de los accidentes, especialmente los de entrada con pendiente descendente ya que, en caso de incendio, debido al efecto de convección, los humos se desplazarán aguas arriba afectando a los usuarios que pudieran estar retenidos en la parte de atrás del carril.

3.3.4. Trazado en planta

En tramos en curva, la pérdida de visión es susceptible de aumentar la accidentabilidad, especialmente si converge con otros factores como pendientes descendentes, climatología, etc. Por lo contrario, los tramos con un trazado en recta acumulan menor número de incidencias.

Algunos de los puntos con mayor número de incidentes registrados se producen en trazados en curva.

3.4. Equipamiento

Aunque muchos de los equipamientos exigidos por el RD 635/2006 no tienen carácter preventivo, resultan fundamentales en el desarrollo de una incidencia mitigando en general sus consecuencias.

Por lo tanto, en el momento de evaluar las incidencias, deben tenerse en cuenta todos los equipamientos de los que dispone el túnel, en cuanto su aportación a:

- **Prevención:** Contribuyen a evitar la aparición de incidencias. Algunos son de tipo activo, como la señalización variable y las barreras de cierre, mientras que otros son pasivos o que contribuyen sin ser su función principal.
- **Detección y aviso:** Una vez se produce la incidencia, resulta clave una detección lo más temprana

posible que permita la rápida actuación. Un ejemplo serían las cámaras con DAI.

- **Mitigación de efectos/resolución de la incidencia:** Podrían considerarse incluidas tanto las instalaciones que directamente sirven para luchar contra la incidencia: hidrantes, BIEs y la ventilación en caso de incendio, como todos los equipamientos que facilitan la rápida evacuación de los usuarios, los que impiden que nuevos usuarios accedan al túnel y los que facilitan el acceso de los equipos de emergencia, pudiendo actuar más precozmente. No debe olvidarse la importancia de las comunicaciones tanto en el interior del túnel como en las galerías y los avisos a través de las emisoras de radio comerciales.
- **Las averías en las instalaciones de seguridad son incidencias en sí ya que la explotación se verá comprometida según sea la afectación al sistema o si éste cuenta con redundancia o medidas compensatorias que lo suplanten.** Si concurrieran situaciones de incidencias y algún sistema del túnel degradado por una avería, el riesgo a la hora de catalogar la incidencia sería más elevado lo que pone de manifiesto la necesidad de un plan de contingencias que defina las Condiciones Mínimas de Explotación.

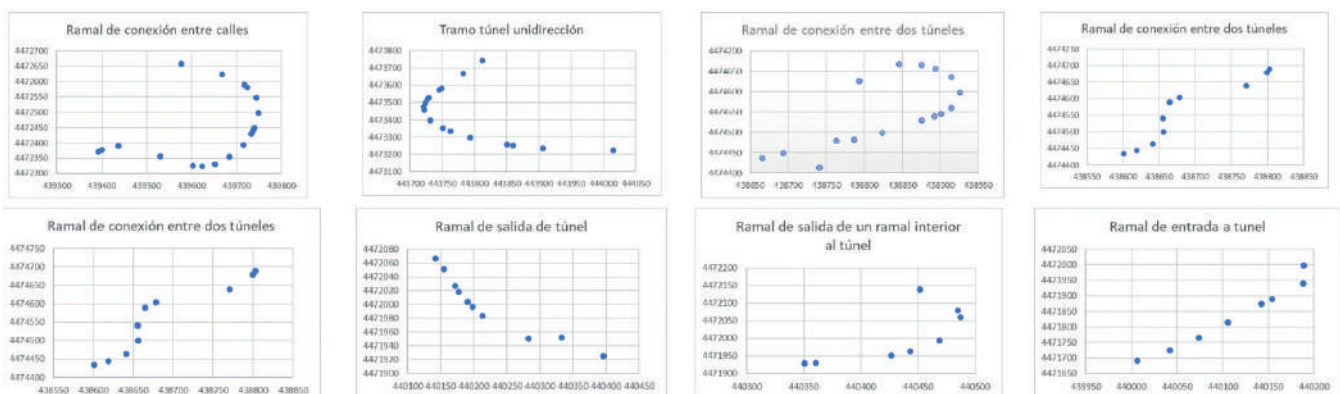


Gráfico 4. Concentración de accidentes en tramos en curva

SISTEMA DE ESPECIAL RELEVANCIA PARA LA EXPLOTACIÓN	NORMATIVA DE REFERENCIA	ESTADO NOMINAL	SISTEMAS REDUNDANTE	CONDICIONES DE SERVICIO DEGRADADO	MEDIDAS COMPENSATORIAS PROPUESTAS
CCTV	EIT Sistema CCTV	Interdistancia de 80 m. Esta distancia puede variar para garantizar la cobertura completa de la zona y evitar ángulos muertos.	DAI	Imposibilidad de visionado de un tramo continuo de calzada que contenga al menos dos accesos a rutas de evacuación	<ul style="list-style-type: none"> Control de tráfico en tiempo real: análisis aforamiento Rondas de vigilancia
DAI	EIT Sistema DAI	Interdistancia de 80 m. Esta distancia puede variar para garantizar la cobertura completa de la zona y evitar ángulos muertos.	CCTV/VIDEO WALL	Fallo de dos analizadores DAI consecutivos	<ul style="list-style-type: none"> Control de tráfico en tiempo real: análisis aforamiento Rondas de vigilancia
DETECTORES ATMOSFÉRICOS	EIT Sistema de Detección de Condiciones Atmosféricas	Monitorización/lecturas de visibilidad, gases NO/CO y velocidad/sentido viento en cada Cantón	En caso de ausencia o fallo completo de un mismo tipo de sensor de gas se podrá gestionar en base a los valores de otro contaminante	2 cantones consecutivos sin lectura	<ul style="list-style-type: none"> Reforzar rondas CCTV Rondas de vigilancia Mediciones portátiles "in situ"
SEMÁFOROS INTERIORES		1 semáforo doble ámbar cada 80 metros aprox.	Señalización variable	Imposibilidad de control de un tramo continuo de calzada que contenga al menos dos accesos a rutas de evacuación	<ul style="list-style-type: none"> Rondas de vigilancia Personal de señalización destacado a puntos de la calzada
SEMÁFOROS EXTERIORES DE CONTROL DE ACCESO A TÚNEL	EIT Equipamiento en Acceso a Túneles	1 semáforo verde, ámbar y doble rojo para cierre de túnel	Barreras y/o Señalización variable de acceso a túnel	Sin posibilidad de control en acceso a túnel	<ul style="list-style-type: none"> Vehículo de señalización. Personal de señalización destacado a puntos de la calzada

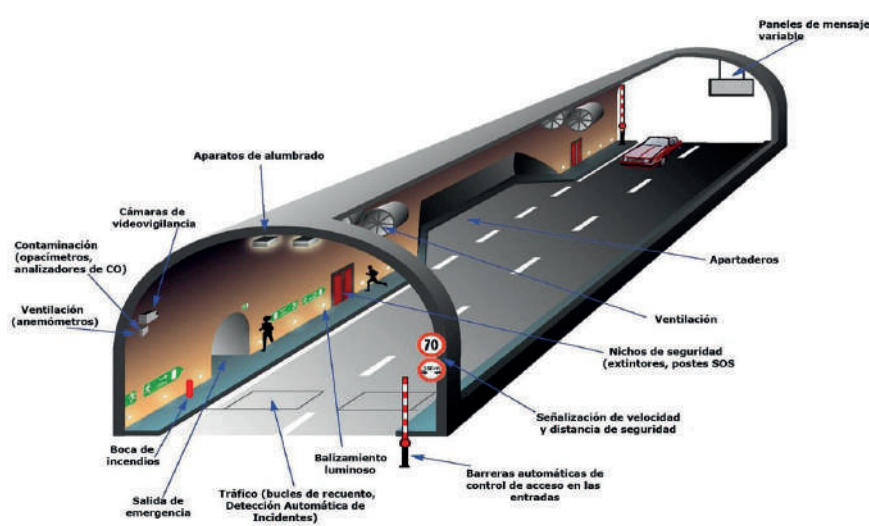


Ilustración 10. Esquema con diversos equipamientos del túnel (PIARC)

3.5. Configuración de la red

3.5.1. Ramales de conexión

El RD 635/2006 no permite la variación del número de carriles en el interior y en las proximidades del túnel (en una distancia equivalente a 10 veces la velocidad máxima permitida, expresada en metros por segundo; aspecto ya mencionado), excepto los carriles de emergencia.

Esta limitación tiene la finalidad de evitar en el interior y en los accesos al túnel la existencia de zonas notoriamente asociadas a una mayor accidentabilidad.

Los tramos de trenzado en el interior del túnel suponen un factor de riesgo y afectan a las incidencias

que sucedan en él, que debe tenerse en cuenta en los casos en que sea necesario proyectarlos.

3.5.2. Conexiones con otras infraestructuras

La existencia de infraestructuras cercanas, con conexión a la vía donde está situado el túnel, puede producir una alteración en el tráfico de éste. Dependiendo de su posición relativa al túnel, las incidencias que se produzcan en las infraestructuras adyacentes pueden provocar aumentos o descensos del tráfico en el túnel, incluso llegar a congestionarlo (conviene recordar que debe cerrarse la entrada al túnel para evitarlo). Deberá tenerse en cuenta esta circunstancia a fin de evitar que derive

en otras afectaciones concatenadas por lo que la existencia de planes de actuación de coordinación conjunta con infraestructuras adyacentes evita la propagación del incidente, minimizando así sus consecuencias.

Por contra, la presencia de otras vías cercanas puede proporcionar alternativas ante las incidencias que se originen, permitiendo reconducir parcial o totalmente el tráfico, des congestionando así la vía para un mejor acceso y actuación por parte de los servicios de emergencia y del personal del túnel. En este sentido, los ramales de conexión, si bien pueden complicar la gestión del túnel también pueden contribuir favorablemente en caso de incidencia.

3.6. Velocidad

Como se ha indicado anteriormente, la velocidad es un factor relacionado con el aumento de las incidencias, así como con la magnitud de los daños personales y materiales ocasionados por éstas. Esta circunstancia no se limita únicamente a los excesos de velocidad, sino que resulta también aplicable a la velocidad máxima permitida e incluso a la velocidad mínima (la mitad de la velocidad de la vía, salvo que esté permitido el paso de peatones y/o ciclistas).



Ilustración 11. Limitación de velocidad, túnel de Caldearenas y control de velocidad túnel de Petralba

Si bien pudiera deducirse que para aumentar la seguridad fuera conveniente aplicar mayores reducciones de la velocidad máxima permitida en el túnel, esta práctica podría ocasionar la aparición de otro tipo de incidencias, tales como los accidentes por alcance y el aumento de la contaminación. Según los túneles y el tipo de combustible de los vehículos, por debajo de 30 km/h se eleva mucho la contaminación por mala combustión. En general, se puede afirmar que por encima de 40 km/h, los túneles se autoventilan.

Por otra parte, para evitar la concatenación con nuevas incidencias, es necesario verificar si la disponibilidad de los equipos de señalización variable resulta adecuada a las limitaciones excepcionales que se pretendan establecer en caso de incidencia, así como su correcta utilización.

3.7. Entorno de la explotación

El entorno es un factor condicionante importante en los incidentes en los túneles. Una clasificación simple es:

- Urbano: Este tipo de entorno suele implicar altos volúmenes de tráfico y por lo tanto mayor número de incidencias relacionadas, in-

cluso dar lugar a la aparición regular de congestiones y otro tipo de eventos que tienen que ver con los accesos no permitidos al túnel como el de los peatones y ciclistas, en caso de que tengan restringido su paso.

- Interurbano: Asociado típicamente mayores velocidades y a niveles de servicio más favorables, excepto en los accesos a las grandes ciudades. Dichos entornos suelen ser más propensos a incidencias meteorológicas, animales en libertad, desprendimientos (muchos túneles interurbanos responden a una necesidad de atravesar entornos montañosos).

3.8. Grado de supervisión y respuesta de los equipamientos

El objetivo de la supervisión es mantener los equipamientos del túnel en perfectas condiciones para que estén disponibles en el momento de la incidencia y su respuesta sea la esperada.

En este sentido debe garantizarse un correcto mantenimiento predictivo y preventivo de los equipamientos de seguridad y control.

Es necesario contar con un plan de contingencias que describa los

protocolos a seguir en el caso de averías que obligue a una explotación del túnel en modo degradado y se establezcan las Condiciones Mínimas de Explotación.

3.9. Respuesta de los servicios de emergencia

Este factor puede resultar clave para salvaguardar la vida humana, tanto en lo que supone una rápida respuesta como en que ésta sea eficaz.

La rapidez de respuesta no depende únicamente de aspectos ajenos al túnel sino también de la efectividad de los sistemas de detección y aviso, así como de la formación del personal del Centro de Control tanto para conocer la incidencia como para elaborar correctamente la información a comunicar a los servicios de emergencia a través del teléfono único 112.

Los tiempos de respuesta del personal para atender la incidencia/incidente dependerán de la distancia a la que estén ubicados con relación al túnel, que debe ser conocida.

Los trabajos previos realizados conjuntamente con los servicios de emergencia para un mejor conocimiento de la instalación, sus



Ilustración 12. Ejemplo túneles cortados

accesos, los procedimientos de actuación, etc., sin duda mejorarán la respuesta.

3.10. Entrenamiento del personal de explotación

La actuación del personal propio de explotación resulta un condicionante importante para resolver las incidencias, independientemente de que se requiera o no la intervención de los servicios de emergencias externas.



Ilustración 13. Simulacro en el túnel de Somport

Además de contribuir ocasionalmente a la detección de incidencias, es habitual que el personal de explotación se persone antes que los servicios de emergencia en el lugar de la incidencia, pudiendo tener asignadas funciones de intervención, de evacuación o de confinamiento e incluso de primeros auxilios, siempre en función de su formación y atribuciones y sin poner en riesgo sus vidas.

Es esencial una formación y entrenamiento adecuados a las actuaciones que el personal de explotación pueda desempeñar, complementada, tanto a nivel teórico como práctico, con la realización de ejercicios y simulacros tal y como se indica en la publicación de PIARC (2012) "BUENAS PRÁCTICAS PARA LOS EJERCICIOS DE EMERGENCIA EN TÚNELES DE CARRETERA". Los principales objetivos de la formación son:

- Conocimiento del túnel y su entorno, especialmente de aquellas características que tienen influencia sobre las incidencias;



Ilustración 14. Publicaciones PIARC 2007 y 2012. Comité de Explotación de túneles

- Identificación y clasificación de las incidencias;
- Organigrama en caso de emergencia;
- Servicios de emergencia;
- Manual de actuación.

Del mismo modo, el personal del Centro de Control deberá ser seleccionado, formado y entrenado.

Cuando se habla de "seleccionado" hay que tener en cuenta la importancia del perfil psicológico de los operadores de Centro de Control para que no se bloqueen frente a un incidente de cierta gravedad, por

ejemplo, un incendio. En este sentido la realización de test de estrés, test de ansiedad de Hamilton, test de psicopatías de Robert Hare, han demostrado ser herramientas muy útiles, no solamente como elementos clasificatorios en la elección de personal sino también en cuanto a la formación específica de los operadores.

A este respecto es interesante la publicación de PIARC (2007) "GUÍA PARA LA ORGANIZACIÓN, CONTRATACIÓN Y FORMACIÓN DEL PERSONAL DE EXPLOTACIÓN DE TÚNELES DE CARRETERA".

4. Criterios principales para la clasificación

A la hora de clasificar los incidentes en varias categorías pueden establecerse diferentes formas de hacerlo. Se puede hacer una clasificación en función del origen o causa del incidente (un accidente de tráfico, un fallo en el funcionamiento en las instalaciones, una mala visibilidad en el túnel o sus accesos). También se puede diferenciar según la forma de actuación para solucionar el incidente (con medios propios o con medios externos, con cierre del túnel, con cierre de carril o sin necesidad de afectar al flujo circulatorio). Cabe considerar una clasificación en función del nivel de gravedad, del riesgo generado y de los medios necesarios para su resolución (prealerta, alerta, nivel de emergencia o crisis). Los incidentes también se pueden valorar en función de sus consecuencias en cuanto a la afectación a usuarios o a los equipamientos o sistemas, por el modo o medio de detección.

4.1. Considerando su origen, las situaciones de riesgo se pueden clasificar en:

- Factor humano: su origen está relacionado con la actividad del



Ilustración 15. Colisión entre dos vehículos

hombre. Este grupo incluye los riesgos derivados de la circulación de vehículos, tales como accidentes de tráfico, incendios de vehículos, derrames o explosiones de mercancías peligrosas, presencia de peatones en la vía, etc.

- Factor técnico: se trata de situaciones asociadas al mal funcionamiento, tales como averías de los equipamientos o sistemas o de los propios vehículos que circulan.
- Factor natural: incidencias relacionadas con condiciones meteorológicas adversas, causas geotécnicas y causas relacionadas con la fauna.

Las situaciones de riesgo relacionadas con factores humanos pueden provenir de:

- Infracciones en la conducción;
- Accidentes de circulación en los que se vean implicados uno o más vehículos, de la misma o distinta clase, que puedan generar heridos de diferente gravedad (incluso muerte) y daños tanto a los vehículos como a las instalaciones del túnel;
- Presencia de peatones, bicicletas o vehículos de tracción animal;

- Paso de vehículos especiales por sus dimensiones, con restricciones de paso o incluso prohibición;
- Congestión (retenciones y atascos), más probables en túneles de entorno urbano, pero no desechables en túneles interurbanos, por ejemplo, por accidente en el túnel;
- Contaminación producida por los vehículos propulsados por motores de combustión interna, que puede repercutir en la explotación del túnel y en la seguridad de sus usuarios por la emisión de partículas contaminantes (CO, NOX y CO2), y que además puede producir una disminución de la visibilidad;
- Pérdidas de carga o de mercancías por los vehículos que han circulado por el túnel;
- Incendio en el interior del túnel de uno o varios vehículos cuya gravedad está relacionada directamente con la potencia del incendio generado, según se trate de un incendio de un vehículo ligero, de un vehículo pesado o de un vehículo que transporte MMPP. Se puede generar a raíz de un accidente o por problemas mecánicos o eléctricos del vehículo:



Ilustración 16: Incendio de camión dentro del túnel



Ilustración 17. Situación de riesgo por infracción en adelantamiento

- Implicación de materias peligrosas en accidentes, fugas o derrames.
- Manifestaciones o desórdenes públicos. No son habituales, pero se pueden llegar a producir sobre todo en entornos urbanos;
- Atentados, sabotajes o robo de materiales de las instalaciones. La posibilidad de atentados debe recogerse en el Manual de Explotación, no debiéndose olvidar los Centros de Control y la ciberseguridad;
- Obras o labores de mantenimiento. No se tratan propiamente de incidentes sino más bien de incidencias en la normal explotación del túnel para las que hay que estudiar previamente un procedimiento de trabajo en condiciones de seguridad tanto para los trabajadores como para los usuarios;

Las situaciones de riesgo asociadas a factores técnicos pueden ser debidas a:

- Averías y fallos técnicos de las instalaciones que afecten a las condiciones de circulación y que puedan llevar consigo restricciones en el túnel e incluso a la necesidad de su cierre. Normalmente este tipo de incidencias se suelen analizar en las Condiciones Mínimas de Explotación (CME) para determinar, en función del número



Ilustración 18. Situación de riesgo por incendio en cuadro eléctrico de mando

de equipamientos afectados, su ubicación y los plazos de resolución de las averías, y si es necesario o no aplicar restricciones y/o medidas compensatorias para seguir operando de forma degradada;

- Fuego en las instalaciones; en este caso además de las CME que pueden conllevar el incendio debido a la inutilización de las instalaciones, debe tenerse en cuenta el procedimiento a seguir para la extinción del incendio o conato de incendio;
- Fallos en la infraestructura u obra civil del túnel, que pueden producirse en el pavimento, en las aceras, en el revestimiento y en

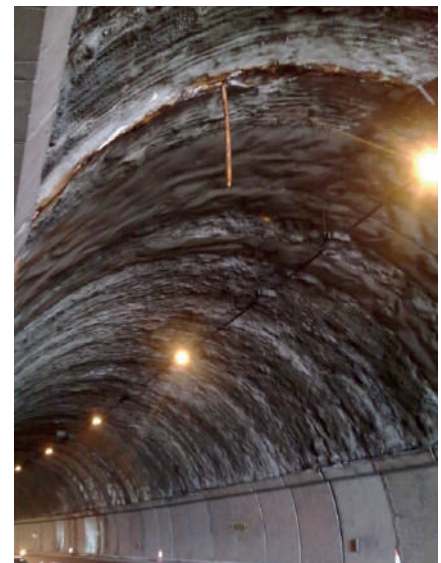


Ilustración 19. Situación de riesgo por deterioro de revestimiento flexible

el sistema de drenaje que pueden llegar a generar condiciones de circulación no seguras en el túnel que obliguen a su cierre. El alcance de este tipo de circunstancias puede ser muy importante y sus plazos de resolución muy dilatados, por lo que ésta debe analizarse en profundidad;

- Averías de vehículos que circulan por el túnel, de diferentes tipos y de diferente gravedad, que pueden influir en la circulación;

Las situaciones de riesgo asociadas a factores naturales pueden ser las siguientes:

- Condiciones meteorológicas adversas en las plataformas de ac-

ceso/salida y/o en los primeros metros del túnel;

- Características geotécnicas del terreno que puedan producir hundimientos o corrimientos de tierras, tanto en el interior del túnel como en sus accesos;
- Presencia de animales en el interior del túnel que supone un riesgo importante dado que éstos no tienen salida fácil por lo que normalmente supone el cierre del túnel hasta que se produzca.

4.2. Atendiendo a la forma de actuación para su resolución, los incidentes se pueden diferenciar de la siguiente manera:

Resolución desde el Centro de Control o con medios sobre el terreno, si es que se disponen. Por tanto, según el tipo y la gravedad del incidente, éste se puede resolver de la siguiente manera:

- Desde el Centro de Control: muchos de los incidentes de menor gravedad pueden resolverse con una actuación sobre la señalización, indicando precaución en los PMV y/o limitaciones de velocidad (infracciones leves en la conducción, condiciones meteorológicas adversas, labores de mantenimiento, paso de vehículos especiales, averías...), con semáforos en ámbar intermitente, con mensajes a través de la emisora de los vehículos, aumentando la iluminación cerca de las bocas, actuando sobre la ventilación mediante el arranque de los ventiladores en caso de contaminación u opacidad, actuando sobre la iluminación poniéndola en el máximo nivel para mejorar la visibilidad, actuando sobre las barreras para cerrar el túnel y evitar la afección a más usuarios en incidentes más graves (averías



Ilustración 20. Centro de Control. Túneles de Calle 30

con corte de carril, objetos en calzada...), ...;

- Con medios propios sobre el terreno: en el caso en el que el incidente no se pueda resolver por medios propios, será necesario que el personal de apoyo compruebe la causa del incidente y ayude a su resolución. Este sería el caso de averías, accidentes y presencia de animales. Algunos túneles cuentan con personal de primera intervención para actuar si se produce algún incendio, pero en este caso también se solicitará la ayuda de los medios exteriores;
 - Con ayuda de medios exteriores (bomberos, sanitarios, fuerzas de seguridad y protección civil): en el caso en el que el personal del túnel no tenga capacidad suficiente para atender un incidente se solicitará la ayuda de los Servicios de emergencia exteriores;
 - Con/sin cierre de carril: en cierto tipo de incidentes (averías, objetos en calzada, accidente leve) puede ser necesario el corte de un carril, lo que supone una afección a la circulación en el túnel. En el caso de túneles unidireccionales, esta afección es leve ya que se dispondrá de otro carril para circular, pero en el caso de túneles bidireccionales la afección será mayor ya que supondrá el corte de uno de los sentidos de circulación. En este caso si el corte persistiese en el tiempo debería establecerse tráfico alternativo en condiciones adecuadas de seguridad. Es de gran ayuda disponer de señales aspa-flecha y flechas inclinadas para facilitar la gestión inmediata desde el Centro de Control;
 - Con/sin cierre de túnel: para el caso de los incidentes más graves (accidentes, incendio, fuga de MMPP, fallos graves en las instalaciones) puede ser necesario el corte completo del túnel hasta la resolución del incidente.
- Relacionado con la clasificación anterior, pero en este caso dependiendo de la gravedad del incidente y de los riesgos generados, se pueden establecer diferentes niveles de actuación, según los medios necesarios para su resolución, tales como:
- Nivel de prealerta (nivel 0): Estado en respuesta a un incidente detectado que, sin haber producido daño sobre las personas, los materiales o el medio ambiente, supone un incremento del riesgo por encima de los niveles asumidos como aceptables, pudiendo ser controlado por los medios propios de la explotación, sin la intervención externa.

- Nivel de alerta (nivel 1): Estado en respuesta a un incidente detectado que, sin haber producido daño sobre las personas, los materiales o el medio ambiente, supone un incremento del riesgo por encima de los niveles asumidos como aceptables, requiriéndose para su control el aviso o alerta al servicio exterior de emergencias necesario, además de los medios propios de la explotación. Los servicios exteriores de emergencia permanecen en estado de alerta en espera de que se les comunique la evolución de la situación de emergencia. Durante este estado, se realizarán las operaciones que el Plan Exterior de Emergencias determine.
- Nivel de emergencia (nivel 2): Estado en respuesta a incidentes no catastróficos en los que para su resolución previsiblemente sólo será necesaria la movilización de los servicios ordinarios de intervención en emergencias exteriores a la explotación. Son supuestos incidentes sin daños o con daños limitados que requieren de la movilización de recursos de primera intervención, y en su caso coordinación suplementaria y apoyo técnico superior.
- Nivel de emergencia extraordinaria (nivel 3): Estado en respuesta a incidentes de cuya ocurrencia se deriva un daño importante para las personas e instalaciones, o en los que sin haberse materializado daño suponen un nivel de riesgo muy elevado. Se trata de situaciones de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, en las que en función de su gravedad se pondrán en marcha distintos Planes de Emergencias Exteriores y que exigen, para ser resueltas, de la intervención coordinada

de todos los medios y recursos implicados en dichos Planes de Emergencia, así como aquellos otros que se consideren necesarios bajo la autoridad del Director del Plan Exterior.

