



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



RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Nº 176
JULIO - SEPTIEMBRE
2018

ISSN 1130-7102
Revista Trimestral

RUTAS TÉCNICA

Cunetas y taludes que perdonan

El proyectista ante las exigencias de comportamiento al fuego de los túneles

LIFE SOUNDLESS:

Mezclas sono-reductoras ecoeficientes y de gran durabilidad

CULTURA Y CARRETERA

VÍAS ROMANAS

Identificación por la técnica constructiva

Museo y aula didáctica de carreteras de Teruel

PIARC

Entrevista a Miguel Caso Flórez
Director Técnico Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)



Innovar está en nuestros genes

En Repsol, la innovación forma parte de nuestra esencia. Por eso, en el Centro de Tecnología Repsol, dedicamos todo nuestro esfuerzo a la investigación y desarrollo de asfaltos que hacen nuestras carreteras más seguras, eficientes y sostenibles.



REPSOL

Inventemos el futuro

Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.
Más información en [repsol.com](https://www.repsol.com)



4

Tribuna Abierta

- 3 **La Dirección General de Carreteras en los planes de infraestructuras**
Jesús Rubio Alférez

Rutas Técnica

- 4 **Las cunetas y taludes que perdonan**
Forgiving slopes and ditches
Francisco Manuel Baena Ureña, Comité de Seguridad Vial de la ATC
- 18 **El proyectista ante las exigencias de comportamiento al fuego de los túneles**
Designing for fire behaviours in tunnels. Challenges and lesson learnt
Juan Ramón López Laborda y Diego Abril Saéz, Comité de Túneles de la ATC
- 30 **LIFE SOUNDLESS: Mezclas sono-reductoras ecoeficientes y de gran durabilidad**
LIFE SOUNDLESS: Noise reducing and eco-friendly asphalt mixes with high durability
M^a Elena Hidalgo Pérez, M^a del Carmen Pastrana Zambrana, Miguel Ángel Morcillo López, Juana Torres Pérez, Begoña Arroyo Martínez y David García Ruiz



18

Cultura y Carretera

- 40 **VÍAS ROMANAS Identificación por la técnica constructiva**
Isaac Moreno Gallo
- 46 **Museo y aula didáctica de carreteras de Teruel**
Carlos Casas Nagore



40

PIARC

- 50 **Entrevista a: Miguel Caso Flórez. Director Técnico de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)**

ATC

- 53 **Asfaltos en REPSOL. Economía Circular, el vehículo que nos conduce a un futuro mejor**
- 56 **Jornada Técnica Túneles. Concepción y ciclo de vida. Un enfoque integral**



46

Próximos Eventos ATC

- 86 **Simposio Nacional de Firms**
- 58 **Jornada Técnica Seguridad Vial. Abriendo caminos a la implantación de las nuevas tecnologías en seguridad vial**
- 60 **Jornada Técnica Análisis Ambiental y de Costes en el Ciclo de Vida de Firms y Pavimentos**
- 61 **Curso de Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera**
- 62 **VII Simposio de Túneles de Carretera**



50

ATC

- 65 **Junta Directiva, Comités y Socios de la Asociación Técnica de Carreteras**



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



La revista RUTAS se encuentra incluida en la siguiente lista de bases de datos científicas:

DIALNET · ICYT ·
LATINDEX (Catálogo y Directorio)

Edita:

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

Comité Editorial:

Presidente:

Luis Alberto Solís Villa Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras (España)

Vicepresidente Ejecutivo:

Óscar Gutiérrez-Bolívar Álvarez Dirección General de Carreteras, M. Fomento (España)

Vocales:

Ana Isabel Blanco Bergareche	Subdirectora Adjunta de Circulación, DGT, M. Interior (España)
María Luisa Delgado Medina	Subdirectora General de Transferencia de Tecnología, M. Economía y Competitividad (España)
Diana María Espinosa Bula	Presidenta de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, SCI (Colombia)
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, M. Fomento (España)
María Martínez Nicolau	Directora Técnica de Innovia-Coptalia (España)
Hernán Otoniel Fernández Ordóñez	Presidente HOF Consultores (Colombia)
Félix Pérez Jiménez	Catedrático de Caminos de la Universidad Politècnica de Barcelona (España)
Clemente Poon Hung	Director General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura (México)
Manuel Romana García	Profesor Titular de la Universidad Politècnica de Madrid (España)
Jesús J. Rubio Alférez	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)
Fernando Varela Soto	Profesor Titular de la Universidad Politècnica de Madrid (España)

Vocales-Representantes de los Comités Técnicos de la ATC:

Rafael López Guarga	Presidente del CT de Túneles de Carreteras
Daniel Andaluz García	Miembro 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

Redacción:

Asociación Técnica de Carreteras

Publicidad:

Ediciones Técnicas PAUTA
Tel.: 915 537 220 ♦ publicidad@edicionespauta.com

Diseño, Maquetación, Producción, Gestión Publicitaria y Distribución:

Ediciones Técnicas PAUTA
direccion@edicionespauta.com

Arte Final e Impresión:

Palgraphic S.A.

Foto de portada:

N 330, PK 136+600, variante de Cofrentes (Valencia)
Trinchera formada por series alternantes de conglomerados, areniscas y arcillas miocenas
Álvaro Parrilla

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 Asociación Técnica de Carreteras (Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera) edita la revista Rutas desde el año de su creación (1986).

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 176 JULIO-SEPTIEMBRE 2018

RUTAS
REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



Los planes de infraestructuras estatales han evolucionado en las últimas décadas y de ser planes sectoriales en los que se analiza la red existente, sus necesidades actuales y futuras y el planteamiento de las actuaciones pertinentes, han pasado a formar parte de planes de infraestructuras y servicios donde va aumentando la importancia de la regulación de los servicios y se entiende que la red de carreteras es una red madura que no necesita apenas ampliaciones.

En paralelo se apuesta por la iniciativa privada que actuará en los lugares que considere oportuno si se le facilitan los medios financieros para ello. Por eso en 2010 y 2017 se formularon los planes extraordinarios de inversión en carreteras (PIC) con premisas muy parecidas, con lo cual parecen quedar resueltos los escenarios futuros en lo que se refiere a la Red Estatal de Carreteras.

En los tres planes estratégicos considerados por el Ministerio de Fomento en mayo de 2018 (PITVI, PIC y Plan de innovación para el transporte y las infraestructuras), la Dirección General de Carreteras (DGC) queda para gestionar administrativamente las iniciativas privadas que se produzcan a partir del PIC y la conservación y explotación de la red existente.

El PIC es, en sus propias palabras, un nuevo mecanismo de financiación de infraestructuras en el que se va a reclamar a las empresas constructoras que se responsabilicen del mantenimiento de las infraestructuras que realizan durante un periodo de 30 años.

En el último de los planes citados, el Plan de innovación, de cuatro ejes estratégicos desarrollados en diversas líneas, encontramos referencias a la estandarización vehículo – infraestructura y la implantación del mantenimiento predictivo de las infraestructuras, pero entre los agentes implicados, el Ministerio no se detalla y figura como tal junto con ADIF, RENFE, AENA, ENAIRE, CRIDA, Puertos del Estado e INECO.

Las descripciones de las iniciativas son suficientemente amplias como para abarcar la sensorización de fallos de elementos de seguridad en trenes o sistemas de aterrizaje en los aeropuertos pero no parece que esté incluida la conservación de carreteras aunque se refiera al aumento de la seguridad de las infraestructuras. Por poner dos ejemplos, en los epígrafes “Los nuevos paradigmas del transporte (Eje 3 Línea5)” y “Nuevas infraestructuras (E4 L3)” se refieren a novedades de

tecnología disruptiva como “Hiperloop” (tubos al vacío para transportar a 1 200 km/h), sistemas de gestión inteligente de la energía o el desarrollo de redes inteligentes para la toma de decisiones. Visto lo anterior no parece que a la DGC se le reserve un asiento destacado en la futura innovación estratégica del Ministerio en el citado plan.

Resulta curioso contrastar la citada documentación estratégica con la realidad de la innovación incorporada en el quehacer habitual de la DGC. Por poner cuatro ejemplos podemos empezar por la preocupación por la sostenibilidad, que se ha traducido en la exigencia de minimizar y compensar los impactos a lo largo de la vida completa de las obras en las carreteras. Este es un primer ejemplo de una actividad que exige innovaciones permanentes. En segundo lugar podemos afirmar que la investigación aplicada en los últimos años por las empresas de ingeniería y de construcción, ha permitido procesos pioneros en el mundo, tanto en las ejecuciones de obras como en la mejora del entorno de las carreteras existentes. Las pruebas en curso de reciclado y utilización de residuos como aditivos en los firmes son el tercer ejemplo de una realidad que permitirá su aplicación en un futuro próximo de manera generalizada. Por último podemos afirmar que los nuevos diseños (conocidos como autovías 2+1) en servicio en redes autonómicas mejorarán la seguridad y la rentabilidad de las inversiones y demandan un seguimiento para su mejor comprensión, su normalización y su utilización en los tramos adecuados.

Es cierto que la última iniciativa citada ha correspondido a dos administraciones autonómicas y podemos afirmar que las iniciativas que históricamente han sido lideradas por la DGC del Ministerio de Fomento, en estos momentos no lo son tanto. Sigue habiendo una estructura técnica y personas que mantiene la innovación en la gestión de la seguridad en túneles, los instrumentos para la gestión de la conservación o la vialidad invernal, pero si esa historia y esa voluntad personal no se refleja en los planes estratégicos, la innovación en la DGC dependerá exclusivamente del voluntarismo de una personas que, antes o después, dejarán de tener continuidad. Por eso es importante que en los futuros planes la DGC figure como institución al lado de otras, de manera que pueda protagonizar una labor de investigación aplicada que se traduzca en normas de referencia para todas las administraciones de carreteras ❖

Las cunetas y taludes que perdonan



Forgiving slopes and ditches

Comité de Seguridad Vial

Asociación Técnica de Carreteras (ATC)

Francisco Manuel Baena Ureña

ICCyP. Director técnico de Infraestructuras lineales en VS INGENOVA.
Profesor asociado en la ETS de Ingeniería de la Universidad de Sevilla

Resumen

Las cunetas y taludes, como elementos constituyentes de las márgenes de las carreteras, son susceptibles de ser diseñados para paliar las consecuencias de las salidas de la calzada. La existencia de un terreno uniforme con inclinaciones suaves y sin obstáculos rígidos contiguo a la calzada, proporciona al conductor la oportunidad de recuperar el control de su vehículo y minimiza la probabilidad de que se produzca un vuelco. En principio, la mejor forma de prevenir estos accidentes consiste en evitar que los vehículos lleguen a salir sin control de la zona pavimentada. En cualquier caso, resulta inevitable que algunos vehículos salgan sin control de la calzada, por lo que el tratamiento de las márgenes de las carreteras, incluidas sus cunetas y taludes, para paliar, en la medida de lo posible, las consecuencias de estas salidas, sigue siendo un elemento fundamental de los programas de mejora de la seguridad de las infraestructuras viarias. En el artículo se expone la continuación a los primeros resultados de la actividad del Grupo de Trabajo Márgenes del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) en relación con los criterios de establecimiento de una zona de seguridad en las márgenes y con dos aspectos concretos del acondicionamiento de las mismas: las cunetas y taludes y el estado actual de la normalización y recomendaciones para su diseño a nivel nacional e internacional.

Abstract

As elements that belong to the roadsides, ditches and slopes can be redesigned to mitigate the consequences of vehicles running off the road. The existence of a uniform ground, with smooth surfaces and without rigid obstacles adjacent to the roadway, gives drivers the opportunity to control their vehicles and reduces the danger of overturning. Normally, the best way to prevent accidents is to avoid vehicles leaving the paved road without control. Inevitably, some drivers will lose control over their vehicles. Therefore, a right treatment of the roadsides, including ditches and slopes, is very important in order to mitigate the consequences of run-off-road accidents. This is a decisive factor for improving the safety of road infrastructures, wherever possible. This article includes the subsequent results to the initial works prepared by the Working Group on Road Edges of the Technical Committee on Road Safety, which belongs to the Technical Road Association (ATC). This work has been developed according to the criteria of establishing a safety zone on the roadsides and two specific aspects for upgrading road edges: ditches and slopes and the current state of standardization and recommendations for their design at national and international level.

Prólogo

Hace ya tiempo que apareció en el mundo tecnológico ingenieril el concepto de “forgiving roads” y también denominadas en terminología castellana “carreteras benignas o que perdonan”. Dentro de este concepto, un elemento fundamental lo constituye el tratamiento seguro de las márgenes y, claro está, dentro de éstas, las cunetas y los taludes. En el presente artículo se abordan estos elementos concretos desde un punto de vista de la seguridad vial.

Debe tenerse presente que las salidas de las vías son una de las tipologías de accidente más frecuente en nuestras carreteras. Aproximadamente un tercio de la accidentalidad mortal en las carreteras tiene lugar como consecuencia de la salida del vehículo de la calzada. Por ello de la importancia de disponer unas márgenes de las vías libres de obstáculos y elementos que puedan conllevar vuelcos o colisiones graves.

En los modernos diseños de carreteras ya se tienen en cuenta muchos de los principios de las forgiving roads y se implementan, de acuerdo con su viabilidad técnica-económica, medidas que eliminan o minoran las consecuencias de las salidas de la vía. Pero todavía queda por hacer, especialmente en las carreteras existentes, diseñadas y construidas hace muchos años con la técnica y bajo otros principios al uso en aquella época. Hay que tener presente que el conocimiento y técnica va evolucionando con el desarrollo de la humanidad y también van cambiando y evolucionando con el tiempo las demandas y prioridades de la sociedad en cuanto a la movilidad.... ¿Quién podría aventurar hace siglos que llegaríamos a una evolución del automóvil tal que no solo alcanzasen una gran velocidad sino que pronto podrán llegar a ser autónomos?... y esto ya no nos parece actualmente una utopía, sino que estamos desarrollando y estableciendo protocolos para regular una circulación muy cercana de vehículos con un grado de automatización ya muy elevada.

Dentro del Comité de Seguridad Vial que presido se ha venido trabajan-

do sobre este concepto, sus principios y medidas y procedimientos para su implantación, para lo que se constituyó un grupo de trabajo que ha venido siendo coordinado por José M^a Pardillo desde sus inicios. Resultado de esta labor se han venido publicando diversos artículos en RUTAS.

La publicación del presente artículo es el colofón al trabajo realizado en este último periodo de actividad del Comité y en él, tras unas breves consideraciones sobre el surgimiento y concepto de las forgiving roadsides (márgenes que perdonan) pasa a abordar el tema de las cunetas y taludes de las márgenes. Se pasa revisión a la normativa y guías tanto nacional como internacional, haciendo una breve reseña a las investigaciones llevadas a cabo sobre las márgenes en el proyecto OASIS, para finalmente plantear unas recomendaciones a modo de conclusiones finales. Hay que tener presente que la disparidad en algunos casos entre las diferentes normas y estudios analizados deriva a la complejidad del tema y a cuestiones técnico-económicas que hacen que cada país lo regule de diferente modo, si bien siempre hay unos intervalos en los que situándose los parámetros correspondientes se está de acuerdo que son adecuados desde un punto de vista de la seguridad. Por ello, para cada caso concreto deben realizarse los análisis correspondientes para valorar un tratamiento u otro, dependiendo de cada situación y disponibilidad económica y del terreno suficiente.

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

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

1. Introducción

Al tiempo que a lo largo de estos últimos años ha ido disminuyendo el número de accidentes de determinadas tipologías, como por ejemplo las colisiones frontales, ha aumentado el número de accidentes de otros tipos, destacando los accidentes originados por salidas de la calzada, hasta el punto que estos constituyen el tipo de accidente más frecuente en España, suponiendo la tercera parte de todos los accidentes con víctimas que se producen en la red y aproximadamente un 30% de los accidentes mortales.

Clear zone o zona despejada, forgiving roadsides o márgenes que perdonan, son conceptos aparecidos en Estados Unidos en los años 60 tras las investigaciones desarrolladas por la “American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO” para accidentes por salida de vía (la tercera parte de los accidentes mortales en EE.UU. en esa época eran como consecuencia de salidas de la calzada). En este sentido, hay que destacar que los primeros estudios sobre espacios laterales en las carreteras fijaban una zona de despeje de 30 m desde el borde de la carretera, para velocidades entre 55 y 65 km/h, libre de cualquier tipo de obstáculo, siendo el resultado de los ensayos realizados por General Motors en Estados Unidos. Tales cifras se han reducido considerablemente en la actualidad, llegando a distancias de despeje entre 5 y 16 m en función de determinados parámetros influyentes. Ya originalmente en Estados Unidos, se bajó de los 30 m mencionados a 9 m desde el borde de la calzada para las autopistas. Actualmente, la elección de la anchura de esta “zona despejada” depende de la velocidad, tipo de margen desmonte/terraplén, pendiente transversal y la IMD. Por ejemplo, para carreteras locales se suelen usar unas anchuras mínimas de la zona despejada de 2,1 m a 3 m en secciones sin bordillo. Aunque tales valores son orientativos y las diver-



Zona despejada en autovía



Cuneta de seguridad en mediana



Cuneta de seguridad en mediana

Las guías de diseño indican que el responsable del proyecto es el que debe estudiar las condiciones particulares del diseño y adoptar una anchura determinada en función de las mismas.

Aunque los errores de los conductores expliquen la gran mayoría de los accidentes de la circulación, no se debe creer que los proyectistas y responsables de las actuaciones sobre la infraestructura existente tienen poco que hacer en el campo de la seguridad. Un buen proyecto, que incorpore unos conceptos de seguridad, no sólo puede ayudar a los usuarios a evitar esos errores, sino que puede mitigar sus consecuencias en el caso de que se produzcan. En esta línea se encuadra, entre otras medidas, la disposición de unas márgenes indulgentes, sin obstáculos ni desniveles bruscos. Actualmente parece que la Sociedad está cada vez más sensibilizada y demanda la mejora de los estándares de seguridad en este sentido.

En Estados Unidos, la AASHTO publicó por primera vez en el año 1988 la Guía de proyecto de las márgenes de la carretera (*Roadside Design Guide*), siendo su última versión la publicada en 2011, con correcciones en 2012 y 2015.

En Europa, por parte de la Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR, Noviembre 2012), también se ha desarrollado una guía (*Forgiving Roadside Design Guide*) para la implantación de elementos de seguridad en las márgenes de las carreteras.

Igualmente, en Australia y Nueva Zelanda también disponen de guías para el diseño de márgenes de carreteras (*Guide to Road design, Part 6: Roadside design, safety and barriers, 2009-2011*).

En Latinoamérica, con un fuerte desarrollo de sus carreteras en los últimos años, las normas y guías de diseño, en general, suelen basarse en la normativa de Estados Unidos.

Tanto las cunetas como los taludes se presentan en las márgenes de las carreteras y como tales elementos continuos de riesgo, pueden provocar o aumentar los efectos en los accidentes por salida de vía.



Las cunetas, salvo que tengan un diseño de "seguridad", pueden provocar el vuelco de los vehículos que se salen de la calzada hacia las mismas.

Los taludes de desmonte y terraplén tienen relación con la posibilidad de recuperación del control del vehículo tras una salida de calzada.

En lo que sigue, se pretende recoger varias consideraciones y datos de la normativa y tendencias actuales para el diseño de márgenes de carreteras, fundamentalmente centrándose en cunetas y taludes.

2. La normativa en España

Para hacer un repaso de lo que se indica en la normativa española en cuanto a cunetas y taludes, se han consultado la Instrucción 5.2 IC de Drenaje (anterior [1] y actual [2]), la Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de aplicación de los sistemas de contención de vehículos [3], la Guía de Nudos Viarios [4] y la nueva Norma de Trazado 3.1-IC [6].

Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial, julio 1990

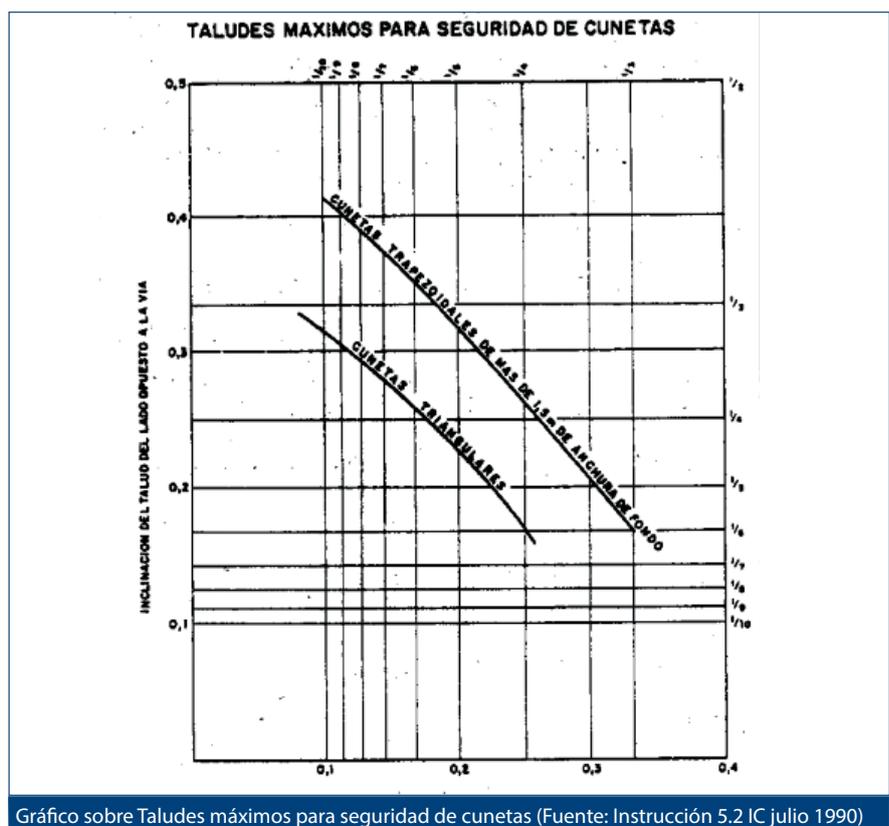
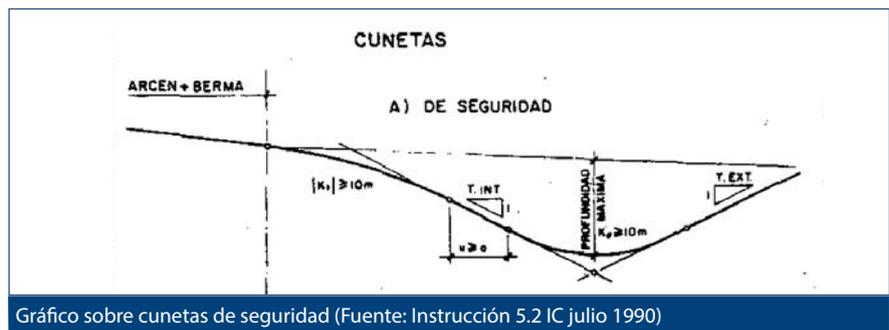
La Instrucción 5.2-IC anterior indicaba que donde se dispusiera una cuneta sin barrera de seguridad, su sección transversal debería tener en cuenta la seguridad de los vehículos que la pudieran atravesar. Según el apartado 3.6.3 se denominaba cuneta de seguridad a la siguiente:

Esta norma consideraba franqueamiento seguro de la cuneta para los vehículos que se salgan de la plataforma cuando la cuneta tuviera unos taludes cuya inclinación fuese

inferior a 1/6 y sus aristas estuvieran redondeadas con un radio mínimo de 10 m. En caso de no poder adoptar estos parámetros habría que acudir al gráfico que se adjunta a continuación.

En cuanto a los arcenes, la norma indica que podrían tener igual o mayor pendiente transversal que la parte contigua de la calzada, donde esta vierta hacia el exterior; donde esta vierta hacia el interior, el arcén debería ser prolongación de ella.

Respecto a la berma, esta norma indica que deberían verter hacia el exterior de la plataforma y su pendiente transversal no debería rebasar 1/6, redondeándose sus aristas con un radio mínimo de 10 m.





Cuneta y taludes "no seguros"



Gráfico sobre resguardo de la calzada (Fuente: Instrucción 5.2 IC marzo 2016)

Las cunetas reducidas solo podrían emplearse en terreno accidentado, y deberían siempre cubrirse o protegerse con barreras de seguridad.

Según el gráfico, para cunetas triangulares habría que disponer taludes 1/5 para estar dentro de la zona considerada de seguridad. Para el caso de cunetas trapeziales con base mayor de 1,5 m, taludes 1/4 quedarían ya dentro de la zona de seguridad.

Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial, marzo 2016

Según indica la propia Orden FOM/298/2016 por la que se aprueba la nueva Norma 5.2-IC, el capítulo de drenaje de la plataforma y márgenes recoge la experiencia acumulada en estos años.

Analizando la misma se encuentran diversos apartados relaciona-

dos directamente con la seguridad vial y que a continuación desarrollamos con mayor detalle.

El resguardo de la calzada deberá ser superior o igual a 5 cm, o asegurar que la lámina de agua no alcanza el arcén.

Con la finalidad de evitar que se formen láminas de agua que alcancen la calzada y tratando de limitar el tiempo de recorrido del agua sobre la calzada, se indica la posibilidad de disponer hendiduras transversales o esviadas en la superficie del pavimento.

En medianas, se indica que los elementos de drenaje a disponer deben estar acordes con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos. Como criterio general, cuando la anchura lo permita, se dispondrá una cuneta revestida, de sección triangular, con taludes iguales o más tendidos que el 6H/1V.

En desmontes, se indica que los elementos de drenaje a disponer deben estar acordes con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos. Como criterio general, cuando la anchura lo permita, se dispondrá una cuneta revestida, con taludes iguales o más tendidos que los que resultan de la aplicación del diagrama siguiente:

Según el gráfico, para cunetas triangulares habría que disponer taludes 1/5 para estar dentro de

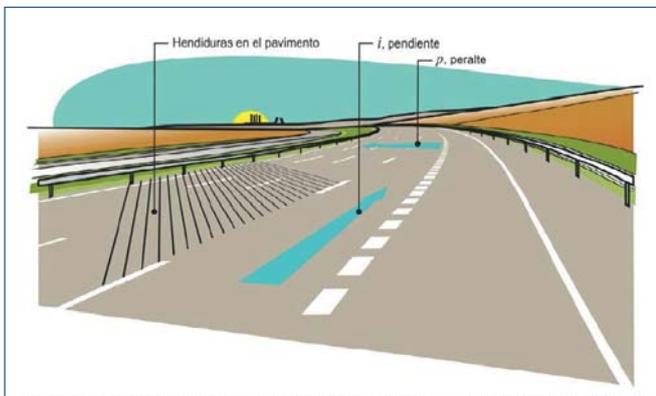


Gráfico sobre resguardo de la calzada (Fuente: Instrucción 5.2 IC marzo 2016)

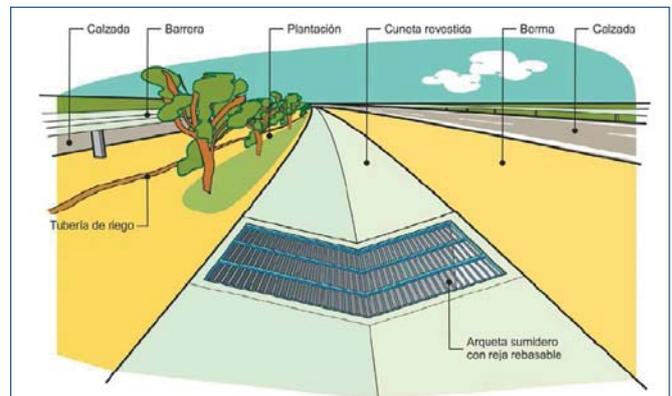


Gráfico de hendiduras en el pavimento (Fuente: Instrucción 5.2 IC marzo 2016)

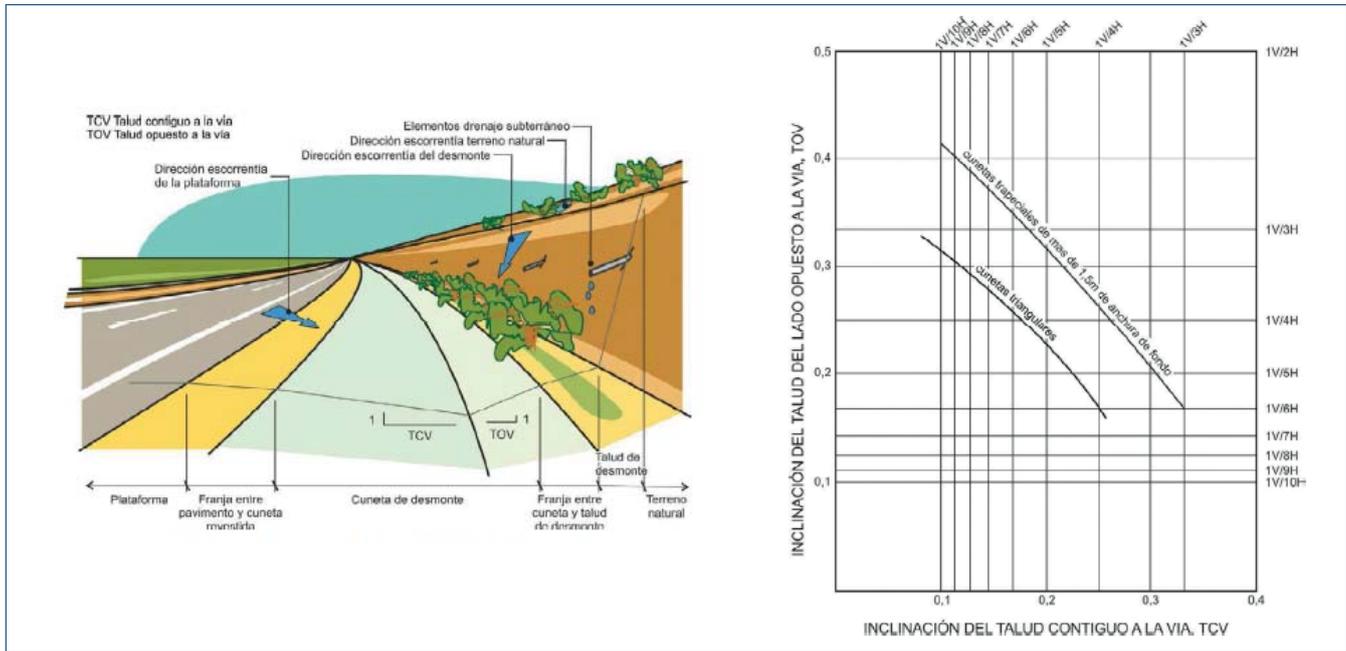


Gráfico de cuneta de desmonte e inclinación del talud contiguo a la vía (Fuente: Instrucción 5.2 IC marzo 2016)

la zona considerada de seguridad. Para el caso de cunetas trapezoidales con base mayor de 1,5 m, taludes 1/4 ya quedarían dentro de la zona de seguridad. Idéntico gráfico al que incluía la normativa anterior.

La nueva norma de drenaje trae consigo un aumento en el grado de seguridad frente a las acciones del agua muy importante, el cual se puede observar en aspectos muy diversos como los resguardos del nivel de agua hacia la calzada, disposición de los caces de borde de plataforma en rellenos, criterios de revestimiento de cunetas, resguardo en los tableros de puentes, resguardo en los rellenos, etc. Sin embargo, en el tema de taludes y configuración de cunetas, así como en general en todos los elementos del sistema de drenaje en medianas, desmontes y rellenos, la nueva norma se ampara en "... debe resultar acorde con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos.", aunque propiamente la nueva norma en temas de taludes de cunetas de desmonte sigue manteniendo el mismo gráfico de la norma anterior.

Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.

La Orden Circular 35/2014 incluye un anejo de recomendaciones a modo de guía para los técnicos de carreteras en sustitución de toda la normativa anterior, para el proyecto y la puesta en obra de los sistemas de contención de vehículos en las carreteras de la Red del Estado.

Según tales recomendaciones, en cuanto a cunetas y taludes, se consideran elementos o situaciones potenciales de riesgo, al menos, las siguientes:

- Las cunetas que no estén suficientemente tendidas. Se podrá considerar que una cuneta es suficientemente tendida si la relación H:V de los taludes es superior o igual a 6:1 y sus aristas están suavizadas.
- Los desmontes cuyos taludes (H:V) sean inferiores al 3:1, si los cambios de inclinación transversal no se han suavizado, o al 2:1, si están suavizados.
- Los terraplenes de altura superior a 3 m y aquellos de altura inferior pero cuyos taludes (H:V) sean inferiores al 5:1, si los cambios de inclinación transversal no se han suavizado, o al 3:1, si lo están.



Cuneta y talud de desmonte protegidos con barrera de seguridad

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE ALINEACIÓN	TALUD ⁽¹⁾ TRANSVERSAL DEL MARGEN ⁽²⁾ Horizontal:Vertical	RIESGO DE ACCIDENTE	
			GRAVE O MUY GRAVE	NORMAL
CARRETERAS DE CALZADA ÚNICA	Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1 500 m	> 8:1	7,5	4,5
		8:1 a 5:1	9	6
		< 5:1	12	8
	Lado exterior de una curva de radio < 1 500 m	> 8:1	12	10
		8:1 a 5:1	14	12
		< 5:1	16	14
CARRETERAS CON CALZADAS SEPARADAS	Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1 500 m	> 8:1	10	6
		8:1 a 5:1	12	8
		< 5:1	14	10
	Lado exterior de una curva de radio < 1 500 m	> 8:1	12	10
		8:1 a 5:1	14	12
		< 5:1	16	14

⁽¹⁾: en todo el texto de estas recomendaciones los taludes transversales del margen se expresan mediante la relación "horizontal:vertical".
⁽²⁾: entre el borde exterior de la marca vial y el obstáculo o desnivel. Los valores indicados corresponden a una pendiente transversal, es decir, donde la cota del margen disminuya al alejarse de la calzada; para el caso opuesto (rampa transversal) se emplearán los límites dados para un talud transversal > 8:1. La rampa transversal podrá incluir una cuneta, siempre que sus taludes sean más tendidos que 5:1. En todo caso los cambios de inclinación transversal se suavizarán, particularmente para valores < 5:1.

Cuadro sobre distancia a obstáculo o desnivel (Fuente: OC 35/2014)

Sin embargo, no se indica en las recomendaciones qué criterios hay que atender para considerar "suavizados" los cambios de inclinación.

Tales situaciones potenciales de riesgo en cuanto a cunetas y taludes, se consideran "riesgo de accidente normal" para velocidad de proyecto superior a 80 km/h.

En cuanto a los taludes transversales del margen en medianas, las inclinaciones varían entre >8:1 y <5:1 en función de la distancia de la marca vial al obstáculo o desnivel.

Se indica asimismo que para el caso de rampa transversal (donde la cota del margen aumente al alejarse de la calzada), podrá incluir una cuneta siempre que sus taludes sean más tendidos que 5:1. En todo caso los cambios de inclinación transversal se suavizarán, particularmente para valores <5:1.

Cuadro sobre distancia a obstáculo o desnivel (Fuente: OC 35/2014)

Del cuadro anterior se deduce que la zona despejada en España, como distancia a un obstáculo o desnivel, varía entre 4,5 m y 16 m.



Obstáculos en la margen de la carretera

Orden Circular 32/2012 Guía de nudos viarios

Según esta Guía, se recomienda que la inclinación transversal de una zona de seguridad no sea superior a 4H/1V. En un talud de inclinación 3H/1V, es difícil que un conductor recupere el control de su vehículo sobre todo si en él hay obstáculos o desniveles, aunque sean pequeños. También se recomienda desplazar fuera de la zona las dotaciones viarias, a no ser que sus características no revistan peligro, como los hitos de arista.

En cuanto a las cunetas, se indica que deben ser amplias, con cajeros de inclinación reducida y poca profundidad, de manera que un vehículo que las atravesase no vuelque ni decelere bruscamente. En caso contrario, se debería considerar:

- Su desplazamiento fuera de la zona de seguridad.
- La construcción de un sistema de desagüe subterráneo, como el representado por un caz provisto de un sumidero continuo, que desagua a un colector situado bajo él.

Nueva Norma de Trazado 3.1-IC

En cuanto a desmontes, rellenos, cunetas y otros elementos, la nueva Norma de Trazado indica en su apartado 7.3.6 que para el proyecto de las secciones tipo se tendrán en cuenta los desmontes, rellenos, cunetas, barreras, etc., sin que se indique nada al respecto de inclinaciones de taludes y anchuras de despeje.

Por otra parte, la Norma también habla de obstáculos en las márgenes de la carretera, en su apartado 7.6, principalmente enfocado hacia la visibilidad. No obstante, simplemente indica que se realizará un análisis de aquellos obstáculos que puedan suponer un riesgo de accidente en caso de colisión contra los mismos, por salida del vehículo de la plataforma, llegando a considerar posibles obstáculos hasta una distancia de 20 m desde el borde de la calzada.

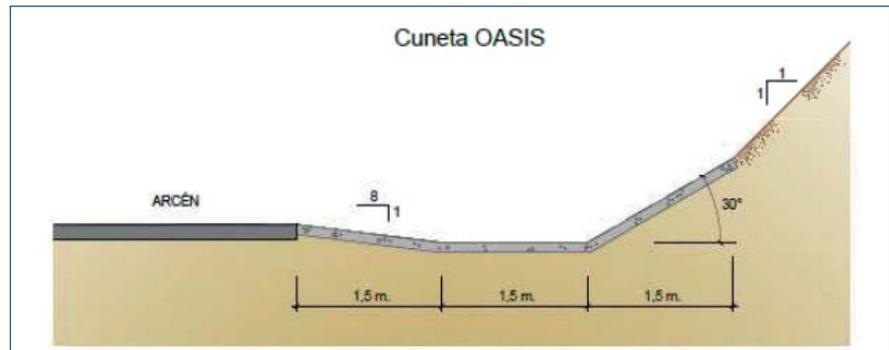
3. Investigaciones sobre márgenes de desmonte y terraplén en el proyecto oasis

Con el objetivo de abordar el diseño de la autopista del futuro (aquella que en su operación presentará niveles diferencialmente superiores de seguridad, servicio al usuario y sostenibilidad), algunas empresas y grupos de investigación del sector (un total de 16 empresas y 16 universidades y grupos de investigación), desarrollaron hace unos años (2008-2011) el proyecto de I+D+i OASIS (Operación de Autopistas Seguras, Inteligentes y Sostenibles), seleccionado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial CDTI y financiado dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011.

El proyecto, desde una perspectiva global, pretendía alcanzar niveles de seguridad, servicio al usuario y sostenibilidad muy superiores a los del momento, teniendo en cuenta las diferentes fases del ciclo de vida de una autopista: planificación, diseño, construcción, explotación y deconstrucción, aunque prestando especial atención a la fase de explotación por su mayor peso.

La reducción de la siniestralidad en las autopistas, uno de los objetivos fundamentales del proyecto, se lograría combinando aspectos revolucionarios en seguridad pasiva, como la mejora de las secciones de la calzada o la reducción de los obstáculos en las márgenes de la vía, con las últimas tecnologías al servicio de la prevención de accidentes o reducción de tiempos en la atención de los mismos (Mijangos et al, 2013 [7]).

Para poder hacer todo esto posible, se está llevando a cabo una profunda revisión del marco normativo, así como la definición de un conjunto de indicadores que se ajustaran más a la realidad del funcionamiento de las autopistas y recogiesen las innovaciones que habían sido obtenidas como fruto de la investigación realizada en el proyecto.



Croquis de la cuneta OASIS (Fuente: VI Congreso nacional de seguridad vial mayo 2013)



Lechos de frenado proyecto OASIS (Fuente: Mijangos et al., 2013)

Los ensayos realizados en el proyecto OASIS, en cuanto a salidas de vía hacia cunetas en desmonte, dieron lugar a la definición de una cuneta cuyos resultados de ensayos frente a salidas de vía fueron satisfactorios, evitando el vuelco de los vehículos que acceden a ella de forma descontrolada, permitiendo además la reconducción del vehículo descontrolado antes de su vuelta a la calzada.

Croquis de la cuneta OASIS (Fuente: Mijangos et al., 2013)

En cuanto a márgenes en terraplén, el proyecto ensayó medidas como lechos de frenado laterales con arena y trozos reciclados de neumáticos, aunque los resultados no fueron concluyentes ni a nivel de diseño del lecho ni desde el punto de vista de la seguridad en las salidas hacia el mismo.

4. Guía Europea

La Conferencia Europea de Directores de Carreteras (CEDR) publicó en noviembre de 2012 una guía [8] para los profesionales dedicados a la seguridad vial, sobre las mejores prácticas para el diseño de márgenes de carreteras, partiendo de una visión general del estado de la técnica y una descripción detallada de los estudios realizados con el fin de evaluar la efectividad de diferentes tratamientos recomendados.

Tanto las cunetas como los taludes se presentan en las márgenes de las carreteras y como tales elementos continuos de riesgo, pueden provocar o aumentar los efectos en los accidentes por salida de vía.

La peligrosidad de un talud, ya sea de terraplén o desmonte, depende principalmente de su altura, su pendiente y la distancia al borde de la calzada.

El estudio europeo del CEDR se ha basado en diversos estudios e investigaciones internacionales, y aunque no desarrolla el tema de taludes y cunetas, sí que da una visión global del mismo. Se resumen a continuación algunas de las indicaciones incluidas.

De acuerdo con el estudio "European Best Practice for Roadside Design Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads" [9], taludes de terraplén o taludes de cunetas H/V 1:4 o mayores, se consideran como taludes por los que un vehículo proveniente de salida de calzada es recuperable. Pendientes



Figure 4.21. Recoverable ditch shapes: 1:4 fore slope, rounded bottom and 1:2 back slope. (Photo, HUT)



Figure 4.22. Recoverable fill slope; bottom of the ditch is rounded, no hazardous obstacles in fill slope. (Photo, HUT)

Cunetas y taludes de desmonte (Fuente: European Best Practice for Roadside Design Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads)

entre 1:3 y 1:4 se consideran no recuperables aunque podrían ser rebasables. Pendientes por debajo de 1:3 se

consideran críticas y por tanto con un alto riesgo de provocar el vuelco del vehículo.

En este sentido, las recomendaciones de este estudio para taludes de terraplén o taludes iniciales de cunetas son:

Para carreteras con una baja intensidad de tráfico, diseñadas para 70 km/h o menos:

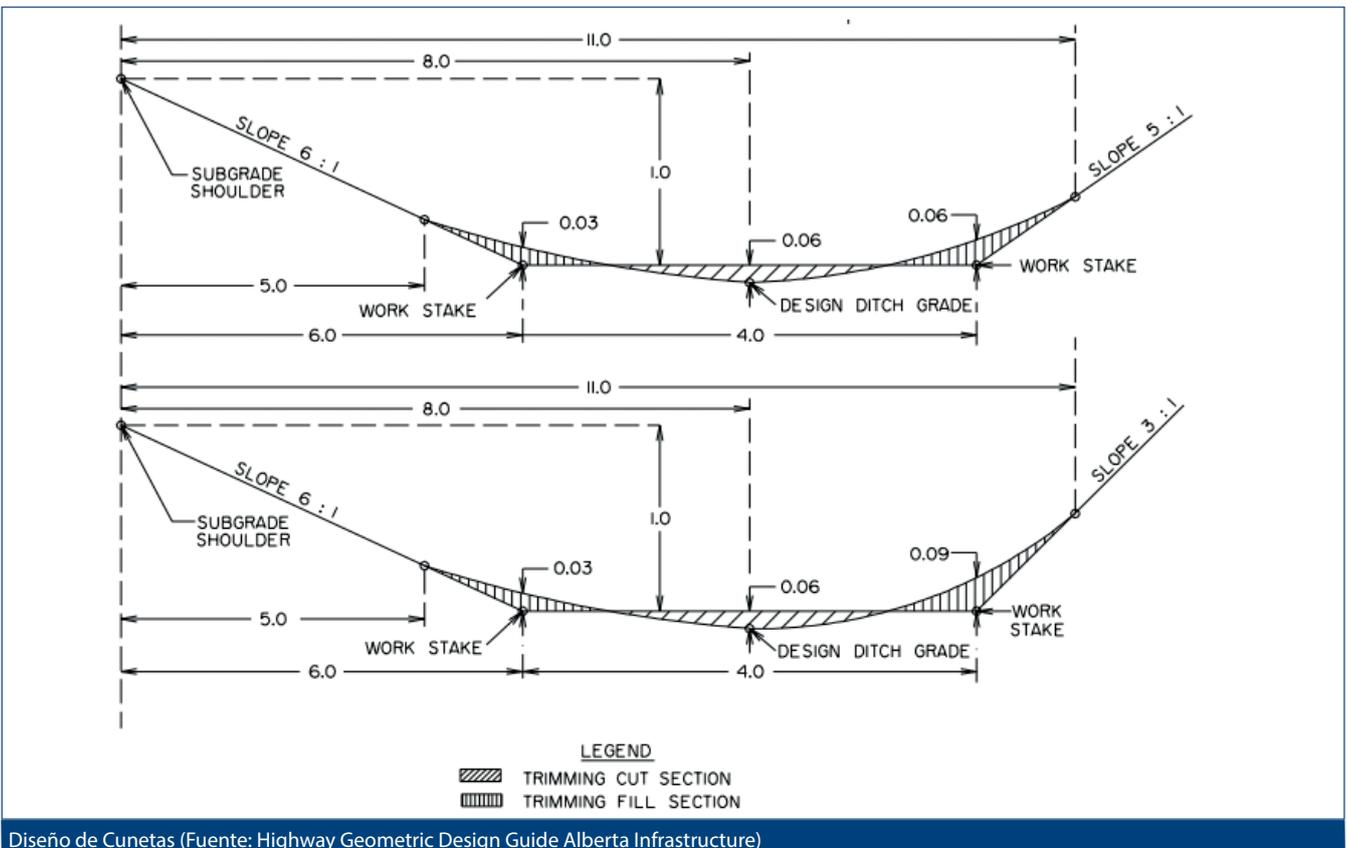
- Altura del talud < 3 m: pendiente 1:3 o menor.
- Altura del talud \geq 3 m: pendientes de 1:3 o mayor podrían usarse con protección.

Carreteras de alta intensidad de tráfico:

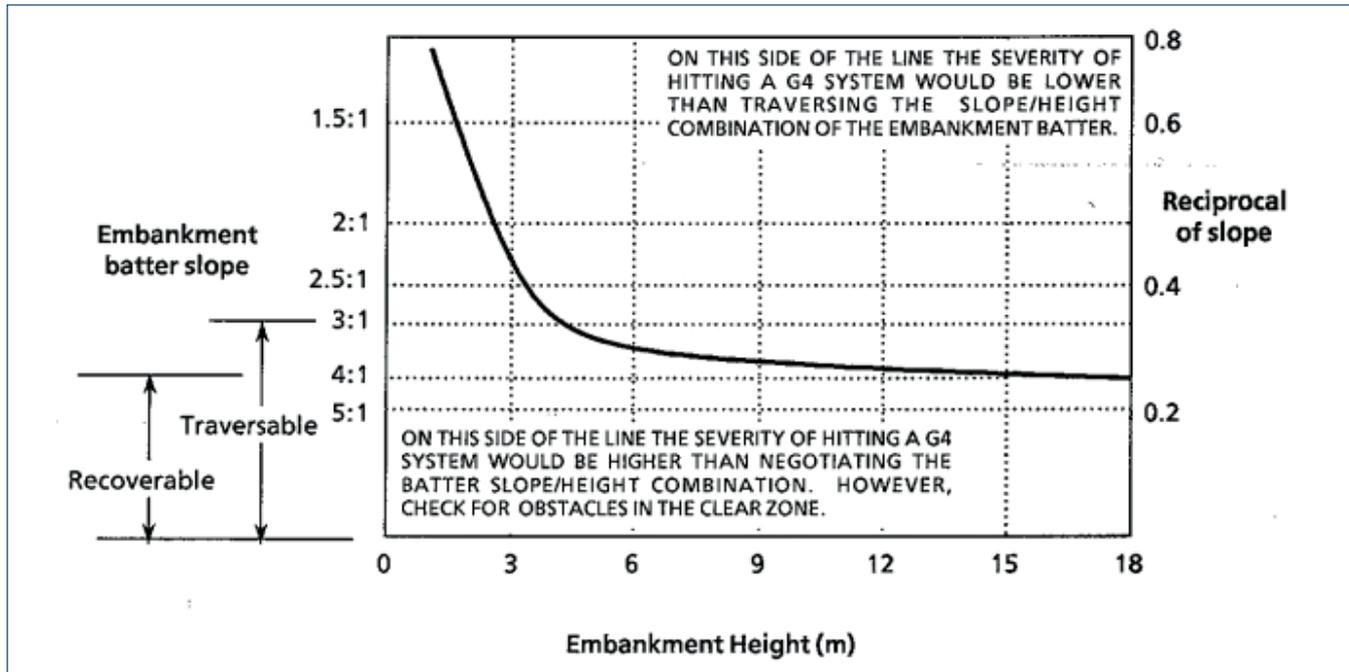
- Altura del talud < 3 m: pendiente 1:4 con aristas redondeadas.
- Altura del talud \geq 3 m: pendientes de 1:3 o mayor podrían usarse con protección.

En cuanto a las cunetas y taludes de desmonte:

- Para cunetas se llegó a la conclusión de que lo más apropiado resultaba un talud inicial de 1:4, base redondeada de 1 m de anchura y talud final 1:2.
- Para los casos en los que se necesite una cuneta profunda, se reco-



Diseño de Cunetas (Fuente: Highway Geometric Design Guide Alberta Infrastructure)



Comparación entre severidad de colisiones con barrera o taludes (Fuente: Guide to Road Design, Part 6, Austroads)

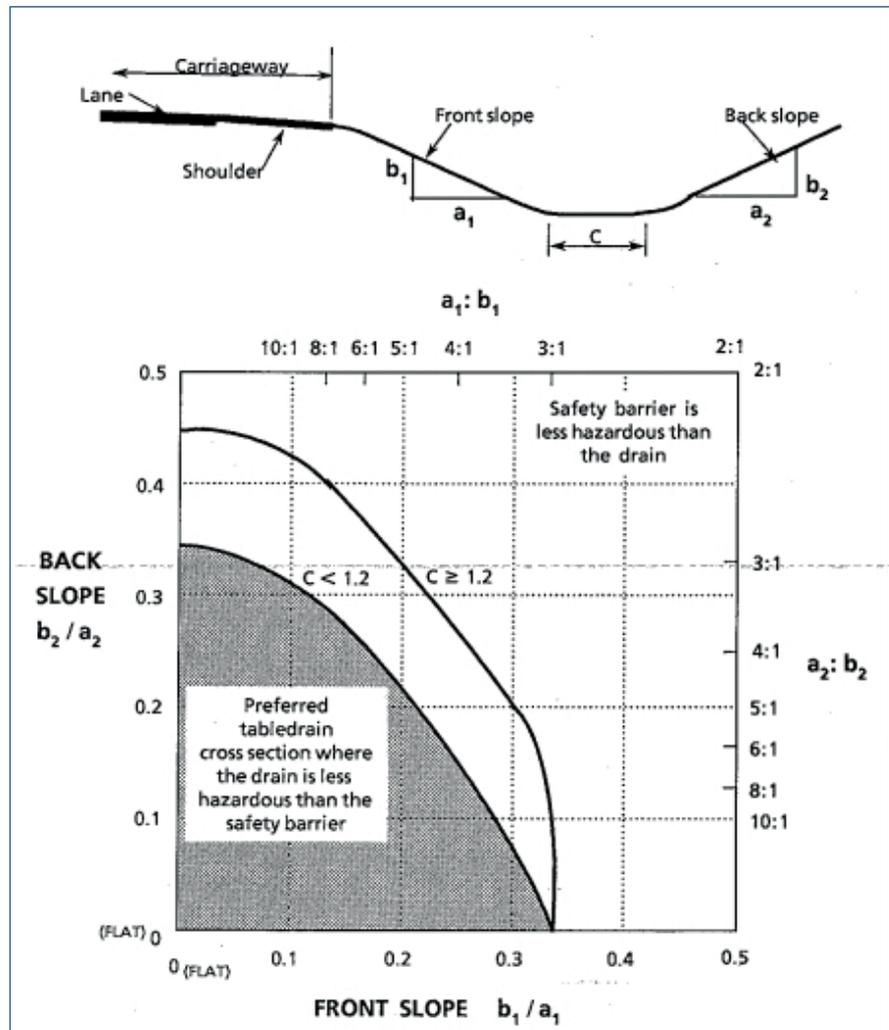
mienda el estudio de sistemas de drenaje cubiertos.

En este sentido, las recomendaciones de este estudio para cunetas y taludes de desmonte son:

- Carreteras de alta intensidad de tráfico, si el área posterior permite un diseño rebasable, entonces pendiente inicial 1:4 o más tendida, anchura de la parte inferior 1 m o más ancha, talud final 1:2 o más tendido.
- Para carreteras con una baja intensidad de tráfico, diseñadas para 70 km/h o menos, se pueden considerar cunetas en V con talud inicial 1:3 y talud final 1:2.

Según los estudios del *Insurance Institute for Highway Safety IIHS* y *Highway Loss Data Institute HLDI* (<http://www.iihs.org/>), más de la tercera parte de los accidentes mortales que se producen por colisiones con taludes se deben al vuelco del vehículo, que a su vez está directa y especialmente relacionado con la pendiente del talud.

En cuanto a cunetas y de acuerdo con un amplio abanico de estudios consultados, se consideran peligrosas aquellas cunetas con profundidad mayor de 1 m o inclinaciones de taludes más inclinadas del 1:4, y por tanto deben ser tratadas de alguna u otra forma.