4.3. Según las posibles afecciones o consecuencias que puedan derivarse de cada uno de los incidentes, éstos se pueden numerar de 0 al 4 según el siguiente orden:

0. Sin afecciones al tráfico: se trata de pequeñas incidencias resueltas rápidamente o de pequeña gravedad que no suponen ninguna afección a las condiciones de circulación del túnel. Este sería el caso de niveles de contaminación u opacidad resueltos con el arranque de la ventilación o pequeñas averías en las instalaciones u obra civil que no afectan a las condiciones de seguridad de los usuarios.
1. Entorpecimiento a la conducción: Este tipo de incidentes supone la aplicación de ciertas limitaciones a las condiciones normales de circulación como pueden ser la precaución (semaforos ámbar y mensajes PMV), la necesidad de reducir la velocidad, las retenciones, los atascos, los cortes de carril o incluso el cierre de túnel.
2. Daños sobre los vehículos en caso de accidentes.
3. Daños en la infraestructura: daños en la obra civil del túnel y/o en sus instalaciones.
4. Heridos de diversa gravedad como consecuencia de atropellos, accidentes entre vehículos o incendios.
5. Muertos.

4.4. En cuanto al modo o medio de detección pueden diferenciarse los siguientes tipos de incidencias:

- Detección automática: muchos túneles, sobre todo a partir de cierta longitud, disponen de un sistema de Gestión Técnica Centralizada (GTC) o Plataforma SCADA que controla el estado de todo el equipamiento y genera alarmas en caso de que alguno entre en fallo o no funcione correctamente. Esta GTC dispone en ocasiones de un sistema DAI (Detección Automática de Incidentes) que analiza el tráfico a través del sistema CCTV y que también genera alarmas por situaciones anómalas en la circulación (vehículo lento, vehículo rápido, vehículo parado, vehículo en sentido contrario, congestión, peatón, objeto...). Normalmente está configurada una alarma automática de incendio, de modo que en función de uno o varios de los sistemas instalados en el túnel (sistemas de detección de incendios, detectores de CO, NO, opacidad, extintores...) se activa e incluso localiza el incendio y propone una actuación al operador que debe validar o pasado un cierto tiempo de respuesta actúa de "motu proprio";
- Detección por medios propios: el personal dispuesto en el Centro de Control a través del sistema CCTV visualiza el estado del tráfico y detecta las incidencias del tráfico. El personal de mantenimiento o de conservación en sus rondas de inspección también puede detectar incidencias en el tráfico o en el estado de las instalaciones;
- Detección a través de los usuarios: en ocasiones los usuarios se comunican con el Centro de Control a través de los postes SOS para informar de un problema que han tenido;

- Aviso de terceros: el aviso al Centro de Control también puede llegar a través de los servicios de socorro o del 112, cuando éstos han sido alertados previamente por los usuarios.

Por último, cabe señalar que todos los incidentes producidos en un túnel deben quedar documentados y registrados por parte de la empresa explotadora, pero además en aquellos casos en los que los incidentes tengan cierta relevancia el Responsable de Seguridad de Túneles (RST) deberá redactar un informe específico del mismo para conocimiento del Gestor. Para distinguir qué tipos de incidentes se deben considerar relevantes se puede tomar como referencia el criterio fijado en el documento El Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera elaborado por el Comité de Túneles de la ATC:

- Incidentes significativos:
 - o Al menos 1 víctima (herido leve, grave o fallecido),
 - o Incendio,
 - o Caída de materiales en boca o interior.
- Incidentes relevantes:
 - o Daños materiales en algún vehículo,
 - o Vehículo de MMPP implicado,
 - o Fallo generalizado de la estructura o de alguna instalación,
 - o Corte no programado de algún carril durante más de 2h o cierre no programado del túnel o 1 tubo de cualquier duración.

En ese documento se indica que los incidentes relevantes deben quedar registrados (en la base BIT 2.1 Base de datos de inventario, incidencias e inspecciones de los tú-

neles de la R.C.E.) y que los incidentes significativos requieren además evaluación e informe.

En el caso de países del entorno como Francia, la normativa de este país (Arrêté du 18 avril 2007) considera que en cuanto a la seguridad los incidentes y accidentes significativos son los siguientes:

- a) todos los accidentes con lesiones;
- b) todos los incendios dentro del túnel;
- c) otros sucesos que hayan requerido un cierre no programado del túnel, excepto los relacionados con la gestión del tráfico fuera de la estructura.

Además, para cada tipo de incidentes, en función de su gravedad y por tanto de la respuesta de acción necesaria, deben fijarse los niveles de emergencia a aplicar definidos en el apartado 4.3.

5. Listado de incidencias

Toda clasificación supone introducir un orden que ayuda a un tratamiento organizado y metódico de la información. El primer paso para la clasificación de incidencias es distinguir grupos más o menos homogéneos de tipologías de estas.

Como ya se ha visto en el apartado anterior, la clasificación puede obedecer a distintos criterios, que aunque todos sean válidos pueden presentar ciertos inconvenientes operativos que retrasen la respuesta.

Por una parte, en un primer momento el nivel de riesgo es subjetivo y la previsión de los servicios de emergencia necesarios puede no ser correcta debido a la evolución del incidente y por otra una clasificación basada en la respuesta so-

bre la señalización o en el modo de detección del incidente depende del equipamiento implementado en el túnel con lo que la casuística es muy variable.

Una propuesta de clasificación de causas, fundamentada en agrupar las tipologías en base al origen del incidente, añadiendo un grupo de afección a condiciones ambientales y otro reservado a situaciones de explotación con restricciones, y englobando cada uno de ellos en categorías de las incidencias más comunes, sin perjuicio de que una característica singular de un túnel concreto implique añadir o eliminar alguna de ellas, sería la siguiente: (tabla 3)

El grupo de Explotación responde a situaciones programadas, que deben planificarse adecuadamente y comunicarse con antelación a la autoridad de tráfico.

Debe observarse que en las categorías que hacen referencia a vehículos no se han introducido distinciones en cuanto al tipo: pesado o ligero, mercancía transportada, tipo de combustible, etc. La identificación del tipo de vehículo puede conllevar un retraso en el lanzamiento de la respuesta por parte del operador y además el túnel puede no contar con los equipos necesarios para detectar vehículos de forma específica.

No obstante, si se necesitase distinguir o complementar la respuesta ante un incidente originado por un vehículo de características concretas, pueden darse instrucciones específicas en la ficha de actuación correspondiente, por ejemplo, para la detención de un vehículo de mercancías peligrosas en el túnel.

Un aspecto muy importante, ya en el tratamiento del incidente, es el seguimiento de la evolución de éste para lo que es de vital importancia

Tabla 3 Clasificación de causas de incidencias basada en agrupar las tipologías en base al origen del incidente

Clasificación de causas de incidencias basada en agrupar las tipologías en base al origen del incidente											
Condiciones ambientales	Climatológicas y naturales: Originadas por fenómenos meteorológicos u otros factores naturales	Viento	Niebla	Lluvia	Nieve	Hielo	Alud o derrumbe en el exterior del túnel				
Explotación con restricciones	Tráfico rodado: El incidente es causado por vehículos, personas o animales en movimiento	Congestión	Vehículo rápido	Vehículo lento	Peatones	Ciclistas	Vehículo de tracción animal	Conducción temeraria / Kamikaze	Vehículo especial	Animal	Vehículo fuera de galbo
	Detenciones y obstáculos; El incidente está causado por vehículos u objetos ubicados en una zona concreta y localizada	Vehículo en apartadero	Vehículo u obstáculo en carril	Vehículo u obstáculo ocupando toda la calzada	Derrumbe interior u obstrucción de accesos	Calzada deslizante o vertido en interior del túnel	Accidente				
	Incendio en el interior del túnel	Incendio fijo	Incendio en movimiento	Incendio fijo de MMPP (en caso de agentes de intervención propios o para aviso a agentes exteriores)	Incendio fijo de MMPP (en caso de agentes de intervención propios o para aviso a agentes exteriores)						
	Orden público; Incidentes de origen puramente antrópico	Manifestación	Alerta de bomba o atentado (incluyendo ataques informáticos al centro de control)								
	Ambientales; Todas las relacionadas con el medio ambiente	Alta opacidad	Alta concentración de CO	Alta concentración de NOx							
	Averías y factores técnicos	Averías y fallos técnicos de las instalaciones	Fuego en las instalaciones de los locales técnicos	Fuga fija de MMPP	Fuga en movimiento de MMPP						
	Restricciones de tráfico para realizar trabajos de conservación y mantenimiento	Distintos tipos de corte de carriles	Distintos tipos de cierre de túneles	Gestión de desvíos provisionales en accesos u otras restricciones de circulación							

el sistema CCTV. Por ejemplo, la detección de un peatón que circula por la acera origina una respuesta de alerta para los vehículos y de alarma para el personal de explotación. Si se observa que este peatón actúa de forma anormal, la respuesta inmediata es el cierre de túnel.

En un futuro muy próximo, casi presente, habrá que analizar un nuevo tipo de incidente, el producido por los vehículos con conducción autónoma completa (nivel 6 de autonomía) que pueden aportar un mayor grado de complejidad a la actuación a realizar. Complejidad que disminuirá progresivamente entre los niveles 4 (conducción autónoma alta) y 1 (conducción asistida).

6. Otros datos de interés: estudios del comportamiento de los conductores en túneles

Un factor determinante para minimizar las incidencias en los túneles

es concienciar a los usuarios de las particularidades de conducir por una infraestructura tan singular.

A lo largo de este artículo ha quedado patente que es posible mantener cierto control y seguimiento sobre las diversas variables que intervienen en una incidencia, pero sin duda, la variable de la que aún no se dispone de suficientes referencias es la del comportamiento de los usuarios ya que muchas veces no es el adecuado, pero no se puede analizar al no haberse involucrado en el accidente.

Un reciente estudio llevado a cabo en un túnel tipo evidencia que los excesos de velocidad, no mantener la distancia de seguridad y la indisciplina ante cambios en la señalización, son factores de riesgo sobre los que se debe insistir.

En la Ilustración 21 se resumen los resultados del estudio realizado en 2019 por Autopistas España:

7. Conclusiones y recomendaciones

El análisis realizado sobre Incidentes Potenciales y su clasificación tiene un carácter general que debe utilizarse simplemente como orientación para el estudio particularizado de cada túnel.

Su aplicación generará un proceso que permitirá definir en términos cuantitativos la capacidad de "resiliencia" de una infraestructura concreta mediante la aplicación de determinados procedimientos, como por ejemplo la Metodología RAMS. (Ver documento de PIARC, 2019 R05 ES).

Los incidentes que se producen en un túnel no deben ceñirse exclusivamente al propio túnel sino también a sus zonas de influencia inmediatamente antes y después.

En el origen de todas las incidencias y, por consecuencia, en el de los distintos incidentes que se producen en los túneles, interviene alguno de los factores que conflu-

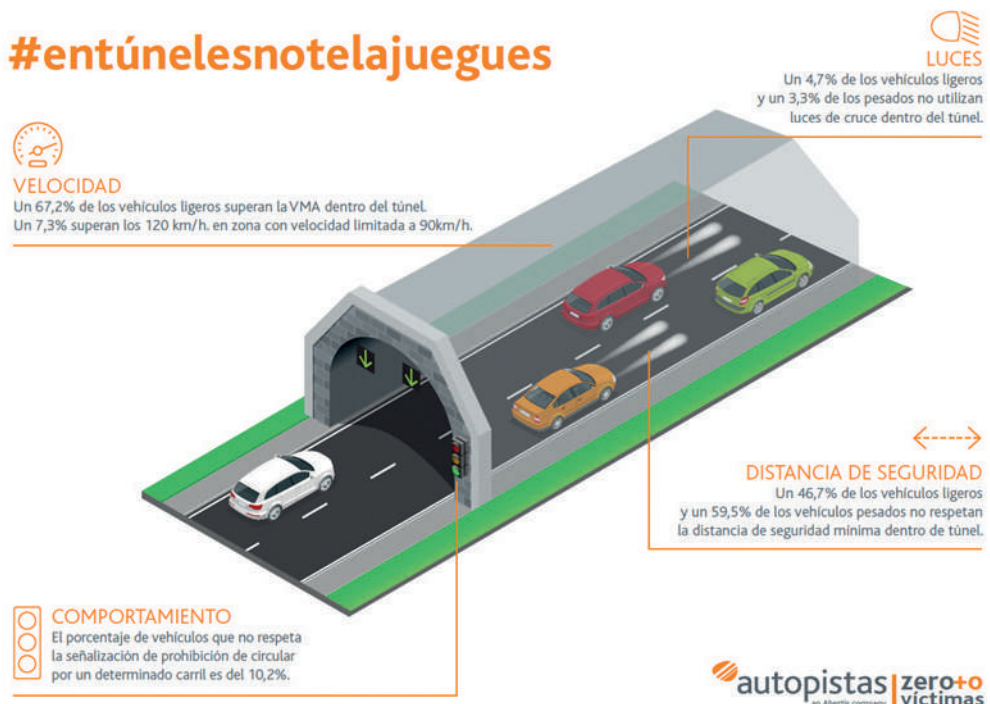


Ilustración 21. Resumen los resultados del estudio realizado en 2019 por Autopistas España.

yen en la carretera, instalaciones, infraestructura, procedimiento de gestión y usuarios de la vía, por lo que su estudio pormenorizado y particularizado para cada túnel mejorará la capacidad de respuesta ante los diferentes eventos y el restablecimiento del servicio.

Uno de los principales factores que influye en la seguridad de los túneles es el del comportamiento de los usuarios, por lo que es muy conveniente una labor educativa, con campañas dirigidas a una conducción más segura, incluyendo en la formación de los conductores aspectos específicos del riesgo en túneles. Además, también es recomendable una acción coercitiva con penalizaciones a los infractores.

Respecto a otros factores, como los relacionados con el equipamiento y los procedimientos de actuación, deben tomarse ciertas medidas que, a la vista de la experiencia de años, han resultado eficaces y de vital importancia:

- la formación del personal de las salas de Control, en cuanto al conocimiento del medio, las instalaciones y los procedimientos de actuación, especialmente cuando no todo el equipamiento de seguridad esté plenamente operativo,
- el establecimiento de procedimientos claros y concisos en el Manual de Explotación, de fácil comprensión y realización, así como su integración real y contrastada en los sistemas de funcionamiento y control del túnel,
- el mantenimiento preventivo y de reparaciones, con especial énfasis en la resolución de los problemas existentes en los sistemas más críticos, entendiendo por éstos los que carecen de otros redundantes o de medidas compensatorias que los sustituyan.

Por otra parte, es recomendable, y así se ha constatado en numerosos casos, que túneles próximos que comparten personal de conservación y explotación, cuyos incidentes se atienden por los mismos servicios de emergencia externos, dispongan de la misma clasificación de incidentes y de un plan de respuesta conjunto, sin perjuicio de añadir consideraciones para un túnel concreto del grupo que respondan a alguna singularidad de éste, ya que cada túnel tiene sus propias características y circunstancias. De esta forma, la documentación se simplifica y puede ser revisada y actualizada con facilidad.

En general, esta buena práctica se viene desarrollando en numerosos túneles tanto de la Red de Carreteras del Estado como en los dependientes de otros titulares, Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, habiéndose constatado mejoras en la organización de los procedimientos de actuación, una disminución del tiempo de respuesta y una mayor eficacia en los aspectos formativos del personal de explotación.

Ello supone un primer paso para que aquellos túneles que comparten un mismo Centro de Control dispongan de una plataforma única de Gestión Técnica Centralizada que los integre, independientemente de que existan otras aplicaciones de control local que prevean un fallo de comunicación o un incidente que requiera una gestión local. Esta plataforma única deberá de ser abierta para que pueda ser intervenida por cualquier profesional especializado, independientemente del proveedor.

La experiencia de los últimos años demuestra que unos planes de señalización globales son útiles para una explotación más eficiente y para una mejor gestión de incidentes, simplificando los procedimientos de actuación.

Como consecuencia de ello, el concepto de resiliencia del túnel se ve reforzado y por supuesto todo redundante en un incremento de la seguridad de los usuarios a su paso por los túneles.

8. Referencias

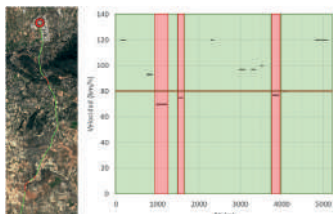
Para la elaboración de este artículo se ha analizado la siguiente documentación sobre incidentes:

- Incidentes en túneles de Cataluña pertenecientes a la red autonómica;
- Incidentes en los túneles de Monrepós en la autovía A-23 en la provincia de Huesca;
- Incidentes en el túnel hispanofrancés de Somport;
- Incidentes en túneles gestionados por Abertis;
- Incidentes en los túneles de Calle 30.

Además, se han consultado los siguientes documentos:

- Base de datos de túneles de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana;
- “Experiencia con incidentes significativos en túneles de carretera”, PIARC, 2017;
- “Medidas de prevención y mitigación de accidentes en túneles”, PIARC, 2019;
- Introducción al concepto RAMS aplicado a la explotación de túneles de carretera. PIARC. 2019R05ES;
- “Improving road tunnel resilience, considering safety and availability”, PIARC, 2021. ❖

Gestión de los Dominios de Diseño Operativo para los Vehículos Automatizados



Management of Operational Design Domains for Automated Vehicles

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)

El Dominio de Diseño Operativo (ODD) de un vehículo automatizado se define como las condiciones específicas bajo las cuales un vehículo automatizado ha sido diseñado para poder funcionar de forma autónoma y segura a lo largo de una sección viaria. Así, en un tramo de carretera, cada vehículo automatizado puede atravesar diferentes secciones que se ajusten a sus ODDs, dando lugar a una gran variabilidad de ODDs entre modelos de vehículos. De aquí surge la necesidad de gestionar los ODDs de los distintos vehículos automatizados con el fin de conseguir una conducción más segura. Concretamente, la gestión de los ODDs abarca tres fases principales: (i) diseño, (ii) verificación y (iii) validación. Durante la conducción automatizada cobra especial importancia la manera en la que se produce la transferencia del control del vehículo al conductor cuando finaliza un ODD. En este contexto, las tareas dinámicas de conducción y las maniobras de riesgo mínimo juegan un papel esencial para garantizar la seguridad de la circulación. Todo este flujo de procesos es abordado y discutido a lo largo de este artículo, finalizando con un caso de estudio en el que se demuestra la gran variabilidad de ODDs que definen la operación de los actuales vehículos automatizados de nivel 2.

The Operational Design Domain of an Automated Vehicle can be defined as the specific conditions under which the vehicle has been designed to operate in an autonomous and safe way along a road section. Thus, on a road segment, each Automated Vehicle can pass through diverse sections that match its ODD, resulting in a large variability of ODDs among vehicle models. This fact leads to the need to manage the ODDs of different Automated Vehicles so as to achieve safer driving. Specifically, the management of ODDs encompasses three main stages: (i) design, (ii) verification, and (iii) validation. During automated driving, the way in which the vehicle transfer control to the driver is of great importance when finalizing an ODD. In this context, Dynamic Driving Tasks and Minimal Risk Maneuvers play a key role in ensuring traffic safety. This workflow is addressed and discussed throughout this article, ending with a case study that demonstrates the great variability of ODDs that define the operation of today's SAE Level 2 vehicles.

1. Introducción

Un vehículo automatizado de nivel 2 o superior está programado para mantener el control, tanto longitudinal como transversal, al circular por una sección de carretera si se dan unas determinadas condiciones. El conjunto de estas condiciones se denomina Dominio de Diseño Operativo (ODD, Operational Design Domain). Por tanto, un ODD se refiere a las condiciones específicas bajo las cuales un vehículo automatizado ha sido diseñado para poder funcionar de forma segura –manteniendo el control– a lo largo de una sección viaria.

Un ODD define, de forma individualizada y particular, cuándo, dónde y en qué condiciones un determinado vehículo automatizado puede funcionar de manera autónoma. Igualmente, también define, de forma complementaria, aquellas condiciones con las que no puede operar. Todo ello según el diseño de ese vehículo y su sistema de automatización.

Los factores que influyen en la localización y extensión de un ODD pueden ser, entre otros, el tipo de vía, el entorno, las características de la vía, el estado de las marcas viales, las condiciones del tráfico y el rango de velocidades del vehículo automatizado que le corresponda al ODD.

Las secciones viarias correspondientes a los dominios operativos pueden ser muy cortas (incluso de algunas decenas de metros) o realmente largas, abarcando todo un segmento o tramo de carretera. Dentro de un tramo de carretera, cada vehículo automatizado puede atravesar diferentes secciones que se ajusten a sus ODDs, es decir, diversas secciones de esa carretera que le permiten operar de forma automatizada. Estas estarán por lo general inconexas, separadas entre sí por zonas que no se ajustan al ODD del vehículo por cualquier factor limitante. En este contexto, se denomina desconexión al hecho de que el vehículo pase de operar de manera automatizada a solicitar el control humano. Como se puede observar en la Figura 1, las desconexiones y, por tanto, la finalización de los ODDs resultantes, se pueden deber a distintos factores limitantes, mostrándose solo algunos de los posibles.

Si se producen múltiples desconexiones, habrá muchas zonas cortas compatibles con el ODD, cediendo con bastante frecuencia el control al conductor. Estas cesiones siempre suponen un riesgo porque, aunque la presencia y la supervisión del conductor debe ser continua, se pueden producir demoras en la aplicación de las acciones necesarias, como, por ejemplo, girar el volante en una curva para que el vehículo no se salga del carril por donde circula.

Las primeras tecnologías de automatización están asociadas a un gran número de desconexiones, por lo que la tendencia natural de sus usuarios es a desconectar el sistema autónomo si resulta molesto. Por el contrario, sistemas tecnológicamente más avanzados presentarán ODDs más robustos y extensos, con cesiones de control mucho más esporádicas. Por una parte, esto fomentará que los conductores hagan uso de la automatización, pero por otra podría suponer una mayor lentitud de la respuesta –mayor tiempo de reacción– al ser esta más sorpresiva.

Por tanto, conforme se avance en las tecnologías y los niveles de automatización, se hace necesario disponer de información detallada que permita a los sistemas de conducción automatizada determinar dónde se localizan las finalizaciones de los ODDs para advertir al conductor con antelación suficiente que ha de recuperar el control. Esto se espera realizar a partir de mapas de alta definición dinámicos y asegurando la conectividad con el vehículo.

Todos los niveles de automatización, excepto el máximo –nivel 5–, presentan ODDs limitados por diversos factores o atributos. No obstante, los vehículos puramente autónomos –nivel 5– pueden verse también afectados, en un momento dado, por una avería mecánica o un fallo en su sistema de automatización (p. ej., por el



Figura 1. Zonas compatibles con el ODD del vehículo, en función de distintos factores limitantes.

fallo de un sensor). Por tanto, todos los sistemas con un nivel de automatización superior o igual a 3 han de estar diseñados para tomar las decisiones y las acciones dinámicas adecuadas en tres posibles situaciones: (i) cuando esté previsto que vaya a finalizar una zona compatible con su ODD; (ii) cuando finalice una zona compatible con su ODD sin que se disponga de esa información a bordo con antelación; y (iii) cuando una zona compatible con su ODD finalice antes de lo previsto debido a un evento que altere al menos uno de los factores que soporta ese ODD, o se haya producido una avería. Los dos primeros casos se dan para vehículos de nivel 4, mientras que el último se da para los niveles 4 y 5. Los vehículos de nivel 3 pueden también cubrir estas casuísticas, pero no están obligados a cubrir la totalidad de estas.

Por tanto, la gestión de los ODDs es fundamental para el funcionamiento seguro de un sistema automatizado; tanto en el número de ellos a lo largo de un segmento de carretera, como en sus localizaciones, su extensión y, sobre todo, en los procesos para su terminación que son los más críticos para garantizar un funcionamiento seguro del sistema automatizado. Esta gestión de los ODDs se centra en las acciones de advertencia al conductor para la toma de control y, en caso de no respuesta inmediata por su parte, de las maniobras automatizadas de riesgo mínimo para llevar al vehículo a una condición o localización de riesgo mínimo, es decir, lo más segura posible.

2. Utilidad de los ODDs

El objetivo principal del ODD es especificar con precisión el dominio en el que un vehículo automatizado o un sistema automatizado de conduc-

ción ha sido diseñado para operar de forma automatizada.

La gestión de los ODDs se inicia desde el diseño del propio vehículo con el sistema automatizado, y continúa en la circulación del mismo. Pueden distinguirse tres fases: (i) proceso de diseño, (ii) proceso de verificación y (iii) proceso de comprobación:

- 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, y en ocasiones también incluyendo 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.

3. Finalizaciones de los ODDs

Ante la problemática de las finalizaciones de los ODDs por sus desconexiones, debidas a algunos de los factores limitantes o a averías, se hace necesario que el sistema automatizado aplique dos principios fundamentales: (i) la monitorización continua de los factores del ODD del vehículo y (ii) la capacidad de autoadaptación.

Si se detecta una alteración que comporta un ODD potencialmente restringido, el vehículo debe ser capaz de adaptar dinámicamente su

comportamiento para permanecer dentro de este dominio. Un ejemplo es que el vehículo reduzca su velocidad. En cualquier caso, si no le fuera posible, se espera que los sistemas de mayor nivel de automatización funcionen de manera segura incluso en el caso de fallos del propio sistema o con condiciones externas peligrosas, como meteorología adversa (p.ej., lluvia intensa o niebla).

Pueden distinguirse dos tipos de maniobra que realiza automáticamente el vehículo en caso de requerir respuesta por parte del conductor y no encontrarla: detenciones de emergencia y detenciones seguras. Los sistemas automatizados de niveles 2 y 3 pueden estar programados con estrategias de mitigación en caso de no respuesta por parte del conductor, tras diversas acciones consecutivas de advertencia –visual, auditiva y háptica–, como la detención en el propio carril (SAE, 2021). Estas estrategias de mitigación suelen ser detenciones de emergencia, consistiendo estas en maniobras súbitas y bruscas que detienen el vehículo lo antes posible (Svensson et al., 2018).

Las detenciones seguras conllevan una tecnología y casuística más compleja, debiendo estar implementadas en la totalidad de situaciones que pueden acaecer a sistemas de nivel 4 y 5. De igual modo pueden también programarse para algunos casos de niveles inferiores (especialmente el 3). La diferencia fundamental con las detenciones de emergencia es que son maniobras mucho más suaves y planificadas, en las que el vehículo es capaz de funcionar de forma degradada con el objetivo de encontrar una condición o localización de riesgo mínimo, preferentemente fuera de los carriles de circulación e, incluso, sin usar los arcenes.

Esta condición o localización de riesgo mínimo, como apartarse y detenerse en el arcén derecho, debe ser

lograda por estos niveles cuando el sistema detecta cualquier problema con su propio funcionamiento o por condiciones externas que impidan una operación segura. Estas localizaciones de riesgo mínimo hay que entenderlas no solo para el vehículo automatizado implicado sino para el conjunto de la circulación. En el apartado siguiente se profundiza en su concepto, disposición y gestión.

Para que esta maniobra sea suave y segura, es importante que la cesión planificada del control cuente con el mayor tiempo disponible posible, de tal modo que el sistema pueda cerciorarse de las condiciones del tráfico y recuperar la atención del conductor desde una eventual tarea secundaria. Algunos ejemplos de avisos secuenciales para advertir al conductor incluyen señales visuales, auditivas y hápticas de alerta o, incluso, repentinos frenazos puntuales bruscos cuando el fin del ODD se encuentra muy cercano.

En el caso de llegar al fin del ODD y no haber obtenido respuesta por parte del conductor, los sistemas de nivel 4 son capaces de iniciar una tarea dinámica de conducción (DDT, Driving Dynamic Task) para lograr por sí mismos una condición y/o localización de riesgo mínimo (Figura 2). Esto incluye tanto decidir entre posibles localizaciones que puedan cumplir esta condición, como planificar la trayectoria hasta ellas. Un ejemplo de ello sería reducir significativamente la velocidad del vehículo sobre el carril para apartarlo del mismo al llegar a un punto seguro.

Otro ejemplo, para un vehículo de nivel 4, es en el caso de que las intersecciones incluidas en su ODD sean únicamente no semaforizadas. Cuando el vehículo se encuentre intersecciones semaforizadas, este no será capaz de operar. En este caso, si la supervisión continua del ODD determina que el vehículo ha sobrepasado

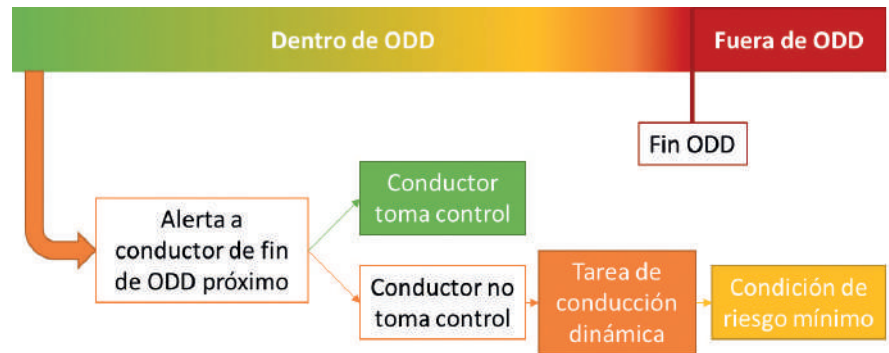


Figura 2. Finalización de ODDs en vehículos automatizados de nivel 4.

(o está a punto) los límites del ODD y no hay respuesta del conductor, el control debe ser cedido al conductor de forma planificada (Thatcham Research, 2019).

Como se ha indicado anteriormente, los sistemas de nivel 3, a priori, no tienen por qué ser capaces de desarrollar estas maniobras, si bien muchos de ellos van equipados con sistemas que mitigan el fallo (p. ej., llevando el vehículo a la detención en el propio carril tras unas señales fuertes de alerta). En algunos casos más avanzados de nivel 3, el sistema puede incluso realizar una maniobra de riesgo mínimo, similar al nivel 4. De hecho, para aumentar la seguridad en estas reacciones de los sistemas automatizados, se están incorporando elementos y procesamientos redundantes, como los relacionados con la frenada, el giro del volante y la detección de obstáculos.

En caso de que el conductor no retome el control, será el propio sistema el que tenga que ejecutar completamente una acción dinámica de retirada del vehículo para minimizar los riesgos. Por ejemplo, si un vehículo automatizado de nivel 5 se aproxima a una intersección en T desde una carretera secundaria para girar en ella, pero el radar de largo alcance orientado hacia los laterales falla antes de la intersección, el vehículo no debe entrar en ella y tendría que detenerse en una localización que comportara un riesgo mínimo.

El diseño de las trayectorias de detención segura suele comprender una maniobra en dos etapas para alcanzar la condición o localización de riesgo mínimo. En el primer paso, el vehículo reduce la velocidad en el carril para poder planificar una trayectoria de frenada completa dentro del rango de los sensores y el tiempo disponible (aproximadamente 30 km/h). En la segunda etapa, se planifica y ejecuta la trayectoria de frenada hasta el área más segura y accesible. Si no se puede llegar a ningún área fuera de los carriles de circulación, el vehículo puede detenerse en el carril activando las luces de emergencia o continuar a velocidad reducida hasta que dicha área esté disponible, según la gravedad del fallo detectado (Svensson et al., 2018).

El hecho de que gran parte de los factores que definen un ODD tienen que ver con la geometría de la carretera hace posible que teóricamente puedan georreferenciarse las zonas no compatibles con un determinado sistema. En este sentido, los casos más complejos se dan cuando la finalización de compatibilidad con el ODD se produce de forma repentina o no prevista. Dentro de este ámbito hay dos situaciones distintas: (i) que la causa sea interna, es decir, del propio vehículo o sistema automatizado, o (ii) que la causa sea externa.

Los fallos mecánicos o de los elementos del sistema automatizado (hardware y software) deberán ser monitorizados por el propio vehículo

y así la reacción ante la aparición del problema y la consiguiente salida del ODD podrá ser rápida.

La mayor dificultad aparece cuando se trata de causas externas, como una inclemencia meteorológica, un obstáculo en la calzada, un accidente, una obra o actuación en la calzada, etc. En este caso resulta de enorme ayuda una conectividad hacia el vehículo –I2V o V2V– para anticiparle el evento de cancelación de su ODD, a través de un mapa de alta definición dinámico.

Esto es especialmente útil para los niveles más altos de automatización (niveles 4 y 5), donde el conductor presumiblemente estará dedicando su tiempo a otras tareas secundarias y por ello el tiempo de retomar el control se presupone elevado. Los vehículos de nivel 2 no son tan dependientes de esta información, pues el sistema no puede garantizar su funcionamiento dentro de un ODD y de hecho el conductor tiene que estar en todo momento supervisando la tarea de conducción. Los vehículos de nivel 3 representan la situación más crítica, pues estos tampoco pueden garantizar la conducción automatizada dentro de sus ODDs, pero las desconexiones son menos frecuentes, lo que fomenta que los conductores pierdan atención en la monitorización del entorno. Es por ello que no está claro todavía que puedan ser suficientemente seguros ante estas situaciones repentinas de interrupción o salida de sus ODDs.

4. Condiciones de riesgo mínimo

Como se ha explicado, la necesidad de transición del control al conductor en vehículos de alto nivel de automatización supone, sea cual sea el motivo –fallo repentino del sistema automatizado; cambio súbito de

un factor ambiental o de entorno; o finalización del ODD–, el necesario desarrollo de una tarea dinámica de conducción (DDT) para la retirada del vehículo a una situación o localización que suponga un riesgo mínimo.

La Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE, 2018) propuso una definición para una Condición de Riesgo Mínimo (MRC): “una condición a la que un usuario o un sistema automatizado de conducción puede llevar un vehículo después de realizar las tareas dinámicas de conducción necesarias para reducir el riesgo de un accidente cuando un determinado viaje no puede o no debe completarse”.

La definición actualmente incluida en el Vocabulario de Vehículos Automatizados y Conectados (BSI, 2020) es: “condición estable y detenida a la que un conductor o un sistema de conducción automatizada lleva un vehículo después de realizar la tarea dinámica de conducción, para reducir el riesgo de un accidente cuando un viaje determinado no puede continuar”.

El concepto es sencillo, pero el problema radica en la forma práctica de establecer y habilitar esas condiciones de riesgo mínimo. Se hace hincapié en que son condiciones de riesgo “mínimo” y no “nulo”. Frente a la necesidad de alcanzar una de ellas, el vehículo evaluará diferentes opciones, inclinándose por aquella que suponga menor riesgo. Un ejemplo podría ser la disyuntiva entre detener el vehículo automatizado en el mismo carril por donde está circulando, activando las luces de emergencia, o llevar el mismo a zonas de aparcamiento seguro que se habiliten cada cierta distancia, fuera del ámbito de los arcones. Obviamente, la primera de las opciones presenta un riesgo importante y por ello el vehículo generalmente intentará optar por la segunda, salvo en casos

extremos como no poder alcanzar la zona segura, estando en un tramo sin arcones, en cuyo caso tendrá que verificar que la zona de detención sí presenta visibilidad suficiente hacia atrás.

La forma y localización de la MRC dependerá en gran medida de las características del ODD del vehículo automatizado, del motivo o causa que provoque la búsqueda de la MRC y de las condiciones de la infraestructura y operacionales en el lugar y momento del evento que activa la acción.

Por ejemplo, la MRC para un vehículo automatizado en una carretera con un fallo menor en un sensor puede ser maniobrar hacia el arcén derecho, decelerar suavemente hasta detenerse y activar las luces de emergencia. En cambio, la MRC para un minibus automatizado de baja velocidad que opera en un entorno urbano con un sistema LiDAR delantero dañado podría tratarse de la detención inmediata en el propio carril, activando las luces de emergencia.

Llegados a este punto, es importante destacar que la MRC es el objetivo a alcanzar, para lo que el vehículo también deberá ser capaz de encontrar una maniobra de riesgo mínimo (MRM). De este modo, el sistema automatizado ha de ser capaz, en primer lugar, de analizar y decidir la mejor opción para alcanzar una MRC entre todas las posibles en cada lugar y momento, en función de la causa, de las características de la sección de carretera y de las condiciones operacionales y ambientales. Una vez adoptada la decisión de qué MRC se va a alcanzar, se deben analizar las distintas maniobras de riesgo mínimo (MRM) para optar por las más seguras. MRMs muy complejas podrían incluso afectar a la decisión de qué MRC utilizar.

Por tanto, se trata de un balance global para minimizar los riesgos, tan-

to de las maniobras (MRM) como de la situación o condición final (MRC). En todo este proceso, el marco regulatorio de la circulación desempeña un papel clave, ya que puede establecer la prohibición de determinadas maniobras o detenciones en la vía. Estas situaciones no tienen realmente sentido ya que la estricta observancia de las normas de tráfico no siempre es coherente con la seguridad. Las autoridades de tráfico deberían, ya sea explícita o implícitamente, aceptar la suspensión temporal del cumplimiento de algunas normas de tráfico con el fin de garantizar una respuesta segura a eventos en las carreteras como los que les ocurren a los vehículos automatizados. Un vehículo automatizado, en su funcionamiento normal dentro de sus ODDs, cumpliría, por definición, con las leyes de seguridad vial, excepto en los casos en que el cumplimiento estricto normativo resultara en riesgos mayores para la seguridad.

Ante tanta incertidumbre, tanto tecnológica como técnica y regulatoria, se sigue avanzando en los estudios y desarrollos, así como en las discusiones entre los diversos agentes o partes interesadas. A los fabricantes de vehículos automatizados se les debe pedir una descripción de cómo está diseñado el vehículo para reaccionar cuando cedan el control, tanto de forma planeada como no planeada. Esto supone una descripción de cómo operarán los vehículos de alta automatización de manera segura, en caso de un fallo tecnológico (World Economic Forum, 2020).

Otro de los elementos que está en discusión está muy relacionado con la configuración y diseño de las carreteras. Se trata de las zonas donde poder acoger los vehículos automatizados fuera de servicio con seguridad. Hasta ahora, se han planteado diversas alternativas para las zonas de detención segura. Estas son, de menor a mayor seguridad, pero de

mayor a menor proximidad respecto a la localización del vehículo en el momento de la activación de la causa, las siguientes: (i) el uso del arcén exterior, (ii) la disposición de apartaderos de emergencia y (iii) el desarrollo de nuevas zonas de detención segura fuera de la plataforma viaria (Transport Systems Catapult, 2017; SAE, 2018; Liu et al., 2019).

5. Caso de Estudio

Para que se comprenda mejor cómo gestionar los Dominios de Diseño Operativo de diversos vehículos automatizados, 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 3). 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

sal 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 y no presentaban discontinuidades. Igualmente, el estado del pavimento era bueno.

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. De todos estos vehículos no se disponía de la información del fabricante respecto a sus ODDs, como es habitual hasta ahora.

Todos los coches experimentales se equiparon con una cámara HD, dotada de un GPS, montada en la parte superior del asiento del con-

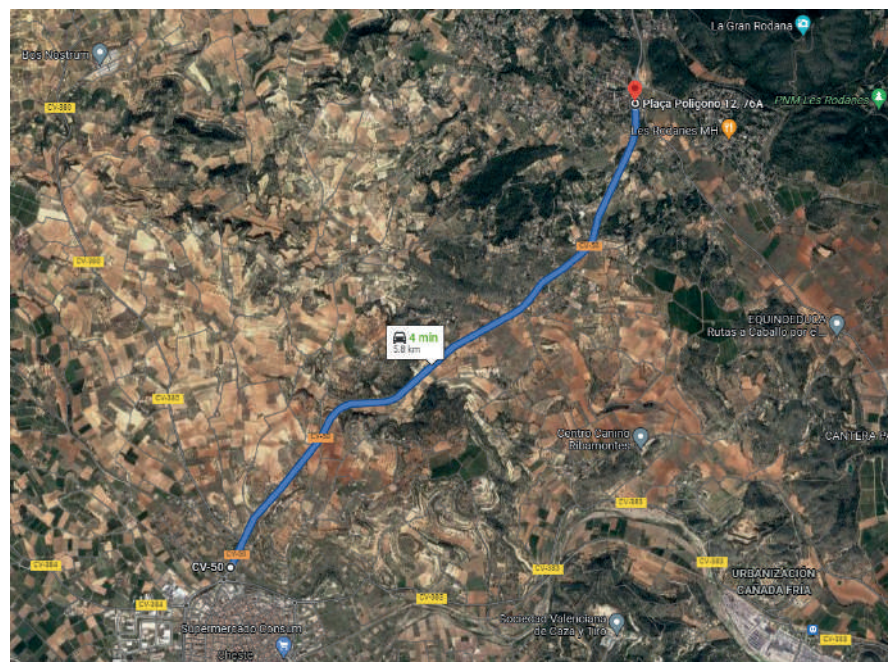


Figura 3. Tramo de carretera de estudio. Fuente: Google Maps.

ductor sobre un soporte lateral, de tal forma que el encuadre de la imagen tuviera una vista muy parecida a la del conductor, quedando registrada la escena de la carretera, las indicaciones en el cuadro de instrumentos (velocidad instantánea e información del funcionamiento del control lateral en el carril a través del color de las marcas viales de borde representadas), la pantalla del navegador con el mapa para disponer de la referencia visual de la localización y el audio de ciertas indicaciones del conductor. Toda esta información permitía su tratamiento posterior para determinar las variables objeto del estudio que se explican a continuación.

Lo primero que se determinó para cada curva, a través de diversos recorridos, fue la velocidad máxima a la que cada sistema fue capaz de funcionar sin ceder el control al conductor y, por tanto, sin salirse del carril. Este nuevo concepto, la velocidad automatizada, fue propuesto y publicado internacionalmente por el GIIC-UPV (García et al., 2020), estando directamente relacionada con el radio o curvatura de la curva. La Tabla 1 presenta las diversas velocidades automatizadas en función del radio de cada curva para cada vehículo.

Posteriormente, se realizaron recorridos a velocidad constante con cada uno de los coches, empleando como velocidades de referencia 70, 80 y 90 km/h. De esta forma, se comprobó experimentalmente si cada uno de los vehículos sufría alguna desconexión, cediendo el control al conductor, registrando su localización o punto kilométrico (PK). 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.

De este modo, para cada vehículo automatizado se registraron las zonas

Tabla 1. Velocidad automatizada observada en curvas.

Radio (m)	BMW 5	VW Tiguan	AUDI Q2
254	75	83	90
260	77	90	95
300	70	90	90
317	97	93	93
402	80	93	100
459	97	100	105
550	100	100	105
606	93	100	105
662	120	120	120
725	120	120	120
2.057	120	120	120

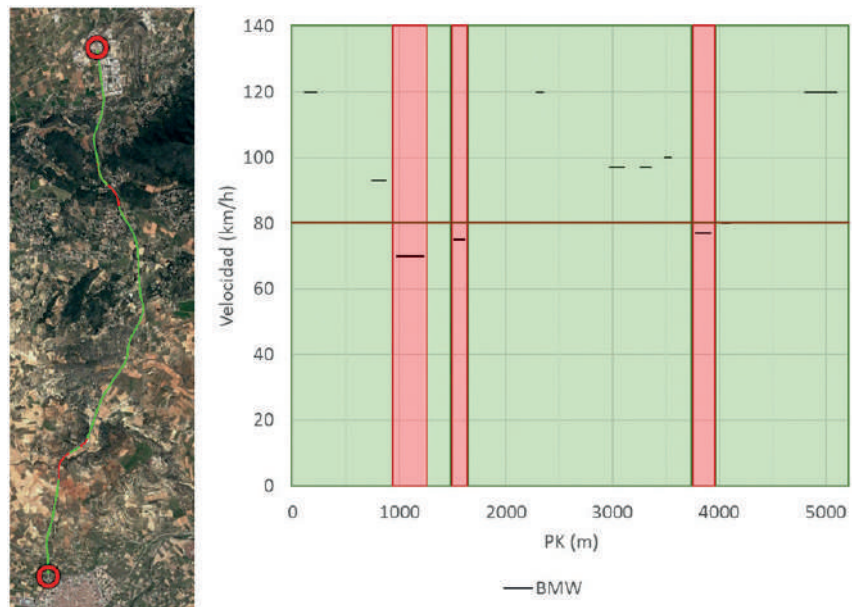


Figura 4. Zonas compatibles con el ODD para el BMW circulando a 80 km/h.

compatibles con sus ODDs, desde el punto donde el sistema automatizado recupera el control hasta el siguiente punto de desconexión. Entre los sucesivos ODDs aparecen zonas de no automatización o control manual del conductor. Para una velocidad de 70 km/h, ninguno de los vehículos sufrió desconexiones, por lo que todos ellos presentaron un único ODD, abarcando todo el tramo. En cambio, desarrollando una velocidad de 80 km/h, sí aparecieron algunas desconexiones, asociadas a las curvas con una velocidad automatizada inferior a la

velocidad constante de 80 km/h. De esta forma, para el BMW se registraron cuatro zonas compatibles con su ODD, mientras que el VW y el Audi no sufrieron desconexiones (es decir, todo el recorrido era compatible con su ODD). La Figura 4 representa los ODDs para el BMW circulando a 80 km/h (en verde las compatibles con su ODD, y en rojo aquellas zonas en las que el sistema estaba desconectado).

La Figura 5 representa las zonas compatibles con los ODDs corres-

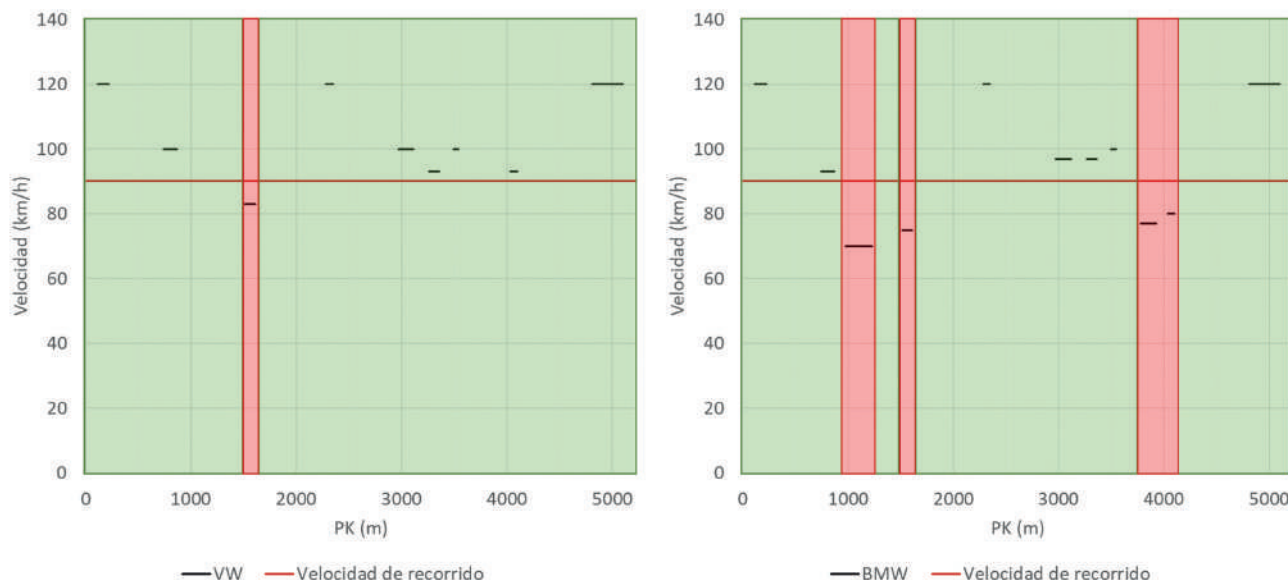


Figura 5. Zonas compatibles para los ODDs para el VW y el BMW a 90 km/h.

pendientes a cada uno de los vehículos empleados circulando a una velocidad de 90 km/h, es decir, a la velocidad límite del tramo de carretera estudiado. En este sentido, se puede observar como el BMW resultó tener de nuevo cuatro zonas compatibles, pero disminuyendo la longitud del último de ellos, y el VW dos. Por su parte, el Audi todavía fue capaz de realizar el tramo completo sin registrar ninguna desconexión.

Todos estos resultados, de forma global a lo largo de todo el tramo analizado, supusieron diferente extensión

de las zonas de control manual del conductor. La Tabla 2 recoge las sumas de longitudes de esas zonas sin funcionamiento automatizado para cada vehículo y para cada velocidad objetivo, así como la longitud total del conjunto compatible con sus ODDs. Adicionalmente, se expresan las zonas de control manual en porcentaje del desarrollo total.

Este ejemplo ilustrativo del concepto de ODD indica con claridad que cada sistema automatizado de conducción presentará en un determinado tramo diferente compor-

tamiento, en función del ODD establecido por el nivel de desarrollo tecnológico de su sistema de guiado y control lateral. Además, se demuestra que la velocidad que se adopte como referencia para la definición del ODD del vehículo automatizado debe ser explicitada en su descripción porque condiciona significativamente el funcionamiento. Esta velocidad nunca debería ser inferior al límite de velocidad establecido para la sección de carretera.

Tabla 2. Identificación y análisis de ODDs según velocidades de circulación.

Coche	Velocidad constante (km/h)	Número	Longitud (m)		Porcentaje (%)	
		ODDs	ODDs	Zona Control Manual	ODDs	Zona Control Manual
BMW 5	70	1	5.227	0	100,0	0,0
	80	4	4.246	981	81,2	18,8
	90	4	3.952	1.275	75,6	24,4
VW Tiguan	70	1	5.227	0	100,0	0,0
	80	1	5.227	0	100,0	0,0
	90	2	5.077	150	97,1	2,9
AUDI Q2	70	1	5.227	0	100,0	0,0
	80	1	5.227	0	100,0	0,0
	90	1	5.227	0	100,0	0,0

6. Conclusiones

Cada vehículo automatizado tiene asociado un Dominio de Diseño Operativo (ODD) en función del diseño de su sistema automatizado de conducción, de tal forma que, si ese vehículo se enfrenta en sus recorridos a las condiciones específicas fijadas para su ODD, podrá mantener una conducción automatizada segura.

Los factores y atributos que definen el ODD son muy variados, pero si el vehículo encuentra una situación o condición que se salga de ese conjunto de restricciones se producirá la finalización de ese ODD, con la desconexión del sistema automatizado y la cesión del control al conductor.

La gestión de los ODDs abarca todo el proceso, desde el diseño que imprime las características propias de los ODDs para cada vehículo, hasta las verificaciones controladas y las validaciones finales una vez ya está circulando ese vehículo. Todo ello es fundamental para garantizar la seguridad de este tipo de vehículos, siendo lo más crítico el diseño y la verificación de cómo el sistema automatizado reacciona y actúa ante una finalización de un ODD.

Se trata del diseño de las maniobras posibles para lograr una condición o localización de riesgo mínimo. La selección de las maniobras apropiadas, de menor riesgo, dependerá de: (i) las condiciones de funcionamiento del vehículo, (ii) las condiciones ambientales y operacionales existentes en la sección de la carretera en ese momento y (iii) del marco normativo de circulación.

Para aprovechar todos los beneficios de la conducción automatizada, se debe maximizar la longitud de las zonas compatibles con su ODD y evitar las transiciones entre automatizado y manual, es decir, maximizar la continuidad de estas en el espa-

cio y el tiempo. Pero, como siempre habrá múltiples causas para la desconexión, el vehículo debe saber cuándo se acerca al final de cada zona, para lo que harán falta alertas de aproximación a los límites correspondientes mediante mapas de alta definición digitales y dinámicos.