Comparación entre severidad de colisiones con barrera o cunetas (Fuente: Guide to Road Design, Part 6, Austroads)

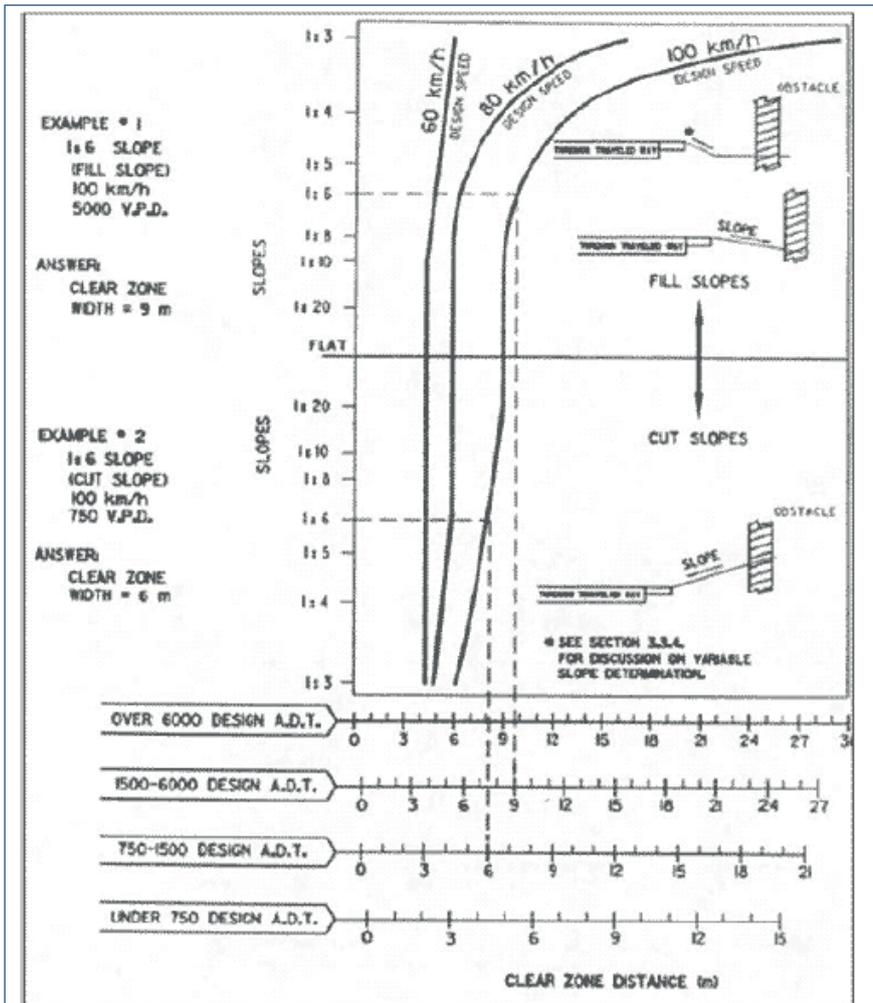


Gráfico para determinación de la anchura del área despejada (Fuente: Roadside Design Guide, AAHTO 2011)

Según los estudios del “Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation” en Canadá [10] (una de las referencias bibliográficas consultadas por la CEDR), se confirman los parámetros anteriormente expuestos, considerando taludes 1:4 o más tendidos como taludes deseables al reducir considerablemente la peligrosidad de la colisión contra ellos y las posibilidades de vuelco del vehículo en su salida hacia la cuneta.

5. Guía en Oceanía

En Australia y Nueva Zelanda, si nos fijamos en la parte 6 del Manual de Diseño de Carreteras, la que se refiere a las márgenes (Guide to Road Design, part 6: Roadside Design, Safety and Barriers; Austroads 2010) [11], se indican diversas opciones de diseño que no requieren de la disposición de barreras de seguridad.

Concretamente para los taludes se muestra una tabla que divide la severidad de una colisión contra un sistema de barreras de seguridad y la severidad de salida de vía hacia un talud sin barreras.

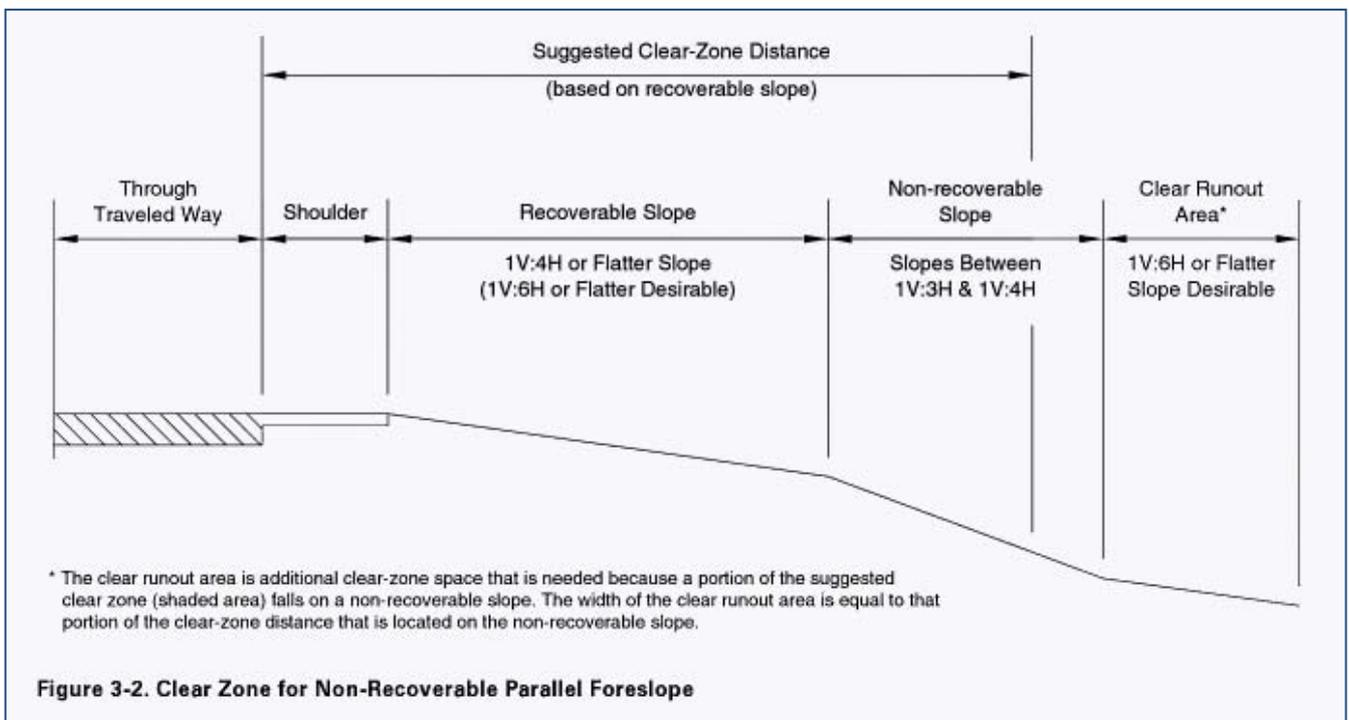


Gráfico zona despejada y taludes paralelos (Fuente: Roadside Design Guide, AAHTO 2011)

Table 3-1. Suggested Clear-Zone Distances in Meters (Feet) from Edge of Through Traveled Lane (6)

Design Speed (km/h)	Design ADT	Metric Units					
		Foreslopes			Backslopes		
		1V:6H or flatter	1V:5H to 1V:4H	1V:3H	1V:3H	1V:5H to 1V:4H	1V:6H or flatter
≤60	UNDER 750 ^a	2.0-3.0	2.0-3.0	≥	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0
	750-1500	3.0-3.5	3.5-4.5	≥	3.0-3.5	3.0-3.5	3.0-3.5
	1500-6000	3.5-4.5	4.5-5.0	≥	3.5-4.5	3.5-4.5	3.5-4.5
	OVER 6000	4.5-5.0	5.0-5.5	≥	4.5-5.0	4.5-5.0	4.5-5.0
70-80	UNDER 750 ^a	3.0-3.5	3.5-4.5	≥	2.5-3.0	2.5-3.0	3.0-3.5
	750-1500	4.5-5.0	5.0-6.0	≥	3.0-3.5	3.5-4.5	4.5-5.0
	1500-6000	5.0-5.5	6.0-8.0	≥	3.5-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5
	OVER 6000	6.0-6.5	7.5-8.5	≥	4.5-5.0	5.5-6.0	6.0-6.5
90	UNDER 750 ^a	3.5-4.5	4.5-5.5	≥	2.5-3.0	3.0-3.5	3.0-3.5
	750-1500	5.0-5.5	6.0-7.5	≥	3.0-3.5	4.5-5.0	5.0-5.5
	1500-6000	6.0-6.5	7.5-9.0	≥	4.5-5.0	5.0-5.5	6.0-6.5
	OVER 6000	6.5-7.5	8.0-10.0 ^a	≥	5.0-5.5	6.0-6.5	6.5-7.5
100	UNDER 750 ^a	5.0-5.5	6.0-7.5	≥	3.0-3.5	3.5-4.5	4.5-5.0
	750-1500	6.0-7.5	8.0-10.0 ^a	≥	3.5-4.5	5.0-5.5	6.0-6.5
	1500-6000	8.0-9.0	10.0-12.0 ^a	≥	4.5-5.5	5.5-6.5	7.5-8.0
	OVER 6000	9.0-10.0 ^a	11.0-13.5 ^a	≥	6.0-6.5	7.5-8.0	8.0-8.5
110 ^d	UNDER 750 ^a	5.5-6.0	6.0-8.0	≥	3.0-3.5	4.5-5.0	4.5-5.0
	750-1500	7.5-8.0	8.5-11.0 ^a	≥	3.5-5.0	5.5-6.0	6.0-6.5
	1500-6000	8.5-10.0 ^a	10.5-13.0 ^a	≥	5.0-6.0	6.5-7.5	8.0-8.5
	OVER 6000	9.0-10.51	11.5-14.0 ^a	≥	6.5-7.5	8.0-9.0	8.5-9.0

Notes:

- a) When a site-specific investigation indicates a high probability of continuing crashes or when such occurrences are indicated by crash history, the designer may provide clear-zone distances greater than the clear zone shown in Table 3-1. Clear zones may be limited to 30 ft for practicality and to provide a consistent roadway template if previous experience with similar projects or designs indicates satisfactory performance.
- b) Because recovery is less likely on the unshielded, traversable 1V:3H fill slopes, fixed objects should not be present in the vicinity of the toe of these slopes. Recovery of high-speed vehicles that encroach beyond the edge of the shoulder may be expected to occur beyond the toe of slope. Determination of the width of the recovery area at the toe of slope should consider right-of-way availability, environmental concerns, economic factors, safety needs, and crash histories. Also, the distance between the edge of the through traveled lane and the beginning of the 1V:3H slope should influence the recovery area provided at the toe of slope. While the application may be limited by several factors, the foreslope parameters that may enter into determining a maximum desirable recovery area are illustrated in Figure 3-2. A 10-ft recovery area at the toe of slope should be provided for all traversable, non recoverable fill slopes.
- c) For roadways with low volumes it may not be practical to apply even the minimum values found in Table 3-1. Refer to Chapter 12 for additional considerations for low volume roadways and Chapter 10 for additional guidance for urban applications.
- d) When design speeds are greater than the values provided, the designer may provide clear-zone distances greater than those shown in Table 3-1.

Tabla para determinación de la anchura del área despejada (Fuente: Roadside Design Guide)

Se puede observar que se consideran críticos no traspasables los taludes 1:3 o más inclinados. Hasta 1:3 se consideran traspasables y a partir de 1:4 se consideran traspasables y recuperables.

Igualmente para las cunetas se muestra una tabla que divide la severidad de una colisión contra un sistema de barreras y la severidad de salida de vía hacia la cuneta.

Se puede observar que varía en función de la base de la cuneta. Si la base de la cuneta es igual o superior a 1,2 m se permiten pendientes

mayores en los taludes de la cuneta. Para bases inferiores a 1,2 m, aproximadamente a partir de taludes 3:1 se considera preferible o menos peligroso la colisión con la cuneta que con la barrera.

6. Guía en Estados Unidos

La Guía de Diseño de Márgenes (Roadside Design Guide AASHTO 4th Edition 2011) [12] es la referencia en Estados Unidos para el diseño de márgenes de sus carreteras. Gran parte de las publicaciones mundiales al res-

pecto se basan en esta como modelo de referencia.

Aunque el área despejada depende de diversos factores como la velocidad de proyecto, tipo de talud y pendiente, y la IMD, en resumen, para taludes paralelos a la carretera se consideran:

- Talud traspasable y recuperable, 4:1 o más tendido.
- Talud traspasable pero no recuperable, entre 4:1 y 3:1.
- Talud crítico no traspasable, más pendiente del 3:1.

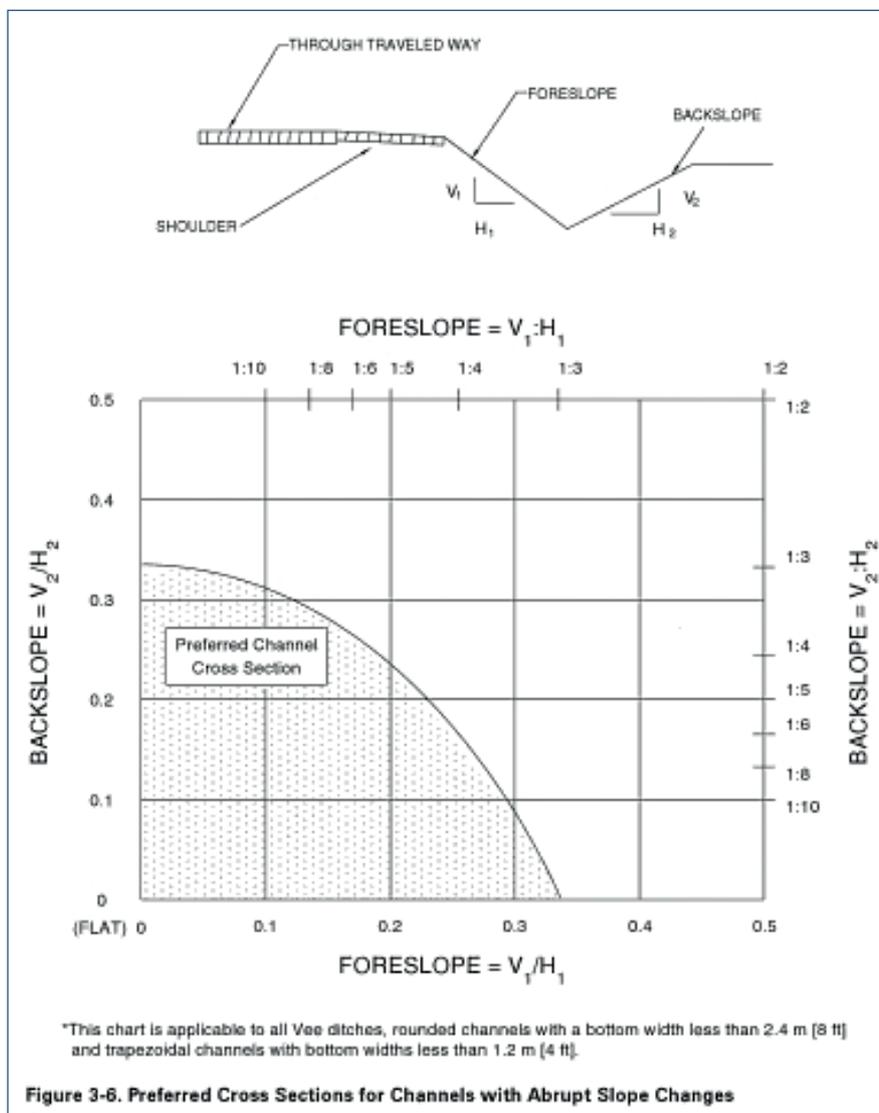


Figure 3-6. Preferred Cross Sections for Channels with Abrupt Slope Changes

Gráfico configuración básica de cunetas en V o trapeciales con base inferior a 1,2 m (Fuente: Roadside Design Guide, AAHSTO 2011)

Originalmente se consideró que una anchura de 30 pies (9 m aproximadamente) para el área despejada (clear zone), permitía al 80% de los vehículos descontrolados volver a la vía. Actualmente, la distancia de área despejada va variando en función de los parámetros mencionados, disminuyendo para carreteras de baja velocidad y baja intensidad de tráfico, hasta el punto que para velocidades por debajo de 60 km/h e intensidades IMD por debajo de 750 veh/día consideran que la inclinación de los taludes no es un factor crítico para su consideración.

Fuera del área preferente de diseño que se puede observar en los gráficos de cunetas, se recomienda redise-

ñar el sistema para evitar la necesidad de protegerlo o disponer barreras de seguridad para su protección, considerando que la cuneta se encuentra dentro del área vulnerable.

Como conclusión, se puede observar en los gráficos que para taludes iniciales más tendidos se permiten taludes finales más inclinados, y viceversa. Asimismo, para un mismo talud inicial, la cuneta trapecial con base superior a 1,2 m permite un talud final más inclinado que la cuneta en V o trapecial con base inferior a 1,2 m.

Asimismo, la guía recomienda siempre el redondeo de las uniones entre diferentes inclinaciones de taludes, aun cuando estos sean considerados recuperables. Para taludes

traspasables pero no recuperables, la guía recomienda que exista un área libre de obstáculos más allá del pie del talud traspasable pero no recuperable. Para taludes considerados críticos, la guía recomienda el estudio de su protección con barreras de seguridad.

7. Conclusiones

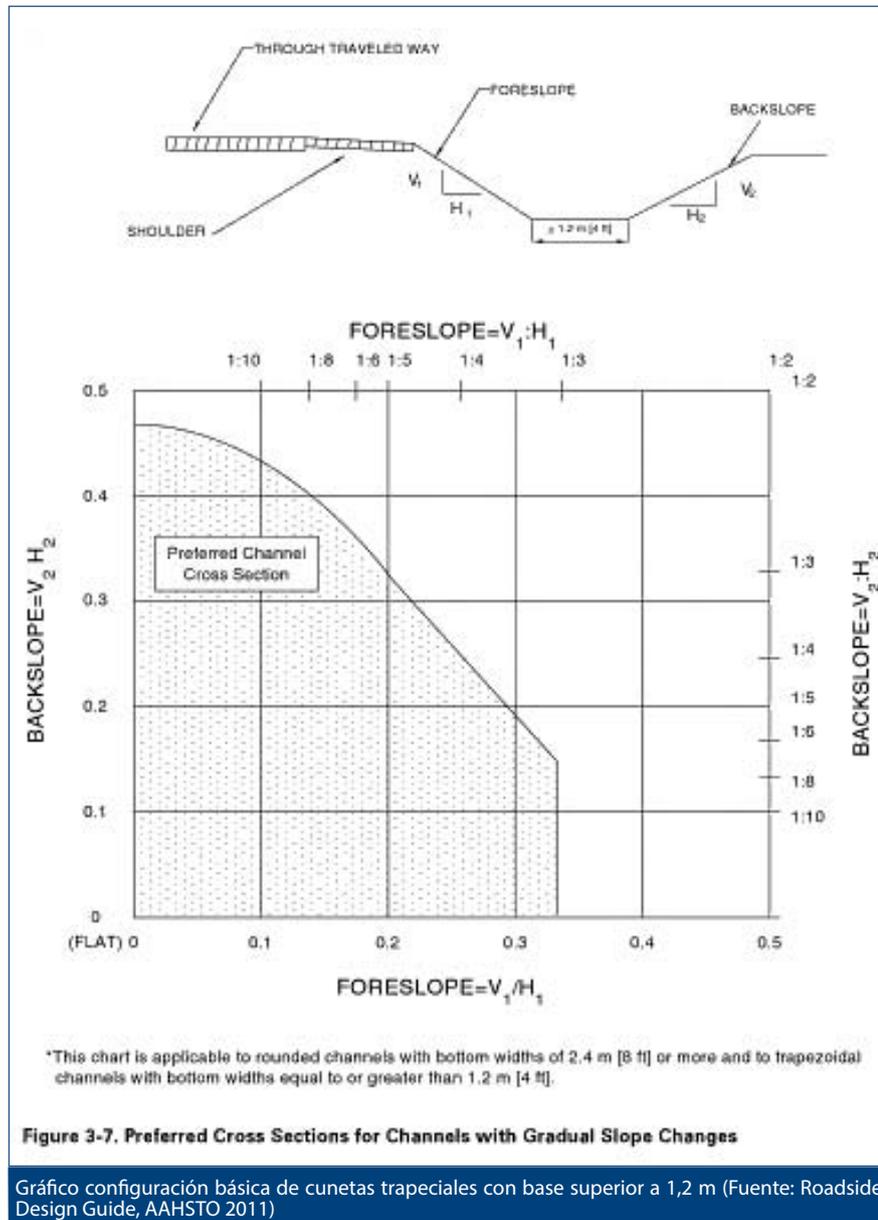
Aunque existe una multitud de estudios sobre el grado de seguridad de los taludes y cunetas, se observa que la "Roadside Design Guide" de la AASHTO, desde su versión original, ha ido marcando el camino en el diseño y estudio de los taludes, tanto para terraplenes y desmontes como para cunetas.

A modo de resumen e intentando aglutinar la disparidad de recomendaciones y resultados de cada uno de los estudios y normas consultadas, se podría afirmar para taludes que:

- Taludes 3H/1V se pueden considerar críticos, con alto nivel de riesgo de vuelco para los vehículos descontrolados que accedan a los mismos.
- Taludes 4H/1V se pueden considerar franqueables, aunque difícilmente se podrá reconducir un vehículo descontrolado que acceda a los mismos.
- Taludes 5H/1V, 6H/1V o más tendidos se pueden considerar taludes de seguridad, que facilitan a un vehículo descontrolado traspasar los mismos e incluso recuperar el control del mismo, siempre que no se encuentren otro tipo de obstáculos en la trayectoria de este.

En cuanto a cunetas, se podría considerar que:

- Existen ciertas ventajas en cuanto al nivel de seguridad de una cuneta trapecial frente a la cuneta triangular.
- Bases de cuneta trapecial a partir de 1,2 m incrementan el grado de seguridad de la misma considerablemente.
- En todo caso se recomienda el redondeo de las aristas que conforman los taludes de la cuneta.



En cualquier caso, los valores de los diversos estudios, normas e investigaciones, se consideran orientativos, de forma que son los responsables del proyecto o actuación los que deben optar por unos diseños u otros, dependiendo de los factores intervinientes en cada situación específica y de un compromiso entre los condicionantes técnico-económicos y la reducción de la accidentalidad.

En ese sentido, se hace necesario el desarrollo de metodologías que consideren los criterios de coste-eficacia, así como los diversos factores intervinientes en el diseño (tipo de carretera, velocidad prevista, IMD, etc.), de forma que ayuden a adoptar el diseño de márgenes

más apropiado en cada caso, incluidos taludes, cunetas u otros elementos del drenaje longitudinal.

8. Referencias Bibliográficas

[1] Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo; Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial; Madrid 1990.
 [2] Ministerio de Fomento; Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial; Madrid 2016.
 [3] Ministerio de Fomento; Criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos (O.C. 35-2014); Madrid 2014.
 [4] Ministerio de Fomento; Guía de

nudos viarios (O.C.32/2012); Madrid 2012.

[5] Ministerio de Fomento; Norma de trazado 3.1-IC versión provisional Marzo 2015; Madrid 2015.
 [6] Ministerio de Fomento; Norma de trazado 3.1-IC; Madrid 2016.
 [7] Mijangos Linaza, J., Perandones Peidro J.M., Hipólito de Gregorio, L.; El proyecto de investigación OASIS. Mejoras de la seguridad y mantenimiento en los márgenes de las autopistas. Margen en desmonte y terraplén, VI Congreso Nacional de Seguridad Vial; Logroño 2013.
 [8] CEDR Technical Group Road Safety; Forging roadsides design guide, November 2012.
 [9] RISER consortium. D06: European Best Practice for Roadside Design: Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads. RISER deliverable, February 2006.
 [10] Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation; Roadside Design Guide; Alberta, Canada, November 2007.
 [11] Austroads; Guide to Road Design Part 6: Roadside Design, Safety and Barriers; Sydney, 2010.
 [12] AASHTO; Roadside Design Guide; American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington 2011.
 [13] AASHTO; Highway Safety Manual; American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington 2010.
 [14] AASHTO; Highway Design and Operational Practice Related to Highway Safety; American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington 1967.
 [15] AASHTO; A Policy on Geometric Design of Highways and Streets; American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington 2011.
 [16] AASHTO; Guidelines for Geometric Design of Very Low-Volume Local Roads (ADT≤400); American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington 2011. ❖

El proyectista ante las exigencias de comportamiento al fuego de los túneles



Designing for fire behaviours in tunnels.
Challenges and lesson learnt

Comité de túneles de la Asociación Técnica de Carreteras
Subgrupo de Trabajo específico "Comportamiento al fuego"
Asociación Técnica de Carreteras (ATC)

Juan Ramón López Laborda
*Ingeniero de Caminos, Canales
y Puertos*

Diego Abril Saéz
Ingeniero Industrial

Revisor
José Ramón Ochoa Vega
Ingeniero de Minas

Resumen

En general, el nivel de seguridad de un túnel de carretera es comparable al de los tramos a cielo abierto. En efecto, el número de víctimas en carretera por km y vehículo es menor en túneles que en el resto de la red viaria. Sin embargo, existen determinados incidentes, que en caso de producirse en un túnel, podrían tener unas consecuencias mucho más graves que si se desarrollasen a cielo abierto. La Directiva 2004/54/CE y el Real Decreto 635/2006 sobre requisitos mínimos de seguridad en túneles de carretera recogen, de forma muy genérica, las exigencias en el comportamiento frente al fuego de la estructura y de los equipamientos. Además, en España no existe un marco de referencia único que establezca los requisitos a cumplir o fije los criterios metodológicos a seguir por lo que los proyectos de túneles recogen a veces soluciones diferentes e incluso incompatibles. Junto a esto, la incorporación a los túneles de complejos equipamientos de seguridad ha hecho obligatorio la intervención de profesionales de diferentes especialidades con visiones en algunos casos contrapuestas e incluso a la utilización, sin un análisis previo, de soluciones procedentes de otros ámbitos tecnológicos cuya aplicación en los túneles no siempre ha sido satisfactoria. Durante los últimos años la normativa sobre comportamiento al fuego de los materiales en general, incluyendo nomenclatura y sobre todo el enfoque metodológico, ha ido cambiando tanto en España como en Europa. En este artículo, se presenta el estado del arte en lo que respecta al comportamiento al fuego, especialmente de los equipamientos de seguridad, y se repasan determinados aspectos que pueden resultar de interés para el proyectista

Abstract

In general, safety level is comparable in road-tunnels and in open-space sections. In fact, casualty index per km and vehicle, results lower in tunnels than in the rest of the infrastructures. However, there are some accidents that in case of occurring in a tunnel could have much worse consequences than in the open space. Fire resistance requirements for tunnel infrastructures and services are gathered in the documents 2004/54/CE European Directive and "Real Decreto" 635/2006. Besides, in Spain there is not a unique reference for these requirements establishing or for procedure-to-follow definition, so tunnel safety projects could result in different or even non-compatible solutions. In addition, the inclusion of complex safety equipment for the time being has forced the participation of different professionals coming from several disciplines, in some cases with contradictory points of view. Solutions coming from other areas and that have not been successfully tested in tunnels are used without any previous analysis. Fire performance standards for construction materials have changed both in Spain and in Europe during the last years, mainly regarding to nomenclature and methodology. State of the art at this respect -fire resistant performance- is presented in this article, mainly dealing with safety equipment. In addition, several aspects that could result of the interest for the designer are also discussed herein below.

Prólogo

Los importantes incendios ocurridos en los túneles de carretera alpinos de gran longitud entre 1999 y 2005 provocaron la seria preocupación del público, las administraciones y la industria con respecto a la seguridad contra incendios de los túneles de carretera, habiéndose llevado a cabo numerosas investigaciones administrativas y judiciales, algunas de las cuales aún no se han resuelto.

Estas catástrofes dieron pie a la generación de numerosos estudios, incluyendo los llevados a cabo por asociaciones profesionales tales como AIPCR y la ITA (Asociación Internacional de Túneles, ITA en inglés). También provocaron el establecimiento de redes temáticas europeas y de proyectos de investigación tales como los denominados en inglés, FIT, Safe-T, UPTUN, DARTS, Safe Tunnel, Virtual Fires, Sirtaki, L-Surf y Eurotap.