Un sistema automatizado debe poder lograr una condición de riesgo mínimo, como apartarse y detenerse en el arcén derecho, si detecta algún problema con su propio funcionamiento o por condiciones externas que impidan una operación segura. Se trata, por tanto, de una detención segura, no una detención de emergencia. Una respuesta preventiva dinámica para un vehículo automatizado de nivel 3 es la intervención humana, cediéndole el control al conductor. En el supuesto de que el conductor no actuara, se iniciaría una tarea dinámica de conducción por parte del sistema automatizado para buscar una condición o localización de riesgo mínimo. Esto último se hace imprescindible para un vehículo de nivel de automatización 4 o 5, ya que ha de ser el propio sistema automatizado el que ha de ejecutar completamente una acción dinámica de retirada del vehículo para minimizar los riesgos.

Por tanto, se hace imprescindible avanzar en el estudio, las discusiones y los acuerdos para ir resolviendo los problemas y limitaciones de la gestión de los ODDs y, en particular, de la finalización de los mismos, donde todos los agentes implicados participen, no solo las empresas automovilísticas. La seguridad robusta de los sistemas automatizados de niveles avanzados dependerá en gran medida de que se garanticen reacciones y maniobras dinámicas seguras, que lleven a estos vehículos a condiciones y localizaciones de riesgo mínimo para el conjunto de la circulación, no solo para el propio vehículo afectado.

Referencias

BSI (2020). PAS 1883:2020. Operational Design Domain (ODD) taxonomy for an automated driving system (ADS) – Specification. Centre for Connected & Autonomous Vehicles, The British Standards Institution, London.

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.

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

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

SAE (2021). J3016_202104: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. SAE International, US.

Svensson, L., Masson, L., Mohan, N., Ward, E., Brenden, A. P., Feng, L., & Törngren, M. (2018). Safe stop trajectory planning for highly automated vehicles: An optimal control problem formulation. In *2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 517-522.

Thatcham Research (2019). *Defining Safe Automated Driving*. Thatcham Research, United Kingdom.

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

World Economic Forum (2020). *Autonomous Vehicle Policy Framework: Selected National and Jurisdictional Policy Efforts to Guide Safe AV Development*. ❖

Los firmes semirrígidos

Un análisis de los firmes con base hidráulica empleados en España



The semirigid pavements.
An analysis of pavements based in hydraulic bases employees in Spain

Francisco Javier Payán de Tejada González

MITMA

Presidente del Comité de Firmes de la ATC

Jesús Díaz Minguela

IECA

Miembro del Comité de Firmes de la ATC

¿Por qué se emplean en España los firmes con base de suelocemento? ¿Han sustituido éstos a las bases de gravacemento apoyados en ese mismo material? Se analiza a continuación ambos firmes. En general, hemos comprobado que la gravacemento ha proporcionado un mejor comportamiento y una mayor durabilidad que el suelocemento, tal y como éste se elabora actualmente (problemas de entrada de agua, de menor módulo, mayor susceptibilidad, etc.).

A estos firmes semirrígidos les afecta mucho las variables climáticas en la rodadura bituminosa que provocan fenómenos de envejecimiento del betún y retracción térmica, lo que produce su fisuración y favorece la entrada de agua a su interior. Por tanto, los autores piensan que deberían utilizarse mezclas menos permeables (o usar estas en mejor situación), con más betún y aplicarse buenos riegos de adherencia, a la vez que se debería emplear un suelocemento de altas prestaciones con mayor resistencia a compresión, lo que mejoraría de forma importante su durabilidad y, por tanto, su sostenibilidad.

Why are soil-cement-based pavements used in Spain? Have the same material replaced gravel-cement based pavements? Both firms are discussed below. In general, we have verified that the gravel-cement has provided better behavior and greater durability than the soil-cement, as it is currently produced (water problems, lower modulus, greater susceptibility, etc.).

These semi-rigid pavements are greatly affected by climatic variables in the bituminous rolling caused by bitumen aging phenomena and thermal shrinkage, which produces cracking and favors the entry of water inside. Therefore, the authors think that less permeable mixtures should be used (or use these in a better situation), with more bitumen and good adherence risks applied, while a high-performance soil-cement with greater compressive strength should be used, which would significantly improve its durability and, therefore, its sustainability.

1. Introducción

Normalmente, se definen los firmes semirrígidos como aquellos formados por una base de materiales tratados con cemento y cubiertos con una o varias capas de mezclas bituminosas.

De los cuatro tipos de firmes que figuran en la Instrucción española, dos son con bases de materiales tratados con cemento, uno con base de zahorra y otro rígido o de hormigón. El más empleado en su día, fue el de gravacemento, pero por sus ventajas medioambientales ha derivado hacia los firmes con base de suelocemento, apoyada sobre una capa estabilizada (ver las capas de explanada en la Norma 6.1-IC).

Los firmes formados con gravacemento tienen la ventaja de ser más rígidos, resultando un firme con muy buen resultado como se ha demostrado en las autovías de primera generación construidas en los años 80 y 90, a los que se añade el inconveniente o la ventaja de colocarse sobre una capa de suelocemento y el contar con un importante espesor de mezcla bituminosa, por lo que soportan un mayor número de ejes de 13 toneladas. Para la fabricación de la gravacemento, se exige un árido machacado con unas determinadas características que le proporcionan una gran calidad.

Las mayores exigencias en cuanto a calidad de la gravacemento y, por tanto, su mayor coste, ha hecho que se haya tendido a la construcción de firmes con bases de suelocemento que en principio son secciones más sostenibles. Esta solución ofrece las siguientes ventajas:

- Son firmes económicos de primera instalación.

- Son firmes medioambientalmente más ecológicos al emplearse suelo de la traza o de los desmontes o el suelo de las fincas colindantes, evitando la apertura de canteras o graveiras, el machaqueo del material y reduciendo su transporte.
- Tienen rodadura bituminosa, lo que permite el confort del usuario.
- El suelocemento puede fabricarse in situ con un equipo de reciclado, aunque lo normal es fabricarse en una central por las ventajas que conlleva.
- Resultan firmes tradicionales, aunque parezca que sean recientes, pues el constructor viene haciendo suelocemento desde la época de Las Rozas-Villalba (más de 60 años).

Al material se le exigen unas adecuadas características mecánicas (resistencia a 7 días que es el mínimo tiempo que se tiene para poder controlar en obra), aunque en el cálculo del firme se emplea el módulo de elasticidad y la resistencia a fatiga o resistencia a largo plazo, y cierta durabilidad, es decir estabilidad química y volumétrica y resistencia a la meteorización.

A pesar de la calidad exigida a estos materiales, en los últimos años se han producido una serie de problemas en tramos de reciente construcción que afectan a la capa de base de suelocemento, lo que no había ocurrido previamente con los firmes construidos con bases de gravacemento. Algunos de estos problemas se han producido en la zona de Castilla y León lo que ha movido a los autores de este artículo a estudiar sus causas y a realizar una comparación entre el comportamiento de los firmes con base de gravacemento y con suelocemento.

Para ello, se dispone de las auscultaciones sistemáticas realizadas por la Dirección General de Carreteras a lo largo de los últimos 20 años mediante equipos dinámicos que han permitido obtener una gran cantidad de datos sobre el estado de los firmes. Esta información nos permite conocer el comportamiento y evolución de los firmes a largo plazo y, en consecuencia, comparar las diferentes soluciones.

Entre las auscultaciones realizadas, se ha obtenido el valor de la deflexión patrón que da un índice de la capacidad estructural del firme. Por otra parte, en la red de carreteras dependiente de la Demarcación de Carreteras del Estado en Valladolid, se ha realizado cada dos años una campaña de inspección visual del pavimento.

Con objeto de conocer el comportamiento comparado de ambos tipos de firmes, se han analizado los datos disponibles de las campañas de auscultación y de las inspecciones visuales en algunos de los tramos de los que se disponía de más información, concretamente en cinco tramos de la A-62 y en uno de la A-60.

2. Firmes con gravacemento sobre suelocemento

Para este trabajo, se han seleccionado tres tramos en la A-62 de los que se dispone de bastante información sobre su evolución. Los tramos estudiados se presentan en la tabla 1, donde se ha incluido también el año de construcción y las capas que constituyen el firme con su espesor.

Los tramos 1 y 2 se sometieron a una rehabilitación del pavimento entre octubre y junio de los años

Tabla 1: Tramos estudiados en la A-62

DENOMINACION	AÑO	CARRETERA/ Tramo	TOTAL CAPAS FIRME	CALZADA	P.K. Inicial	P.K. Final
1-GC/SC-20+20+20	1993	A-62 / L.P.Palencia -Cigales	20MB+20GC+20SC	DCHA	100+880	116+377
2-GC/SC-20+20+20	1993	A-62 /ronda oeste de Valladolid	20MB+20GC+20SC	IZDA	117+900	100+880
3-GC/SC-22+20+20	1989	A-62/ Arroyo- Tordesillas	22MB+20GC+20SC	IZDA	145+300	136+000

Tabla 2: Deflexión media de los tramos con gravacemiento de la A-62

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2014	2015	2020	P.K. Final
1-GC/SC-20+20+20	4,9	4,5	3,56	5,00	4,81		5,44	5,63	7,13		116+377
2-GC/SC-20+20+20	14,6	13,7	13,80	16,50	16,51		17,39	17,4	18,66		100+880
3-GC/SC-22+20+20	10,6	12,7	8,70	10,60	9,92	11,97			13,11	13,84	136+000

1997 Y 1998 consistente en un recrecido de 5 cm de mezcla bituminosa tipo hormigón bituminoso y, posteriormente, a una rehabilitación en el año 2017 consistente en el fresado y reposición de las capas de mezcla bituminosa que presentaban fisuración, sobre las que se extendió en todo el ancho de la calzada una capa de rodadura tipo discontinua de 3 cm de espesor. Ambas actuaciones están fuera del rango temporal del que se tienen datos de deflexiones.

Al tramo 3, se le extendió un refuerzo el año 97/98 consistente en un recrecido con una capa de mezcla bituminosa tipo AC de 7 cm (4 + 3) y, posteriormente, se hizo una rehabilitación importante en el año 2015, por lo que los valores de

deflexión del año 2020 son posteriores a esta actuación.

En la tabla 2 se presentan los valores medios de la deflexión patrón corregida por temperatura y humedad. También se ha descontado el factor de corrección de 1,4 que se aplicó hasta el 2008, año en el que se publicó la Nota Técnica de 30 de diciembre sobre “Los factores de corrección de los equipos de auscultación de la deflexión de firmes y pavimentos en la Red de Carreteras del Estado”

Estos mismos valores se presentan en el gráfico 1. Se puede observar el bajo valor de la deflexión obtenido a pesar de los años transcurridos, hasta 32 años para el tramo más antiguo. Ade-

más, el valor de la deflexión parece depender fundamentalmente de la capacidad portante de la capa de base de gravacemiento dado que, en la campaña de 2020, con las capas de mezclas renovadas, no se ha obtenido una reducción en ese valor.

Por otra parte, se ha analizado la evolución de la dispersión de los valores. Como se puede ver en el gráfico 2, el valor de la desviación típica muestral aumenta con el paso de los años, lo que ya se había detectado en otros estudios para firmes con bases semirrígidas.

Este fenómeno puede deberse a que en los firmes semirrígidos se producen deterioros más localiza-

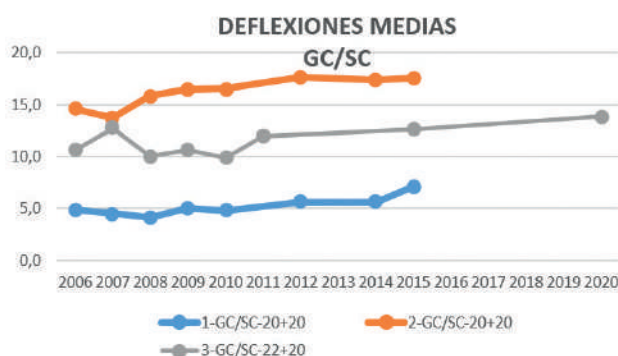


Gráfico 1. Deflexiones medias en tramos con gravacemiento de la A-62

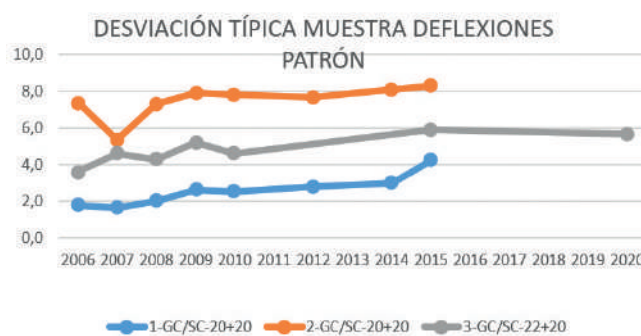


Gráfico 2. Deflexiones típicas muestra en gravacemiento de la A-62

Tabla 3. Valores de la inspección visual según anejo 4 de la O.C. 9/2002 sobre Rehabilitación de firmes en la A-62

Valor IV medio por 25 metros	2004	2006
1-GC/SC-20+20+20 (101-117) CD	2,0	2,75
2-GC/SC-20+20+20 (101-117) CI	5,3	5,2
3-GC/SC-22+20+20 CI	2,0	2,3

dos que producen valores extremos esporádicos de la deflexión patrón, mientras que en los firmes con bases granulares el deterioro suele ser más uniforme.

Se ha realizado también un análisis de la inspección visual de estos tramos, teniendo en cuenta que para este parámetro no se puede hacer un seguimiento de su evolución a largo plazo ya que es frecuente, cuando el deterioro del pavimento es grave, el extendido de capas de mezclas nuevas reponiendo los tramos de rodadura agrietados mediante actuaciones de conservación. Sin embargo, sí es posible comprobar hasta qué grado de deterioro ha llegado el firme en un momento determinado, lo que comparado con los valores de la deflexión permite centrar el origen de los mismos, ya sea en la base o en las capas de mezclas bituminosas.

Las inspecciones visuales se han realizado siguiendo la metodo-

logía que se establecía en el anejo 4 de la Orden Circular 9/2002 sobre rehabilitación de firmes. A cada defecto, según su importancia, se le da un valor de forma que cuanto más alto es el valor para una sección del pavimento, más deteriorado se encuentra. La valoración se realiza por tramos de 25 m. Así, valores por encima de dos (2) suponen un deterioro importante y por encima de cuatro (4) un deterioro muy generalizado.

Para los tramos 1, 2 y 3, en la tabla 3 se presentan los valores obtenidos en los años 2004 y 2006, en los que aún no se habían realizado reparaciones puntuales mediante parches.

Los valores en esa fecha, después de 11 años desde su construcción y 6 desde el último refuerzo consistente en un recricido con una capa de 5 cm de espesor para los tramos 1 y 2, y de 15 años desde su construcción y los mismos 6 desde el último refuerzo de 7 cm

para el tramo 3, nos indican un deterioro generalizado del pavimento (ver foto 1).

Dado que los valores de deflexión son bajos y que durante la obra de rehabilitación estructural se pudo comprobar el buen estado generalizado de la gravacemiento, hay que achacar el deterioro al mal comportamiento de las capas de mezclas bituminosas.

Los factores que han podido influir en ese deterioro son varios.

- La falta de adherencia entre capas (ver foto 2 y 3), especialmente entre las capas del refuerzo y las originales del firme y entre éstas y la gravacemiento. Esta situación hace que las capas de mezcla bituminosa y de gravacemiento no trabajen solidariamente, teniendo que soportar cada una de ellas las mayores deformaciones de las previstas, lo que reduce su vida a fatiga.
- La entrada de agua a través de las fisuras del pavimento. Esta agua tiende a situarse en las interfaces entre las capas de aglomerado y entre el aglomerado y la gravacemiento cuando no están perfectamente adheridas y en los huecos de las mezclas bituminosas, especialmen-

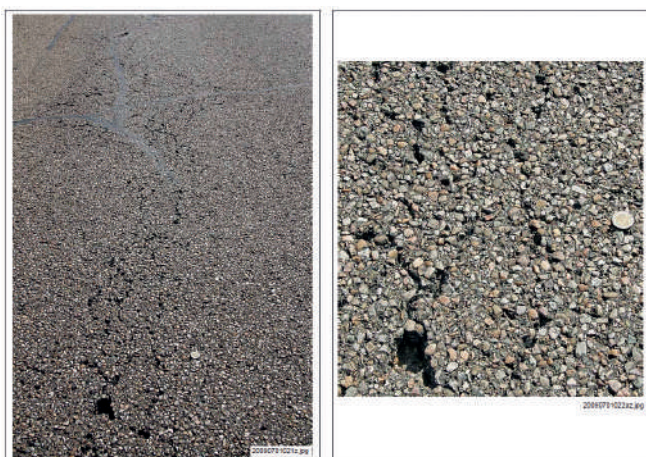


Foto 1

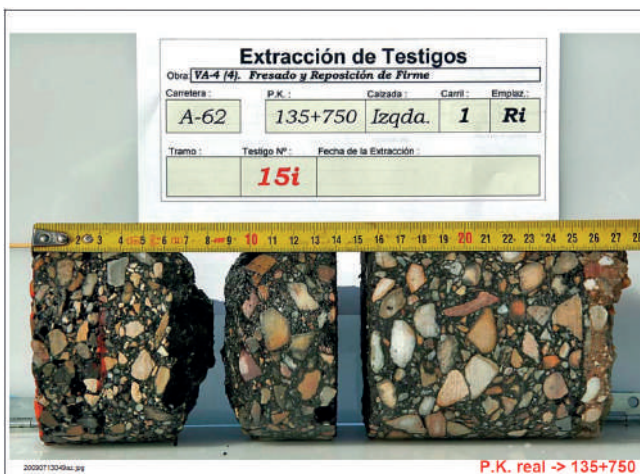


Foto 2



Foto 3

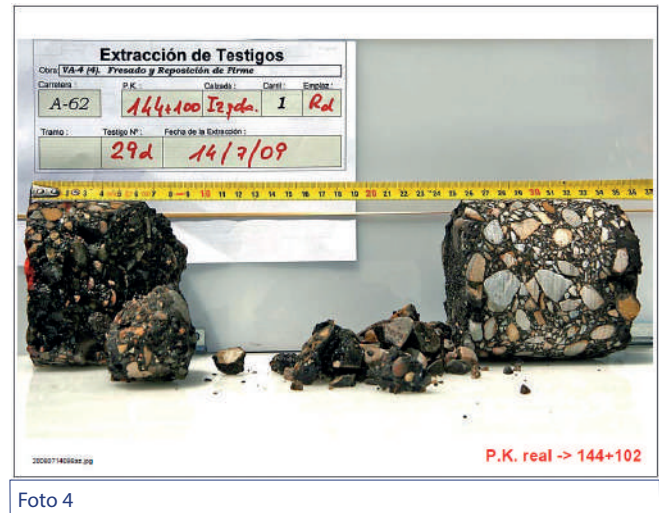


Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7

te en las capas de base tipo G que tienen un mayor porcentaje de huecos y un menor contenido de betún. El agua confinada en los huecos de la mezcla y entre capas, sometida a las cargas del tráfico pesado, genera presiones intersticiales capaces de erosionar los materiales y lavar el betún que da la cohesión a la mezcla (ver fotos 2, 3 y 4).

- Los fenómenos de envejecimiento del betún y de retracción térmica de la mezcla también son un factor importante en el deterioro de los pavimentos bi-

tuminosos. El envejecimiento del betún produce su oxidación y fragilización, especialmente a bajas temperaturas, lo que conlleva a su agrietamiento de arriba abajo, facilitando la entrada de agua al cuerpo del firme. Las retracciones térmicas, especialmente en climas con fuertes gradientes térmicos, tanto estacionales como diarios, producen el mismo efecto de fisuración del pavimento con las mismas consecuencias.

En los firmes con bases semirrígidas constituidas por gravace-
mento sobre suelocemento, he-

mos podido comprobar su buen comportamiento de cara a la durabilidad, haciendo necesario únicamente la rehabilitación de las capas de mezclas bituminosas que es, en general, una operación sencilla cuya frecuencia se puede dilatar en el tiempo si durante la construcción se toman medidas para evitar la falta de adherencia entre capas, se emplean ligantes y tecnologías que reduzcan su envejecimiento, y se colocan mezclas más impermeables o más flexibles y ricas en betún, especialmente en las bases bituminosas en contacto con la base tratada con cemento. También es necesario cuidar el rie-



Foto 8



Foto 9

Tabla 3. Valores de la inspección visual según anejo 4 de la O.C. 9/2002 sobre Rehabilitación de firmes en la A-62

Valor IV medio por 25 metros	2004	2006
1-GC/SC-20+20+20 (101-117) CD	2,0	2,75
2-GC/SC-20+20+20 (101-117) CI	5,3	5,2
3-GC/SC-22+20+20 CI	2,0	2,3

Tabla 4. Tramos estudiados de suelocemento en la A-62 y A-60

SECCION	AÑO	CARRETERA TRAMO	TOTAL CAPAS FIRME	CALZADA	P.K. Inicial	P.K. Final
1-A62-SC-20	1999	A-62 / Tordesillas - Alaejos	25MB+20SC	DCHA	156+900	181+400
2-A62-SC-20	1999	A-62 / Tordesillas - Alaejos	22MB+20SC	DCHA	181+400	192+890
3-A60-SC-20	2013	A-60 / Valladolid - Villanubla	20MB+20SC	DCHA	0+000	15+560

go de adherencia ya que, aunque la adherencia hormigón-betún es muy buena en general, una mala ejecución de la obra puede afectar muy negativamente a esta unidad.

En la foto 5 se presenta el estado de la gravacemiento descubierta durante las obras de rehabilitación del tramo de la A-62 entre el pk 130 y el 151. En esta foto se aprecian claramente las grietas formadas por la retracción de la capa, pero también se observa el buen estado del resto de la capa. En la foto 6 se ven las grietas de retracción de la gravacemiento reflejadas en la capa de base de la mezcla bituminosa con su típica

disposición a 90 °. En la foto 7 se puede ver la única zona en que se vio la gravacemiento rota, junto a la línea de borde del carril exterior y con humedad apreciable, y en la foto 8 se puede ver el buen estado de la gravacemiento colindante con la zona anterior de rotura. Por último, se puede apreciar este mismo efecto de una gravacemiento sana junto a la zona deteriorada.

Podemos concluir que la gravacemiento es un material que se ha comportado estupendamente a pesar de los años transcurridos desde su colocación, con el inconveniente ya conocido de la formación de fisuras y grietas por

retracción que puede limitarse con la prefisuración a distancias próximas.

3. Firmes con suelocemento

Para este trabajo se han seleccionado tres tramos, dos en la A-62 y uno en la A-60. De los tramos de la A-62 se dispone bastante información sobre su evolución ya que su construcción data de finales de los años noventa. El tramo de la A-60 se terminó en 2013 y es un ejemplo de fallo del firme al poco tiempo de su construcción. Los tramos estudiados se presentan en la tabla 4, donde se ha incluido también el año de construcción y las capas que constituyen el firme con su espesor.

Los tramos 1 y 2 fueron objeto de una obra de emergencia en el año 2018 y una obra de rehabilitación estructural el año 2020-2022. También se realizaron a lo largo de los años diversas operaciones de conservación del pavimento mediante el fresado y reposición de la capa de rodadura en zonas puntuales.

El tramo 3 tenía, en la época de su auscultación con el curviómetro, el firme original.

Estos mismos valores se presentan en el gráfico 3. En el gráfico 4 se presenta la evolución de la desviación típica de los valores de la deflexión patrón para cada tramo.

Analizando los gráficos, se puede comprobar que, en el caso de las bases de suelocemento, los valores de deflexión son superiores a los de las bases de gravacemiento, como era de esperar dadas las secciones. Pero, además, la evolución del valor de la deflexión es

SECCIÓN	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2017	2018	2020
1-A62-SC-20	22,0	20,9	20,53	17,12	17,46	20,44		19,24	22,44		
2-A62-SC-20	22,8	21,8	25,43	20,96	21,11	23,32		27,56	31,77		
3-A60-SC-20							13,1			15,4	20,05

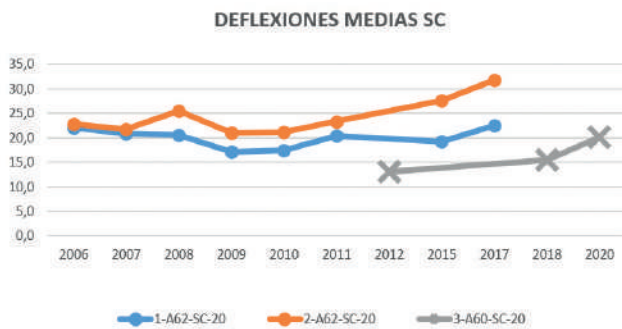


Gráfico 3. Deflexiones medias en tramos con suelocemento de la A-62 y A-60

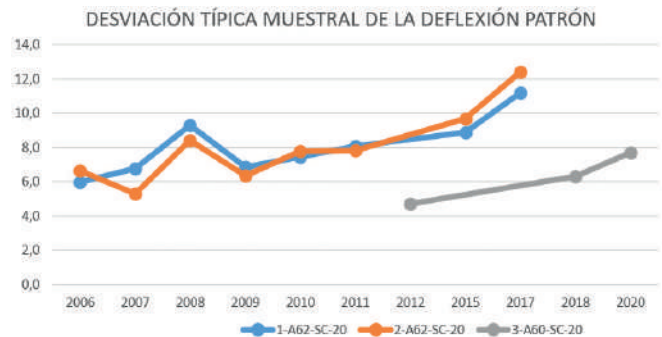


Gráfico 4. Deflexiones típicas muestra en suelocemento de la A-62 y A-60

Valor IV medio por 25 metros	Max. IV	AÑO
1-A62-SC-20	5,4	2015
2-A62-SC-20	5,7	2013



Foto 10



Foto 11

también peor en el caso de las bases de suelocemento, con un crecimiento más exponencial, que se hace muy patente para el valor de la desviación típica muestral.

En relación con la inspección visual, los valores máximos obtenidos y el año a que corresponden se incluyen en la tabla 6

Como se deduce de los valores presentados, el deterioro del pavimento era muy alto esos años. El índice de inspección visual a partir de ese momento mejoraba algo gracias a las actuaciones de renovación del pavimento en zonas localizadas hechas por conservación.

En las fotos 10 y 11, puede verse el estado del firme en sus peores momentos en el año 2017 y 2020, antes de realizarse la actuación de emergencia, que consistió mayoritariamente en la extensión de una doble capa de microaglomerado en frío, y antes de hacerse la obra de rehabilitación estructural.

En las fotos 12, 13 y 14, se pueden ver algunas de las zonas de suelocemento rotas, en las que debido la presencia de agua en las grietas del material y, en las zonas más deterioradas, se apreciaba la capa superior del suelocemento reducida a barrillo, mientras que el resto se mantenía en bloques de dureza y cohesión apreciables.

Las fotos 15 y 16 son de testigos extraídos del firme. Se puede ver

que, en algunos casos, las capas de mezcla bituminosa se encuentran deterioradas, con pérdida de betún, disgregación de la mezcla y falta de adherencia, como en el caso de los firmes con gravace-mento vistos anteriormente.

Por último, en las autovías A-62

y A-60, se hicieron sendas cam- pañas de auscultación estructural midiendo la deflexión por impac- to para calcular mediante cálculo inverso el orden de magnitud de los módulos de la capa de suelo- cemento. Los valores obtenidos bajo diferentes hipótesis resultaron

bajos.

En este tramo, terminado de construir el año 2013, se fueron produciendo ondulaciones en el pavimento sin presentar agrie- tamiento superficial por lo que, desde el punto de vista de la ins- pección visual, con la metodolo-



Foto 12



Foto 13



Foto 14



Foto 15



Foto 16



Foto 17



Foto 18



Foto 19

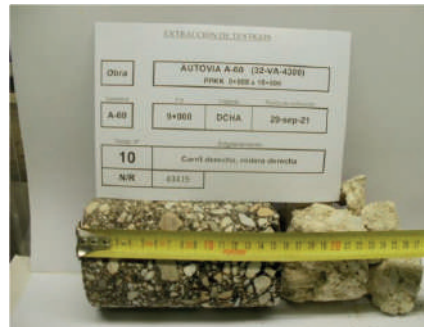


Foto 20

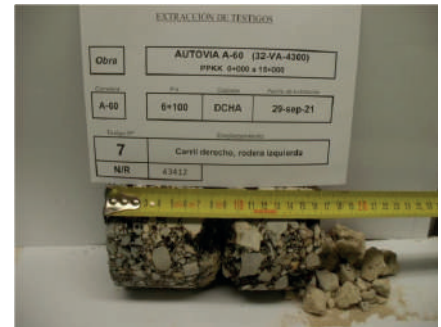


Foto 21

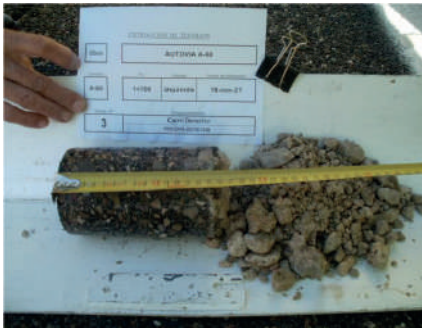


Foto 22

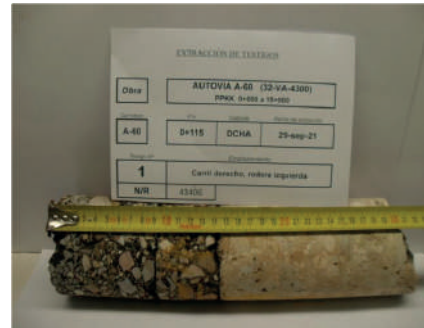


Foto 23

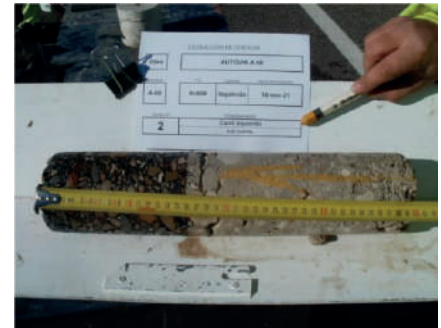


Foto 24

gía utilizada, el estado era bueno, hasta que la capa de rodadura se rompía formándose un agrietamiento generalizado en la zona de hundimiento. En ese momento, el valor del índice subía cada vez más. La evolución seguida por los hundimientos parece indicar que la cesión se va produciendo poco a poco hasta que el pavimento es incapaz de resistir las deformaciones y se rompe.

El firme de este tramo está constituido por una capa de rodadura con mezcla bituminosa de tipo discontinuo que se apoya en una capa intermedia y una capa de base tipo AC. La capa de rodadura tiene un porcentaje de huecos elevado, existiendo zonas que se aproximan a una mezcla drenante, lo que habría posibilitado la entrada de agua al cuerpo del firme.

Las fotos 17 y 18 corresponden a una calicata realizada en el firme de la A-60 en la que se llegó hasta la explanada. Las capas de mezcla bituminosa, intermedia y base,

presentan poca cohesión, se rompen y disgregan fácilmente con el martillo neumático, y no presentan adherencia entre ellas. La capa de suelocemento tampoco ofrece resistencia al picado con el martillo y presenta una humedad apreciable (7,0 %). También se detecta un desleimiento de la parte superior de la capa con formación de barrillo y una superficie irregular. Por último, la explanada se presenta aparentemente en buen estado y presenta gran resistencia a la perforación con un punzón.

Se ha realizado también una campaña de testigos de longitud suficiente para atravesar el espesor completo del suelocemento. En las fotos 19 a 24 se presentan los diferentes tipos de testigos obtenidos. Junto a algún testigo que logró obtener el suelocemento de una pieza (ver foto 23), en el resto sólo se obtuvieron o bien trozos de mayor o menor tamaño o bien un material disgregado con tamaños finos, indicando claramente el deterioro del mismo.

En conclusión, el suelocemento parece ser un material muy sensible a la entrada de agua que puede aumentar en el caso de utilizar mezclas bituminosas con un gran porcentaje de huecos, como son las mezclas discontinuas y los hormigones bituminosos tipo G.

En los años setenta, se diseñó la ley de fatiga de la gravacemento (Instituto Eduardo Torroja) pero no así la del suelocemento, aunque esta última está diseñada en la Universidad Politécnica de Burgos para un único suelocemento formado por un suelo seleccionado y un 3,5% de cemento del tipo CEM-IV con un 7% de humedad obteniéndose, en todas las probetas realizadas con el 98% de la densidad máxima, una resistencia a largo plazo a compresión de 4,88 MPa, una resistencia a flexotracción de 0,89 MPa (con la que se calculan los ejes que soporta la sección) y un módulo de 7.800 MPa.

La ley de fatiga resultante es:

$$\frac{\sigma}{R_f} = 1 - 0,070 \cdot \log N$$

Siendo:

- σ la tensión a flexotracción que provoca la rotura después de un número N de aplicaciones de carga tipo
- R_f la resistencia a flexotracción a largo plazo del material.

El CEDEX ha obtenido en materiales de suelocemento aplicados en carreteras de Castilla y León diferentes valores del módulo de elasticidad a largo plazo, tan variables como desde 4000 en la arena-cemento (o jabre-cemento) hasta más de 12.000 en el desecho de zahorra.

Esta variabilidad en los valores de los módulos y resistencias a largo plazo puede explicar el diferente comportamiento de este material comprobado en diferentes situaciones. Hay que considerar que nuestra normativa sólo contempla una clase de suelocemento, mientras que en otros países, como Francia que tiene 6 tipos diferentes, se distinguen varias clases según su resistencia a flexotracción a largo plazo y el módulo. Así pues, pensamos que se debe mejorar la calidad del suelocemento empleado, asegurando su durabilidad, para evitar defectos como los habidos en algunos tramos de autovía. Para ello se propone emplear un suelocemento de altas prestaciones, con una resistencia a compresión mayor de los 2,5 MPa solicitados, en el que se pida mayor sollicitación a la resistencia para que no se utilice cualquier suelo mientras que las ventajas medioambientales se mantienen.

4. Conclusiones generales

En conclusión, hemos podido comprobar que la gravacemento ha proporcionado un mejor comportamiento y una mayor durabilidad que el suelocemento, tal y como éste se está elaborando actualmente.

El firme de suelocemento presenta una mayor deflexión que el firme de gravacemento y la evolución del valor de la deflexión es también peor sin tener en cuenta las ventajas medioambientales o de sostenibilidad.

La capacidad soporte en los firmes de gravacemento se adjudica a esta capa, siendo compartida entre el suelocemento y la mezcla bituminosa en los firmes de suelocemento, por lo que debe cuidarse el envejecimiento de la mezcla bituminosa y el fallo prematuro del suelocemento que es un material que puede ser muy sensible a la entrada de agua, la cual puede aumentar en el caso de utilizar mezclas bituminosas con un gran porcentaje de huecos.

A estos firmes semirrígidos les afecta mucho la reacción de las mezclas bituminosas al clima que produce fenómenos de envejecimiento del betún y retracción térmica que generan fisuras que favorecen la entrada de agua al cuerpo del firme.

También hemos constatado la susceptibilidad del suelocemento al agua, mayor que la de la gravacemento por el por el material empleado empleado (sobre todo con suelos muy finos). Por tanto, el empleo de este material debe hacerse considerando este hecho, bien impidiendo la entrada de agua al cuerpo del firme, bien mejorando su resistencia en presencia de humedad.

La entrada de agua al cuerpo del firme se ve favorecida, entre otros, por:

- La existencia de mezclas con gran porcentaje de huecos sobre el suelocemento, como son las mezclas de hormigón bituminoso tipo G que suelen encontrarse en contacto directo con el suelocemento, o las mezclas drenantes o discontinuas tipo B en rodadura.
- La formación de grietas en el pavimento debidas al envejecimiento del betún y a las retracciones térmicas de las mezclas.
- La fisuración del pavimento por reflexión de las grietas de retracción de los materiales tratados con cemento.

Por otra parte, la entrada de agua se verá dificultada por:

- La colocación de mayores espesores de mezcla bituminosa sobre el suelocemento.
- La utilización de mezclas con menor contenido de huecos y mayor contenido de betún.
- La ejecución de la prefisuración del suelocemento a intervalos cortos.
- El aseguramiento de una buena adherencia entre las capas de mezclas bituminosas y entre éstas y el suelocemento.
- La realización a tiempo de operaciones de conservación como el sellado de fisuras que cierren las vías de entrada de agua al cuerpo del firme.

Otro elemento que influye en el comportamiento del suelocemento es su fabricación y extendido. Variaciones en la calidad de los materiales empleados respecto a los considerados en la fórmula de trabajo o en las condiciones de exten-

dido y compactación pueden llevar a su rápido deterioro (normalmente se toman muestras no representativas de todo el material). Este aspecto, hace del suelocemento un material muy sensible a ciertos parámetros.

Si bien, el suelocemento ofrece otra serie de ventajas económicas y medioambientales que conviene aprovechar. Por tanto, los autores piensan que se debería analizar las posibilidades de mejorar el diseño de los firmes con bases de suelocemento en el que se contemplaran los siguientes aspectos:

- Emplear un suelocemento de altas prestaciones con mayor resistencia a compresión (pues frente a los franceses que tienen en su normativa 6 tipos diferentes desde 1994, nosotros solo tenemos una).
- El empleo de mezclas menos permeables, con menor porcentaje de huecos y mayor contenido de betún.
- El empleo de betunes con una mayor durabilidad.
- La utilización de tecnologías de fabricación de las mezclas bituminosas que reduzcan el envejecimiento del betún y, por tanto, mejoren su durabilidad.
- El aseguramiento en obra de la buena ejecución de los riegos de adherencia para garantizar la adherencia entre capas.

Por último, y dado el buen comportamiento de los firmes con gravacemento, se debería analizar la posibilidad de volver a su empleo en las carreteras con tráfico muy pesado que, aunque está contemplado en la vigente instrucción, no suele considerarse habitualmente salvo en el País Vasco, por su coste e inconvenientes medioambientales.

Las conclusiones de este estudio se basan en la experiencia de que se dispone en una zona de España muy localizada y con unas condiciones climáticas y de entorno concretas por lo que los autores creen que deberían hacerse más estudios sobre el comportamiento de estos firmes en otras localizaciones con condiciones diferentes para poder disponer de una visión de su comportamiento global.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a Joanna Rodríguez Pérez su inestimable colaboración poniendo orden en la multitud de datos tratados, sin el cual hubiera sido imposible su posterior tratamiento e interpretación. A D. Félix Pérez Jiménez, Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Barcelona y a D. Alberto Bardesi Orue-Echevarría, Director Técnico de la Asociación Técnica de Carreteras, por su colaboración en la revisión final de este artículo, así como a las empresas de Conservación Integral que realizaron puntualmente cada dos años las inspecciones visuales con precisión y método, y, por último, a la Dirección General de Carreteras, personalizada en la Dirección Técnica, que a través de los años ha ido realizando las auscultaciones que han servido de base a este estudio.

Bibliografía

- [1] Dirección Técnica de la DGC. Informes de deflexiones con curviómetro. Varios años.
- [2] Dirección General de Carreteras. Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la norma 6.1-IC "SECCIONES DE FIRME", de la INS-

TRUCCION DE CARRETERAS. 2003

- [3] Dirección General de Carreteras. "Nota Técnica de 30 de diciembre sobre "Los factores de corrección de los equipos de auscultación de la deflexión de firmes y pavimentos en la Red de Carreteras del Estado". 2008
- [4] Euroconsult. "Informes de deflexiones con deflectómetro de impacto" 2020 y 2021.
- [5] Revista RUTAS de la ATC
- [6] Solís Villa, L, Ruiz Rubio, A y Díaz Minguela, J. "Auscultación de firmes construidos con suelocemento" Revista de Carreteras de la AEC 4ª época, número 130 noviembre/diciembre 2003. ❖

La participación pública ciudadana en proyectos de carreteras



Public participation in road projects

José Carlos Rubio Matilla

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

1. Introducción

Reza el Artículo 21 de la Declaración de los Derechos Humanos que “toda persona tiene derecho a participar en el gobierno de su país, directamente o por medio de representantes libremente escogidos.” Este enunciado, cuyo espíritu es compartido en general en todo el mundo occidental tiene una aplicación práctica muy distinta en cada país.

En todo proyecto de infraestructura pública se produce una afectación al entorno en mayor o menor medida y por tanto aparecen un número de afectados, tanto organizados

como ciudadanos. Así como a los primeros siempre se les tiene en cuenta durante la redacción y ejecución de un proyecto, a los habitantes en general destinatarios últimos, al fin y al cabo, no siempre son tenidos en cuenta de la misma forma en todo el mundo.

2. Hace ya dos décadas...

Ya en el año 2000 se realizó un análisis por parte del PIARC [1] de las distintas formas de implicación ciudadana en los proyectos de carretera en diversos países (Canadá, Bélgica, Francia, Italia, Japón, Noruega, España y Estados Uni-

dos). En general se apreciaba que no se facilita la implicación grande de los ciudadanos en la toma de decisiones, y se exponía la necesidad de un cambio. Literalmente, se planteaba que

“en principio, los objetivos principales del planeamiento de carreteras deberían ser la calidad del servicio para los usuarios, así como la protección del entorno. Esto requiere, por una parte, conocimiento de las necesidades de los usuarios y, por otra, conocimiento de las preocupaciones sociales y ambientales de la gente y las comunidades afectadas. Estas preocupaciones deberían ser identificadas median-

te un proceso cuidadosamente desarrollado de participación pública y su implicación durante todo el proceso. Una consulta temprana y abierta con el público permitirá identificar y resolver las cuestiones complicadas. Así, se evitarían confrontaciones innecesarias y sobrecostes adicionales posteriores, o incluso la cancelación del proyecto de carretera.”

3. Enfoque de algunos Organismos supranacionales

El Parlamento Europeo ha aprobado recientemente (julio 2021) una declaración sobre “Diálogos con los ciudadanos y participación de los ciudadanos en el proceso de toma de decisiones de la UE” [2] en el que se enfatiza la necesidad de implicar a los ciudadanos en todas las áreas de toma de decisiones dentro de la Unión Europea, basándose en el artículo 10 del Tratado de la Unión Europea que establece que «todo ciudadano tiene derecho a participar en la vida democrática de la Unión» y que «las de-

cisiones serán tomadas de la forma más abierta y próxima posible a los ciudadanos».

El Banco Mundial es también consciente de la necesidad de interacción con el público, definiendo la participación pública como “la interacción bidireccional entre los ciudadanos y los Gobiernos o el sector privado” [3], y el enfoque para la participación ciudadana para las operaciones que realiza se rige por cinco principios:


- está orientado a los resultados
- implica participación a lo largo de todo el ciclo de las operaciones
- procura fortalecer los sistemas nacionales
- se ajusta a las particularidades de cada contexto
- es gradual

En términos prácticos, los proyectos financiados por el Banco Mundial deben cumplir con tres requisitos en cuando a la participación pública [3]:

- El diseño del proyecto debe estar orientado a la ciudadanía; es decir, debe contar al menos con un mecanismo para interactuar con los beneficiarios en el contexto específico del proyecto.
- Los marcos de resultados de los proyectos deben incluir al menos un indicador de la retroalimentación de los beneficiarios para el seguimiento de la participación ciudadana durante toda la ejecución del proyecto.
- En los proyectos se deben presentar informes sobre el indicador (o los indicadores) de retroalimentación de los beneficiarios en el tercer año de ejecución.

4. Grados de participación pública

Para ver un enfoque global de lo que puede llegar a implicar la participación pública es conveniente mirar el cuadro de la Asociación Internacional para la Participación Pública (IAP2), en el que se resumen los distintos grados de implicación, desde la ausencia

	Incremento del impacto de la decisión 				
	INFORMAR	CONSULTAR	IMPLICAR	COLABORAR	EMPODERAR
OBJETIVO DE LA PARTICIPACIÓN PÚBLICA	Proporcionar al público información objetiva y adecuada para ayudar al entendimiento del problema, las alternativas, oportunidades y/o soluciones	Obtener del público opinión del análisis, alternativas y/o decisiones	Trabajar directamente con el público a través de un proceso que asegure que las preocupaciones y aspiraciones del público son entendidas y consideradas	Asociarse con el público en cada faceta de la decisión, incluyendo el desarrollo de alternativas y la identificación de la solución elegida.	Dejar la decisión final en manos del público.
PROMESAS AL PÚBLICO	Os mantendremos informados	Os mantendremos informados, escucharemos y tendremos en cuenta vuestras preocupaciones y aspiraciones, y daremos información de cómo la información recibida del público ha influido en la decisión	Trabajaremos con vosotros para asegurar que vuestras preocupaciones y aspiraciones son directamente reflejadas en las alternativas desarrolladas y daremos información de cómo la información recibida del público ha influido en la decisión	Buscaremos vuestro consejo e innovación en la elaboración de soluciones e incorporaremos vuestras recomendaciones en las decisiones lo máximo posible.	Implantaremos lo que decidáis

Fuente: IAP2. Traducción propia

completa de decisiones hasta el empoderamiento final en el que la solución a desarrollar es la que decide el público.

El último escalón puede resultar un tanto extremo a primera vista, si bien cabe reseñar que ya ha sido llevado a cabo en España. Cabe destacar por su importancia y novedad el proceso, no exento de polémica, llevado a cabo para la remodelación de la Plaza de España de Madrid [4]. Éste comenzó con una encuesta pública [5] en la que se trataba de entender qué aspectos resultaban más importantes para los ciudadanos. Tras distintas selecciones (tomadas por expertos en la materia) se seleccionaron dos finalistas cuyos proyectos fueron sometidos a votación por parte de los ciudadanos (febrero de 2017) decidiéndose así el proyecto a ejecutar; cabe destacar que se registraron algo más de 214.000 votos, lo cual denota un cierto interés por parte de la ciudadanía.

5. Formas de participación pública

Acorde con el mencionado estudio del PIARC [1] existen muchas formas de canalizar la participación pública, no habiendo una que sea la ideal, siendo por tanto necesario evaluar la mejor forma en función de las necesidades o entorno social de cada caso.

Es evidente que el nivel de decisión por parte de la ciudadanía no será el mismo en caso de la remodelación de una plaza que en el de la selección de un nuevo itinerario de carretera, lo cual abunda en la necesidad de elegir la forma más conveniente de participación pública.

Incluso dentro de una misma tipología de proyecto, posiblemente



Imagen de una audiencia pública. Fuente <https://youtu.be/Z0FnbBretb0>

te haya situaciones en los que sea conveniente utilizar más de una de las posibilidades descritas a continuación, mientras que en otros casos poco complejos puede no ser necesario realizar ninguna forma de participación pública directa más allá del mínimo estipulado por ley.

Comité de Asesoramiento Ciudadano

Grupo representativo de interesados que se reúne regularmente para discutir acerca de preocupaciones comunes. Esta modalidad puede ser usada sola o en conjunción con otras técnicas, es usado para lograr un nivel básico de información para el planeamiento de transportes.

Equipos de trabajo colaborativo

Es un grupo asignado a una tarea específica, con un plazo concreto para llegar a una conclusión y resolver un problema complejo, estando sujeto a la posterior aprobación de la autoridad competente. Suele estar integrado por representantes locales y miembros de grupos interesados, y debe estar apoyado por un organismo de carreteras. Difiere del Comité de Asesoramiento Ciudadano en cuanto a

que éste está enfocado en plantear distintas propuestas y opiniones, en tanto a que a los equipos de trabajo colaborativo se les exige dar una solución consensuada a un problema específico. Estos equipos pueden ser útiles para resolver casos enquistados y dar alternativas con gran soporte comunitario.

Mesa de decisión política ciudadana

Este tipo de mesas pueden ser establecidas mediante actos legislativos o decisiones ejecutivas para investigar acerca de asuntos concretos, pudiendo ser temporales o permanentes. La inclusión de ciudadanos en estas mesas incorpora la visión de la comunidad al proceso de decisión, teniendo esta una legitimada mayor.

Audiencias y reuniones públicas

En las audiencias públicas se presenta la información al público y se obtiene información de los residentes. Cuando se usan para un proceso de planificación, se adaptan para cuestiones específicas y pueden ser formales (audiencias públicas) o informales (reuniones públicas). Las audiencias públicas suelen ser un requisito legal para muchas administraciones de carre-

teras, mientras que las reuniones públicas suelen ser opcionales y por tanto ajustadas a las necesidades concretas del proyecto y de las comunidades afectadas.

Jornadas de puertas abiertas

Es un acto informal (pese a que debe estar convocado formalmente) en el que el público obtiene información acerca de un plan o proyecto. No tiene una agenda formal, sino que los ciudadanos obtienen la información de los paneles y el personal asignado. El público puede dar su opinión, comentarios y preferencias tanto oralmente como por escrito. La ventaja de estos actos es el ambiente relajado en el que se desarrollan y la posibilidad de los ciudadanos de interactuar con el equipo de proyecto, obteniendo respuestas detalladas que de otro modo no sería fácil conseguir.

Conferencias, talleres y retiros

Se trata de reuniones especiales para informar al público y solicitar opinión acerca de cuestiones concretas. Las conferencias son eventos muy estructurados con presentaciones y debate posterior o preguntas a la audiencia. Los talleres son reuniones orientadas a un tema muy específico y con una participación relativamente reducida de 20-30 personas. Los retiros son reuniones organizadas de una forma no tradicional y sin distracciones, es decir, sin posibilidad de recibir llamadas u otras cuestiones que distraigan su interés, siendo el objetivo principal la resolución de conflictos personales y problemas de comunicación relacionados con cuestiones concretas.

Libro de trabajo

Este método de trabajo fue desarrollado en Noruega para la realización de estudios de planeamiento. El objetivo es la involucración de los residentes en la labor de planificación para mejorar su propio entorno. El método facilita la interacción entre los expertos y el público en general, y la documentación utilizada es lo más visual posible. El método tiene la ventaja de crear rutinas de trabajo poco burocráticas, pero a cambio se trata de un método costoso y que no siempre tiene garantías de éxito por dificultades de comunicación.

Otros métodos de comunicación con el público

Aparte del tradicional envío de notificaciones por correo, realizado con cierta asiduidad por determinados ayuntamientos, la universalización de internet ha permitido ampliar enormemente la capacidad de transmitir información a los ciudadanos páginas web con fotomontajes de la situación final, realización de encuestas online, etc.

Por otra parte, el Banco Mundial cuenta también con un estudio denominado “Marco estratégico para integrar la Participación Ciudadana en las operaciones del Grupo Banco Mundial” de 2014 [6], en la que se estudia exhaustivamente las experiencias en distintos países, así como los posibles mecanismos, con su correspondiente grado de implicación del gobierno y de los ciudadanos, su complejidad técnica, plazos y costes.

6. Situación actual de la participación pública en algunos países

Ciñéndonos exclusivamente a los proyectos y obras de carreteras, cabe mencionar algunos ejemplos con distintos enfoques y alcances que se dan a la participación pública en distintas partes del mundo.

El Salvador

En El Salvador, lugar en el que una parte importante de la población no tiene acceso a internet ni conocimientos para la interpretación de documentación técnica, la participación pública tiene el objetivo fundamental de Información y participación ciudadana, para ir “allanando el camino” a las expropiaciones al poner en conocimiento de los ciudadanos el asunto de forma anticipada, lo cual es especialmente importante cuando el proyecto se desarrolla en un entorno socialmente complicado, cosa no infrecuente.

Sin embargo, esta socialización tiene también un objetivo colateral educativo en la población. Así, resulta en ciertos casos necesario aclarar que las ODT (obras de drenaje transversal) grandes no se pueden usar como vivienda, así como la importancia para los vecinos de la zona de evitar la acumulación de basura en las entradas a dichas ODT por el riesgo de inundaciones en caso de lluvias.

Chile

En Chile, existe desde principios de siglo XXI un “Manual de participación ciudadana en proyectos de infraestructura” editado por el MOP (Ministerio de Obras Públicas). Este manual ha ido evolucionando con actualizaciones al documen-

to así como toda una bibliografía con herramientas para el desarrollo de los procesos enmarcados en el Modelo de Gestión Participativa, incluyendo una prolija “Guía para la Gestión de Participación Ciudadana” [7].