Los incendios en túneles son sucesos infrecuentes, pero de consecuencias potencialmente graves. Desde hace ya tiempo los proyectistas y la ingeniería de túneles han tomado conciencia de este hecho y han desarrollado herramientas de análisis, criterios de proyecto y técnicas de respuesta que permiten alcanzar un grado de seguridad suficiente. Los problemas teóricos y prácticos que plantea el estudio experimental y la modelación de los incendios son importantes y conviene tener presente cuales son las posibilidades y limitaciones de las herramientas de que se dispone.

En general el fuego daña a los materiales habitualmente empleados en la construcción y en las instalaciones y equipamientos. Si son combustibles se suman a la carga del fuego y se consumen durante el incendio mientras que si no lo son disminuyen su capacidad resistente y su rigidez y se ven sometidos a deformaciones impuestas por la elevada temperatura que provoca el fuego. Por tanto la resistencia al fuego es una prestación que ofrecen los materiales no combustibles que, además, son capaces de soportar elevadas temperatu-

ras manteniendo un grado de resistencia suficiente para que no se produzca su ruina.

Por este motivo se hace precisa la disponibilidad de una reglamentación clara, concisa, homogénea y sin contradicciones que enmarque las exigencias que deben cumplir todos y cada uno de los componentes de los sistemas que constituyen las instalaciones y equipamientos de un túnel para garantizar sus prestaciones y durabilidad en una situación de incendio principalmente los que son esenciales o neurálgicos para la seguridad tanto de los usuarios como de los servicios de emergencia y de ayuda a la autoevacuación además de garantizar unas condiciones mínimas de explotación aceptables, evitando la existencia en el mercado de productos no homologados que a veces por mala práctica pasan a formar parte de este tipo de obra pública.

Con este planteamiento, dado que en un túnel intervienen aspectos muy multidisciplinarios que hacen que en muchas facetas se pueda estar en extremos opuestos bien por exceso de reglamentación o por falta de ésta, y lo que es más grave, como ya se ha dicho, con la existencia de contradicciones, que conllevan en muchas ocasiones a un desconocimiento de la normativa o bien a un incumplimiento de la misma, es por lo que el Comité de Túneles de la Asociación Técnica de Carreteras decidió abordar este asunto dando lugar al artículo que ahora se presenta

uno de cuyos objetivos fundamentales es el de reflexionar y poner una señal de alarma sobre un tema al que muchas veces no se le presta la atención que se debe y que está atravesando una época de cambios que no todos conocen, así como el de crear un foro de debate que ayude a un mejor conocimiento del estado del arte en esta materia y a garantizar una buena práctica que mejore las condiciones de seguridad del túnel.

Profundizar sobre cada uno de los temas debe ser una continuación de lo que en el artículo se expone y objeto de debate interno entre los diferentes especialistas a los que afecta.

Por Rafael López Guarga
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Presidente del Comité Técnico C5:
Túneles de Carretera de la Asociación
Técnica de Carreteras

Situación de partida para un proyectista informado

Hoy en día, a un proyectista, informado o no, le es fácil acceder a una panoplia de normas, disposiciones y recomendaciones de diferentes rangos y nacionalidades e incluso en la misma nacionalidad procedentes de distintos organismos que a veces se contradicen. Dependiendo de su origen geográfico, formación académica o sector en el que haya desarrollado



Figura 1. El proyectista como conjunto de profesionales que comparten experiencias

su actividad profesional confiará más en una norma u otra o en el peor de los casos se referenciará en algún otro proyecto arrastrando sus vicios originales y así sucesivamente como si fuera el “gen egoísta” de Dawkins. El proyectista más informado confiará su suerte a conceptos más recientes en la seguridad de túneles como el diseño por prestaciones que sobrevuela imparables tapando el diseño por requisitos que tan cómodo resulta para algunos. Hay que aclarar que el término proyectista no se refiere a una persona individual, figura casi renacentista, sino a un conjunto de profesionales que comparten sus experiencias y conocimientos.

El nivel de seguridad de un túnel de carretera es comparable al de los otros tramos a cielo abierto. En efecto, el número de víctimas en carretera por km y vehículo es, por norma general, menor en túneles que en el resto de la red viaria. Sin embargo, existen determinados incidentes, que en caso de producirse en un túnel, tienen unas consecuencias mucho más graves que si se producen a cielo abierto. Entre estos incidentes se encuentran el vertido de sustancias tóxicas, las inundaciones, el incendio, etc, siendo éste último el que tiene una mayor influencia en la seguridad de los usuarios. De hecho, las mayores tragedias que se han registrado en túneles de carretera han sido debidas a un incendio, cuyo análisis ha dado lugar a un importante desarrollo normativo en este ámbito. (1)

Sin embargo, la Directiva 2004/54/CE (2) y el Real Decreto 635/2006 de requisitos mínimos de seguridad en túneles de carretera (3) recogen de forma muy genérica las exigencias en el comportamiento frente al fuego de la estructura y de los equipamientos. Además, en España no existe un marco de referencia único que establezca los requisitos a cumplir o fije los criterios metodológicos a seguir por lo que los proyectos de túneles recogen a veces soluciones diferentes e incluso incompatibles.

El RD 635/2006 hace dos referencias relacionadas con el comportamiento al fuego:

“Artículo 2.9 Resistencia de la estructura a los incendios y al agua.

2.9.1 la estructura principal de todos los túneles en los que el derrumbamiento local de la estructura pueda tener consecuencias catastróficas (por ejemplo, túneles subacuáticos o túneles que puedan causar el colapso de estructuras próximas de importancia) garantizará un nivel suficiente de resistencia al fuego”

Artículo 2.20. Resistencia de los equipos al fuego

El grado de resistencia al fuego de todos los equipos del túnel será el adecuado para mantener sus funciones de seguridad en caso de incendio en aquel”

Tomando como base estas dos referencias tan generales, el proyectista debe abordar un tema tan complejo y de consecuencias tan graves como es el diseño del comportamiento al fuego del túnel en su conjunto. La inexistencia de un marco único que establezca los requisitos a cumplir o fije los criterios metodológicos a seguir en los proyectos de túneles conlleva a que en ocasiones se recojan en una misma infraestructura soluciones incompatibles entre sí. Además, la incorporación a los túneles de complejos equipamientos de seguridad ha hecho obligatorio la intervención de profesionales de diferentes especialidades con visiones en algunos casos contrapuestas e incluso a la utilización, sin un análisis previo, de soluciones procedentes de otros ámbitos tecnológicos cuya aplicación en los túneles no siempre ha sido satisfactoria.

Durante los últimos años la normativa sobre comportamiento al fuego de los materiales en general, incluyendo nomenclatura y sobre todo requerimientos, ha ido cambiando tanto en España como en Europa. El Centro de Estudio de Túneles de Lyon (CETU) publicó en 2005 una Guía Metodológica sobre el Comportamiento al Fuego de Túneles de Carreteras (4) y en 2011 un complemento a la misma (5). El Manual de Túneles de la World

Road Association (6) incluye también referencias que pueden consultarse, habiéndose creado en otros ámbitos de la industria y la construcción grupos de trabajo relacionados con la seguridad frente a incendios.

¿Resistencia o comportamiento al fuego?

Cualquier producto que se incorpore a una obra de construcción, incluyendo tanto las de edificación como las de ingeniería civil, debe cumplir unos requisitos básicos de Seguridad en caso de incendio.

Informados de las condiciones que establece el Real Decreto de Seguridad 635/2006, el proyectista se marca la obligación de ser lo más riguroso posible al menos en cuanto a la definición de conceptos. Los artículos citados en el apartado anterior se refieren a la resistencia al fuego y obvian un aspecto mucho más amplio como es el comportamiento al fuego.

Con el término “Comportamiento al fuego” se entiende la respuesta de un elemento cuando se expone a un fuego específico o, si se utiliza la definición que se incluye en la norma UNE EN13.943, “cambio en, o mantenimiento de, las propiedades físicas y/o químicas de un objeto y/o estructura expuesta al incendio”. (7)

Este concepto incluye tanto la reacción como la resistencia al fuego. Mientras que la reacción evalúa la respuesta de un producto que expuesto al fuego pudiera contribuir con su propia descomposición al desarrollo del mismo, la resistencia al fuego indica su capacidad para mantener determinadas propiedades en esta situación. Por lo tanto un determinado sistema o subsistema puede incluir productos que no incrementen la peligrosidad del incendio pero que no sean capaces de mantener sus funciones, por lo que el proyectista debe establecer los diferentes niveles de seguridad contra el fallo de los mismos basándose en las normas y/o su experiencia.

La norma UNE EN13.943 define ambos conceptos de la siguiente manera:

- Reacción al fuego: respuesta de una muestra cuando se expone a un fuego bajo las condiciones especificadas en un ensayo de fuego
- Resistencia al fuego: capacidad de una muestra de resistir un fuego o dar protección frente a él durante un tiempo.

La Comisión Europea a través de su Decisión 2000/147 (8), derogada, publicó la clasificación de productos en función de su reacción al fuego: las conocidas como Euroclases A1, A2, B, C, D, E y F, enumeradas de mejor a peor reacción al fuego, con lo que se pretendía unificar los diferentes métodos de clasificación y evaluación que existían en Europa. En España, el RD 842/2013 y el Reglamento Delegado UE 2016/364 son el marco actualmente vigente que recoge dicha clasificación. (9) (10)

Para clasificar los productos en función de su reacción al fuego es necesario:

- identificar los que no contribuyen al incendio o lo hacen de forma poco importante;
- medir el calor desprendido cuando se los quema totalmente;
- evaluar su contribución al desarrollo del fuego producido por un único objeto situado en la esquina de una habitación y próximo a ellos;
- evaluar su inflamabilidad expuestos a una llama pequeña, existiendo un conjunto de ensayos normalizados UNE que permite comprobar estos requisitos: ensayos de no combustibilidad, calor de combustión, un único objeto ardiendo y ensayo de inflamabilidad.

Adicionalmente, para cada una de las Euroclases, a excepción de la clase A, se deben declarar unas categorías relativas a la emisión de humos y a la caída de gotas/partículas inflamadas, distinguiéndose tres categorías (s1, s2 y s3), según la velocidad de propagación del humo SMOGRA, en lo referente a la emisión de humos, y otras tres



Figuras 2 y 3. Ensayo a escala real "Room Corner Test" con maquetas realizadas según ISO 9.705 y EN 14.390

categorías adicionales (d0, d1 y d3) en función de la posible producción de gotas durante un determinado tiempo, en lo referente a la caída de gotas.

Los cables eléctricos, de singular importancia en los túneles, se tratan de forma diferenciada en la normativa por lo que en este artículo se tiene la misma consideración.

El segundo concepto que debe considerarse para evaluar el comportamiento al fuego de un producto es su resistencia al fuego que permite conocer la capacidad de una muestra, en unas determinadas condiciones de ensayo, para resistir un fuego (de laboratorio). Debe tenerse en cuenta que el comportamiento real de un producto de construcción sometido a un incendio diferirá del obtenido en la muestra en condiciones de laboratorio.

Los criterios principales, pero no únicos, utilizados para evaluar la resistencia al fuego son: integridad (E), estabilidad o capacidad portante (R), aislamiento térmico (I), funcionalidad de los extractores de humo (F) y continuidad de alimentación eléctrica (PH)

La integridad (E) es la capacidad de un elemento de separación de contener el fuego cuando una de sus caras está expuesta al mismo; se expresa en minutos y para medirla, se establecen tres modos de fallo:

- grietas o fisuras que superen las dimensiones establecidas;
- ignición de una almohadilla de algodón;
- llama mantenida en la cara no expuesta.

La estabilidad o capacidad portante (R) es la capacidad de un elemento de construcción expuesto al fuego de mantener durante un periodo de tiempo y bajo unas determinadas cargas su estabilidad estructural sin llegar al colapso.

El aislamiento térmico (I) expresa el tiempo en minutos durante el que la muestra continúa manteniendo su función de separación sin que se produzca hacia su cara no expuesta una transferencia de calor significativa, medido a través del aumento de temperatura medio y máximo que se produce en esa cara. De esta manera se evita que se produzca la ignición en la cara no expuesta o en un elemento próximo a ella.

En los ensayos de los principales elementos de construcción que se incluyen en un túnel se utiliza la curva ISO-834 que se expresa mediante la siguiente fórmula.

$$T=345\log(8t+1)+20$$

Siendo T la temperatura del aire en grados Celsius y t el tiempo en minutos.

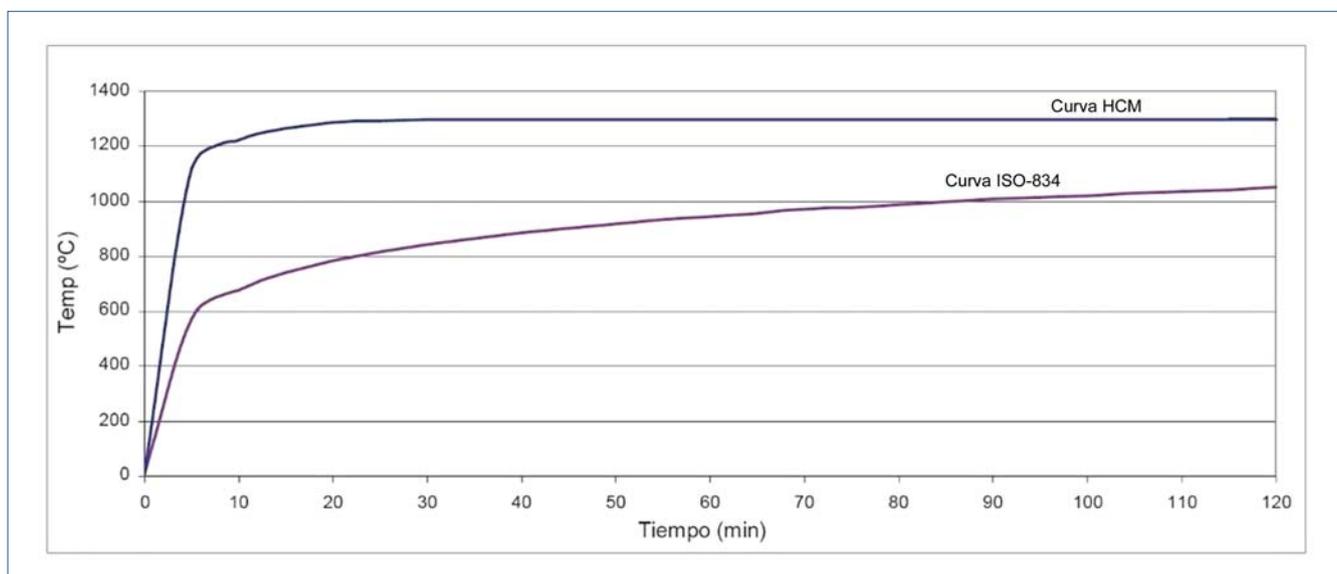


Figura 4. Curvas ISO-834 y HCM

Un incendio que siga esta función alcanzaría 700°C en apenas doce minutos y llegaría hasta los 1.153°C tras cuatro horas (240 minutos).

La función HCM o de hidrocarburos modificada, que aparece en las recomendaciones francesas, se puede expresar por la siguiente fórmula.

$$T=1,280(10,325e^{0,167t}0,675e^{2,5t})+20$$

El aumento de la temperatura es inicialmente muy rápido, alcanzando más de 1.200°C tras los diez primeros minutos del incendio. A los 120 minutos la temperatura está estabilizada en 1.300°C.

Estas funciones se representan gráficamente por las siguientes curvas en el gráfico 4.

Para otros elementos, como los ventiladores, se utiliza el criterio de la funcionalidad (F) que permite evaluar su funcionamiento bajo unas condiciones de ensayo, que se realiza a temperatura constante eligiendo en un rango entre 200°C y 842°C.

Por último, la continuidad de la alimentación eléctrica (PH) se refiere a la capacidad de los cables eléctricos u ópticos de pequeño diámetro para mantener de forma fiable el suministro eléctrico. El ensayo se realiza a temperatura constante de 842°C.



Figura 5. Ensayo de Resistencia al Fuego según UNE-EN 50.200 para cableado. (Cortesía de Prysmian. Cable Afumex Class Firs)

El túnel, ¿local de pública concurrencia?

El proyectista debe tener presente que determinadas instalaciones deben ser legalizadas ante los servicios de industria competentes en la materia y que por lo tanto además del cumplimiento de disposiciones generales deben cumplir la reglamentación y los procedimientos de Seguridad Industrial que sean de aplicación. La omisión de esta responsabilidad hacia otros agentes que intervienen posteriormente en la obra es causa de problemas y puede retrasar su puesta en servicio.

Por tanto, en el momento de definir las características de determi-

nados sistemas o de los elementos que los componen hay que tener en cuenta ciertas normas específicas y entre ellas el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) (11) y sus Instrucciones Técnicas, especialmente la número 28 "Instalaciones en locales de pública concurrencia", dado que puede considerarse al túnel como un local de pública concurrencia, al ser su ocupación en muchas ocasiones superior a 100 personas, consideración que implica obligaciones en cuanto a los requisitos de comportamiento al fuego de los cables eléctricos, alumbrado y otras condiciones de seguridad.



Figura 6 Bomberos sofocando el incendio de un vehículo en un túnel



Figura 7. Camión de bomberos en el túnel de Mont Blanc

¿Dónde están los bomberos?

Las medidas de seguridad que deben adoptarse en un túnel están dirigidas a evitar que se produzca cualquier incidencia y si ésta se produce a minimizar sus consecuencias, en primer lugar en las personas y luego en los medios materiales. Ambos tipos de medidas son conocidas por los profesionales del ámbito de la seguridad y obliga a considerar el túnel de forma similar, con muchos matices, a una implantación industrial o a un edificio de concurrencia pública, debiéndose cumplir unas obligaciones legales que además de ayudar al enfoque de la seguridad pongan al proyectista a salvo de incumplimientos formales, evitándole problemas en posibles litigios.

En algunos túneles, además de disponer de instalaciones de protección contra incendios y de locales que albergan equipos, existen edificios dedicados al control, oficinas, talleres, almacenes de repuestos o garajes. Por tanto debe valorarse en cada caso la obligación de cumplir, además de las del propio sector de actividad, las normativas del ámbito industrial (12) (Reglamento de Seguridad contra incendio en establecimientos indus-

triales), las de la edificación (13) (CTE Seguridad en caso de incendio) y las de Protección Civil (Normas de Auto-protección).

Singular referencia merece el Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios, RIPCI, que establece las condiciones que deben cumplir los equipos para su instalación y mantenimiento. Este Reglamento, hasta hace poco, era de obligado cumplimiento para los equipos instalados en el túnel y por lo tanto el proyectista definía sus condiciones de acuerdo con lo que allí se prescribía, entre otros temas, el cumplimiento de las normas UNE y la periodicidad del mantenimiento, tomándose como referencia para definir la dotación de equipamientos el RD 635/2006. En junio de 2017 se publicó en el BOE un nuevo Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios (14) en el que se cita de forma novedosa en su artículo 1 "objeto y ámbito de aplicación" el RD 635/2006 seguramente para destacar su carácter diferencial como infraestructura respecto a los establecimientos industriales pero también por aspectos competenciales entre ministerios. Sin embargo parece una reseña innecesaria que añade cierta confusión y puede inter-

pretarse como si los equipamientos de los túneles quedaran fuera del Reglamento, que de ser así, dada la generalidad con la que el RD 635/2006 trata alguno de estos temas, podrían generarse situaciones de indefinición en asuntos como el mantenimiento, instaladores homologados u otros alcances.

Por fortuna, en cuanto a las especificaciones a cumplir por los equipos, el Reglamento Europeo de Productos de la Construcción (15) obliga a instalar equipos con marcado CE y el Manual de Explotación, obligatorio según el Real Decreto, debe recoger el plan de mantenimiento y en opinión del Comité de Túneles incluir el cumplimiento del RIPCI como referencia para las instalaciones de protección contra incendios que se proyecten.

Otro ejemplo de confusión al que se enfrenta el proyectista son las condiciones en las que va a suministrar agua a los bomberos; cuestiones como la garantía de disponibilidad de un volumen mínimo o el caudal y rango de presiones en los hidrantes aparecen desde los primeros pasos del proyecto. Para ello el RD 635/2006 remite a la derogada Norma Básica de la Edificación, cuyo alcance y condiciones de actuación de los servicios

Rutas Técnica

de emergencia difieren mucho de lo que ocurre en un túnel, lo que lleva a los conocidos valores de 240 m³ o 120 m³ de volumen de agua y a garantizar el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes durante dos horas con caudal unitario de 60 m³/h y presión de 1 bar. Al derogarse la Norma Básica y entrar en vigor el Código Técnico de la Edificación ya no se recogen valores de caudal ni de presión, por lo que o se aplican los ya citados o los de otras normativas como la Circular francesa de agosto de 2000 (16), la NFPA (17), el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales, túneles o el nuevo RIPCI.

La clave, no son tanto los valores que se adopten sino el significado de los valores adoptados. No es posible realizar un buen proyecto o al menos un proyecto coherente sin conocer por ejemplo las estrategias de actuación de los bomberos o el tipo de mangas y lanzas que se utilicen en los parques más próximos; una presión de 1 bar en el hidrante sólo será útil para llenar la autobomba pero no para acoplar las mangueras y actuar directamente si así lo consideran los bomberos en su plan de ataque. El valor utilizado por la mayoría de 120 m³ puede tener su origen en una normativa francesa de los años cincuenta que justifica este valor en función de las motobombas disponibles en los parques de la época, 60m³/h, y el tiempo para apagar un incendio, 2 horas. Sin embargo sabemos que algunos incendios duran más y la tecnología ha cambiado mucho en casi setenta años.

Con este ejemplo se pretende mostrar la falta de referencias claras para nuestro proyectista informado y cuando existen no siempre parecen las más adecuadas para el ámbito que nos ocupa.

Por lo tanto se recomienda que se proyecten las instalaciones contando con los profesionales que las van a utilizar, bomberos, servicios de emergencia, operadores de túneles, y teniendo en cuenta las lecciones aprendidas en los simulacros y ejercicios de autoprotección.



Figura 8. Brigada de bomberos acometiendo una tarea de extinción

Otras consideraciones que afectan a cables y ventiladores

De acuerdo con lo indicado anteriormente, el proyectista debe tener en cuenta dos premisas básicas:

- En caso de incendio, las instalaciones no deben contribuir al mismo ni a propagarlo;
- Determinadas instalaciones (instalaciones críticas) deben mantener su funcionamiento en caso de incendio al menos durante un tiempo mínimo.

En general, los sistemas de seguridad del túnel se pueden clasificar en varios grupos:

- los destinados a evitar que se produzcan incidentes (iluminación, señalización, drenaje);
- los destinados a detectar rápidamente cualquier incidente que se produzca (circuito cerrado de televisión, detector automático de incidentes, detección lineal de incendios...);
- los destinados a facilitar la evacuación de los usuarios en caso de incidente (iluminación de evacuación, señalización de emergencia, megafonía...);
- los destinados a evitar la propagación y expansión del incendio (ventilación, drenaje vertidos tóxicos/inflamables...);
- los destinados a facilitar las labores de los servicios de emergencia (red de hidrantes, sistema de radiocomunicaciones, ...).

De todas estos sistemas, los que resultan críticos, una vez que el incendio ha comenzado, serían los destinados a facilitar la auto evacuación de los usuarios y los destinadas a evitar la propagación del fuego y del humo, siendo uno de los principales equipamientos de seguridad en un túnel el sistema de ventilación. Para fijar su resistencia al fuego una referencia habitual en los proyectos es la Instrucción Técnica anexa a la Circular francesa de agosto de 2000, que para el caso de ventilación longitudinal con prohibición de paso de mercancías peligrosas específica 200°C y 2 horas, elevándose a 400°C en el caso de admitirlo. La práctica habitual en los proyectos es prescribir 400°C y 2 horas independientemente del tipo de mercancía permitida. Aunque la temperatura que se alcanza en un incendio puede ser mayor, la pérdida de rendimiento del ventilador a altas temperaturas es tal que con los equipos actualmente disponibles un aumento en la seguridad exigiendo mayores prestaciones de resistencia al fuego sería mínimo, careciendo de interés en la práctica que el ventilador tenga una resistencia al fuego superior. Las normas UNE EN 12.101-3 y UNE 13.501, (18) (19) recogen las especificaciones que deben cumplir los ventiladores y la clasificación en función de su resistencia al fuego.

Por tanto, llegados a este punto, se debe ser muy exigente en que los ca-



Figura 9. Ventiladores en galería de evacuación en el túnel de Rañadoiro y a la derecha ventiladores en el túnel de Petralba (N-260)

bles de alimentación que suministran energía a los equipos de ventilación y a otros equipamientos e instalaciones de seguridad, como son la alimentación eléctrica o la iluminación de emergencia, no colaboren en aumentar los efectos del incendio y que mantengan de forma fiable su funcionalidad con una resistencia al fuego acorde con la del equipo al que acometen.

En la normativa específica de túneles de aplicación a nivel nacional (Directiva Europea 2004/54/CE y RD 635/2006) no se concreta qué tipo de cable debe utilizarse para alimentar cada equipo de seguridad. Sí que se definen los criterios generales, estableciendo el apartado 2.17 de la Directiva 2004/54/CE, "Los circuitos eléctricos, de medida y de control estarán diseñados de tal manera que un fallo local, debido, por ejemplo a un incendio, no afecte a los circuitos que no hayan sufrido daños"; y el 2.19.2 del RD 635/2006 que "Los circuitos eléctricos, los de medida y los de control estarán diseñados de tal manera que un fallo local, por cualquier causa, no afecte a los circuitos que no hayan sufrido daños", debiéndose por tanto exigir una resistencia al fuego suficiente para mantener las necesarias funciones de seguridad en caso de incendio.



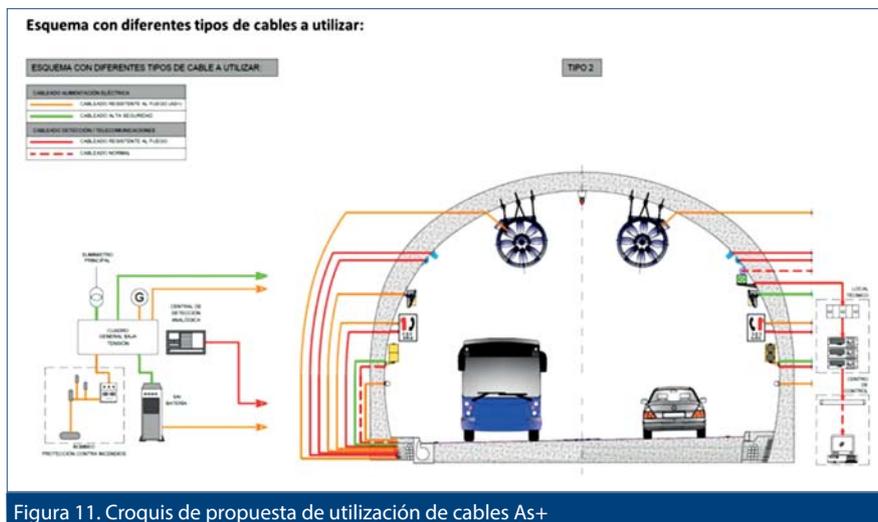
Figura 10. Ventiladores en caverna. Túnel de Somport

En otras normas no específicas de túneles sí que se detallan las exigencias para cada tipo de cable según su uso. Es el caso del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), que en su instrucción técnica 28 "Instalaciones en locales de pública concurrencia" especifica que "los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad no autónomos o a circuitos de servicios con fuentes autónomas centralizadas, deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a la norma UNE-EN-50200 y tendrán emisión de humos y opacidad reducida". Estos circuitos deberían pro-

yectarse con cables AS+ o de alta seguridad.

Entre los circuitos críticos cabría destacar al menos:

- alimentación a ventiladores principales;
- iluminación de emergencia por interrupción del suministro eléctrico o de evacuación que no cuenten con equipos autónomos;
- conexiones entre cuadros principales y secundarios cuando de éstos dependa la alimentación a equipos críticos;
- sistemas de detección y alarma de incendios;



- redes troncales de comunicaciones (fibra óptica del sistema de comunicaciones de la GTC, vídeo vigilancia, etc.).

Sin embargo, las temperaturas máximas que pueden registrarse en un túnel en caso de incendio pueden

superar el nivel de resistencia de los cables normalizados (AS+), ensayados a una temperatura de 842°C, por lo que su instalación aérea a lo largo del túnel no asegura al 100% la resistencia frente a un incendio, siendo recomendable aplicar algún tipo de

protección adicional. Una manera de asegurar esta resistencia al fuego es realizar la instalación de los cables de forma subterránea o embebida en el hormigón de la sección perimetral del túnel.

Como ya se ha indicado al principio del artículo para evaluar el comportamiento al fuego se debe considerar tanto la reacción como la resistencia, siendo ambos aspectos en el caso de los cables de singular importancia por lo que deben ser objeto de especial atención por el proyectista, siendo sorprendente que sólo desde el 1 de julio de 2017, fecha de entrada en vigor del RIPCI, pueda asegurarse que los cables con marcado CE que se comercializan cumplan las mismas prescripciones en cuanto a su comportamiento al fuego independientemente de su procedencia. La consideración del túnel como local de pública concurrencia obliga a que los cables cumplan como mínimo con una clase de reacción al fuego determinada (Cca – s1b, d1, a1), exigencia que el proyectista debe de tener en cuenta, debiéndose verificar su cumplimiento en obra al recepcionar el material con el adecuado marcado (el requisito adicional a1 se refiere a la acidez de los gases emitidos durante el incendio). Respecto a la resistencia al fuego todavía no existe una armonización en la clasificación y el código de colores que se utiliza puede llevar a la confusión según la procedencia



Figuras 13 y 14. Colocación de tubos embebidos hasta la clave en el canto de la junta entre puestas del revestimiento. Túnel de Caldearenas en la A-23

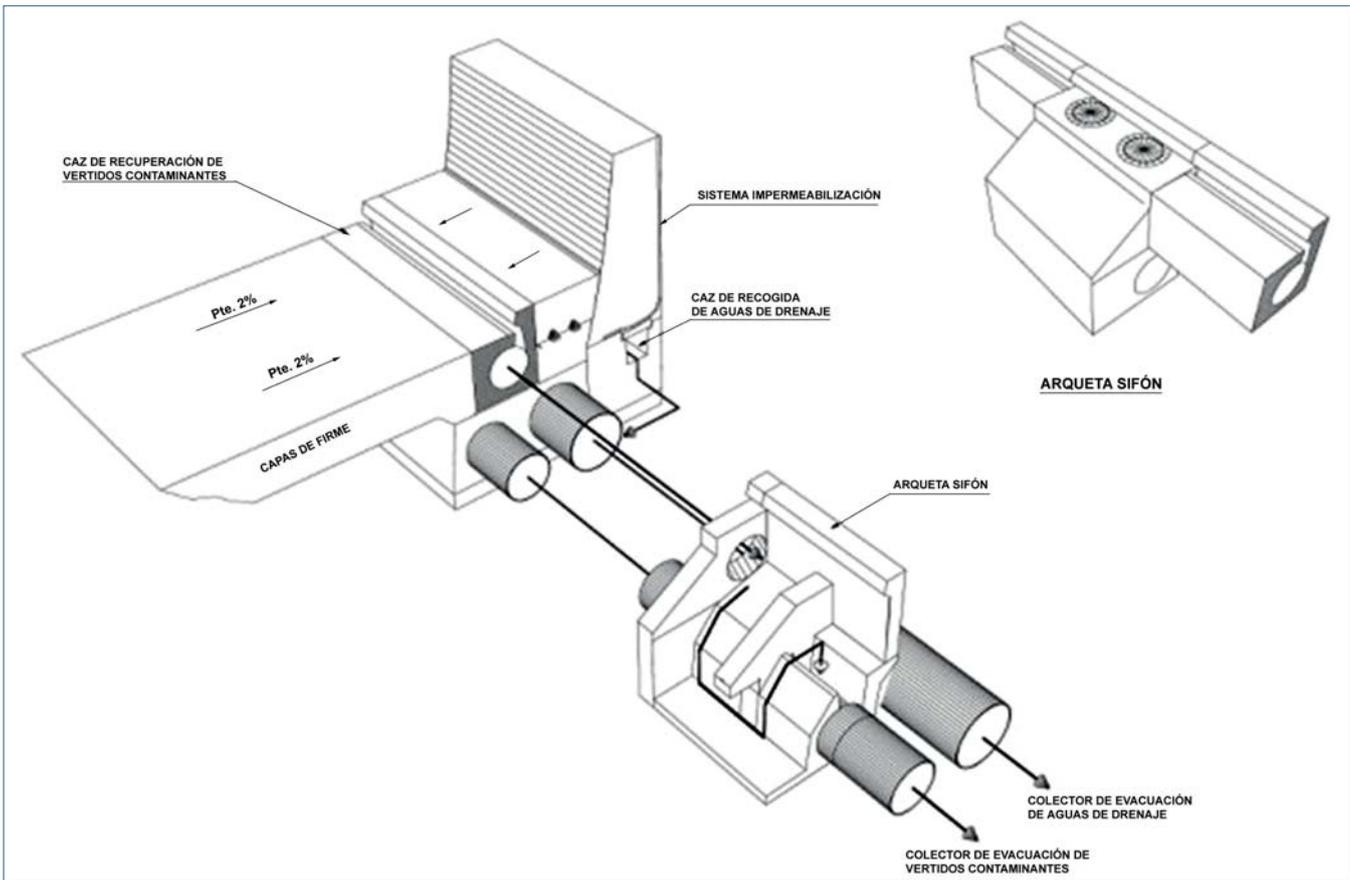


Figura 15. Sección Tipo de Sistema de recogida de vertidos contaminantes y potencialmente inflamables

del cable, por lo que se recomienda a todos los intervinientes en el proyecto y en la obra que estén especialmente atentos a estos temas.

Por último, en un túnel hay otras infraestructuras e instalaciones auxiliares cuyo comportamiento al fuego debe tenerse en cuenta en el proyecto como son las situadas en los locales técnicos, las arquetas y el sistema de recogida de vertidos potencialmente inflamables, disponiéndose por parte del CETU de una publicación interesante al respecto denominada "Guía de sistemas de protección pasiva contra el incendio". (20)



Figura 16 y 17. Protección pasiva contra incendios. A la izquierda colocación de placas y a la derecha material proyectado. Fotografías CETU

Los elementos estructurales

Aunque como se ha indicado en la introducción no es el objeto principal de este artículo el comportamiento en un incendio de los elementos estructurales del túnel, debe tenerse siempre en cuenta, siendo clave para la seguridad, de tal manera que se eviten co-

lapsos tanto en el interior como en los elementos exteriores o que afecten a equipamientos de seguridad críticos como son los conductos de ventilación, los falsos techos y los tabiques de separación de cantones de ventilación. Las consecuencias de un colapso suelen ser más graves en los túneles urbanos y en túneles sumergidos pero en todos los casos deben analizarse para que no se

dificulte la evacuación de los usuarios y el acceso de los servicios de emergencia, debiéndose también tener en cuenta el coste económico del cierre del túnel a consecuencia de los daños estructurales. Los conceptos de integridad, estabilidad y aislamiento térmico son de aplicación directa para los diferentes elementos estructurales, principales y secundarios, del túnel. (21)

Conclusiones y última esperanza

Con todo lo expuesto se pretende compartir el desasosiego que como proyectista produce la falta de referencias claras en el ámbito del comportamiento frente al fuego. La aplicación de normas y técnicas de otros sectores es un buen punto de partida pero éstas deben observarse bajo una mirada diferente y por lo tanto realizada por profesionales que desarrollen su especialidad dentro del ámbito de la seguridad de túneles, consiguiéndose de esta manera una mayor homogeneidad en los proyectos.

La esperanza es que en breve se disponga de una guía que desarrolle los aspectos que aquí se han presentado y otros muchos que no se han abordado, entre ellos las ventajas y desventajas de los diseños prestacionales. La propuesta ha sido lanzada en muchas ocasiones desde el Comité de Túneles de la Asociación Técnica de Carreteras, ejemplo contrastado de desarrollo de trabajos, pero tal vez la capacidad de convicción no ha sido suficiente o el alcance de lo que se solicita merece una mayor implicación de las empresas y las administraciones.

Dado que los túneles que se proyectan son seguros, el camino hacia su excelencia se logra incorporando con mayor participación a los responsables de protección civil, a los bomberos locales y a los responsables de seguridad, así como las lecciones aprendidas en los simulacros, en los ejercicios de autoprotección y en las inspecciones. Las actuaciones que se están realizando para adaptar los túneles al Real Decreto es una buena oportunidad para avanzar en esta línea.

Para terminar conviene añadir que la situación a la que se enfrenta el proyectista nacional no es diferente a la del resto de los profesionales europeos ya que los problemas son esencialmente comunes. La participación

española en los comités internacionales es cada vez mayor y ello permite valorar con la perspectiva adecuada el nivel de los problemas que se plantean.

Referencias

- (1) V Simposio de Túneles ATC, Bilbao, 2009. Javier Borja López y Juan Ramón López Laborda. "El proyectista ante las exigencias del comportamiento al fuego de las instalaciones de los túneles"
- (2) Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras.
- (3) Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- (4) CETU. "Comportement au feu des tunnels routiers". 2010
- (5) CETU. "Complement au guide du comportement au feu". 2011
- (6) AIPCR. "Manual de túneles de carretera". 2007
- (7) UNE-EN ISO 13943:2012. Seguridad contra incendios. Vocabulario.
- (8) Decisión 2000/147/CE de la Comisión, de 8 de febrero de 2000, por la que se aplica la Directiva 89/106/CEE del Consejo en lo que respecta a la clasificación de las propiedades de reacción al fuego de los productos de construcción. (Derogada).
- (9) Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.
- (10) Reglamento Delegado (UE) 2016/364 de la Comisión, de 1 de julio de 2015, relativo a la clasificación de las propiedades de reacción al fuego de los productos

de construcción de conformidad con el Reglamento (UE) 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo.

- (11) Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- (12) Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales.
- (13) Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- (14) Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- (15) Reglamento Europeo de Productos de Construcción (UE) Nº 305/2011
- (16) Circulaire Interministerielle Nº 2000- 63 du 25 Aout 2000, relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national. Ministère de L'Interieur/Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement.
- (17) NFPA 502:2017. Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways.
- (18) UNE-EN 12.101-3:2016. Sistemas de control de humo y calor. Parte 3: Especificación para aireadores mecánicos de control de humo y calor (Ventiladores).
- (19) UNE-EN 13.501. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 2: Clasificación a partir de datos obtenidos de los ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación.
- (20) CETU, "Systèmes de protection passive contre l'incendie. 2017
- (21) IV Simposio de Túneles, Principado de Andorra, 2005. Manuel Romana Ruiz. "El comportamiento del hormigón de los túneles frente al fuego". ❖



SÚMATE AL PROYECTO ONGAWA

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

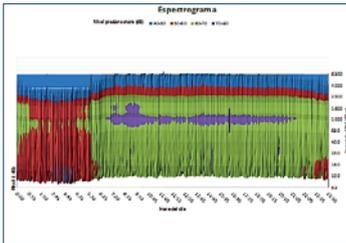
Tfno.: (+34) 91 590 01 90
info@ongawa.org
www.ongawa.org

Antes:



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

LIFE SOUNDLESS: Mezclas sono-reductoras ecoeficientes y de gran durabilidad



LIFE SOUNDLESS:
Noise reducing and eco-friendly asphalt mixes with high durability

M^a Elena Hidalgo Pérez
Eiffage Infraestructuras
S.A. (Sevilla, España)

M^a del Carmen Pastrana Zambrana
Dirección General de Infraestructuras,
Junta de Andalucía.

Miguel Angel Morcillo López
Fundación CIDAUT. Boecillo
(Valladolid, España)

Juana Torres Pérez
Eiffage Infraestructuras
S.A. (Sevilla, España)

Begoña Arroyo Martínez
Dirección General de Infraestructuras,
Junta de Andalucía.

David García Ruiz
Fundación CIDAUT. Boecillo
(Valladolid, España)

Resumen

Este artículo presenta los pasos seguidos en la solución de un problema de contaminación acústica en dos zonas urbanas de la provincia de Sevilla en el entorno de las carreteras A-376 y A-8058. Las acciones que se han llevado a cabo perseguían tanto la reducción del nivel de ruido como del número de personas afectadas. En la metodología seguida se comenzó con el estudio de los mapas estratégicos de ruido de las zonas afectadas, complementado con una diagnosis experimental in situ de las zonas, con el fin de confirmar si el tráfico rodado era una de las fuentes dominantes del ruido en las áreas de estudio.

Una vez verificado que el origen del problema era el tráfico rodado, se procedió al diseño de mezclas bitumi-

nosas incorporando aditivos especiales de materiales reciclados (polvo de caucho y fibras de nylon de NFU, residuos plásticos), con el fin de incrementar la reducción del ruido a la vez que se buscaba una mayor durabilidad.

Una vez seleccionadas las mezclas bituminosas óptimas, se procedió a los trabajos de pavimentación de los tramos piloto y a la posterior evaluación acústica de los niveles de ruido de la zona y población afectada. La fase de monitorización del comportamiento acústico durará dos años. En este artículo se presentan los resultados obtenidos durante el primer año de vida de la solución diseñada.

Este trabajo se ha desarrollado dentro del Proyecto de Demostración LIFE SOUNDLESS, cofinanciado por la Unión Europea y cuyo principal objetivo es la mitigación de la contaminación acústica en aglomeraciones urbanas mediante el empleo de mezclas sono-reductoras que generen menos niveles de emisión sonora.

Abstract

This article aims to show the steps followed in the solution of a noise pollution problem in two urban areas in the province of Seville (Spain), around the roads A-376 and A-8058. The actions which have been carried out not only aim the reduction of the noise level but also reduce the number of people affected. The methodology followed starts with the initial study of the strategic noise maps of the affected area with the acoustic problem, complemented with an in situ experimental diagnosis of the area, to bear out if the road noise was one of the dominant sources in the studied area.

Once verified that the origin of the problem was the road noise, we proceeded to the design of the

bituminous mixtures incorporating special additives from recycled materials (rubber powder and nylon fibers from ELT, plastic wastes), to increase noise reduction while looking for greater durability of the asphalt mixes.

Once the optimal bituminous mixtures were selected, the pilot sections were paved, and the subsequent acoustic evaluation of the noise levels and population affected was carried out. The monitoring phase of acoustic behaviour will last two years. This article presents the results obtained during the first year of life of the designed solution.

This work has been developed within the LIFE SOUNDLESS demonstration Project, co-financed by the European Union and whose main objective is the mitigation of noise pollution in urban agglomerations using noise-reducing mixtures that generate less noise emission levels.

Presentación

La urbanización, el crecimiento económico y el transporte motorizado son algunas de las causas que determinan la continua exposición de la población urbana al ruido ambiental. La contaminación acústica es un problema ambiental especialmente en las áreas urbanas, donde es mayor el número de personas afectadas. Hoy en día nadie cuestiona la relación entre el ruido ambiental y sus efectos específicos en la salud como pueden ser los problemas cardiovasculares, trastornos en el sueño y deterioros cognitivos (1). Merece la pena resaltar los resultados publicados en el Proyecto EBo-DE (2), que apunta al ruido del tráfico como el segundo factor causante del estrés ambiental, con el agravante de que la tendencia en Europa es que la exposición al ruido se ha incrementado en comparación con otros factores estresantes que están disminuyendo

(exposición al humo, dioxinas o benceno). Por su importancia, la Comisión Europea está desarrollando un plan de acción enfocado al control de este problema, en el marco de la Directiva de ruido ambiental. Con este fin, administraciones públicas, empresas de ingeniería y organismos de investigación están trabajando en el desarrollo de nuevas herramientas y soluciones para reducir los niveles de ruido, así como la población afectada por esos niveles, a la vez que se tienen en cuenta los principios de la economía circular.

Dentro de este área prioritaria se enmarca el proyecto financiado por la Unión Europea LIFE SOUNDLESS "New generation of eco-friendly asphalts with recycled materials and high durability and acoustic performance", coordinado por la Dirección General de Infraestructuras de la Junta de Andalucía y en el que participan como socios la Fundación Cidaut especialistas en acústica medioambiental y la

empresa constructora Eiffage Infraestructuras, especialista en diseño y puesta en obra de mezclas asfálticas.

LIFE SOUNDLESS persigue demostrar la efectividad y durabilidad de las mezclas sono-reductoras discontinuas tipo SMA (3) para mitigar la contaminación acústica en origen. Además, se centra en la efectividad de estas mezclas en climas mediterráneos (sur de Europa), en los que las condiciones climatológicas son muy diferentes de las que se dan en los países del norte, donde tienen mayor experiencia en el empleo y prestaciones de mezclas porosas fonoabsorbentes. Este tipo de mezclas porosas en climas secos y cálidos no han dado el resultado esperado por colmatación de huecos o por problemas de desprendimientos de áridos en zonas de frenada y esfuerzos tangenciales severos. Para acentuar el carácter medioambiental de las mezclas LIFE SOUNDLESS, se ha propuesto la incorporación en su composición de

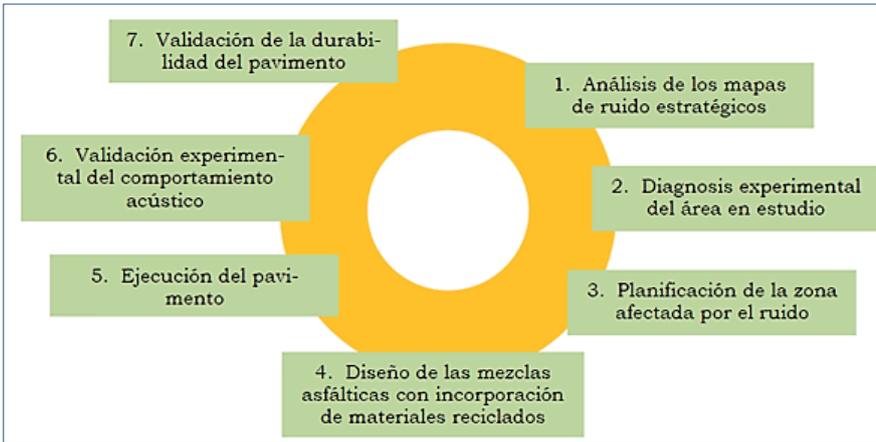


Figura 1. Pasos seguidos en el diseño y ejecución de la solución LIFE SOUNDLESS

residuos de otras industrias cuyo efecto en la reducción de ruido se ha pretendido estudiar. Por último, con este proyecto se pretende animar a los Organismos Públicos a integrar aspectos medioambientales relacionados con la contaminación acústica y la reutilización de residuos en sus licitaciones de pavimentos.

Para garantizar el éxito de los planes de acción contra el ruido debido al tráfico rodado, es importante establecer un sistema de operaciones con escalones bien diferenciados que permitan encontrar la mejor solución para cada caso concreto (Figura 1).

2. Análisis inicial del área de estudio

Como primera actividad del Proyecto se planteó un estudio previo de los tramos donde se tenía previsto construir los demostrativos con las mezclas LIFE SOUNDLESS. La finalidad de esta tarea era en primer lugar, justificar la bondad del tramo para poder evaluar la solución propuesta y en segundo lugar, llevar a cabo una valoración actual de las soluciones existentes con el ánimo de poder ser comparadas posteriormente.

Los tramos seleccionados para actuar han sido:

- Escenario 1: A-8058 (Sevilla-Coria). 600 m. 50 km/h. IMD 30.000
- Escenario 2: A-376 (Sevilla-Utrera). 800 m. 80 km/h. IMD 80.000

La caracterización acústica se realizó a tres niveles diferentes:

Nivel 1: Revisión de los mapas estratégicos de ruido realizados en 2015 por la administración titular de las infraestructuras (Dirección Gene-

ral de Infraestructuras de la Junta de Andalucía). Esta herramienta, usada de manera común en toda la Unión Europea, permite obtener una foto de los niveles de ruido promedio a lo largo del año para los principales focos de ruido (carreteras, vías de tren, aeropuertos o ciudades), así como la población afectada. Hay que señalar que los mapas estratégicos de ruido están contruidos en base a un modelo universal comúnmente adoptado dentro de la Unión Europea que, si bien permite una correcta armonización entre los diferentes países, se queda un poco corto a la hora de poder explicar en detalle una determinada situación como pueden ser los dos tramos pilotos considerados en este estudio. Como se deduce de este análisis preliminar de los mapas de ruido (Figuras 2 y 3), hay

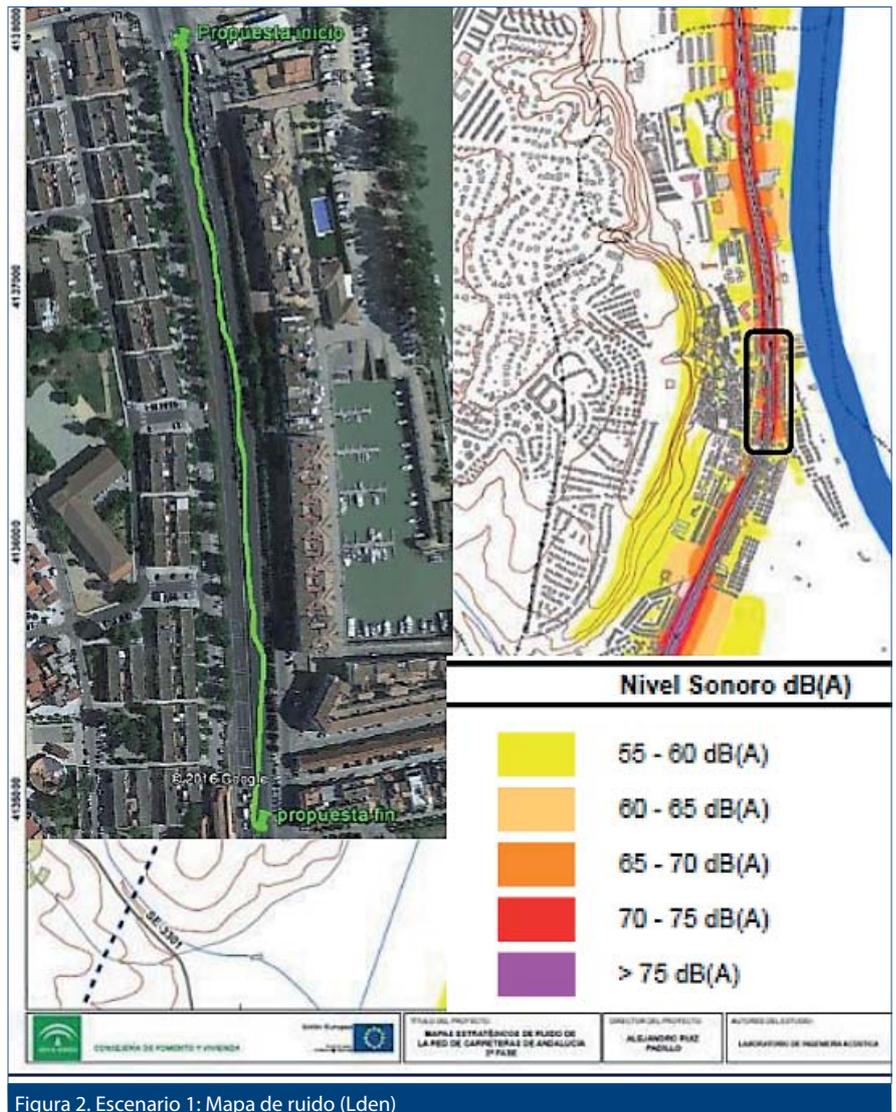


Figura 2. Escenario 1: Mapa de ruido (Lden)

Tabla 1. Población Afectada por el Ruido								
dBA	Escenario 1				Escenario 2			
	LDía	LTarde	LNoche	LDen	LDía	LTarde	LNoche	LDen
50-55	534	562	233	401	4323	4315	1562	4372
55-60	349	309	322	500	1969	2207	1227	3311
60-65	164	168	47	196	1079	1063	344	1381
65-70	331	291	0	232	980	988	0	1154
70-75	10	8	0	151	174	25	0	354
>75	0	0	0	0	0	0	0	0

edificios en ambos tramos en los que se excede el máximo nivel permitido por la legislación europea: 65 dBA para los valores de Ld (mañana) y Le (tarde) y 55 dBA para Ln (noche). La población afectada en ambos escenarios se presenta en la Tabla 1.

Nivel 2: Una vez concluido este primer análisis en el que se confirmó la importancia de la contaminación acústica, sobre todo en el segundo escenario, en el que más de 1500 personas están afectadas por valores superiores a los permitidos por la legislación (tanto en el valor global como en el nocturno), se realizó un estudio experimental para confirmar que la fuente predominante de ruido era debida al tráfico rodado. Para ello, se colocaron unas estaciones de muestreo locales que llevaron a cabo un análisis detallado durante 24 horas con un intervalo de muestreo de 5 minutos. Además de registrar el nivel de ruido equivalente, en cada punto se realizó un análisis en frecuencias que ha permitido evaluar si el ruido de rodadura es predominante en los sitios elegidos o por el contrario existen otros focos predominantes que pudieran hacer que las soluciones consideradas en los tramos de estudio no supongan las reducciones de nivel esperadas en la zona. A modo de ejemplo, el análisis espectral para el Escenario 2 se presenta en la Figura 4 en un gráfico 3D, donde el eje X corresponde al tiempo, el eje Y es el eje de frecuencias y el nivel en dB corresponde con los colores. Se aprecia perfectamente que la banda de frecuencia de 1000Hz es la predominante para los niveles altos de ruido. Este fenómeno es típico en la identificación del ruido de rodadura y confirma que tiene sentido la sustitución del pavimento actual por uno sono-reductor como medida para la reducción del ruido ambiente.