Paraguay

En Paraguay, los proyectos desde su etapa de estudio de viabilidad cuentan con un Plan de Participación Ciudadana a desarrollar por el proyectista cuyos objetivos principales son:

- Involucrar a la comunidad, instituciones y organizaciones en los proyectos de interés público, facilitando los medios para que puedan participar.
- Incentivar la cooperación y la coordinación interinstitucional como estrategia para impulsar la concreción del proyecto.
- Resaltar la importancia del usuario para el desarrollo eficiente del proyecto.
- Fomentar una cultura vial por medio de la divulgación, la recreación y el trabajo en equipo, generando conciencia, sensibilidad y compromisos en las comunidades del área de influencia.

Además, de fomentar la participación ciudadana, estos planes mejoran el conocimiento por parte del proyectista de las actividades que se desarrollan en la zona aledaña a la vía, el conocimiento de las prácticas productivas y sociales, y el conocimiento de los planes de desarrollo y ordenamiento municipal. Los problemas más frecuentes que se pueden presentar son: actividades de explotación comerciales en zonas aledañas a la vía, inestabilidad de zonas aledañas al proyecto, aguas residuales sin tratamiento, ocupación de espacios público, depósito de basuras en la zona de vía, aprovechamiento de recursos como por ejemplo zona de pesca o explotación de transporte fluvial.

Se realizan tres tipos de reuniones con los involucrados:

- Informativas de explicación del proyecto.
- Consultivas: donde se recibirá información sobre lo que se piensa del proyecto y se consultará sobre ideas, percepción y opiniones que puedan surgir sobre el proyecto.

- Resolutivas: sobre posibles conflictos u oposición que deba ser diluido, mediado o resuelto entre los responsables ejecutores y demás involucrados.

Estas reuniones pueden verse complementadas con la realización de encuestas o talleres.

Especial relevancia para el desarrollo del proyecto tiene la realización de Consultas Públicas Previas, Libres e Informadas con las Comunidades Indígenas existentes en el área de influencia del proyecto [8], cuya realización se encuentra recogida en el Decreto 1039/2018, proceso de Consulta y Consentimiento Libre Previo e Informado (CCLPI) en los pueblos y comunidades indígenas del Paraguay y que pretende dar cumplimiento al Convenio 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes de 1989, de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Este proceso se realiza con los siguientes condicionantes:

- Los promotores del proyecto deben solicitar por escrito el permiso de los pueblos indígenas afectados para consultarles durante las etapas finales de la



Acto de participación pública (socialización) en Paraguay. Fuente: Acciona Ingeniería (Estudio de viabilidad Corredor bioceánico. Tramo: Cruce Centinela – Pozo Hondo)

planificación del proyecto.

- El pueblo indígena puede solicitar que el proponente haga una presentación preliminar (ver imagen) del proyecto a las comunidades y proporcione información adicional en su idioma (es frecuente la necesidad de un traductor).
- Todos los costes del proceso corren a cargo del proyecto.
- El proceso cuenta con la supervisión del INDI (Instituto del Indígena).
- Los acuerdos alcanzados pueden recoger medidas compensatorias para las comunidades afectadas.
- Las conclusiones deben ser recogidas por un acuerdo entre las partes.

Aunque pueda parecer un trámite meramente informativo, la legislación otorga un importante poder a los pueblos indígenas ya que estos tienen que dar su aprobación formal al proyecto tras la realización de la socialización, siendo esta condición indispensable para que el Ministerio apruebe el proyecto.

Por otra parte, la legislación paraguaya establece que la autoridad pondrá a disposición del público los Estudios de Impacto Ambiental por 10 días hábiles en su página web, en su sede y cualquier otro lugar conveniente. Cualquier persona puede realizar observaciones al estudio de impacto ambiental en el plazo de 10 días hábiles. Las observaciones podrán incorporarse total o parcialmente al estudio de impacto ambiental de acuerdo con su evaluación técnica.

Pasado este trámite, la autoridad decide si es necesaria la realización de audiencia pública o no,



Imagen del "Virtual Event Space". Fuente: [11]

siendo obligatoria cuando el proyecto pueda afectar directamente a comunidades indígenas o sea solicitada por los vecinos o potenciales afectados directos.

Reino Unido

En el Reino Unido la participación pública está completamente sistematizada mediante el Planing Act (2008) [9] para proyectos importantes de infraestructuras. En él se prevé un mínimo de 3 rondas de participación a distintos niveles que son grabadas y en las que los asistentes pueden intervenir.

Un paso más allá supone, la creación de un espacio virtual por parte de la autoridad nacional de carreteras en el que vía web se accede a la información relevante relativa al proyecto, dando posibilidad de responder a una votación por parte de la ciudadanía para valorar las alternativas presentadas. Por ejemplo, el caso del Enlace 55 de la autopista A-14 en Ipswich (noroeste de Londres) [10]. En el espacio virtual creado (ver imagen), la información se presenta de una manera extraordinariamente clara y sencilla de entender para el gran público, sin necesidad de analizar gigas de información o miles de pesados tomos de planos

El espacio virtual de consulta está organizado en 7 paneles muy escuetos que contienen:

1. Introducción
2. Descripción del enlace
3. Necesidad de la actuación
4. Objetivos
5. Opciones finalistas (2) sobre las que se pide opinión a los ciudadanos
6. Condicionantes ambientales
7. Cómo responder y siguientes pasos

Además, la información se puede descargar (sólo 29 páginas, fotos grandes incluidas), en la que se incluye la información de los paneles, así como una tabla comparativa con ventajas e inconvenientes de cada alternativa.

7. Beneficios de la participación pública

En resumen y pese a los muy distintos modelos de llevar a cabo la participación pública, parece que hay un consenso generalizado en cuanto a los beneficios que conlleva la inclusión directa de los ciudadanos:

- “Calmar” los ánimos de la población en actuaciones polémicas
 - Aceptación de la solución adoptada de forma participativa, incluso no siendo la individualmente preferida, por la sensación de que ha sido decidida de una forma justa [12]
 - Identificación de problemas no detectados o enfocados de forma errónea [12]
 - Conocimiento e interés por parte de los ciudadanos en lo relativo a los asuntos del transporte [12]
 - Realización de obras realmente útiles para los ciudadanos
 - Sentimiento entre el público de ser “ciudadano” y no “súbdito”
 - Anticipar e identificar posibles problemas durante la fase de expropiación
- Es importante, sin embargo, definir claramente la estrategia a seguir en cada proyecto de cara a dejar claro la fuerza de cambio que tendrá la participación pública sobre el proyecto, así como los tiempos más adecuados para su realización.
- Los ciudadanos han de enfrentarse a un buen número de planos y resto de documentación técnica, que si bien para los que nos dedicamos a este negocio puedan estar muy claros, no hay más que preguntar a nuestro entorno más cercano para comprobar que realmente no es así.
 - Las alegaciones han de realizarse por escrito, asunto que evidentemente no resulta sencillo para una parte muy importante de los ciudadanos, habida cuenta de numerosos ejemplos que seguramente todos tengamos en mente.
 - Los ciudadanos no disponen de ninguna posibilidad de comunicación oral en caso de desear únicamente información veraz.
 - Las respuestas a las alegaciones de los ciudadanos son en bastantes ocasiones basadas únicamente en la “prevalencia del interés general” (en caso de estudios informativos) o en el “objetivo únicamente de las expropiaciones y no de la solución elegida” (en caso de proyectos de trazado). Este tipo de respuestas, haciendo un ejercicio de empatía deben generar una frustración e impotencia en el receptor sólo comparable a ciertas resoluciones de la Agencia Tributaria.

8. ¿Y en España?

En España contamos con dos momentos fundamentales en los que se realiza un trámite de información al público en general de forma reglada (Información Pública). En el Estudio Informativo, en el momento previo a la elección de la opción seleccionada; y en el Proyecto de Construcción, tras el proyecto de trazado de cara a dar comienzo al proceso expropiatorio.

Entre otras, algunas cuestiones reseñables de estos procesos son:

A la vista de esto, las Informaciones Públicas, desde el punto de vista de los ciudadanos en general, no parecen estar alineados con los beneficios que se espera alcanzar expuestos más arriba para los procesos de Participación Pública.

Se podría decir que en España estamos, al menos en materia de carreteras, en torno al nivel 2 del cuadro del IAP2 ya que no se puede decir que actualmente se tengan en cuenta las aspiraciones

y deseos del público para el desarrollo de alternativas de una forma sistemática y organizada.

Con el fin de mejorar esta situación, en caso de existir voluntad para ello, dos medidas de participación pública que se llevan a cabo en otros ámbitos y países y que han probado su eficacia son:

- Realización de encuestas previas
- Encuentros con ciudadanos
- Creación de espacios virtuales por parte de la DGC

La realización de encuestas previas permitiría un avance significativo con un coste mínimo, gracias a las nuevas tecnologías, y con los beneficios de aportar el sentimiento de inclusión de los ciudadanos en el proceso y la legitimación colectiva de la solución seleccionada, teniendo en cuenta las prioridades del público más allá del “interés general” aportado por el estudio multicriterio. Lógicamente, cuanto antes se realicen dichas encuestas, antes se conocerán las necesidades y preferencias del público y, por tanto, se dispondrá de más capacidad de desarrollar soluciones que las tengan en cuenta. Así, los Estudios Previos podrían pasar a tener una gran importancia ya que es el mejor momento para la realización de este tipo de encuestas. Otra ventaja de la legitimación popular de la solución adoptada hace que se desligue el trazado de la ideología política, evitando casos pasados de autovías “de izquierdas” con un trazado y “de derechas” con otro, y retrasos o cancelaciones en ambos casos.

Por otro lado, la realización de encuentros con ciudadanos busca un fin más subjetivo y apaciguador, que permite la reducción del número de alegaciones y la transmisión

a los ciudadanos de información de primera mano, sin el efecto dañino de redes sociales u otras fuentes mal informadas. Además, tienen la característica de ser una herramienta que se puede usar en cualquier fase de la carretera, desde el estudio informativo (explicación de alternativas y la propuesta) pasando por el proyecto de construcción (trazado de caminos paralelos y mejor ubicación de pasos transversales) hasta la fase de construcción (desvíos provisionales, minimización de afección por paso de camiones, etc.). Estos procesos requieren algo más de inversión que las encuestas preliminares si bien existe una gran unanimidad en el que el beneficio obtenido en forma de reducción de problemas supera ampliamente los costes.

Finalmente, la creación de espacios virtuales unificados por parte de la DGC permitiría dar a conocer las actuaciones llevadas a cabo por la Administración, canalizando los distintos procesos y optimizando los costes de realización de la participación pública, dado que muchas de las actuaciones no cuentan con una dotación presupuestaria que permita plataformas específicas.

9. Objeciones a la implantación de una participación pública activa

Una posible objeción para la implantación regular de estas herramientas de participación pública es la ralentización excesiva de los estudios y proyectos. Es cierto que España ha conseguido durante muchos años una eficiencia realmente notable en materia de proyecto y ejecución de obras, inimaginable en lugares tan cercanos a nosotros como Francia. Sin embargo, la urgencia que ha habido

durante muchos años por desarrollar unas infraestructuras viarias adecuadas ya no es tal, ya que en estos momentos España goza de una red de alta capacidad madura. Sin embargo, en los próximos años muchas obras a realizar por la Dirección General de Carreteras van a consistir en humanizar travesías, hacer pasarelas peatonales, habilitar itinerarios seguros para peatones y ciclistas, ejecución de variantes de población, mejora de seguridad en intersecciones o la reducción del ruido. La mayor parte de ellas se prestan a procesos de participación activos, porque resuelven problemas sentidos como muy cercanos por la población afectada adquiriendo una mayor importancia, si cabe, la adecuada gestión de sus expectativas.

Otra posible objeción es lo innecesario de su realización a la vista de nuestra historia pasada. Existen en nuestro país realidades distintas en cuanto a la reacción social al proyecto y ejecución de carreteras. Así, hay algunas actuaciones que son demandadas por la población y organismos públicos, en las que además la tierra tiene un valor muy escaso y muchos propietarios están “deseando” ser expropiados. En el lado opuesto están aquellas que parecen contar con la oposición frontal de todo interesado, pese a tener una justificación clara desde el punto de vista de la capacidad y la seguridad vial. Por tanto, desde esta perspectiva puede no ser recomendable el “café para todos” y será necesario evaluar la necesidad del nivel de participación pública con el fin de no retrasar los plazos innecesariamente.

10. Conclusiones

Algunas conclusiones a la vista de lo mencionado anteriormente:

- La participación pública activa es una práctica llevada a cabo de forma habitual en países de muy distinta condición económica y social.
- No hay una forma única de dar voz activa a la ciudadanía, por lo que es necesario analizar cuál es la mejor forma de canalizar las demandas de los ciudadanos, tanto un mínimo a nivel estatal como acciones específicas en casos especiales.
- Es importante que el promotor deje claro el alcance de la participación pública, con el fin de no crear falsas expectativas.
- Las tecnologías actuales permiten llevar a cabo procesos de participación pública con un coste bajo, al menos los relativos a las encuestas de opinión.
- Es necesario un apoyo de las instituciones para que forme parte inherente al proceso de diseño.
- El momento de realización de la participación pública puede ser determinante en el éxito de esta.
- En general, una forma bidireccional será preferible para las fases de planificación, mientras que una unidireccional resulta más adecuada para fases de construcción.
- Las soluciones basadas en los resultados de la participación pública activa otorgarían una legitimidad a la misma más allá de un estudio multicriterio, reduciendo además las probabilidades de problemas posteriores al haber tenido los ciudadanos ocasión de manifestarse y evitando la asimilación de una determinada solución a una ideología política.
- La participación pública se

debe basar en una información muy sintetizada y clara para que sea fácilmente comprensible por todos los ciudadanos.

- Aportar una información de primera mano al público reduce el riesgo de malentendidos, información sesgada, titulares confusos en prensa, etc.
- En los próximos años, gran parte de las actuaciones a realizar en materia de carreteras serán obras muy cercanas a la ciudadanía, por lo que cobra especial importancia la adecuación de estas a las necesidades reales de la población mediante cauces apropiados que permitan canalizar las demandas ciudadanas.

Por tanto, a la vista de la tipología de las actuaciones pendientes en materia de carreteras, es posible y necesario habilitar un marco de participación que permita canalizar y cumplir en mayor medida las expectativas de los ciudadanos y que además legitime las soluciones adoptadas. Así, si bien es necesario un impulso decidido por parte de las administraciones tanto para la creación de plataformas como suministrando soporte legal, es recomendable dotar al responsable de cada proyecto de una libertad de actuación en el grado de participación pública, ya que son estos los que más conocimiento pueden tener de la “temperatura” y sensibilidades de la zona.

11. Bibliografía

- [1] Methods to Obtain Public Participation in Road Project Development”. Date: 2000. Author(s): Comité Technique 4 Transport et Développement régional / Technical Committee 4 Transport and Regional Development
- [2] Resolución del Parlamento Europeo, de 7 de julio de 2021, sobre los diálogos con los ciudadanos y la participación de los ciudadanos en el proceso de toma de decisiones de la UE https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0345_ES.html
- [3] <https://www.bancomundial.org/es/topic/citizen-engagement#2>
- [4] <https://decide.madrid.es/proceso/plaza-espana-informacion>
- [5] https://decide.madrid.es/docs/cuestionario_plaza_espana.pdf
- [6] “Strategic Framework For Mainstreaming Citizen Engagement in World Bank Group Operations” https://consultations.worldbank.org/sites/default/files/materials/consultation-template/engaging-citizens-improved-resultsopenconsultationtemplate/materials/finalstrategicframeworkforce_4.pdf
- [7] Guía para la Gestión de la participación ciudadana. Ministerio de Obras Públicas de Chile. 2017. https://www.mop.cl/participacion_ciudadana/Documents/Guia_para_la_gestion_de_Participacion_Ciudadana_MOP_2018.pdf
- [8] Consultas Públicas: El paso a paso. Marcos regulatorios y legales aplicables en Paraguay. 2020. Banco Interamericano de Desarrollo <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Consultas-publicas-El-paso-a-paso-Marcos-regulatorios-y-legales-aplicables-en-Paraguay.pdf>
- [9] National Infrastructure Planning United Kingdom. <https://infrastructure.planninginspectorate.gov.uk/application-process/the-process/>
- [10] <https://highwaysengland.co.uk/our-work/east/a14-junction-55-copdock-interchange/>
- [11] <https://copdock-interchange-j55.virtualeventspace.io/>
- [12] Public Participation in Transportation Planning”. August 2014. In book: Encyclopedia of Transportation: Social Science and Policy (pp.1132-1137) Chapter: Public Participation in Transportation Planning Publisher: Sage Publications Editors: Mark Garrett. Author: Kathryn S. Quick. https://www.researchgate.net/publication/264956681_Public_Participation_in_Transportation_Planning. ❖

Jornadas Nacionales Seguridad Vial 2022



Málaga, 19 al 21 de septiembre de 2022

Roberto Llamas Rubio

Ponente General de las Jornadas Nacionales de Seguridad Vial 2022

Los pasados días 19 al 21 de septiembre de 2022, se han celebrado en la ciudad de Málaga las Jornadas Nacionales de Seguridad Vial 2022, coorganizadas por la Asociación Técnica de Carreteras y la Asociación Española de la Carretera, con la promoción del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, y la colaboración de la Junta de Andalucía, la Diputación de Málaga y el Ayuntamiento de la ciudad. Este im-

portante evento nacional tuvo como sede el el Auditorio Édgar Neville de Málaga.

Introducción: el contexto

Los accidentes de tránsito son una lacra social tanto por las importantes pérdidas humanas que suponen (con especial incidencia en los

más jóvenes) como por los cuantiosos costes que se derivan de ellos.

Las cifras de siniestralidad vial a nivel mundial son inaceptables, tanto en términos absolutos como relativos, y se han mantenido en gran medida sin cambios a nivel mundial durante los últimos años, a pesar de la labor realizada en materia de seguridad vial.

Según el último Informe sobre Seguridad Vial de la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año 1,3 millones de personas pierden la vida en accidentes viales en todo el mundo, y causan más de 50 millones de víctimas, entre conductores, peatones, ciclistas, motociclistas y usuarios del transporte público; y un tercio de esas muertes (450.000) corresponden a jóvenes menores de 25 años. Es decir, los siniestros viales son la principal causa de muerte de niños y jóvenes en el mundo.

Estamos, pues, ante un goteo incesante de vidas truncadas, al que se suman los heridos y las discapacidades permanentes con que han de afrontar el día a día muchas de las personas que logran sobrevivir a un siniestro de circulación.

Todo ello se traduce también, en términos monetarios, en unas cuantiosas pérdidas económicas para la sociedad. Se calcula que los costes globales derivados de los accidentes de tráfico ascienden a un importe equivalente al 3% del producto interior bruto (PIB) de un país.

Es por ello, que la siniestralidad vial debe ser considerada como un problema de salud pública y así es contemplada por la OMS.

Estas cifras ponen de manifiesto la sangría humana y económica que suponen los accidentes de tránsito, representando un problema internacional de primer orden en términos de salud pública, siendo directamente responsables de algo más del 2% de todas las muertes que se producen a nivel global. Actualmente, son la novena causa de fallecimiento en el mundo, y se estima que, de no adoptarse medidas urgentes, los accidentes de tránsito se convertirán en 2030 en la séptima.

Este panorama global que describe Naciones Unidas en su estudio se ensombrece más si cabe con otro

dato triste y desalentador: el riesgo de morir en un accidente depende en buena medida del lugar donde vive la gente y de cómo se desplaza, con notables diferencias entre las regiones más ricas y las más pobres.

Como pueden observar, la realidad, señoras y señores, es impactante y estos datos revelan la magnitud del problema de la accidentalidad vial. Por lo que debemos actuar, pero se trata de un compromiso de la comunidad en su conjunto, porque la seguridad vial es un tema que nos afecta a todos; se trata de una responsabilidad compartida, de forma que sólo aunando esfuerzos conseguiremos alcanzar un mayor nivel de seguridad en las carreteras.

Pero esta cruda realidad lo es tanto para las peores noticias (víctimas viales) como para las mejores (medidas exitosas). Y la realidad muestra que, actuando de forma coordinada en base a unas adecuadas estrategias nacionales de políticas de Seguridad Vial, que se materialicen en planes anuales con medidas de actuación que abarquen todos los ámbitos que configuran los tres pilares básicos de la siniestralidad vial (factor humano, infraestructuras y vehículo), de facto, salvan vidas.

Es por ello, que, reconociendo la importancia del problema y la necesidad de actuar, los gobiernos de todo el mundo proclamaron unánimemente, por medio de la resolución 74/299 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, un Segundo Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021-2030, con el objetivo explícito de reducir las defunciones y traumatismos causados por el tránsito en al menos un 50% durante ese período. Y ello, con la mirada puesta en la tan deseada visión cero para el 2050: Cero fallecidos y cero lesionados graves en las carreteras.

A dicha iniciativa le precedió, a nivel europeo, la publicación de la

Directiva 2019/1936 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2019, por la que se modifica la directiva 2008/96/CE sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias, tras la evaluación de los resultados obtenidos con la aplicación de la Directiva 2008/96/CE.

Por otro lado, la movilidad en el mundo civilizado, y especialmente en Europa y España, está cambiando. La movilidad del futuro va configurándose como una movilidad más intermodal, más sostenible, más conectada y más segura. Están apareciendo nuevos medios de transporte, como los vehículos de movilidad personal (VMP), con una creciente utilización de la bicicleta, no sólo en el ámbito de ocio sino también como medio de transporte laboral, y con unos automóviles con una conducción conectada y cada vez más autónoma. Esta nueva movilidad nos plantea igualmente nuevos retos desde el punto de vista de la seguridad vial a los que deberemos hacer frente y buscar soluciones innovadoras para afrontar y superar esas nuevas exigencias que nos plantea la movilidad actual y futura.

En este contexto, nacieron estas Jornadas para conocer todo lo que se está haciendo, debatir sobre cuáles son las necesidades reales de la red y sus usuarios, y formular posibles soluciones con el fin último de mejorar el bienestar de todos, de nuestros conciudadanos y el nuestro.

Inauguración y el programa

Dichas Jornadas, fueron inauguradas por el Alcalde de Málaga, el Secretario General de Infraestructuras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, la Consejera de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía, el Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, la Presidente de la Asocia-

ción Técnica de la Carretera, el Presidente de la Asociación Española de la Carretera y el Ponente General de las Jornadas.

En el acto inaugural, el Ponente General de las Jornadas quiso, en primer lugar, agradecer el apoyo y patrocinio institucional, de empresas y demás colaboradores con el que contaron estas Jornadas, gracias a los cuales era posible su celebración.

También quiso expresar públicamente su satisfacción por la celebración de las Jornadas en la muy acogedora ciudad de Málaga, a la que le tengo un especial y personal cariño. Y su especial agradecimiento a la Diputación Provincial de Málaga, que desde un principio recogió con ilusión la iniciativa de celebrar este evento nacional sobre la seguridad vial y nos dio todo tipo de facilidades, acogiéndonos en esta bonita y funcional sede. Auditorio Edgar Neville

Igualmente manifestó su satisfacción por la gran afluencia de participantes con los que contamos, con más de medio millar de asistentes, superando con creces las previsiones más optimistas, a lo que seguro que ha contribuido, indudablemente, el atractivo que siempre supone el visitar esta ciudad, pero también, quiso pensar, que se debe al contenido de las Jornadas y, por supuesto, al esfuerzo realizado por las dos Asociaciones organizadoras de las mismas, que han aunado sinergias para conseguir una mayor afluencia y mejor organización de este evento. Su agradecimiento por ello.

Han transcurrido ya cinco años desde la última edición de estas Jornadas Nacionales de SV, celebrada en Toledo en 2017. Este periodo de tiempo ha estado marcado por la pandemia derivada del COVID-19 y las restricciones impuestas a tal efecto, que han tenido, lógicamente, su incidencia en la circulación y en los siniestros viales.

A partir del año 2020, la respuesta dada en nuestro país, al igual que en los distintos países de nuestro entorno, para controlar la expansión de la pandemia fue la aplicación de distintas restricciones, que provocaron una reducción drástica de la movilidad, si bien ésta no estuvo acompañada/secundada en el mismo orden por la accidentalidad, pese a que se observó una importante disminución de la misma. Este hecho, unido a la tendencia alcista de los últimos años a nivel europeo, hizo que cumpliera el objetivo comunitario de reducción de las víctimas mortales previsto para el año 2020 (que como recordarán, era de una reducción del 50% respecto al 2010). Tan sólo Noruega y Grecia lo lograron, aunque España se acercó, pues tras Portugal se situó en el 4º país comunitario con mayor reducción de fallecidos en siniestros viales en dicha década, con un -45% menos, situándose la media europea en un -37%.

Es en este contexto, con una tendencia alcista de la siniestralidad, cuando comienza a plantearse estas Jornadas Nacionales de SV 2022. Y se concibieron como un foro de encuentro y debate para el análisis de la problemática nacional y el intercambio de conocimientos y experiencias que nos permitiesen avanzar y progresar en la mejora de los niveles de seguridad en las carreteras españolas. Este intercambio y reflexión que se promovió durante estos 2,5 días que duraron las Jornadas, será determinante en la búsqueda de soluciones efectivas para la reducción de los accidentes de tráfico y sus consecuencias, que siguen siendo dramáticas, tanto social como económicamente, en España y el conjunto de Europa.

Expresó su firme convencimiento que la Seguridad Vial sigue siendo y será uno de los grandes retos que debemos afrontar con decisión y valentía como sociedad desarrollada y, como no, también desde el ámbito de la Ingeniería y la construcción y conserva-

ción de infraestructuras, para trabajar en la definición de la movilidad del futuro para que sea más segura, sostenible y conectada.

Bajo este prisma, se ha confeccionado el ambicioso y apretado Programa Técnico a desarrollar en estos 2 días y medio de duración de las Jornadas. Se ha contado con 45 ponencias o intervenciones por parte de renombrados especialistas y responsables de diferentes ámbitos del mundo de la seguridad vial, que se vieron complementadas con más de 30 comunicaciones técnicas. Este completo Programa se ha distribuido en 7 sesiones de trabajo, 2 mesas redondas y de debate y otras tantas (2) sesiones para las comunicaciones.