Nivel 3: Por último, y con el objetivo de poder cuantificar la efectividad real de las soluciones propuestas, se llevó a cabo la primera de las monitorizaciones de los tramos antes de actuar sobre el pavimento. Esta moni-

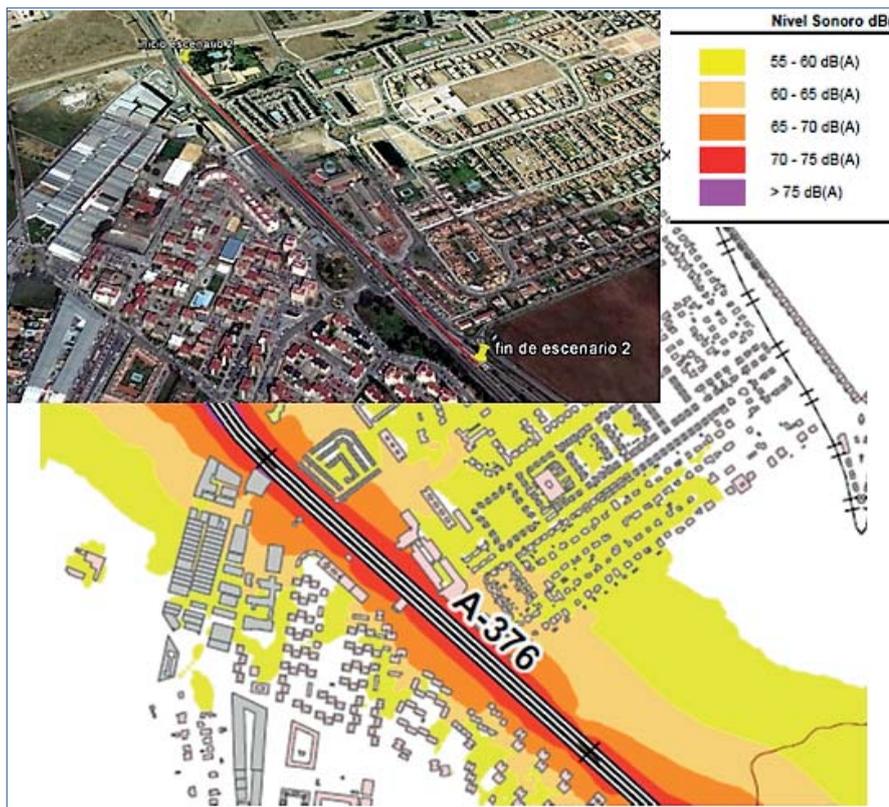


Figura 3. Escenario 2: Mapa de ruido (Lden) y población afectada

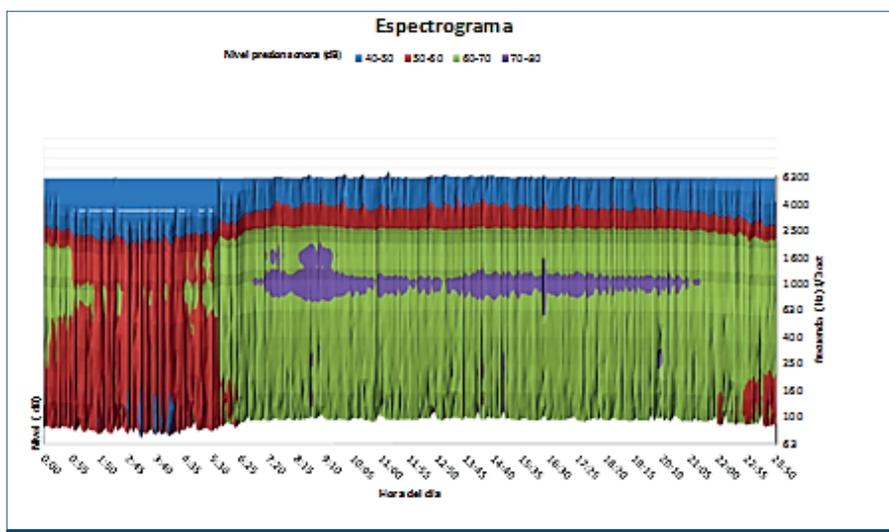


Figura 4. Espectro de presión sonora recogido por la estación fija del Escenario 2



Figura 5. Sistema de medida CPX utilizado por la Fundación CIDAUT



Figura 6. Sistema de Medición SPB (CIDAUT)

do se obtienen como media de tres pasadas de dos micrófonos (delantero y trasero) en dos rodadas (izquierda y derecha), e integrado su valor cada 20 metros de distancia recorrida a la velocidad consignada (en nuestro caso 50 y 80 km/h).

El método SPB (Figura 6) consiste en la medida de diferentes eventos sonoros relativos al paso aislado de vehículos que vienen caracterizados por un nivel de presión sonora y una velocidad de paso. El número de vehículos medidos debe ser suficiente (en torno a 100). Una vez registrados y después de un posterior análisis se llega a una curva de regresión donde se presentan los diferentes eventos registrados y que permite obtener como resultado del ensayo el nivel de presión sonora correspondiente a una velocidad determinada.

Ambos métodos son métodos normalizados y complementarios que permiten evaluar mejor el comportamiento de los pavimentos frente al ruido, bien fijándonos en la generación de ruido de rodadura del pavimento en sí (sin tener en cuenta otra contribución: método CPX), bien haciendo hincapié en la contribución del ruido del tráfico al nivel de ruido general que existe en un punto (método SPB). No obstante, conviene indicar que los resultados de estos ensayos no son directamente comparables entre sí ni con los valores de ruido estimados en los Mapas Estratégicos de Ruido (MER), ya que no están evaluados en los mismos puntos.

Los resultados obtenidos con el método SPB y CPX se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la Caracterización Acústica Inicial de los Tramos en Estudio			
Escenario	Velocidad de ensayo	SPB (dBA)	CPX (dBA)
1. A-8058 C ¹	50 km/h	73,5	92,2
1. A-8058 S ²	50 km/h	-	93,3
2. A-376 U ³	50 km/h	-	96,1
2. A-376 S	50 km/h	77,2	94,6
2. A-376 U	80 km/h	-	104,2
2. A-376 S	80 km/h	82,9	104,1

¹ C: Sentido Coria; ² S: Sentido Sevilla; ³ U: Sentido Utrera; -: sin datos

torización se hizo mediante el método CPX (Close ProXimity method)(4) que permite conocer en detalle el nivel de ruido de rodadura generado por el pavimento. También se midió el nivel de ruido del tráfico según el método SPB (Statistical Pass By noise)(5), el cual res-

ponde de manera más fiel a los niveles de ruido real a los que están sometidos los ciudadanos por el tráfico.

El método CPX consiste en la medida del ruido exterior próximo a una rueda estandarizada según ISO 11819-2 (Figura 5). Los niveles de rui-

3. Diseño e implantación de la solución

En este apartado se resumen las tareas llevadas a cabo para el diseño y ejecución de los pavimentos sonorreductores LIFE SOUNDLESS.

Esta acción está centrada en el diseño de una mezcla tipo SMA de



Figura 7. Residuos estudiados en la fase de diseño de las mezclas LIFE SOUNDLESS

alta durabilidad con el objetivo de alcanzar una reducción del ruido de rodadura en origen debido a la interacción entre neumático-pavimento. Además, la sostenibilidad ambiental es otro objetivo de este proyecto. Por ello, se han empleado materiales residuales como materia prima en el proceso. Concretamente, se han usado residuos plásticos, caucho y fibras de nylon proveniente de los neumáticos.

El optar por una estructura granular de mezcla tipo SMA en lugar de una mezcla porosa tipo PA, ha venido motivado por el interés de proponer un tipo de mezclas que no perdieran sus propiedades acústicas en climas mediterráneos de baja pluviometría. Es bien sabido que uno de los problemas de las mezclas porosas en este tipo de climas es la colmatación de los huecos con el polvo y suciedad del pavimento, lo que hace que pierdan sus características fonoabsorbentes en un tiempo relativamente corto. Además, también es común el fallo de

este tipo de mezclas en zonas urbanas sometidas a esfuerzos tangenciales (giros en glorietas, aceleraciones y frenadas en zonas de semáforos, etc.). Estos inconvenientes se han pretendido salvar con el diseño de unas mezclas tipo SMA, que si bien no obtienen en un primer momento la reducción de ruido que se consiguen con las mezclas porosas, sí se espera que el efecto sono-reductor se mantenga durante más tiempo, al tratarse de unas mezclas con una gran cohesión a la vez que dotadas de buenas características superficiales gracias a su macrotextura negativa.

Como punto de partida para la composición granulométrica de las mezclas SOUNDLESS se tomó referencia, el huso granulométrico de la Propuesta de Normativa de Pliego de Prescripciones Técnicas de las Mezclas Tipo SMA. Esta propuesta se redacta partiendo de las experiencias recogidas a lo largo del Proyecto SMA "Mezclas SMA sostenibles medioambientalmente amigables" financiado por el

Centro Tecnológico para el Desarrollo Industrial (CDTI) y liderado por Eiffage Infraestructuras(6).

Para el diseño de las mezclas SOUNDLESS, la composición granulométrica se modificó con respecto a la media del huso de referencia, buscando una curva granulométrica más abierta (mayor contenido de huecos) que favoreciera una mayor macrotextura y así disminuir el ruido de contacto del neumático con el pavimento. Se seleccionó como contenido de betún el 5,8% sobre mezcla.

En cuanto a los residuos estudiados, éstos se presentan en la Figura 7.

El resto de los componentes de las mezclas han sido:

- Árido grueso de naturaleza ofítica
- Árido fino de naturaleza caliza
- Filler: carbonato cálcico
- Betún: 50/70 (salvo para la mezcla convencional de referencia que se ha empleado betún 35/50)

Las variables en el diseño óptimo de las mezclas SOUNDLESS fueron el porcentaje de residuos empleados y

Mezclas estudiadas	Ensayos realizados
4 de referencia (1 AC16 y 3 SMA8) 2 con plástico de invernadero (0,5%-1%) 4 con plástico de cableado (0,5% -1%) 2 con plásticos de masterbatches (1%) 2 con nylon (0,2%-0,5%) 6 con NFU (0,5%-1%-1,5%-2%) variando contenido de betún 1 con NFU y plástico cables (0,5%+0,5%) 2 con NFU y plástico invernadero (0,5%+0,5% - 1%+0,5%) 2. A-376 S 2. A-376 S	Dmax, Dapa, %huecos Sensibilidad al agua Deformación permanente Pérdida de partículas Estabilidad Marshall Rigidez y fatiga

la curva granulométrica buscando huecos en mezcla en torno al 12%. Como consecuencia se estudiaron 22 composiciones de mezcla SMA (Tabla 3).

Como resumen de todo el trabajo de laboratorio, se indica que todas las mezclas estudiadas salvo las que incorporaban residuos plásticos de cables cumplían las especificaciones españolas para capa de rodadura tipo BBTM B, salvo en la especificación de huecos en mezcla, que no se alcanzó la especificación (>12%), quedando en torno al 10% (debido sobre todo al mayor porcentaje de mástico de las mezclas SMA diseñadas). Las mezclas con residuos de cables presentaban unas deformaciones plásticas por encima de lo permitido. El criterio definitivo para la selección de las mezclas sería el correspondiente al comportamiento

acústico, una vez asegurado su cumplimiento desde el punto de vista mecánico y estructural.

Para este tipo de mezclas, en las que los huecos en mezcla no están interconectados, el parámetro que mejor define su comportamiento acústico futuro es la impedancia mecánica (7), en cuanto que, en cierto modo, indica la excitación producida por la radiación del neumático al golpear el pavimento durante la rodada. Dos parámetros se extraen del test de impedancia mecánica. Por un lado, la rigidez dinámica (módulo de Young equivalente): cuanto más bajo es este valor, menor es la excitación de la rueda y por tanto menos propensión a la generación de ruido. El otro parámetro es el factor de amortiguamiento, es decir el desfase entre la respuesta del neumático y la fuerza que lo excita: cuanto mayor sea

este amortiguamiento el retraso será mayor, generando un nivel más bajo de ruido.

A raíz de los resultados del ensayo de impedancia mecánica recogidos en la Figura 8, se seleccionaron las siguientes mezclas para los demostrativos a escala real que fueron ejecutados en abril de 2017 (Figura 9):

Escenario 1: A-8058

- Mezcla SMA8 sono-reductora: 1% de caucho sobre mezcla (betún 6%)
- Mezcla SMA8 sono-reductora: 1,5% de caucho sobre mezcla (betún 6,5%)

Escenario 2: A-376

- Mezcla SMA8 sono-reductora: 0,5% nylon
- Mezcla SMA8 sono-reductora: 1% plástico reciclado
- Mezcla SMA8 sono-reductora: 0,5% de caucho + 0,5 % plástico reciclado
- Mezcla de referencia: AC16 SURF S

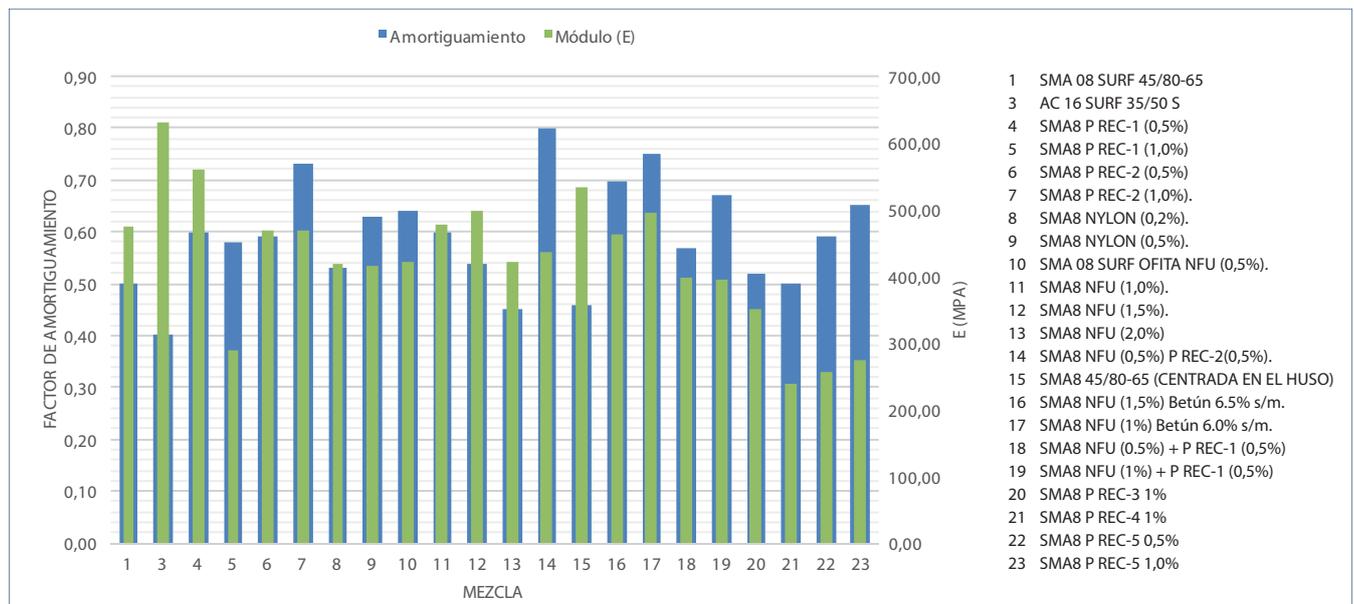


Figura 8. Resultados del ensayo de impedancia mecánica

a) Carretera A-8058

b) Carretera A-376



Figura 9. Pavimentos sono-reductores ejecutados

Tabla 4. Resultados Auscultación CPX

Vía	Mezcla	Pavimento existente		Pavimento LIFE SOUNDLESS					
		Feb-16		May-17		Oct-17		May-18	
		CPXI50 (dBA)	CPXI80 (dBA)	CPXI50 (dBA)	CPXI80 (dBA)	CPXI50 (dBA)	CPXI80 (dBA)	CPXI50 (dBA)	CPXI80 (dBA)
A-8058 C	1% NFU	92,2	-	89,8	-	90,1	-	89,7	-
A-8058 S	1,5% NFU	93,3	-	88,7	-	89,6	-	89,3	-
A-376 U ¹	0,5% Nylon	94,6	-	90,7	-	90,6	-	90,9	-
A-376 U	1% P	96,1	104,2	91,4	96,9	90,7	96,4	91,3	97,3
A-376 S	0,5% NFU + 0,5% P	94,6	104,1	90,8	96,9	90,3	96,3	91,1	97,3
A-376 S	AC16	94,6	104,1	92,9	101,4	93,4	100,8	94,5	101,8

¹ Vía de servicio, -: no medido

4. Evaluación del comportamiento acústico del pavimento life soundless

Se presenta a continuación los resultados obtenidos relacionados con el ruido en el proyecto. En un primer lugar se presentan las reducciones reales del nivel de ruido obtenidas durante diferentes campañas de mediciones realizadas una vez finalizada la obra. Posteriormente se presenta un cálculo estimativo de la reducción de población afectada tomando como base los mapas estratégicos de ruido realizados para ambas zonas.

4.1 Reducción del nivel de ruido

Con el fin de evaluar la durabilidad de este tipo de pavimentos, dentro del Proyecto LIFE SOUNDLESS está previsto realizar 5 campañas de auscultación acústica y superficial cada 6 meses. En este artículo se presentan los re-

sultados obtenidos en las campañas de auscultación del primer año tras la ejecución de los tramos piloto. La tabla 4 recoge los datos globales del ensayo CPX y en las Figuras 10 y 11 se muestra gráficamente la evolución de ese parámetro a las dos velocidades de estudio.

Los resultados ponen de manifiesto el buen comportamiento en cuanto a reducción del ruido de las mezclas LIFE SOUNDLESS, tanto en comparación con el pavimento antiguo existente como respecto a un pavimento convencional tipo AC16 nuevo tomado como referencia. El

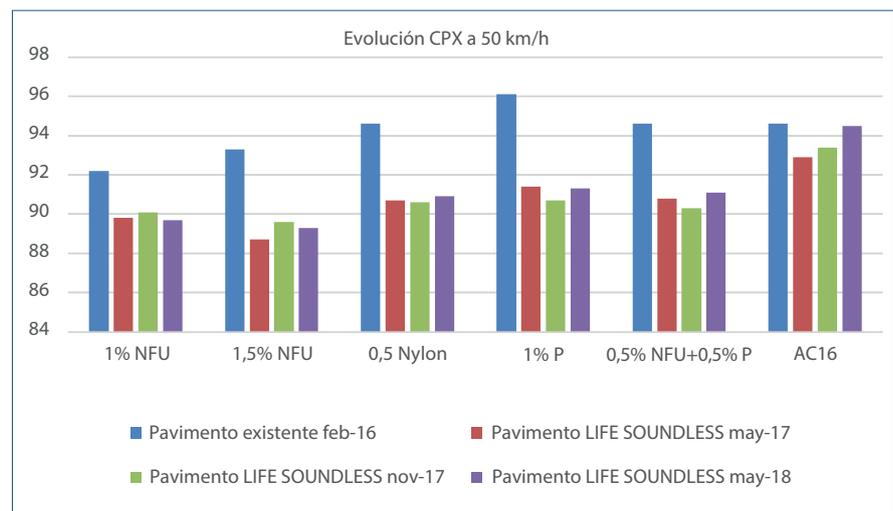


Figura 10. Resultados del ensayo de impedancia mecánica

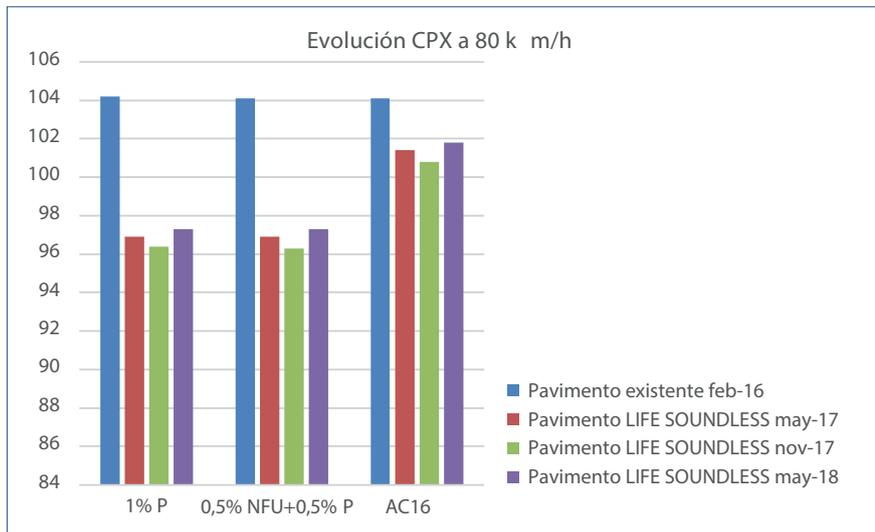


Figura 11. Evolución CPX a 80 km/h

objetivo que se tenía al inicio del Proyecto de reducir al menos en 3dB la generación de ruido con respecto al pavimento existente se ha alcanzado y en algunos casos, mejorado. Además, esta reducción es todavía más importante a la velocidad de 80 km/h, obteniéndose una ganancia en torno a 7dB con los nuevos pavimentos SOUNDLESS. Y lo más importante: al año de la puesta en obra las prestaciones acústicas se mantienen.

Los resultados de las mediciones con el método SPB correspondientes a 50 km/h se presentan en la Tabla 5. Se ha escogido la velocidad de 50 km/h para presentar los resultados para poder comparar los niveles sonoros en ambos escenarios. Como puede verse en esta tabla, se ha conseguido una reducción significativa en el nivel de ruido en torno a 9dB en la carretera A-376 y en torno a 5dB en la A-8058 para vehículos ligeros.

Puede llamar la atención que la reducción obtenida para ambos casos con el método SPB es superior a la obtenida en el ensayo de CPX. La explicación de estos resultados se fundamenta en que mientras que en la prueba del CPX al medir próximo al neumático, la contribución de otras fuentes (ruido de fondo¹) es despreciable, en el ensayo SPB el ruido de fondo sí que le afecta de manera considerable.

Hay que reseñar que en la carretera A-376 (Figura 12) hay una rampa que proyecta el ruido de los vehículos que salen de la zona sentido Utrera sobre la rotonda (punto donde estaba ubicado el sistema de medida), de ahí que la reducción sea tan espectacular.

¹ Ruido de fondo: ruido de otras fuentes diferentes a la considerada. En el ensayo SPB la fuente considerada es la del vehículo que pasa delante del micrófono. El ruido de fondo sería el ruido que genera el resto de actividades en la zona (entre otras, el resto de los coches que pasan en ese instante por la carretera).

Tabla 5. Resultados Medidas SPB

Vía	Mezcla	Tipo vehículo	Feb-16	May-17	Oct-17	May-18
			Lveh (dBA)	Lveh (dBA)	Lveh (dBA)	Lveh (dBA)
A-8058 C	1% NFU	Ligeros	73,5	68,2	67,8	68,0
		Pesados	78,0	76,2	78,1	77,6
A-376 S	0,5% NFU+0,5% P	Ligeros	77,2	68,3	68,2	68,4
		Pesados	80,7	72,5	74,8	78,0
A-376 U	1% Plástico	Ligeros	No medido	64,2	66,8	63,8
		Pesados	No medido	79,3	77,4	No medido

Tabla 6. Reducción de la población afectada por ruido superior al permitido

dBA	A-8058				A-376			
	Día	Tarde	Noche	Media (Lden)	Día	Tarde	Noche	Media (Lden)
50-55								
55-60			146				873	
60-65			45				229	
65-70	208	274	4	28	683	710	0	812
70-75	9	8	0	149	147	25	0	235
>75	0	0	0	0	0	0	0	0
Global	217	282	195	177	830	735	1102	1047



Figura 12. Perfil longitudinal del tramo piloto en la A-376 sentido Utrera

En las campañas de mayo-17 y mayo-18 se obtienen unos resultados sorprendentemente bajos en la A-376 sentido Utrera, debido a que por la alta densidad de tráfico hubo que hacer la medida de SPB por la noche cuando el ruido de fondo del área es menor, y por tanto también lo es el resultado obtenido. Por tanto, como no se ha medido en circunstancias equivalentes no se puede interpretar la reducción de 13 dB que se desprende de la tabla como real.

4.2 Reducción de la gente afectada

Así como los resultados anteriores se corresponden con mediciones reales realizadas en la zona, en este segundo apartado se pasa a explicar una estimación basada en modelos numéricos que permiten evaluar la población afectada según la directiva europea por la contaminación acústica. Como en toda estimación, se parte de una serie de hipótesis simplificadoras de la realidad que se enumeran a continuación:

- Los niveles de potencia acústica considerados en el recuento inicial de población afectada se consideran para una velocidad medida asignada a cada una de las carreteras que se ha podido comprobar in situ con mediciones reales. Para la A-8058 se considera una velocidad de 50 km/h y 70 km/h para la A-376. En base a los resultados medidos a partir del ensayo CPX respecto de

lo que podemos considerar una situación típica de partida, los autores de este estudio han asignado una reducción de la potencia sonora de 2dB para el caso de la A 8058² y 6 dB para el caso de la A-376

- Se considera una distribución uniforme de la gente sobre un plano situado a 4 m de altura.

Teniendo en cuenta estas hipótesis, se establece una reducción del número de personas en las áreas estudiadas en torno a la mitad.

5. Conclusiones

A raíz de los resultados obtenidos tras el primer año desde la puesta en obra de los pavimentos sono-reductores LIFE SOUNDLESS, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El plan de acción contra el ruido llevado a cabo en las áreas demostrativas, teniendo en cuenta las principales fuentes de ruido, **ha permitido reducir la población afectada en un 50%**.
- Con respecto a la situación inicial, **la generación del ruido de rodadura** debido a la utilización de estos nuevos pavimentos ha disminuido en 7dB en la A-376 (@80km/h) y en torno a 3dB en la A-8058 (@ 50km/h). Si se compara con respecto a un pavimento nuevo semidenso tipo AC, la reducción del ruido está en torno a 4dB a una velocidad de 80 km/h.
- Si se pone el énfasis en **la propagación del ruido** en puntos cercanos a la carretera y teniendo en cuenta la velocidad media de las vías, el nivel de ruido se ha reducido en torno a 9dB en la A-376 y 5dB en la A-8058.
- Para el diseño de las mezclas se ha considerado como parámetro de selección relevante la impedancia

² Hay que tener en cuenta que en la zona de la A8058 había anteriormente un pavimento fonoabsorbente.

mecánica de la mezcla: menor rigidez dinámica y mayor amortiguamiento mecánico

- Finalmente, aunque no ha sido demostrado todavía, tras el primer año de la puesta en servicio de estos pavimentos sono-reductores, se espera que los valores de reducción acústica se mantengan durante al menos los tres años de duración del proyecto.

Agradecimientos

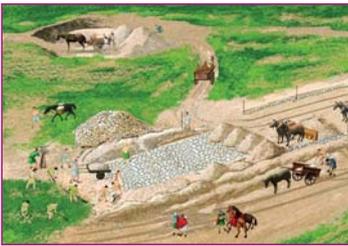
Los autores quieren agradecer al Programa Europeo LIFE+ por la financiación otorgada al Proyecto LIFE14-ENV_ES_000708 que ha posibilitado el desarrollo de estos trabajos.

Referencias

- (1) Organización Mundial de la Salud y Comisión Europea. "Burden of disease from environmental noise". WHO Regional Office for Europe. http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888/en/. 2011. Último acceso 11/05/2018
- (2) EBoDE Project. Environmental Burden of Disease- European countries. <http://en.opasnet.org/w/EBoDE>. Último acceso 11/05/2018.
- (3) Norma UNE-EN 13108-5. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA. 2007
- (4) Norma ISO/CD 11819-2 "Acoustics. Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise. Part 2: The close-proximity method". 2017
- (5) Norma ISO 11819-1. "Preview Acoustics. Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 1: Statistical Pass-By method". 1997
- (6) Proyecto SMA. "Propuesta de Normativa SMA para España". <http://www.proyectosma.eu>. 2012. Último acceso 11/05/2018.
- (7) EU FP 5 Project SILVIA. "Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces". FEHRL Report, No. 2006/02. 2006. ❖

VÍAS ROMANAS

IDENTIFICACIÓN POR LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA



Isaac Moreno Gallo

*Ingeniero Técnico de Obras Públicas
Ministerio de Fomento*

La construcción de las vías romanas

A pesar de que hoy sabemos que en la civilización romana el carro era el elemento clave en el transporte de mercancías y personas, y que el desarrollo de estos vehículos estaba avanzadísimo en esa época, las identificaciones y las descripciones de los caminos romanos que han llegado hasta nosotros, fundamentalmente de mano de los historiadores, están muy alejadas de lo que debe ser funcionalmente una carretera.

Así, la bibliografía del siglo XX, las películas y hasta los comics, nos han descrito las vías romanas como caminos con grandes piedras en la superficie, enlosados perfectamente inadecuados para el tránsito de los carros y de los caballos, con elevadas pendientes, caminos estrechos e infames en general. Incluso los textos universitarios siguen describiendo aún hoy, bien

entrado el siglo XXI, las falsas teorías asignadas a Vitruvio sobre la construcción de las vías romanas, un asunto del que Vitruvio nunca escribió.

Sin embargo, gracias a la investigación de campo y al análisis de miles de kilómetros de vías romanas por todo el Mediterráneo, estos caminos se han constatado como carreteras de alta tecnología radicalmente diferentes al arquetipo que nos habían transmitido. Precisamente, ha sido el desconocimiento de este factor el que ha provocado la invisibilidad de estos caminos e incluso su propia destrucción

En estos momentos, y gracias a los nuevos criterios empleados, el gran número de caminos y puentes tenidos por romanos en España va descendiendo poco a poco, a la par que se van asignando sus características estructurales a su justo momento constructivo.

Por otra parte, al fin, se están encontrando vestigios de vías romanas hasta ahora desconocidas, algunos

incluso bien conservados y dignos de preservarse. Esto es motivo de esperanza, aunque, por desgracia, llegamos ya muy tarde para identificar muchas de las vías romanas que nos quedaban apenas hace cincuenta años. En este periodo las transformaciones territoriales han sido muy intensas y nadie reparó en estas antiquísimas carreteras.

Las técnicas constructivas de las carreteras requirieron de una "industrialización" del proceso que les permitiese extender la red con admirable rapidez. Dotaron a vastísimos territorios vírgenes de ciudades abastecidas de agua, con una estructuración de los territorios anexos preparada para la producción agraria e industrial, y con unas vías de comunicación extraordinarias que posibilitaban la comercialización de la producción, rápidamente y a muy larga distancia.

En menos de cien años, sin precedentes, al menos en occidente, todo

el mundo por ellos civilizado estaba dotado de una red interminable de caminos de alta tecnología que ponía las bases necesarias para el desarrollo de territorios extremadamente fragmentados por etnias que, en muchas ocasiones, apenas conocían a los que se situaban más allá de la contigua.

Ya en época de Augusto, los romanos habían hecho más carreteras que las que nunca se habían construido antes en el mundo conocido. Los sucesores debieron construir muchas más, y sobre todo reparar continuamente todo lo realizado, cuestión esta ineludible para el mantenimiento funcional de cualquier red de carreteras en cualquier tiempo.

Respecto a la calidad constructiva de las carreteras romanas, es una cuestión de la que ya he escrito largo y tendido. En ellas hemos descubierto excelentes infraestructuras preparadas tanto para soportar cargas enormes, como para desarrollar buenas velocidades.

Todo ello se hace posible gracias a la naturaleza de las capas de rodadura, compuestas de materiales de grano menudo, preferentemente rodados, para no herir los pies de las bestias y para el mejor agarre de uñas y ruedas. Granos de áridos de rocas duras que soportan el desgaste por el uso y mantienen siempre la adecuada rugosidad del firme.

Grandes espesores de materiales pétreos, que confieren una capacidad portante muy superior a la de muchas carreteras actuales, pero una potencia que era necesaria para el transporte de enormes cargas, en ocasiones no fragmentables, que debían transmitirse al terreno en cuatro pequeñas superficies formadas por la huella de las ruedas de los carros de transporte.

En las carreteras romanas, es decir en las vías interurbanas, hemos observado enormes paquetes de firme sobre los terrenos blandos, con gruesas piedras en las capas inferiores que hacen de cimiento. Sucesivas capas van dotando de la capacidad portante necesaria a la estructura final a base



Estructura del afirmado de una vía romana sobre terrenos blandos. Vía de Italia a Hispania, en Hurones (Burgos). www.viasromanas.net



Estructura del afirmado de una vía romana sobre terrenos duros. Vía de Italia a Hispania, en Ablitas (Navarra)

de añadir piedra de menores tamaños que completan el espesor requerido. Es sobre los terrenos más duros donde se prescinde de los grandes espesores, aunque dotando siempre a la vía de una excelente capa de rodadura de material granular (zahorras, jabre...).

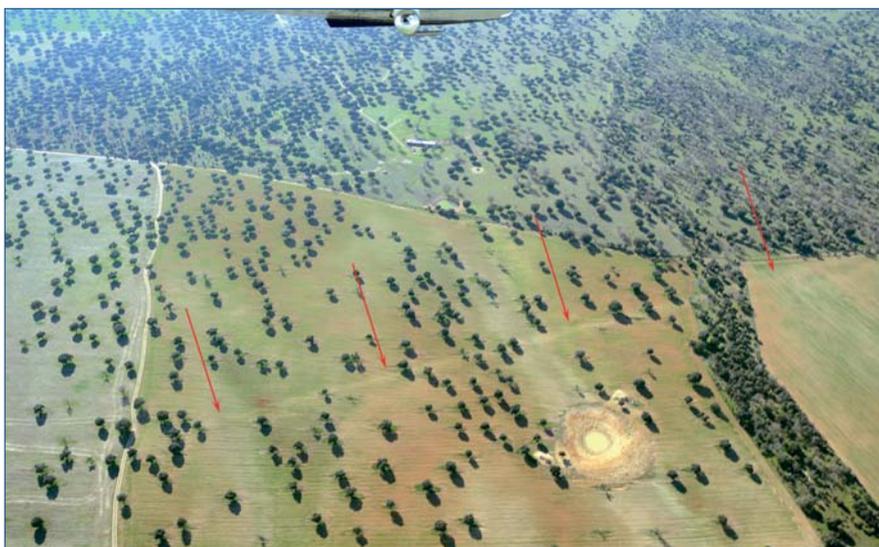
El trazado geométrico impecable, con pequeñas pendientes siempre, y

un ancho mínimo suficiente para el cruce seguro de dos carros, acababan de completar los factores necesarios que permitían el transporte cómodo y seguro por la red de carreteras imperiales.

La ingeniería de las vías romanas era una ciencia bien desarrollada, heredada de otras civilizaciones



La vía Augusta en Cabanes (Castellón) constata su trazado rectilíneo desde un pequeño altozano de su trazado



Huella de la vía romana labrada entre Salamanca y Villalazán, en las dehesas al sur de San Cristóbal del Monte. Aunque hoy se promociona la cañada de la Vizana como la vía romana "de la Plata", esta es la verdadera y absolutamente desconocida vía romana. www.viasromanas.net



Estructura de la vía romana de Numancia a Uxama, en Soria, con huellas de los carros de construcción en las capas intermedias del firme. www.viasromanas.net

anteriores que pusieron en práctica la construcción de caminos a gran escala, como los persas. Roma supo extenderla a todo el mundo por ella dominado, para llevar el comercio, el intercambio de productos y de ideas, el progreso en definitiva, hasta los confines del Imperio.

En las capas intermedias del afirmado, cuando se excavan con esa precaución, se ven con mucha frecuencia las huellas de los carros usados en la construcción. Esos carros cargados con grandes pesos de áridos, carros que circulaban por las capas recién compactadas y aún húmedas, carros basculantes que extendían una nueva capa de áridos sobre sus propias huellas recién marcadas, motivo por el que las marcas han perdurado hasta nuestros días.

Y es que, la única forma operativa de construir de eficaz y rápidamente una carretera de esas características es mediante el empleo de maquinaria que, tratándose del mundo romano, se reduce a carros para el transporte de los áridos y otras máquinas de extendido y compactación de los materiales. Los animales de tiro y la mano de obra completaban las necesidades de estos equipos.

Por supuesto que fueron imprescindibles, para el éxito de una empresa semejante, un buen proyecto constructivo y una buena planificación. Ambos factores existieron sin duda, y la prueba son los resultados que aún se pueden contemplar en las ruinas de las carreteras romanas que nos han quedado.

De la procedencia de los materiales también hemos hablado en otros trabajos y, aunque casi siempre procedían del entorno de la propia carretera, se documentan muchos casos donde se transportan distancias enormes para conseguir los áridos requeridos y de suficiente calidad.

Los constructores conocían bien y con antelación estos problemas, y necesariamente se recogerían en el proyecto y en la planificación de la obra. Cuando el Estado decidía una inversión, nada quedaba al azar.

Sin embargo, a pesar de los fraudulentos, pero tan conocidos gráficos al uso, donde vemos legionarios romanos con toda su impedimenta militar, colocando grandes losas en la superficie de las vías romanas, nunca se dieron escenas semejantes en la construcción de caminos de gravas, como realmente eran las vías romanas. Caminos que, además, estaban contruidos por empresas especializadas. Así nos lo dice Chevallier (1997, p. 40): en un análisis realizado sobre toda la obra conservada de Tito Livio, existen siete menciones concernientes a la construcción de vías por magistrados civiles, mientras que solo una de ellas menciona la construcción de una vía (probablemente camino de guerra) por el ejército.

Y, de esta forma, se alcanzaron cifras de miles y miles de kilómetros en apenas una o dos generaciones.

Por tanto, ni los militares construían estas vías habitualmente, ni disponían de los medios necesarios para ello, ni los caminos de guerra que los militares construían guardan ninguna relación con las vías comerciales que constituyeron la red viaria del Imperio.

Cuando las legiones construían un "camino" era para resolver un problema en los campos de batalla y no para comunicar dos ciudades que, además, en los momentos de conquista, o no existían, o no eran romanas. Por otra



Estructura de las capas de la cimentación, encajada entre bordillos, en la vía romana de Numancia a Uxama cerca del puerto del Temeroso en Calatañazor (Soria). www.viasromanas.net

parte, la construcción de un camino por el ejército para acceder a determinado punto proporciona una información al enemigo que debe salvaguardarse con mucha discreción.

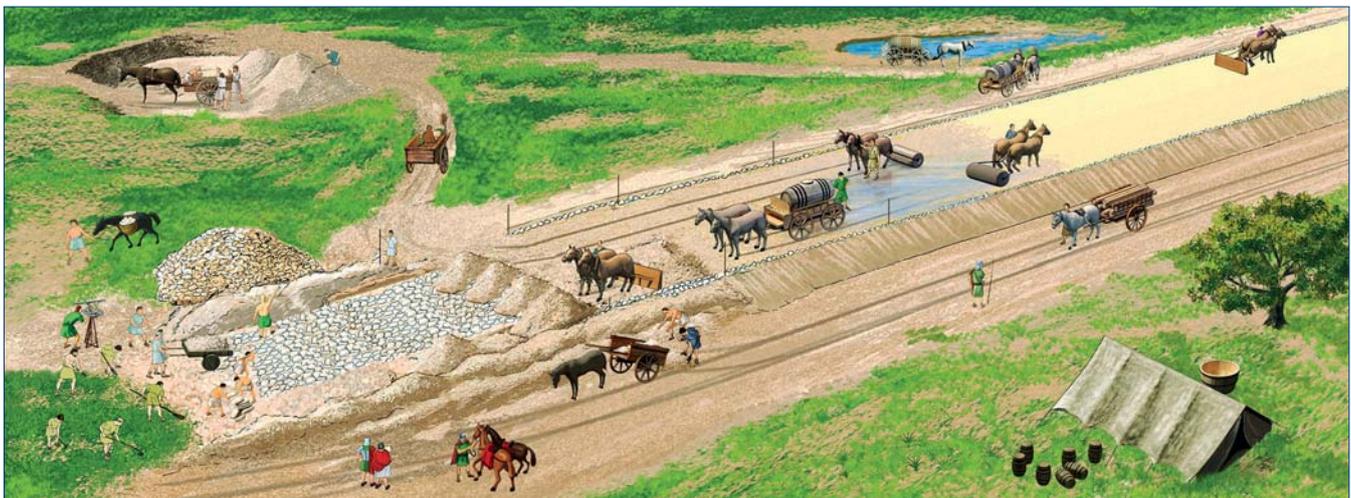
De estos caminos nos hablan expresamente autores como Frontino, en las Estratagemas, y César, en De Bello Gallico. Pero mencionaremos lo que nos dicen expresamente dos autores:

Vegecio, en su Recopilación sobre las Instituciones Militares (III, VI): "... se deben enviar destacamentos en vanguardia para ocupar las prominencias... Es mejor enviar hombres por delante con hachuelas y otras herramientas para abrir caminos que sean estrechos pero seguros, sin obviar el trabajo, en vez de correr más riesgos por caminos mejores".

Y Josefo, narrando cuando Vespasiano entra en Galilea (Bellum Iudicum, III-V): "Les seguían los zapadores para enderezar los caminos sinuosos, allanar los pasos difíciles y talar previamente los árboles que impidieran el acceso, de modo que el ejército no tuviera que soportar una marcha difícil".

Al contrario de las anchas carreteras que son las vías romanas, el ejército se desplazaba con discreción por caminos rápidos de construir que, aunque estrechos, sirvieran a la estrategia de campaña.

En los propios campamentos, la arqueología empieza a constatar que sus calles eran estrechas. Eso sí, dotadas de afirmado para soportar cargas, ya que las máquinas de guerra debían circular por ellas, pero sólo preparadas para un tráfico escaso donde no



Dibujo que explica el proceso constructivo de una vía romana y los elementos que intervienen. Modificado desde Sánchez Priego et al 2015: 82, fig. 16, quien a su vez se basó en el original, "escena de construcción de una vía romana" (Moreno Gallo 2010: 41).

eran necesario el cruce de dos carros. La eventualidad del emplazamiento debía priorizar la economía de las infraestructuras.

La identificación de las vías romanas

Precisamente, por todo lo que se desconocía sobre las vías romanas, es sorprendente la gran cantidad de calzadas, puentes, y otros elementos de obra pública, que han sido identificados como romanos sin ningún factor objetivo que los identifique como tales. Sistemáticamente, parece haberse aplicado la falta de prueba de modernidad como prueba de extraordinaria antigüedad. Todo lo antiguo y de piedra se ha hecho “romano” mientras no exista documento que diga otra cosa.

Sin embargo, paulatinamente, van apareciendo los proyectos de construcción de hace pocos siglos de estos puentes “romanos”, por ejemplo, en la Rioja (ARRÚE y otros 1999), y de no pocas “vías romanas”, como

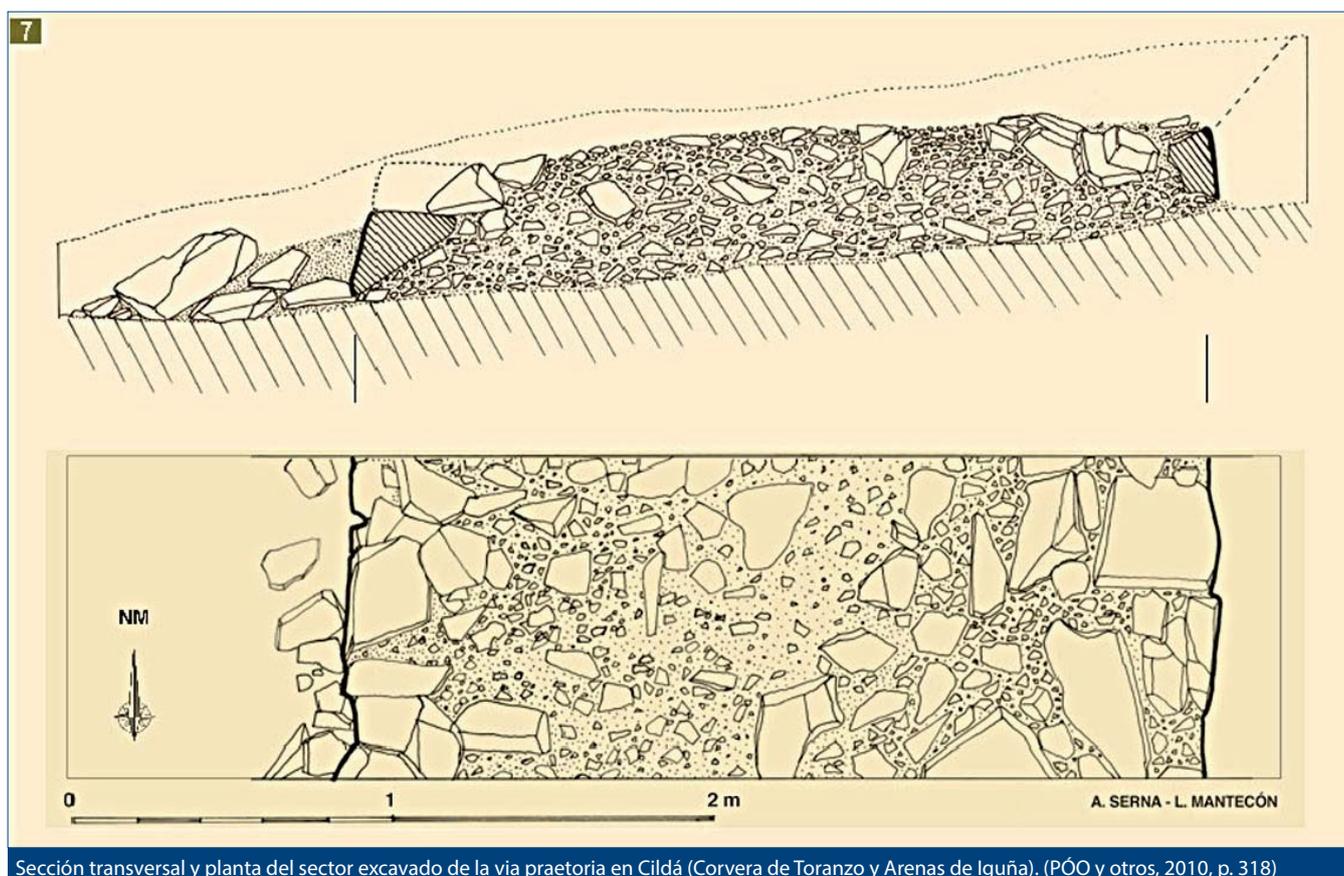


Huella de la vía romana labrada entre Uxama y Clunia en la provincia de Soria. www.viasromanas.net

la del Parpers en Argentona (COSTA 2012). Cosa que sigue sin impedir la romanidad de aquellos elementos que no tienen nada en contra ni a favor de serlo.

Pero, cuando la documentación no sirve de apoyo para la datación de estos elementos, porque sencillamente no existe, hay que recurrir a otros factores que pueden servirnos para

tal fin. La técnica constructiva es uno de ellos. Los edificios, los puentes y las carreteras que presentan muchas características técnicas en común, que responden a un elenco de técnicas que definen un nivel tecnológico determinado, y bien identificado en un momento cultural, tienen grandes posibilidades de pertenecer a ese mismo momento cultural.



Sección transversal y planta del sector excavado de la vía praetoria en Cildá (Corvera de Toranzo y Arenas de Iguña). (PÓO y otros, 2010, p. 318)



El camino de la Capsacosta, en Gerona, de infame tecnología. Un camino de mulas sin ingeniería, pretendido y promocionado como romano.



Supuesta vía romana, promocionada como tal, en Ubrique (Cádiz). Las losas puestas al descubierto en este Camino Real han hecho sugerir su romanidad, por su parecido con las calles enlosadas de las ciudades romanas. Se trata de un camino de mulas de época moderna, como muchísimos otros que se reparten por toda la geografía española.

Identificadas con precisión las características de una obra, y el nivel tecnológico-cultural a que pertenece, su datación queda facilitada enormemente frente a la imposibilidad de hacerlo por la mera inexistencia de documentos de prueba.

Los errores de mayor bulto en la identificación de las vías romanas se dan precisamente en las zonas de montaña. La necesidad de establecer continuamente caminos en estos lugares a lo largo de la historia, donde los elementos de la naturaleza destruyen cada poco lo construido, han hecho proliferar el número de caminos visibles, pero relativamente nuevos.

Estos empedrados de pocos siglos, que solo pretendían consolidar una senda trazada sin criterios de ingeniería, han excitado la imaginación de muchos investigadores que han querido ver en ellos el camino romano que no aparece por otro sitio.

Isaac Moreno Gallo es ingeniero técnico de Obras Públicas del Ministerio de Fomento (imoreno@fomento.es) y estudiante de último curso del Grado de Geografía e Historia. Ha trabajado para diversas administraciones públicas a título de especialista en Ingeniería Romana, participando en numerosos proyectos de identificación de vías romanas, estudios técnicos de conducciones de aguas romanas, investigaciones sobre la técnica antigua, instrumentos topográficos antiguos y otras facetas relacionadas con la ingeniería romana. Actualmente participa como Director Documentalista y presentador de una serie de TV sobre Ingeniería Romana.

Bibliografía básica del autor en Internet:
<http://www.traianvs.net/viasromanas/index.php>

En la mayoría de los casos, el camino romano, aun habiendo existido, ya no aparecerá. Dos mil años son muchos años para la mayoría de los puertos de montaña, como para conservarse aquella carretera que los romanos hicieron. El hallazgo de un pequeño fósil constructivo en cualquier espigón rocoso será providencial, y deberemos considerarnos afortunados en los raros casos en los que este hecho ocurre.

Lo cierto es que, la nueva afición a los caminos históricos ha provocado que cada puerto por donde discurría una vía romana "necesite" el hallazgo de la vía romana. Si esto no ocurre, siempre puede inventarse.

Caminos empedrados relativamente modernos han constituido el paradigma de lo que debía ser la vía romana. Han sido señalizados como vía romana y son visitados como tal por los turistas que allí se acercan. Ya se ha advertido de esta contingencia en otras obras (MORENO 2004, p. 217 y ss), pero no está demás repetir que, ni el Puerto del Pico en Ávila, ni el camino empedrado del Besaya en Cantabria, ni el de la Capsacosta en Gerona, ni el que ahora se promociona en la Fuenfría en Madrid, ni la calzada empedrada de Ubrique, son caminos romanos, ni en su afirmado ni es su trazado. La lista es interminable para reproducirla aquí.

Sin embargo, aunque el error es excusable, humano, y nadie tiene por qué estar libre de él, estos caminos no deberían promocionarse por más tiempo como romanos, por cuanto se sabe que no lo son. Hacerlo supone una estafa cultural al ciudadano.❖

Museo y aula didáctica de carreteras de Teruel



Carlos Casas Nagore

*Jefe de la Unidad de Carreteras de Teruel
Ministerio de Fomento*

Resumen

El Centro de Conservación de Carreteras de Teruel dispone de un aula didáctica de carreteras, destinada a visitas escolares, en la que mediante juegos originales se aprende cómo se construye una carretera y cómo se conserva. Complementa la oferta cultural un moderno museo sobre la historia de las carreteras y una exposición exterior de maquinaria antigua de conservación.

Abstract

The Road Conservation Center of Teruel offers a didactic classroom about roads for school visits, in which using original games the kids learn about how a road is built and maintained. A modern museum about road history and an outer exposition of antique road conservation machines complements the cultural offer.

El Centro de Conservación de Carreteras de Teruel del Ministerio de Fomento fue construido en el año 2003, en un punto estratégico de la red de carreteras para cuyo mantenimiento fue ideado. Al llegar a él, asombra su extensión (casi dos hectáreas) y la existencia de numerosos pedestales con maquinaria antigua de carreteras, que nos reciben desde la propia glorieta por la que se accede a la instalación.

Desde su puesta en servicio el Centro COEX fue especial. Dotado con

tecnología avanzada para la explotación de la red de carreteras, se erigió como centro coordinador con servicio 24 h, disponiendo de sistemas de gestión avanzados y de pantallas con información sobre el estado de toda la red, en especial de la autovía A-23, que se encuentra conectada en toda su longitud provincial mediante fibra óptica. El Centro incluyó un laboratorio de control de calidad y una amplia sala de reuniones.

Desde el principio se deseó que el Centro de Conservación fuera tam-

bién un espejo que permitiera dar a conocer a la sociedad el importante trabajo que desarrollan los trabajadores y los gestores de la explotación de carreteras, y que dicha sociedad considerara a estos Centros como algo que les pertenece.

En el año 2006 se puso en servicio un aula didáctica de carreteras, iniciativa pionera destinada a las visitas escolares programadas. Desde entonces, más de 3.500 escolares la han visitado y han aprendido mediante juegos (la mayor parte dise-

Una señal singular

En 1908 se celebró el primer Congreso Internacional de Carreteras y se propuso la implantación de cuatro señales de peligro: las de badén, paso a nivel, cruce y curvas. El 11 de octubre de 1909 se firmó el Convenio de París, que recogió la necesidad de implantar estas cuatro señales, pero sin definir su forma y dimensiones.

En España, se encargó al Real Automóvil Club y a una comisión el diseño de estas señales, pero no se llegó a concretar nada, de manera que hasta 1933 los dibujos incluidos en las señales, e incluso la forma de éstas, fueron muy distintos entre unas provincias y otras, como denunció en la Revista de Obras Públicas el ingeniero Antonio Aguirre.

En el Convenio de París de 24 de abril de 1926 se modificaron las conclusiones del Convenio de 1909, y se introdujo el triángulo equilátero, en este caso de 70 cm de lado, para señalar las situaciones de peligro en la carretera, que seguían siendo de los cuatro tipos ya expuestos.

En el museo se expone una señal de peligro de curvas, de sección circular y diseño inventado por la entonces Jefatura de Obras Públicas de Teruel. Unas perforaciones nos recuerdan que la señal estuvo colocada durante la guerra civil.



Casilla de camineros de Luco de Jiloca. Foto Jesús Antoñanzas



Aula didáctica. Escolares aprendiendo cómo funciona una planta de aglomerado asfáltico



Aula didáctica. Escolares montando una barrera de seguridad metálica

ñados por trabajadores de la Unidad de Carreteras de Teruel) cómo se construye una carretera y las tareas propias de explotación y conservación. Aprenden también a efectuar ensayos sencillos en un pequeño laboratorio anexo al aula, y si el tiempo lo permite, levantan planos en el exterior del recinto, mediante una dioptra y un nivel romano (chorobate) contruidos de madera y adecuados en su forma y tamaño para el manejo por escolares. Un par de manuales les ayudan a entender los juegos y les sirven de recuerdo posterior de la visita al Centro.

En noviembre de 2017 abrió sus puertas el museo de carreteras de Teruel, en una amplia sala anexa al aula didáctica, con el título de "Camineros, de la senda a la autovía".

Como reza uno de sus paneles expositivos, la exposición quiere ser un homenaje a los camineros en un sentido amplio, tal como lo entiende la Real Academia Española: "perteneciente o relativo al camino" o "persona que camina". Pretende recordar a todas aquellas personas que hicieron camino al andar, que trabajaron para que caminos y carreteras fueran mejores, que se esforzaron para conservarlos lo mejor posible y que los recorrieron a lo largo de los siglos.

El museo se abastece del material recopilado en la Unidad de Carreteras de Teruel durante más de treinta años, y también de donaciones de otros Organismos y de particulares. Una serie de maquetas confeccionadas y donadas por Modesto Pascual

Garcés, antiguo caminero y hoy trabajador de la Unidad, autor también de la mayor parte de los juegos del aula didáctica, ayudan en algunos casos a comprender mejor el contenido expositivo.

En el recorrido por sus trece secciones, se muestra la historia de las carreteras en España, los modos de viajar, los lugares de alojamiento y los peligros del viaje en los siglos

Peones camineros

Una cuadrilla de camineros con sus herramientas, en una carretera turolense.

El peón capataz es el que lleva el galón en la manga izquierda del uniforme. Los dos trabajadores que no llevan uniforme son peones auxiliares, jornaleros contratados por el Estado, sin derechos laborales de ningún tipo.