Con el lema “La seguridad vial como centro de gravedad de las carreteras”, el Programa, abordó la situación nacional actual de la seguridad vial y los nuevos enfoques de futuro, junto con la necesidad de un cambio de estrategia en la lucha contra la siniestralidad viaria, analizando el problema desde una óptica multidisciplinar y bajo la perspectiva de los distintos agentes implicados en el reto de lograr una movilidad segura por carretera.

Y lo hizo abordando la seguridad desde distintas perspectivas: en función de la administración competente, con la nueva directiva europea como marco de reflexión, desde la óptica del Sistema Seguro, contemplando el punto de vista de la conservación y poniendo al usuario en el centro del debate con la humanización de los entornos urbanos.

Se trató también sobre cómo adaptar la infraestructura al vehículo autónomo y la influencia del coche conectado en la gestión del tráfico. Se avanzarán investigaciones en el campo de la comunicación vehículo – infraestructura, y se aportaron soluciones de seguridad vial, incluidas para los carriles Bus-VAO.



Inauguración de las Jornadas, de izquierda a derecha, Charo Cornejo, Miguel Ángel Carrillo, Juan Francisco Lazcano, Marifrán Carazo, Francisco de la Torre, José Francisco Salado y Roberto Llamas

Se fomentó dentro de las sesiones de trabajo el debate, y en este sentido, se contó con la participación de los medios de comunicación, que constituyen un pilar básico para la difusión y concienciación de los conductores y la sociedad, en general, en conductas y hábitos viales seguros. En esa mesa-debate no sólo participaron representantes de algunos de los principales medios provinciales y nacionales con programas o revistas de seguridad vial, sino también, como no podía ser de otra manera, se contó con el contrapunto de la visión y opinión de las víctimas de los siniestros viales.

Además, tuvieron cabida experiencias en la aplicación de las auditorías e inspecciones de seguridad vial: qué se ha aprendido de ellas, cómo se pueden mejorar y cuáles deberían ser los nuevos planteamientos para las inspecciones conjuntas de túneles y tramos adyacentes.

Y se presentó el Plan Estratégico Nacional de la Bicicleta, se profundizó en la seguridad desde la perspectiva de los motoristas y, en general, de los usuarios vulnerables y, en particular, en los entornos urbanos y las ciudades, a la que estuvo dedicada la última sesión y en la que se abordó también la movilidad y la problemática

que suponen los nuevos vehículos de movilidad personal.

Paralelamente a las sesiones técnicas de trabajo tuvo lugar durante estos 2,5 días una exposición comercial, donde se pudo conocer de primera mano los nuevos desarrollos y aplicaciones en el ámbito de la seguridad y conservación vial por parte de instituciones y de las principales empresas nacionales del sector. El agradecimiento a todas ellas, instituciones y empresas, que han querido contribuir con el éxito de estas Jornadas, mostrando sus productos, servicios y realizaciones más innovadoras en esta exposición, que, tras la primera sesión del primer día, se procedió a inaugurar por las autoridades presentes y donde se pudo departir con los expositores y asistentes, a la vez que se degustó un coctel-almuerzo.

Por último, destacar que también se desarrolló durante esos días un programa de actos sociales, como complemento para fomentar el encuentro entre todos los participantes, patrocinadores, expositores y acompañantes, de una manera más distendida. Así, tras la finalización de las sesiones de trabajo, se pudo visitar el interesante Museo Automovilístico y de la Moda de Málaga y disfrutar de

una agradable velada en el Balneario Baños del Carmen, espacio abierto al mar y lugar emblemático de la ciudad, que ha sido escenario de la vida social y cultural de esta ciudad desde su inauguración en 1918.

ASUNTOS ABORDADOS: Recapitulación

Como colofón a esta apretada agenda de trabajo desarrollada en estos tres días, el Ponente General hizo una recapitulación de lo tratado y extrajo algunas conclusiones que, en su opinión, merecían ser remarcadas.

Así, comenzó resaltando lo más destacado de cada una de las sesiones desarrolladas y que se recogen a continuación.

El lunes 19 de septiembre, se comenzó tras el acto inaugural con la sesión de apertura, con la participación estelar del recientemente nombrado Fiscal General de Seguridad Vial, que ofreció una perspectiva desde el punto de vista legal de la seguridad, basado en el derecho penal. Puso de manifiesto la labor de la Fiscalía en la persecución de los hechos delictivos contra la seguridad vial que conllevan ciertas conductas irregulares de los conductores; ilustró a la audiencia con los principales logros alcanzados de su departamento. 96.244 fueron las acusaciones que se llevaron a cabo contra delitos de seguridad vial en 2021, dictaminando 94.942 sentencias (98,6%). También aclaró las implicaciones del artículo 385 del código Penal, que castiga entre otros delitos, el no restablecer las condiciones de seguridad de la vía cuando sea necesario hacerlo. Y cómo esto puede conllevar acciones penales sobre los funcionarios de las administraciones titulares de la vía, así como sobre el personal de las empresas que se encargan del mantenimiento y realización de obras y señalización en las

vías públicas. No obstante, aclaró que hasta ahora solo se había aplicado a particulares y que además se habían reducido el nº de acusaciones y sentencias condenatorias por este artículo, siendo en el año 2021 de 45 y 25, respectivamente.

En la 1ª Sesión, dedicada a los enfoques actuales para la mejora de la seguridad, se abordaron las líneas a seguir para mejorar los niveles de seguridad en la red estatal de carreteras, poniendo en valor los logros alcanzados hasta ahora y el importante papel que las infraestructuras juegan dentro del “sistema seguro”. La mejora de las vías es una de las medidas más eficaces en la reducción de la siniestralidad vial, por lo que es necesario disponer de infraestructuras de calidad y para ello se requiere invertir más en carreteras para adaptarlas a los nuevos diseños y estándares, sin olvidar otros campos como la educación vial o la vigilancia y el control. Se puso en valor la importancia de un adecuado mantenimiento de las vías para la seguridad vial y por ello se ha incrementado de manera importante el presupuesto dedicado a la conservación en la red estatal de carreteras. Así, en este año se alcanzará una inversión de unos 1.200 Mill € frente a los 758 Mill€ de los años precedentes. Se apuntalaron las principales líneas seguidas para avanzar hacia las carreteras del futuro, las denominadas carreteras “benignas” o “que perdonan”. Se trata de carreteras con diseños y equipamientos viales que permitan un mayor grado de error humano en la conducción sin que éstos conlleven necesariamente consecuencias drásticas.

Este planteamiento ha sido recogido, lógicamente, en la Estrategia de Seguridad Vial 2021-2030, que ha sido elaborada bajo los principios que inspiran el sistema seguro y abarcando todo el ámbito nacional. En esta ponencia, se puso de manifiesto que en la última década (2009-2019) se había reducido un 42% los fallecidos

en España y que actualmente existía un problema notable en las carreteras convencionales, donde se registraban el 70% de los fallecidos en accidentes de tráfico, siendo las salidas de la vía el tipo de siniestro más frecuente y destacando que los usuarios vulnerables suponían el colectivo que acumulaba el 39% de las víctimas mortales en las carreteras interurbanas. Bajo este escenario, se nos desgranó de manera pormenorizada las líneas básicas que contiene dicha Estrategia que interviene en todos los aspectos y factores que tienen incidencia en la siniestralidad. Lógicamente, el objetivo general de esta estrategia es coincidente con el establecido por la Unión Europea de reducir a la mitad los fallecidos en accidentes de tráfico, pero también se han marcado otros específicos, centrados en los colectivos identificados con mayor riesgo.

Dentro de esta misma sesión de este primer día se abordaron las principales novedades en la gestión de la seguridad vial, los nuevos y planteamientos que desde el ámbito científico se propugna para mejorar la eficacia en la consecución de la disminución de los accidentes, destacando sus debilidades y fortalezas. Se resaltó que, aunque los procedimientos de gestión ya existían, y hayan evolucionado, no son más que herramientas y lo realmente importante y eficaz es ejecutar medidas concretas, no quedarse en estudios o planificaciones teóricas con mayor o menor detalle. También se aportaron datos del Observatorio Europeo de Seguridad Vial que ponían de manifiesto que las carreteras españolas tienen un buen nivel de calidad de seguridad, similares a las de Suecia o Alemania y mejores que las del Reino Unido o Italia. En contraposición, España figuraba en una peor posición respecto a determinadas conductas o comportamientos de los usuarios, tales como un mayor grado de incumplimiento de los límites legales de velocidad que la media eu-

ropea o, también, un menor uso de los cinturones de seguridad por los pasajeros de los asientos traseros.

Esa sesión se finalizó analizando los efectos que la reciente liberalización de los peajes en autopistas ha tenido sobre la seguridad vial. Se ha constatado que esta medida ha supuesto un gran incremento del tráfico captado por estas vías, lo que ha llevado igualmente a un aumento de la accidentalidad, generalmente asociada a colisiones por alcance o múltiples por no mantener la distancia de seguridad entre vehículos y las distracciones. De cualquier manera, el riesgo de sufrir un accidente en estas vías sigue siendo muy inferior al que se registra en el resto de carreteras. Además, se mostró que la liberalización de peajes ha supuesto un beneficio para el conjunto del corredor afectado, al conseguirse una reducción global de los tiempos de viaje y una reducción significativa de los accidentes con heridos graves o fallecidos en el conjunto del corredor (en torno al 25%).

Tras esta primera sesión, se celebró una mesa redonda abanderada por los Directores Generales de Carreteras y de Infraestructuras de diversas Comunidades Autónomas en la que se debatieron los planteamientos que, como responsables en sus respectivas redes viales autonómicas, tienen implantados para mejorar la seguridad estas redes y cómo prevén las actuaciones futuras en el campo de la seguridad vial, apuntándose las carreteras 2+1 como una solución a los problemas existentes. Y, en su mayoría, sólo contarán con financiación presupuestaria propia, pues no vislumbran posibilidades de conseguir alguna financiación europea. Tras todo lo cual, se pudo constatar de primera mano, cómo todas las administraciones están concienciadas con el problema de la siniestralidad vial e involucradas y muy bien preparadas para afrontar el reto de reducir las víctimas mortales a la mitad en el 2030.



SESIÓN 1: ENFOQUES ACTUALES PARA LA MEJORA DE LA SEGURIDAD, de izquierda a derecha, Álvaro Navareño, Pilar del Real, Charo Cornejo, José María Pardillo y Pedro Tomás.

Hubo también tiempo en este primer día para la presentación de interesantes comunicaciones libres, que complementaron lo tratado en las sesiones anteriores del día. Se pudo conocer la evolución que ha seguido el sistema de gestión de la seguridad en la Diputación Foral de Bizkaia, así como el planteamiento de la CCAA de Madrid para mejorar a accidentalidad de los ciclistas en su red viaria. También se tuvo la oportunidad de analizar las capacidades tecnológicas de los sensores embarcados en vehículos conectados y su utilidad en el campo de la seguridad vial, mostrándose una aplicación práctica, a través del denominado “floating car data”, de la evaluación del efecto de las medidas de calmado de tráfico en una travesía; concretamente, la de Sardón del Dueño. También se pudo conocer, a través de diversos casos reales, la problemática de seguridad existente en los pretiles de puentes y viaductos, así como en los terminales de las barreras de contención, y las posibles soluciones para cada una de las casuísticas analizadas. Y para finalizar se concluyó con una comunicación que versó sobre un estudio piloto para poner en valor la formación de los conductores, como un factor relevante de la seguridad vial.

El segundo día, el martes, día 20 de septiembre, dio comienzo a pri-

mera hora la 2ª sesión dedicada al vehículo conectado y su interrelación con la infraestructura. En ella se abordó la clasificación de las carreteras inteligentes, con una propuesta de 5 niveles que fuese viable y permitiese informar a los usuarios y vehículos, así como planificar y priorizar las inversiones a realizar para la adaptación de las infraestructuras, permitiendo una gestión dinámica, favoreciendo así la seguridad vial y aportando un diferencial de seguridad. Clasificación que se apoya en los denominados LOSAD y la integración de los ORS. Es decir, en la capacidad de acogida de la infraestructura física para aceptar al vehículo conectado (LOSAD), materializada por el número de desconexiones, y en la ponderación de la sección de servicio operativo (ORS) de cada uno de los vehículos.

Igualmente, se destacó la importancia de llevar a cabo campañas de información y formación para conseguir la concienciación de los usuarios para manejar este tipo de vehículos y su aceptación, y así aprovechar ese diferencial de seguridad que ofrecen las carreteras y vehículos conectados.

Se trataron también los requisitos físicos y digitales necesarios para adaptar las infraestructuras al vehículo autónomo. En este sentido, España ha participado en el proyecto piloto C-Ro-



SESIÓN 2: VEHÍCULO CONECTADO E INFRAESTRUCTURA, de izquierda a derecha, Charo Cornejo, Alfredo García, Ana Luz Jiménez Ortega, Salvador Fernández, Ana Samper, Elena de la Peña y Gloria Ramos.

ads y el MITMA ha promovido un convenio de colaboración con el CTAG (Centro Tecnológico de Automoción de Galicia) para realizar pruebas reales con objeto de extraer conclusiones y redactar recomendaciones. También se mostraron positivas experiencias de la aplicación de los datos reales facilitados por los vehículos en análisis de tramos conflictivos, resaltando la potencialidad del uso del Big Data, que muestran la realidad sin necesidad de acudir a fórmulas.

A continuación, se expuso la influencia de los nuevos actores de la movilidad, que son los vehículos conectados y autónomos, en la gestión del tráfico; de la plataforma DGT 3.0, como plataforma configurada como punto de acceso e integración de información que se puede compartir; y también se esbozaron algunos de los retos que plantea el futuro. Un futuro prometedor y excitante, con la responsabilidad de sacar partido a esta revolución tecnológica. En esta línea, España se está configurando como un laboratorio de pruebas para el desarrollo del vehículo autónomo, potenciando la conectividad e impulsando un sistema seguro.

También se explicó cómo será la comunicación entre vehículo e infraestructura, el ecosistema del vehículo conectado y su interrelación con la

infraestructura inteligente. Y se postuló el inminente reto a afrontar, que no es otro que el de establecer y estandarizar un modelo de ecosistema que pueda ser viable para todos los vehículos, independientemente del fabricante.

Seguidamente, se presentó una nueva visión sobre las expectativas frente a la movilidad autónoma y conectada. En ella se desgranó el concepto de “Carretera Segura, Verde y Conectada”, cuyo objetivo es acelerar la transformación de las carreteras para permitir un nuevo modelo de movilidad sobre los vectores de transición ecológica y digital, y mejorar la competitividad, la calidad del servicio y la sostenibilidad de la movilidad por carretera por medio de su digitalización y conectividad.

Por último, en esta sesión, se mostró la problemática y soluciones de seguridad vial para los carriles Bus-VAO y, en particular, el caso del bus VAO que se va a construir en la autovía A-2 en Madrid. La solución planteada para este carril no contempla una separación física entre el carril BUS-VAO y el resto de carriles de la autovía, como hasta ahora se había hecho en España. La novedosa solución adoptada, consiste en reservar para autobuses, motocicletas y vehículos con dos o más ocupantes, el carril izquierdo de la calzada, estableciendo un número reducido de puntos de embarque para que estos vehículos puedan acceder a dicho carril, y se mantengan dentro de él hasta los desembarques. Algunos problemas de seguridad vial que este planteamiento suscitaba, se han resuelto con las correspondientes contramedidas adoptadas en el proyecto gracias a la auditoría realizada del mismo. Todo el auditorio quedó expectante ante esta innovadora solución, pionera en España, para poder comprobar su funcionamiento real y extraer las conclusiones oportunas para extenderla con éxito a otros lugares.

La tercera sesión, bajo el lema de directivas europeas sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias, se inició con la explicación de la nueva Directiva 1936/2019 y el Real Decreto 61/2022 que la traspone en España, analizando sus novedades e implicaciones a todos los niveles, tanto administrativo, técnico como económico. Ya no sólo se deberán aplicar obligatoriamente los procedimientos a la Red Transeuropea (TRN) sino también a todas las autopistas y autovías y aquellas otras carreteras que se realicen con fondos europeos y estén fuera del ámbito urbano y no tengan acceso a las propiedades colindantes. Un nuevo método de evaluación de la seguridad de las carreteras está siendo desarrollado con la vista puesta en algunas orientaciones realizadas por la Comisión con las que los estados miembros mantienen discrepancias. La primera evaluación con este nuevo enfoque se realizará en 2024, debiéndose reportar a Europa los resultados obtenidos antes del 31 de octubre del 2025. Se puso de manifiesto cómo todas estas novedades requerirán de un mayor esfuerzo, no sólo técnico sino también económico y mediático, ya que conllevan un mayor coste y una mayor transparencia, puesto que la Comisión europea publicará on line un mapa con la clasificación de seguridad obtenida por las distintas carreteras europeas.

Igualmente, en esta sesión, se analizó la experiencia que, a lo largo de los últimos años, ha atesorado la Dirección General de Carreteras (DGC) del MITMA en la realización de inspecciones de seguridad vial en la totalidad de su red en servicio. Se abundó sobre la metodología empleada, el concepto de lo que es un ESMAM (elemento susceptible de mejora con una actuación de mantenimiento), de cómo se catalogan por familias de elementos (señalización vertical, señalización horizontal, balizamiento, sistemas de contención, etc...), y cómo cada ESMAM tiene asociada una pro-

puesta de actuación y una valoración económica estimativa. Y se mostraron algunos casos de estos ESMAM y las soluciones adoptadas.

Seguidamente, se detallaron algunas de las lecciones aprendidas a lo largo de las más de 400 auditorías que se han realizado en la DGC del MITMA, en los últimos 11 años. Cómo se ha pasado de las reticencias iniciales a una colaboración constructiva por ambas partes, administración y equipo auditor; y cómo la realización de las auditorías en todas sus fases redundará en una mejora de la calidad y seguridad de los proyectos y obras.

Posteriormente, se presentó un planteamiento para la realización de las denominadas inspecciones conjuntas en los tramos de carretera adyacentes a los túneles, como una de las novedades introducidas en la nueva directiva europea y el RD 61/2022 que la traspone al ordenamiento jurídico español. Se hizo patente la importancia de definir el propio concepto y alcance de los “tramos adyacentes”, así como la metodología para la realización de estas inspecciones.

También se dio a conocer la óptica con la que ve el sistema seguro la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC), que no es otra que una posición ética, al no admitir muertes ni lesiones graves en la carretera. Recalando que no se persigue la disminución del número total de accidentes con víctimas sino exclusivamente los mortales y graves.

Y se finalizó esta sesión con un repaso a la financiación europea para actuaciones de seguridad vial. Entre los instrumentos disponibles se apuntaron los fondos CEF, que se articulan en tres líneas de actuación para la convocatoria de este año 2022: Smart Mobility (dotada con 400Mill€), áreas de aparcamientos seguros (con 100 Millones €) y mejora de la resiliencia de las infraestructuras en transporte, dotada con otros 100 Millones de €.



SESIÓN 3. DIRECTIVAS EUROPEAS SOBRE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS VIARIAS, de izquierda a derecha, Roberto Llamas, Eduardo Parra, Ana Arranz, Camino Arce, José Manuel Piris y Miguel Caso Flórez



SESIÓN 4. USUARIOS VULNERABLES, de izquierda a derecha, Pablo Sáez, Antonio Pérez, María del Carmen Plaza, Rosalía Bravo, Manuel J. Piniella y Jorge Ortega.

Se inició la tarde de este 2º día con la sesión número cuatro dedicada a los usuarios vulnerables. En ella se mostró el contenido del Plan Nacional Estratégico de la bicicleta, desgranándonos los aspectos fundamentales relacionados con los ciclistas. Dicha estrategia fue aprobada por el Gobierno el 8 de junio de 2021, está articulada en 5 prioridades, 10 áreas temáticas y 58 bloques de actuación. Y su objetivo es avanzar en la movilidad sostenible a través de un cambio modal en España y promover la movilidad ciclista a cambio de reducir la movilidad vehicular.

En este mismo sentido, se mostraron las recomendaciones para mejorar la seguridad de los ciclistas en vías interurbanas elaboradas por uno de los Grupos de Trabajo del Comité técnico de seguridad vial. Iniciativa que se puso en marcha por el importante incremento de la movilidad ciclista, tanto por motivos laborales como de ocio. En la última década se ha multiplicado el número de bicicletas que circulan por carretera, existiendo por tanto mayor riesgo y mayor número de accidentes. Los accidentes con víctimas con implicación de ciclistas en España se triplicaron en el periodo 2003-2018 y el 80% de éstos ocurrieron en vías interurbanas. Estas recomendaciones incluyeron actuaciones tipo para mejorar la seguridad de este colectivo.

A continuación, se analizaron ciertos planteamientos de seguridad vial en la CCAA de Madrid desde la perspectiva de los motoristas, promoviendo medidas de mejora como el tratamiento de los márgenes, la implantación de SPM (sistemas de protección de motoristas), de señales de fibra de vidrio u otros postes de sustentación, el empleo de rodaduras de alta fricción y balizamiento luminoso. Asimismo, se comentó la prueba piloto llevada a cabo sobre la "línea de trazada motera" para obtener recomendaciones que permitan prevenir las colisiones frontales de este colectivo.

También se expuso la guía de medidas para la aplicación del sistema seguro y las herramientas de la Directiva 2019/1936 a la gestión de la seguridad en la red local de carreteras, y su aplicación a los usuarios vulnerables. Ofrece soluciones en 4 ámbitos: carreteras benignas o que perdonan, carreteras autoexplicativas, análisis de la consistencia del diseño y mejora de la seguridad de los usuarios vulnerables. Y también propone una nueva jerarquización para las vías de esta red local ya que la establecida en la Norma de Trazado no se ajusta adecuadamente a las particularidades de estas carreteras.

Y para finalizar esta 4ª sesión se expusieron varias iniciativas para

mejorar la seguridad de los usuarios de vehículos de movilidad personal, tales como el establecimiento de uso de abonos temporales, instauración del modo principiante (consistente en la limitación de la velocidad en los primeros viajes ya que el 30% de los lesionados se producen en ellos), promociones por el uso del casco, mayor diámetro de ruedas o empleo de inteligencia artificial para detectar infracciones (como la circulación en dirección prohibida o por las aceras).

Y para concluir este día de trabajo tuvo lugar la exposición de más comunicaciones libres, que versaron sobre casos concretos de realizaciones de auditorías, aspectos a considerar y desarrollos específicos para mejorar los rendimientos de las inspecciones de seguridad viaria, la seguridad vial a través de los contratos de conservación integral y desarrollos innovadores para mejorar la seguridad de algunas de las tareas y operarios de conservación de las carreteras, sobre el proyecto de seguridad vial infantil "Trenty" e implantación de la ISO 39001, el análisis de la comunicación de la carretera en el presente y futuro mediante herramientas "I2X" y la visión artificial para evitar la ceguera al cambio en el mantenimiento de carreteras y mejorar la seguridad vial.



SESIÓN 5. CONSERVACIÓN, EQUIPAMIENTO Y DISEÑO DE SEGURIDAD DE CARRETERAS, de izquierda a derecha, Paula Pérez, Cristina Zamorano, Sergio Corredor, Álvaro Navareño, Ángel González, Fernando Pedrazo y Héctor Presas.



MESA DEBATE: LA SEGURIDAD VIAL EN LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN, de izquierda a derecha, Ignacio Lillo, Juan Manuel Menéndez, Mar Cogollos, Marta Rodrigo, Elena de Cea-Naharro y Orestes F. Serrano.



SESIÓN 6. ENTORNO URBANO, de izquierda a derecha, Pilar del Real, José del Río, Francisco Javier Quero, Marta Alonso y José María Riu

El tercero y último día, el miércoles 21 de septiembre, se comenzó la jornada matutina con la quinta sesión referente a conservación, equipamiento y diseño de seguridad de carreteras.

En primer lugar, se dio a conocer cómo se ha llevado a cabo la inclusión de mejoras de la seguridad vial en los pliegos de conservación y explotación (COEX) de las carreteras estatales, medidas entre las que se encuentra la mejora de los medios materiales incluidos en dichos pliegos

de los contratos de conservación integral para la señalización provisional de obras, la construcción de apartaderos para su uso excepcional por vehículos y operarios de conservación, o que las empresas que realicen las labores de conservación estén en disposición de la acreditación ISO 39.001.

A este respecto y como complemento, en la sesión de esta mañana se pudo conocer en profundidad tanto el alcance como las aportaciones y valor añadido que supone la consecución de la ISO 39.001, así como los pasos a seguir para conseguir la certificación en esa Norma. También se dieron a conocer los resultados de la encuesta realizada entre las empresas del sector sobre el grado de implantación de esta ISO así como la motivación para su obtención. Se señaló que todo ello provenía de las conclusiones alcanzadas por un grupo de trabajo del Comité Técnico de Seguridad Vial de la ATC creado específicamente para analizar estos aspectos de la ISO 39.001.

De igual modo, y también como resultado del trabajo de otro de los grupos creados en el seno del mencionado comité técnico de seguridad vial, se conocieron las novedades específicas para resolver adecuadamente la problemática existente con los terminales y transiciones en los sistemas de contención. Se puso de manifiesto que, al no existir Marcado CE en vigor para este equipamiento vial, es recomendable definir criterios para la selección de estos sistemas a emplear en cada caso.

En esta misma sesión, se hizo un punto y aparte para conocer en detalle el primer caso de compra pública innovadora llevado a cabo por el MITMA para desarrollar un sistema que mejorase la visibilidad en condiciones de niebla en la A-8, a su paso por Mondoñedo (Lugo). Aquí se mostraron los prototipos y se pudieron conocer los resultados alcanzados.

Posteriormente, y también bastante asociado a la innovación, se pudo conocer la problemática de seguridad en la transformación de tramos de carretera existente al novedoso diseño 2+1. Se explicaron tanto los objetivos como los principales aspectos del diseño y sus criterios de implantación, así como las medidas complementarias de bajo coste que pueden tomarse para evitar las colisiones frontales.

Por último, en esta sesión se pudo conocer la nueva metodología para la identificación de tramos de concentración de atropellos de animales y algunas experiencias para su tratamiento que están llevando a cabo en la Xunta de Galicia, donde mayoritariamente los animales que mueren atropellados son jabalíes y corzos.

Y puesto que la visión de otros profesionales es siempre valiosa y necesaria, se mantuvo una mesa redonda con la

participación de los medios de comunicación, como pilar básico para la difusión y concienciación de los conductores y la sociedad, en general, en conductas y hábitos viales seguros. Contó con la presencia de acreditados periodistas del ramo, así como también con la opinión y perspectiva de las víctimas de los siniestros de tráfico.

En dicha mesa se puso en valor cómo por primera vez los heridos graves eran objetivo de reducción, tanto a nivel europeo como nacional, en las políticas de seguridad vial.

Se apuntó la importancia de comunicar, con mensajes más humanos y con mayor empatía con los familiares de las víctimas, no reflejando únicamente cifras de forma aséptica.

Y en esta línea, se abogó por realizar más comunicación para conseguir una mayor formación y educación vial de la sociedad, y más pedagogía, para explicar y comprender las medidas adoptadas-

En la última sesión de trabajo de este tercer día de las jornadas, se centró en la seguridad en el entorno urbano. Planes de movilidad, seguridad vial en las ciudades, y vehículos de movilidad personal acercó a la audiencia un poco más a la realidad de lo que sucede en nuestras calles y travesías. Las ciudades son entornos singulares, en los que el tráfico obedece a unas pautas diferentes a las de la carretera, coexisten diversos tipos de usuarios y los usuarios vulnerables cobran un mayor protagonismo. Y es precisamente de usuarios vulnerables y de cómo se les tiene en cuenta en las travesías de la red estatal de carreteras sobre lo que versó la última de las ponencias de estas jornadas, de cómo se ha llegado al anacronismo de la existencia de una variante de población junto con travesías en las principales vías de titularidad estatal de la ciudad de Soria, y de la solución dada por el Ministerio para resolverlo.

Ideas principales

Tras todo lo cual, una vez repasado todo lo tratado en estas Jornadas, se remarcaron las diez ideas fundamentales que se deberían tener presentes y llevarse impregnadas los asistentes de estos días de trabajo, y que fueron las siguientes:

- 1.- Los accidentes de tráfico son una pandemia que es evitable. Debemos revertir la tendencia alcista de la siniestralidad que aparece vislumbrarse estos años, y que en lo que va de este año se cifra en un 16% de fallecidos en carretera frente al año pasado.
- 2.- Para ello se cuenta con una Estrategia Nacional de SV para esta década (2021-2030), inspirada en los princi-

pios del sistema seguro, donde se consideran inaceptables las víctimas en carretera y se persigue la tan deseada visión Zero, Cero muertes y cero víctimas graves. Destacar que es la primera vez, tanto a nivel europeo como nacional, que se establecen objetivos cuantitativos relativos a heridos graves (anteriormente sólo se planteaban en términos de fallecidos en carretera).

- 3.- Y en esta línea, la mejora de nuestras carreteras, bajo los principios de dicho sistema, juega un papel esencial. En este sentido, las administraciones de carreteras de todos los ámbitos (estatal, autonómico y local) cuentan con los procedimientos y herramientas de gestión de la seguridad necesarias y están avanzando hacia diseños de carreteras más benignas o que perdonan ciertos errores de los conductores, pero se requiere de una mayor inversión. La posible obtención de financiación extra comunitaria es una opción que debe aprovecharse.
- 4.- Como responsables del mantenimiento y restitución de las condiciones de la seguridad de la vía, debemos ser conscientes de que podemos incurrir en un delito penal, recogido en el artículo 385 del CP. Por lo que el invertir en conservación de carreteras es esencial. En algunas administraciones de carreteras, como la estatal, la inversión en mantenimiento de carreteras se ha incrementado notablemente y ya supera la dedicada a la construcción.
- 5.- La liberalización de los peajes en las autopistas que finalizan su plazo concesional, más allá de otras consideraciones (redistribución de tráfico, eliminación de congestiones, etc.) conlleva un beneficio para la seguridad y movilidad de todo el corredor. Por lo que constituye una buena estrategia adoptada y a aplicar en el futuro.
- 6.- Se están dando los primeros pasos para adaptar las carreteras a la nueva realidad de movilidad, condicionada por la presencia del vehículo conectado y autónomo, y el disponer cuanto antes de unas carreteras inteligentes contribuirá al objetivo de la reducción de la siniestralidad en nuestras vías.
- 7.- Aprovechar la potencialidad del uso del Big Data, de la información que nos facilitan los vehículos modernos, para buscar soluciones y evaluar la efectividad de nuestras actuaciones puesto que esta herramienta que nos permiten evidenciar los comportamientos y la realidad sin necesidad de acudir a fórmulas estimativas.
- 8.- Aplicar iniciativas novedosas para afrontar los nuevos retos del futuro, racionalizando el uso de las infraestructuras, y donde las carreteras 2+1 se constituyen como una adecuada solución en el contexto que nos encontramos, al igual que la disposición de carriles Bus-VAO

en las entradas a las grandes ciudades sin ampliar la plataforma. Existe normativa técnica para su implantación y experiencias positivas en este sentido, de las que podemos extender las mejores praxis a otros casos. Y también debemos aprovechar las posibilidades que ofrecen los mecanismos de compra pública innovadora para encontrar nuevas soluciones a los problemas de seguridad y movilidad.

9.- Los usuarios vulnerables (ciclistas, peatones y motoristas) constituyen un elemento clave a la hora de conseguir ese deseado objetivo Zero fallecidos y por eso debemos planificar infraestructuras con medidas específicas para protegerlos de los automóviles y regular los vehículos de movilidad personal (VMP), como una nueva realidad creciente en nuestras ciudades.

10.- Y décima y última, quizás la más importante, los graves siniestros viales en nuestras carreteras son inaceptables. Nuestro compromiso como ingenieros es encontrar nuevas soluciones para evitarlos o reducirlos. La seguridad vial es una responsabilidad de todos y cada uno de nosotros, una responsabilidad compartida con toda la sociedad y agentes implicados. Pero como ya se ha dicho, los técnicos de carreteras tenemos mucho que aportar y debemos jugar un papel esencial en la consecución de cero fallecidos y víctimas graves en los siniestros viales.

Para concluir, se quiso resaltar que estos dos días y medio intensos de trabajo habían permitido constatar que la gestión de la seguridad vial, como reza el lema de las jornadas, es el centro de gravedad de las carreteras.

Y se animó a la audiencia a seguir trabajando en pro de la seguridad, esperando que las Jornadas hubieran



Clausura de las Jornadas, de izquierda a derecha, Francisco Javier Herrero, Roberto Llamas y Pere Navarro

cubierto las expectativas creadas y confiando en volver a verles a todos en las próximas.

El final

Por último, destacar que el acto de clausura de las jornadas estuvo co-presidido por el Director General de Tráfico del Ministerio del Interior y el Director General de Carreteras del MITMA, quienes expresaron la importancia de la celebración de este tipo de Jornadas, reconociendo su labor de transmisión de conocimientos y experiencias, así como foro de debate y reflexión. Se mostraron y manifestaron que eran totalmente conscientes de la importancia que tiene en nuestro día a día conocer todo lo que se está haciendo, debatir sobre cuáles son las necesidades reales de la red y sus usuarios, y poner también nuestro grano de arena en la formulación de soluciones que cuyo fin último no es otro que el bienestar de todos, de nuestros conciudadanos y nuestro.

Igualmente se mostraron satisfechos por haber logrado alcanzar los objetivos marcados con estas Jornadas, el llegar a la comunidad técnica y política, a los medios de comunica-

ción y a los ciudadanos en su conjunto para trabajar entre todos por una movilidad más segura.

Ambas Autoridades aprovecharon también para reiterar su apoyo al evento, que tras este éxito alcanzado, esperaron se reeditase en un futuro próximo, y mostraron su agradecimiento a todas las Administraciones y empresas que habían colaborado y patrocinado las Jornadas, y en especial a la Diputación Provincial de Málaga por haber cedido el estupendo enclave para su celebración, el Auditorio Édgar Neville de Málaga.

También agradecieron a las dos asociaciones, la Asociación Técnica de Carreteras y Asociación Española de la Carretera, la organización de este evento; a los ponentes, moderadores de sesiones y a todos los presentes, por su asistencia y participación en estas Jornadas.

Y con ello se declararon clausuradas las Jornadas Nacionales de Seguridad Vial 2022, por el Director General de Carreteras, deseando a todos los presentes un buen viaje de vuelta a sus destinos, y emplazándolos a las próximas jornadas. ❖



El negocio de asfaltos de Cepsa ha realizado avances destacables en el desarrollo de nuevos materiales que contribuirán a la sostenibilidad de las carreteras del futuro y para que la conservación de las actuales infraestructuras tenga un menor impacto ambiental.

Fruto del trabajo de investigación del Departamento Técnico de Asfaltos, Cepsa, como empresa energética global, diversificada, presente en los cinco continentes y líder en el sector, confirma su compromiso con la sostenibilidad mediante el desarrollo de una nueva gama de betunes para la pavimentación, eficientes, duraderos y que, además, se sustentan sobre principios de economía circular. El carácter innovador de los trabajos llevados a cabo permite a la compañía ofrecer una gran variedad de betunes y derivados de última generación.

Además, Cepsa dispone también de lubricantes más eficientes que reducen el consumo de combustibles y las emisiones de CO₂, así como de soluciones energéticas para la nueva movilidad en su red de estaciones de servicio (eléctrica, GNV, hidrógeno...). A través de su estrategia para impulsar un futuro energético más sostenible, Cepsa busca nuevas respuestas a las necesidades actuales y futuras de la sociedad.

Siguiendo este espíritu innovador, los últimos trabajos de investigación del Departamento Técnico de Asfaltos, han dado como resultado una solución pionera en España para mezclas asfálticas más sostenibles, como las denominadas MASAI (Materiales Asfálticos Sostenibles, Automatizados e Inteligentes), a través de la aplicación de los ligantes desarrollados por Cepsa: Flexodur BMC-3b, que aprovecha el polvo de neumático al final de su vida útil y, Flexodur BMC-3b BT que, además, permite fabricar la mezcla asfáltica a menor temperatura. De esta forma, se contribuye a la disminución de residuos y emisiones, aportando altas prestaciones mecánicas y funcionales.

Los nuevos ligantes desarrollados por la compañía energética Cepsa no solo son más sostenibles, sino que también presentan una mayor homogeneidad y estabilidad al almacenamiento, mayor elasticidad, durabilidad y mejor manejabilidad en la construcción. Estos betunes cumplen los requisitos para su empleo en la fabricación de los asfaltos sostenibles que configurarán las carreteras del futuro. Ya se han utilizado, de hecho, para la fabricación de mezclas asfálticas que, de forma experimental y con muy buenos resultados, se han aplicado en algunas carreteras en España.

No es la primera vez que Cepsa trabaja en proyectos relacionados con el desarrollo de materiales sostenibles. Según datos de la propia compañía, el proyecto Ecoasfaltos, desarrollado en colaboración con la Universidad de Granada y financiado por la Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA), dio origen al diseño de mezclas asfálticas de baja temperatura con residuos sólidos de difícil gestión ambiental procedentes de las refinerías y plantas químicas de la compañía. Los objetivos del proyecto ya reflejaban el compromiso de Cepsa con la innovación como vía para implementar la economía circular en sus procesos y productos.

Los expertos del Departamento Técnico de Asfaltos de Cepsa han conseguido resultados prometedores para alargar la vida de los pavimentos mediante el desarrollo de betunes más resistentes al envejecimiento que pueden emplearse en la fabricación de mezclas asfálticas para carreteras, puertos y aeropuertos. Los principales logros alcanzados a través de esta labor investigadora de Cepsa se resumen en nuevos materiales más eficientes y sostenibles, con mejor adhesividad árido-ligante, menores temperaturas de fabricación de las mezclas bituminosas, betunes de altas prestaciones mecánicas, ligantes inteligentes capaces de auto-repararse mediante técnicas de inducción magnética por modificación a escala micro-nano y bioligantes con aditivos rejuvenecedores. ❖

Jornada Técnica Internacional Inspecciones de Puentes Bridge Inspection



Inauguración de la Jornada a cargo de Alvaro Navareño, Kiyohiro Imai y Javier Herrero

Madrid, 28 de septiembre de 2022

El pasado 28 de septiembre se celebró, en colaboración con PIARC y el Colegio de Ingenieros de Caminos de Madrid, una jornada técnica internacional sobre Inspección de puentes, con gran éxito de asistencia.

Aunque puede parecer un tema ya muy tratado en la literatura y otros eventos técnicos, el hecho de poder conocer la experiencia en otros países y los recientes sucesos ocurridos en algunos puentes, parecen haber sido dos razones suficientes para lograr un interés renovado en las inspecciones de puentes.

La jornada estuvo dividida en dos sesiones y una mesa redonda final. La primera sesión, moderada por Gonzalo Arias, se dedicó a exponer distintas metodologías de inspección de puentes aplicadas en 8 países que se presentaron voluntarios dentro del Comité de Puentes

de PIARC (Alemania, Austria, Chile, China, España, Japón, Marruecos y Portugal) aplicadas sobre dos casos preparados por la representación española dentro de la Asociación Mundial de Carreteras. Se trata de dos puentes pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado, un paso superior de 4 vanos con tablero de vigas prefabricadas de hormigón pretensado y otro paso superior de 4 vanos con tablero mixto acero-hormigón, para los que se había recopilado y compartido información de inventario, planos y datos de la última inspección principal realizada, para que cada país pudiera conocer los principales deterioros detectados en cada caso. A partir de esta información, cada país desarrolló una inspección principal virtual aplicando su propia metodología. De los 8 países que presentaron uno o los dos ejemplos, se han escogido 4 países (Alemania, Chile, Japón y Marruecos, representan-

do 4 continentes) para realizar una exposición resumida de su metodología y de los resultados del caso práctico de inspección sobre uno de los dos ejemplos planteados. Para los 4 países restantes, el moderador de la sesión hizo una breve presentación resumiendo las principales características de sus metodologías y resultados obtenidos, para terminar con unas conclusiones comparando diferentes aspectos en la forma de desarrollar las inspecciones principales de puentes en cuanto a las frecuencias, valoración de la condición de los puentes, contenido y detalle de las inspecciones y otros datos de interés.

La segunda sesión, moderada por Emilio Criado, estuvo dedicada a las inspecciones especiales de puentes, y se dividió en cuatro ponencias expuestas por los representantes de las empresas que realizan actualmente las campañas de inspecciones principales y especiales para el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana por todo el territorio español. La primera ponencia, a cargo de Miguel Bañares, estuvo dedicada a la inspección de puentes atirantados y puentes de tipo cajón con pretensado exterior, explicando los diferentes ensayos aplicados a cada caso. A continuación, Ignacio Pulido describió una serie de casos recientes de problemas singulares analizados en las inspecciones especiales (puentes de diferentes tipologías: puentes de vigas, celosías metálicas, puentes losa de hormigón, etc.) y la toma de decisiones adoptada en cada uno de ellos. También Francisco Prieto, el tercer ponente, dedicó su charla a exponer un conjunto de interesantes casos recientes en otras tipologías de puentes (tubos de acero corrugado, puentes mixtos) y elementos como juntas de dilatación, apoyos a media madera y aparatos de apoyo. Finalmente, Tomás Ripa realizó una reflexión sobre la trascendencia y consecuencias críticas de determinados daños, y cómo su presencia de forma individual o conjunta pueden modificar la decisión aplicada en cada caso. La sesión se cerró con una exposición a cargo de Matej Kusar de Eslovenia, presentando un trabajo coordinado conjuntamente con Gonzalo Arias en el Comité de Puentes de PIARC, sobre nuevas técnicas de inspección de puentes, recientemente publicado por la asociación y de gran interés y aplicación práctica en las investigaciones y auscultaciones de deterioros en puentes.

A última hora de la mañana tuvo lugar una mesa redonda moderada por Álvaro Navareño, con Ignacio Meana representando a ADIF, Juan Pedro Piqueras por parte del Colegio de Caminos, Jorge Ley de Intemac-Typsa y Heungbae Gil, representante de Corea del Sur en el Comité de Puentes de PIARC. La mesa redonda estuvo dedicada a los efectos del cambio climático en los puentes y cómo a través de las inspecciones de puentes se pueden constatar y anticipar dichos efectos, quedando una re-



Sesión 1: "Comparativa de diferentes metodologías de inspecciones principales a nivel mundial". Kazuo Endo, Hajar Zoubir, Gonzalo Arias, Matías A. Valenzuela e Yvonne-Christine Gunreben.



Sesión 2: "Inspecciones especiales de puentes". Matej Kušar, Francisco Prieto, Miguel Bañares, Emilio Criado, Ignacio Pulido y Tomás Ripa



Mesa redonda: "Inspección de puentes, gestión de riesgos ante eventos extremos y cambio climático". Jorge Ley, Heungbae Gil, Álvaro Navareño, Ignacio Meana y Juan Pedro Piqueras.

flexión compartida de que ya no se trata de una previsión, sino de una realidad que no hará sino incrementarse en los próximos años.

Si queremos que nuestras estructuras envejecan despacio y sean durables, parece que el camino racional nos conduce a continuar auscultando los puentes mediante inspecciones continuas, para adelantarnos a los problemas, y el conocimiento de otras formas de llevar a cabo estos trabajos nos ayuda a mejorar en nuestros planteamientos actuales. ❖

PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto los siguientes eventos:


- **2ª Conferencia Internacional sobre la Explotación y la Seguridad de los Túneles de Carretera y VIII Simposio Nacional de Túneles**
Grabada, 25 al 28 de octubre de 2022

¿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



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

Granada, 25 a 28 de octubre de 2022

Tras el éxito de la 1ª Conferencia Internacional de PIARC sobre Túneles celebrada en Lyon, Francia, en octubre 2018, en esta ocasión junto al Comité nacional español (ATC) se va a organizar la 2ª Conferencia Internacional de PIARC y el VIII Simposio español de Túneles en octubre de 2022 en Granada, España, que reunirá el conocimiento e intercambio de experiencias internacionales de PIARC en esta materia junto a la ya tradicional y amplia cita nacional que organiza la ATC cada cuatro años, con la expectativa de reunir cerca de 1.000 profesionales de los túneles de carretera de todo el mundo para generar un debate global sobre los mismos.

PIARC es una Asociación apolítica y sin ánimo de lucro, uno de cuyos objetivos es la transmisión del conocimiento y el intercambio de experiencias en materia de carreteras. Los Programas de Trabajo se organizan por

ciclos de cuatro años marcados por los Congresos Mundiales de Carreteras. Además a mitad del ciclo se organiza un Congreso Mundial de Vialidad Invernal.

El marco de trabajo para el desarrollo de los objetivos son los Comités Técnicos, siendo uno de los más activos el correspondiente a los Túneles de carretera, anteriormente denominado de Explotación de Túneles, que desde el año 1995 ha publicado 48 documentos además del Manual online y numerosos artículos en la revista Routes/Roads.

Por este motivo en octubre de 2018 se tomó la iniciativa de organizar una Conferencia internacional de Seguridad en Túneles que se celebró en Lyon y que fue un gran éxito de convocatoria, lo que ha animado a convocar una 2ª Conferencia, esta vez en España, que supondrá su consolidación.

Ante los nuevos retos del cambio climático, de una economía sostenible y en el marco del Covid 19 encuentra sentido hablar de infraestructuras resilientes, concepto igualmente aplicable a los túneles, de modo que éstos deben de presentar elevadas tasas de disponibilidad con un nivel de seguridad aceptable incluso bajo circunstancias que supongan importantes alteraciones del funcionamiento normal, estableciéndose medidas para reducir los impactos. Ello además implicará la redefinición de las normas de diseño y gestión e integrar el concepto de resiliencia en el ciclo de vida.

Por otra parte, el sector del transporte está viviendo una revolución tecnológica con los desafíos de la transformación digital. Fenómenos como el vehículo autónomo, los vehículos compartidos, las plataformas digitales de movilidad o la electrificación y las nuevas energías de propulsión de los vehículos son realidades sobre las que debemos de trabajar ya por su directa relación en el modo de gestión y de explotación de los túneles. Sobre todos estos extremos también tienen mucho que decir los sistemas ITS y su permanente desarrollo.

Otros asuntos importantes son la gestión de los grandes túneles urbanos así como en general la ventilación e iluminación de los túneles y sus constantes avances.

Pues bien, la celebración de esta 2ª Conferencia internacional, coincidente con el VIII Simposio nacional de túneles de España permitirá exponer el estado del arte de todos estos temas tan novedosos y ser un foro de retroalimentación y de intercambio de ideas que permitirá seguir investigando y modelando los túneles frente a los retos que en pocos años estarán presentes y serán normales en nuestras infraestructuras. ❖

Día 1 / 25 octubre		
Mañana		
Sesión plenaria	09:00-10:00	Sesión de Inauguración
	10:00-11:00	Inauguración Exposición Técnica
	11:00-12:00	Mesa de Responsables de Redes de Carreteras
	12:00-13:45	1ª Sesión: "Los nuevos retos de los túneles ante el objetivo 2030"
Tarde		
	15:00-18:45	2ª Sesión: "Explotación y gestión sostenible de los túneles" (I)
Sala 1		Tema: "Resiliencia de los túneles"
Sala 2		Tema: "Sistemas ITS y su colaboración en la mejora de la explotación"
	21:30-23:30	Cena Oficial
Día 2 / 26 octubre		
Mañana		
Sesión plenaria	08:30-11:00	3ª Sesión: "Gestión de túneles urbanos y de elevado tráfico"
	11:30-14:00	4ª Sesión: "Nuevas energías de propulsión de vehículos y su impacto en los túneles"
Tarde		
	15:00-18:30	5ª Sesión: "Explotación y gestión sostenible de los túneles" (II)
Sala 1		Tema: "Gestión de las emergencias"
Sala 2		Tema: "Análisis de riesgos"
Día 3 / 27 octubre		
Mañana		
	08:30-11:30	6ª Sesión: "Ventilación e Iluminación"
Sala 1		Tema: "Ventilación"
Sala 2		Tema: "Iluminación y eficiencia energética"
Sesión plenaria	12:00-14:15	7ª sesión: "Estado actual de los túneles y su relación con la Normativa"
	14:15-15:00	Clausura
	15:00-16:30	Cocktail de despedida
Día 4 / 28 octubre		
Día completo		
		VISITAS TÉCNICAS

Mas información e inscripción
www.piarc-tunnels-spain2022.org



Composición de la Junta Directiva de la ATC

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



VOCALES:

- Presidente Saliente:
 - D. Luis Alberto Solís Villa
- Designados por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana:
 - D. Miguel Ángel Bermúdez Odrozola
 - 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. José Luis Gochicoa González
 - D. David Merino Rueda
 - D. Jesús Félix Puerta García
 - D. Ramón Colom Gorgues
- En representación de los órganos responsables de vialidad de los ayuntamientos
 - D.ª Margarita Torres Rodríguez
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
 - D.ª Ana de Diego Villalón
 - D. Antonio Sánchez Trujillano
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
 - D. Félix Edmundo Pérez Jiménez
 - D. Manuel Romana García
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
 - D. Bruno de la Fuente Bitaine
 - D. Antonio Belmonte Sánchez
- Representantes de las empresas de consultoría:
 - D. José Luis Mangas Panero
 - D. Juan Antonio Alba Ripoll
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
 - D. Jesús Díaz Minguela
 - D. Francisco José Lucas Ochoa
 - D. Sebastián de la Rica Castedo
 - D. Juan José Potti Cuervo
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
 - D. Jorge Enrique Lucas Herranz
 - D. Camilo José Alcalá Sánchez
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
 - D. Pablo Sáez Villar
- Representante de los laboratorios acreditados
 - D. Alonso Pérez Gómez
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
 - D. Alfredo García García
 - D.ª Anna París Madrona
 - D. Rafael Ángel Pérez Arenas
 - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
 - D. Pedro Gómez González
 - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
 - 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
- **Otros Socios:**
 - Socios Senior
 - Socios Júnior
- **Socios Colectivos**
- **Socios Individuales**

Socios de Honor

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

Socios de Mérito

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

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.
- GEOCOSA, 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 TRAFFICOM TRANSPORTATION S.A.U.
- LANTANIA, S.A.U.
- LGAI TECHNOLOGICAL CENTER, S.A.
- LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.
- MATINSA, MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- MASTER BUILDERS SOLUTIONS ESPAÑA, S.L.U.
- OBRAS HERGÓN, S.A.U.
- ORION REPARACION ESTRUCTURAL, S.L.
- ORYX OBRAS Y SERVICIOS, S.L.
- PADECASA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
- PAVIMENTOS BARCELONA, S.A. (PABASA)
- PINTURAS HEMPEL, S.A.U.
- PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
- PROES CONSULTORES, S.A.
- PROINTEC, S.A.
- PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U.
- RAUROSZM.COM, S.L.
- REPSOL LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES, S.A.
- RETINEO, S.L.
- SACYR CONSERVACIÓN, S.A.
- SACYR CONSTRUCCION, S.A.
- S.A. DE GESTIÓN DE SERVICIOS Y CONSERVACIÓN (GESECO)
- S.A. DE OBRAS Y SERVICIOS (COPASA)
- SENER, INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A.
- SEÑALIZACIONES VILLAR, S.A.
- SERBITZU ELKARTEA, S.L.
- SISTEMAS Y MONTAJES INDUSTRIALES, S.A.
- SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
- 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

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

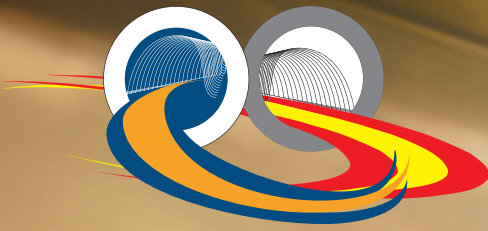
Fecha Firma

“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en

www.atc-piarc.com



PIARC

2ª CONFERENCIA INTERNACIONAL DE PIARC SOBRE LA
**EXPLOTACIÓN Y LA SEGURIDAD DE LOS
TÚNELES DE CARRETERA**
y

VIII SIMPOSIO NACIONAL DE TÚNELES

25-28 de Octubre 2022 - Granada, SPAIN

www.piarc-tunnels-spain2022.org/es