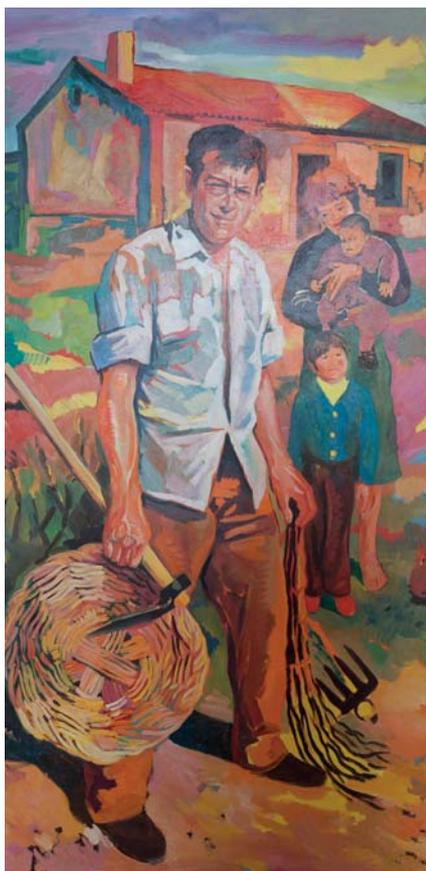
La foto está tomada, probablemente, a finales de la década de 1910. (Colección Tomás Laguía).



Museo de carreteras. Vista parcial. En primer término, hito de bifurcación de la Instrucción de Carreteras de 1939



Museo de carreteras. En primer término, maqueta de una venta clásica y reproducción del miliario romano de Sora



"Caminero". Un óleo de Pascual Berniz preside la exposición

anteriores a la aparición del automóvil, la historia de los peones camineros y de la señalización de carreteras.

El museo dispone una sección dedicada a mostrar los aparatos históricos para ensayos de control de calidad y otra que muestra, bajo la apariencia de un despacho clásico de ingeniero, aparatos de topografía y plantillas para la redacción de proyectos.

Una amplia sección está dedicada a los puentes de piedra. Se muestra de una forma práctica el funcionamiento estructural del arco, los problemas para su construcción y una colección turolense de los denominados "puentes sin ingeniero", anteriores en su mayor parte al siglo XIX.

En el exterior del museo se exponen 37 máquinas antiguas utilizadas en tareas de conservación de carreteras, además de una colección de barreras de seguridad, hitos y señales peculiares.



Interior de la casilla de camineros de Luco de Jiloca

Museo de carreteras

El museo ofrece un recorrido por la historia de las carreteras en España, con ejemplos de la provincia de Teruel.

Pretende recordar a todas aquellas personas que hicieron camino al andar, que trabajaron para que caminos y carreteras fueran mejores, que se esforzaron para conservarlos lo mejor posible, y que los recorrieron a lo largo de los siglos.

Características generales de una carretera.
Viajes y viajeros hasta el desarrollo del automóvil.
Viajeros y medios de transporte.
Los peligros del viaje.

El camino real de Zaragoza a Valencia, a su paso por la provincia de Teruel.

Exposición de maquinaria de conservación de carreteras de las décadas de 1960 y 1970.

Las calzadas romanas.

Las primeras carreteras: Los *ilustrados*. La carretera de Teruel a Sagunto.

Caminos y puentes hasta el siglo XVIII.

La conservación de la carretera: Los peones camineros.

Historia de la señalización de carreteras.

El control de calidad en las obras de carreteras. Aparatos de control de calidad.

La ingeniería. La topografía. La delineación.

La construcción de las carreteras turolenses. Las obras singulares de la década de 1920. La guerra civil de 1936 a 1939. Reconstrucción desde la escasez. Los planes de la década de 1960. Acondicionamientos de las carreteras.

Los puentes arco. El viaducto de Fernando Hué.

La autovía Mudéjar.

Guía de las secciones del museo. Diseño JoaquínJPG.



Exposición exterior de maquinaria. Típico camión mixto Avia, muy utilizado en su día por las brigadas de camineros



Exposición exterior de maquinaria. Vista parcial

Siendo fiel a su objetivo de dar a conocer a la sociedad las tareas que se desarrollan en los centros de conservación, y de no olvidar la historia de todas las personas que en su día fueron "camineros", el museo está abierto al público todos los sábados, de 10:30 a 13:30 horas.

La oferta sobre la historia caminera se complementa con la posibilidad de visitar la casilla de camineros de Luco de Jiloca, que se ha mantenido tal como fue construida e incluye mobiliario histórico y una pequeña muestra sobre la vida de estos trabajadores, muchos de ellos esclavos del tramo de carretera que tenían encomendado. ❖

Enlace a la información sobre maquinaria de la exposición



Entrevista a:

Miguel Caso Flórez

Director Técnico

Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)

Miguel Caso nos habla sobre el próximo XXVI Congreso Mundial de la Carretera que se celebrará en Abu Dabi, Emiratos Árabes Unidos, del 6 al 10 de octubre de 2019.

La revista RUTAS entrevista a Miguel Caso Flórez, Director Técnico de la Asociación Mundial de la Carretera e ingeniero de caminos español.

¿Qué es el Congreso Mundial de la Carretera?

El Congreso Mundial de la Carretera es la gran cita mundial del sector de la carretera, que se realiza cada cuatro años en un lugar diferente del mundo.

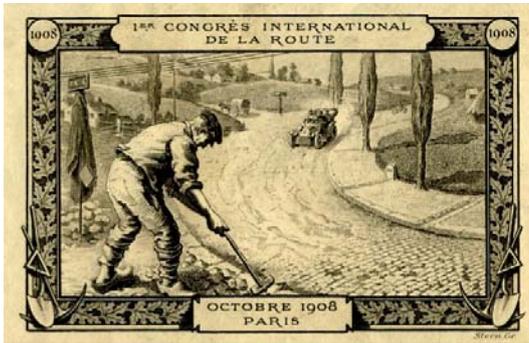
El Primer Congreso Mundial de la Carretera se celebró en París en 1908. De hecho, se inaugura el 11 de

octubre de 1908, fecha que se está reteniendo en la actualidad para establecer el Día Mundial de la Carretera, sobre todo en redes sociales. En 1908, algunas delegaciones, como la de Japón, tardaron dos meses en llegar al lugar del Congreso.

Tras más de un siglo de existencia, muchos aspectos han cambiado, pero el espíritu de los Congresos Mundiales sigue siendo el mismo: ofrecer un foro de discusión e intercambio puntero sobre las políticas y las prácticas de la carretera y el transporte por carretera y continuar siendo la gran cita mundial del sector de la carretera con

más de 5.000 participantes de más de 100 países, incluyendo Ministros y Viceministros de Fomento de hasta 60 países.

El Congreso de París en 1908 fue un éxito, y en 1909 más de una veintena de países miembros, entre ellos España, establecen la Asociación Mundial de la Carretera, en aquel momento denominada Asociación Internacional Permanente para los Congresos de la Carretera (AIPCR por sus siglas en francés, PIARC en inglés), y desde entonces la Asociación no ha dejado de crecer has los actuales 121 países miembros.



Logo del primer congreso mundial en París 1908



Sesión de Ministros en el Congreso de Seúl

¿Dónde y cuándo se celebrará el próximo Congreso Mundial de la Carretera?

El XXVI Congreso Mundial de la Carretera se celebrará en Abu Dabi, Emiratos Árabes Unidos, del 6 al 10 de octubre de 2019.

Abu Dabi es la capital de los Emiratos Árabes Unidos y el Emirato de Abu Dabi representa más del 80% del territorio del país. La infraestructura vial ha conocido un fuerte desarrollo desde la creación del país hace 50 años y sus habitantes, orgullosos de la misma, quieren mostrarla al resto del mundo.

Algunas de las infraestructuras viales del país son realmente impresionantes, de hecho, según el Informe de Competitividad Global publicado por el Foro Económico Mundial, las carreteras de Emiratos ocupan por cuarto año consecutivo el primer lugar mundial en cuanto a la calidad de la infraestructura. Los participantes al Congreso podrán visitar algunas de las realizaciones más espectaculares a través de las visitas técnicas que estamos organizando junto con el país sede.

¿Cuál es la temática abordada en el Congreso y qué pueden esperar encontrar los participantes?

Nuestra ambición es abordar la casi totalidad de las grandes temáticas del sector de la carretera a lo largo de los 5 días del Congreso. Para ello en primer lugar, presentamos los resultados del trabajo que han desa-

rollado durante 4 años nuestros 23 Comités Técnicos y Grupos de Estudio. Al mismo tiempo tendremos una docena de Sesiones Invitadas que coorganizamos con otros organismos internacionales (Banco Mundial, OCDE, ONU, etc.) sobre temáticas complementarias. Y a todo eso hay que añadir la Sesión de Ministros, las Sesiones de Orientación Estratégica focalizadas en el futuro, los talleres de trabajo con una gran interacción con la audiencia, la Ceremonia de Inauguración y la de Clausura, las visitas técnicas y el programa social con la cena de gala y paseos turísticos, algunos de los cuales se desarrollarán al atardecer tras las sesiones del Congreso.

El Congreso también cuenta con una importante exposición. Más de 10.000 m² cubiertos, y una zona de maquinaria en el exterior, donde las administraciones públicas y el sector privado mostrarán a los participantes sus logros e innovaciones tecnológicas

El Congreso también cuenta con una importante exposición de más de 10.000 m² cubiertos, y una zona de maquinaria en el exterior, donde las administraciones públicas y el sector privado mostrarán a los par-

ticipantes sus logros e innovaciones tecnológicas.

Además del intercambio sobre conocimientos y prácticas de vanguardia, los participantes encontrarán que el Congreso les ofrece una excelente oportunidad para fortalecer su red de contactos mundial tanto con administraciones públicas de diferentes países como con el sector privado y otros organismos internacionales.

¿Puedes darnos algunos ejemplos concretos de temáticas?

Las temáticas de las 23 Sesiones de los Comités Técnicos se pueden encontrar en www.piarc.org. Por citar algunas: gestión del patrimonio vial, puentes, explotación de túneles, ITS y explotación de redes, movilidad urbana, vialidad invernal, seguridad vial, resiliencia de la infraestructura vial, transparencia y buen gobierno... Algunos ejemplos de Sesiones Invitadas serían el impacto de los vehículos autónomos en la seguridad vial, el uso de BIM en las carreteras, o una temática que estamos trabajando junto con el Banco Mundial y la OCDE sobre la inclusión de la perspectiva de la mujer en el sector de la carretera como usuaria, trabajadora y dirigente. Como ejemplo de talleres, tendremos el ya tradicional taller de firmas aeroportuarios organizado junto con Airbus, Boeing y los aeropuertos, o la aplicación a las redes nacionales del Marco Internacional de PIARC para la Adaptación al Cambio Climático de la Infraestructura Vial.



Pabellón de España en el Congreso de Seúl



Área de Exposición en el Congreso de México

¿Cuál es tradicionalmente la participación de España en los Congresos Mundiales y en la Asociación Mundial de la Carretera?

Yo diría que España es junto con Francia y Japón, uno de los países más activos en la Asociación Mundial de la Carretera, probablemente fruto del gran desarrollo que el sector vial ha tenido históricamente en España y de la expansión internacional de las empresas españolas de infraestructuras en las últimas décadas. La participación española en el Congreso será como de costumbre muy alta.

De hecho, el idioma español es idioma oficial del Congreso desde 1995, y desde 2015 es uno de los tres idiomas de la Asociación junto con el inglés y el francés. Los artículos y las ponencias pueden ser presentados en español, y todas las sesiones contarán con traducción simultánea. Contamos con que el señor Ministro de Fomento participe en la Sesión de Ministros para intercambiar con sus homólogos. España tendrá un pabellón nacional en el área de exposición donde las administraciones públicas y las empresas españolas podrán mostrar sus realizaciones y logros. Entien-

do que, como de costumbre, la ATC jugará un papel crucial en la coordinación de ese pabellón.

A nivel técnico los autores españoles suelen ser muy activos y con los resultados parciales del envío de resúmenes de artículos, los autores españoles están entre los tres países con más propuestas junto con Alemania y Estados Unidos.

En la Asociación, España es junto con Francia y Japón, el país que más votos tiene en el Consejo de la Asociación y por tanto más poder de decisión. Y algunos miembros españoles, en este caso los tres del Ministerio de Fomento, tienen puestos claves en la Asociación, como son presidir el Grupo de Trabajo para el Plan Estratégico 2020-2023, ser Coordinador de uno de los 5 Temas Estratégicos, y presidir un Comité Técnico.

También debo decir, y no porque esta entrevista sea para Rutas, que la ATC es probablemente el Comité Nacional más activo de los más de 40 que hay en PIARC, tanto por su actividad nacional como por su coordinación con PIARC y que nos estáis apoyando eficazmente para promover el Congreso en España, tanto con la difusión de la convocatoria para presentar artículos y el premio que vais a

otorgar a la mejor ponencia española, como con la promoción de la participación en el Congreso.

A diferencia de 1908, la actualidad parece invadida de congresos y conferencias ¿qué tiene de especial el Congreso Mundial de la Carretera?

La singularidad del Congreso Mundial de la Carretera continúa siendo la noción de mundial. Entendida como un evento donde participaran más de una centena de países, incluyendo países de altos ingresos y países de medios y bajos ingresos. Hay diversos congresos internacionales centrados en países de ingresos elevados (los de la OCDE, por ejemplo) pero ninguno consigue como nosotros agrupar a todo tipo de países del mundo y tener una convocatoria tan alta. El ingenio y los aciertos no están reservados a los países desarrollados, y el intercambio global es muy fructífero.

Por otro lado, el lema general del Congreso "Conectando culturas – fortaleciendo economías" hace referencia a la localización particular de Oriente Medio como punto de unión entre Europa, Asia y África. En la Asociación Mundial de la Carretera y en los Emiratos Árabes Unidos estamos trabajando para que el primer Congreso Mundial de la Carretera en Oriente Medio sea un verdadero punto de encuentro, e intentamos como siempre, superar el Congreso anterior.

Nos vemos en Abu Dabi. ❖



ASFALTOS EN REPSOL

ECONOMÍA CIRCULAR, EL VEHÍCULO QUE NOS CONDUCE A UN FUTURO MEJOR



La actividad investigadora y la innovación son elementos básicos y fundamentales en Repsol, generando nuevos productos específicos para la carretera, diseñados y adaptados a las necesidades presentes y futuras. La construcción y conservación de cualquier infraestructura implica necesariamente consumo de recursos y aficción a las personas y al medioambiente. En la medida que se minimizan

estos impactos contribuimos a un desarrollo sostenible, aplicando criterios de Economía Circular en todo el proceso: menor entrada de recursos al sistema productivo y desarrollo de tecnologías que colaboren en la potencial reciclabilidad de los firmes de carreteras y sus componentes. Es nuestra responsabilidad contribuir a que ello sea posible.

Los resultados de estas investigaciones se trasladan al mercado en

estrecha colaboración con Administraciones, Contratistas y Proveedores, trabajando en asesoramiento previo a la venta, asistencia durante la ejecución y diseño de productos a medida.

De igual modo, la capacidad de las refinerías y los centros productivos de asfaltos de Repsol, son la mejor garantía de suministro y servicio para cumplir con dichos requerimientos. Los ligantes son produci-



dos con un riguroso control de calidad que garantiza el cumplimiento de las especificaciones vigentes. Todos nuestros productos sometidos a regulación europea disponen de Mercado CE, siendo la primera compañía europea productora de betunes en obtenerlo en el año 2010. Se trabaja con un completo Sistema de Gestión que integra Calidad (ISO 9001), Medioambiente (ISO 14001), Seguridad (OSHAS 18001) y Eficiencia Energética (ISO 50001).

El reciclado de los materiales de los pavimentos, responde plenamente a la preocupación social existente por el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales. Repsol, en colaboración con empresas de reconocido prestigio técnico nacional e internacional, ha desarrollado ligantes específicos para las diferentes tipologías de reciclados existentes: calientes, semicalientes, templados y en frío... Se trata de productos diseñados para cada caso, lo que permite optimizar la técnica de regeneración de las capas del firme envejecidas aportando los componentes que se han perdido en el betún como consecuencia del envejecimiento y devolviéndole las características originales perdi-

das. En esta línea de investigación hemos querido dar un paso más, y así, dentro del marco del Proyecto Repara 2.0 (acrónimo de REhabilitación sostenible de PAvimentos de carreteras) estamos desarrollando junto a otros socios del consorcio mezclas autorreparadoras, capaces de repararse a sí mismas en el momento en que comienza su deterioro. Ello representa un salto tecnológico sin precedentes en materia de conservación de firmes.

Por otro lado, ofrecemos una amplia gama de productos para técnicas de baja temperatura, constituida por ligantes que permiten la disminución de las temperaturas de fabricación y extendido respecto a las técnicas tradicionales. Con ello, se reducen emisiones a la atmósfera, se consigue un ahorro energético en la fabricación y se mejoran las condiciones de trabajo de los operarios de manera notable.

Porque la seguridad de las personas en Repsol es una prioridad. Por ello, Repsol ha impulsado el desarrollo de cisternas que proporcionan una carga y descarga más rápida y, sobre todo, más segura. ¿El reto? Que el diseño de la cisterna evite los riesgos inherentes

a proceso de la carga y la descarga de betunes, e impedir el fallo humano. Para ello, en colaboración con el fabricante Cobo y el transportista Babe y Cía., con el objetivo de evitar la subida al domo, estas cisternas utilizan la boca de hombre como venteo accionada desde el suelo, mediante un novedoso sistema de accionamiento neumático. Por otro lado, de cara a comprobar que la cisterna está totalmente vacía se ha aprovechado el sistema de suspensión, para instalar un manómetro, de forma que se consigue una indicación indirecta de la carga real. Finalmente, para alejar al conductor y operario de la boca de salida de conexión/desconexión de la manguera, punto de mayor riesgo de salpicadura de betún, se han trasladado los volantes de apertura, al lateral de la cisterna. Medidas innovadoras como estas no solo muestran una clara apuesta por la seguridad, también están destinadas a potenciar la eficiencia en los procesos.

En la línea de compromiso con el medioambiente y conscientes de las dificultades de la eliminación de los neumáticos usados, Repsol ha desarrollado diferentes modalidades de betunes que contemplan

su empleo. Los mismos, son producidos de acuerdo a la tipología de productos existentes en la especificación y normativa española. Estos ligantes aportan una solución al problema de acumulación de neumáticos usados en vertederos, permitiendo su reciclado. En esta línea de trabajo, Repsol investiga sobre la posibilidad de reciclar residuos procedentes de otras industrias acorde con criterios de economía circular bajo dos premisas básicas: la seguridad de uso del producto y el mantenimiento y mejora de las características mecánicas de ligantes y mezclas.

En los entornos urbanos, la población está en contacto directo con el asfalto. Por ello, todos los requisitos que solicita la sociedad para nuestras carreteras, se hacen más tangibles en la ciudad. Adicionalmente al empleo de productos que reduzcan emisiones a la atmósfera, el ruido generado por el tráfico rodado, es uno de los principales impactos medioambienta-

les que preocupan a los ciudadanos. Junto a las administraciones públicas y nuestros clientes, desarrollamos firmes que reducen en gran medida el ruido generado, sin perder por ello las prestaciones de seguridad y comodidad que todo pavimento debe ofrecer en su funcionalidad.

Los ligantes sintéticos pigmentables son productos aglomerantes de propiedades similares a los betunes, y obtenidos a partir de una mezcla de resinas, aceites y polímeros. Son incoloros en película fina y mediante la incorporación de pigmentos minerales se les puede conferir la coloración deseada. Con estos ligantes se pueden conseguir pavimentos de todos los colores con una nitidez y luminosidad excelentes. Adicionalmente, con esta tecnología, se pueden diseñar pavimentos reflectantes que mitiguen el efecto isla de calor que suele producirse en las ciudades.

Buena parte de los constructores de carreteras de España han aborda-

do con éxito procesos de expansión internacional, exportando el gran activo tecnológico y el saber hacer adquirido en los años de expansión inversora en España. En Repsol queremos seguir estando tan cerca de ellos como aquí, y para ello que todos nuestros productos de especialidad asfáltica sean exportables a todo el mundo, garantizando en todo momento la funcionalidad de los mismos y adecuándolos en su diseño a las normativas técnicas de los países de destino.

Las personas y su seguridad, y el respeto y mejora del medio ambiente son parte fundamental de las líneas estratégicas de Repsol. Recorreremos ese camino junto a nuestros clientes y proveedores, en el marco de la legislación técnica vigente aplicando criterios de economía circular. Estamos convencidos que para abordar la consecución de los objetivos, en un entorno económico complejo, nada mejor que la cooperación y aprovechamiento de sinergias y conocimientos. ❖





El pasado 12 de junio, la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), junto a la Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas (AETOS), organizaron la “*Jornada técnica de Túneles: Concepción y ciclo de vida. Un enfoque integral*”, promovida por la Dirección General de Carreteras, del Ministerio de Fomento, y ADIF.

La jornada se celebró en el colegio de Caminos Canales y Puertos de Madrid, teniendo una gran aceptación, contándose con más de 150 asistentes.

Los socios de la ATC pueden acceder a los videos de todas las ponencias, entrando con sus claves en el espacio del Comité de Túneles de nuestra página web. ❖

PROGRAMA

Sesión 1 / Diseño General

- Evolución en el diseño de túneles, Normativa y Análisis de Riesgos
- Interoperabilidad en túneles ferroviarios
- Condicionantes Hidrogeológicos
- Solicitaciones Mecánicas Singulares: Fluencia, Expansividad, Karstificaciones,...

Sesión 2 / Construcción

- Metodología BIM
- Revestimiento e Impermeabilización. Túnel de Udalaiz
- Problemas en emboquilles
- Auscultación durante Construcción y Explotación

Sesión 3 / Aspectos Funcionales

- Problemática de los Apartaderos
- Elección de los Firmes
- Problemática del Drenaje en Terrenos Calcáreos
- Técnicas e Innovaciones en Iluminación
- Notas sobre la consideración integral del ciclo de vida. Iluminación de túneles viales. De la norma a realidad

Sesión 4 / Explotación Y Mantenimiento

- Concepción enfocada a la Explotación y el Mantenimiento
- Reparación de Obra Civil
- Protección civil y seguridad: Plan de autoprotección en Túneles Ferroviarios
- Protección civil y seguridad: Plan de autoprotección en Túneles de Carreteras
- Ventilación y Seguridad Frente al Fuego

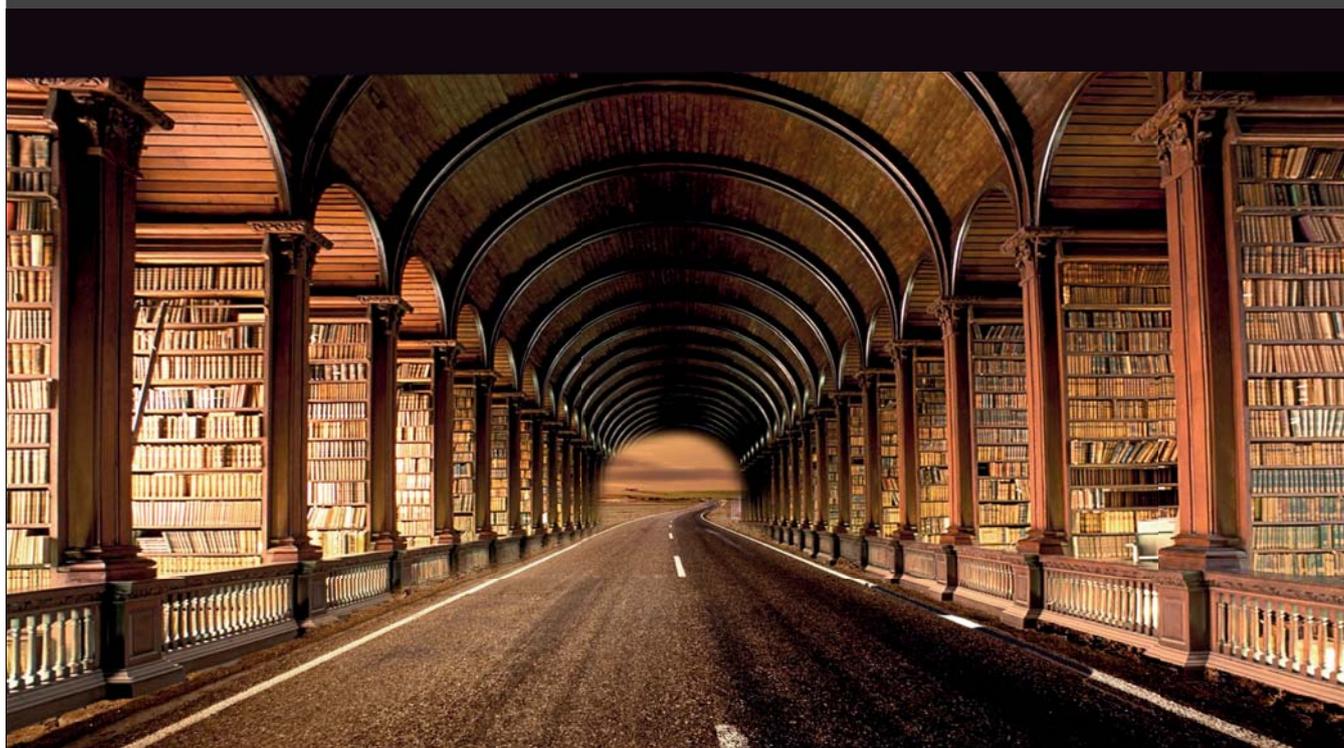
Acceso a los videos de las ponencias
www.atc-piarc.com/comites.php

PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto para las próximas fechas los siguientes eventos:

- **Simposio Nacional de Firmes**
Madrid, 16 al 18 de octubre 2018
- **Jornada Técnica Seguridad Vial. Abriendo caminos a la implantación de las nuevas tecnologías en seguridad vial**
Logroño, 25 de octubre de 2018
- **Jornada Técnica Análisis Ambiental y de Costes en el Ciclo de Vida de Firmes y Pavimentos**
Madrid, 6 de noviembre 2018
- **Curso de Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera**
Madrid, 27, 28 y 29 de noviembre de 2018
- **VII Simposio de Túneles de Carretera**
Barcelona, 12 al 14 de febrero 2019

“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en nuestra web:

www.atc-piarc.com

SIMPOSIO NACIONAL DE FIRMES SNF 2018



Este mes de octubre será testigo de uno de los mayores eventos técnicos en materia de firmes de los últimos diez años, en el que se prevé la asistencia de más de 450 especialistas en la materia.

Bajo el lema "En Ruta Hacia una Economía Circular" el Simposio Nacional de Firmes 2018 quiere poner las bases de lo que serán los firmes y pavimentos del futuro, dando respuesta a las demandas de la Sociedad de un mejor uso de los recursos, un menor impacto en el medioambiente y los mejores niveles de confort, tecnología y seguridad que pueda ofrecer la carretera.

El Simposio tiene un elevado carácter técnico y se articula en cinco mesas de debate y 6 sesiones técnicas, además de contar con sesiones de posters para la presentación de aquellas comunicaciones técnicas que no hayan podido exponerse en las sesiones del Simposio.

Adicionalmente, el Simposio contará con una exposición comercial en la que se expondrán las últimas novedades en materiales, productos y sistemas.

El evento se completa, además, con la celebración de una serie de workshops sobre iniciativas punteras en I+D+i, para la que hay dedicada toda una tarde.

En las mesas de debate se van a tratar temas de la máxima actualidad y preocupación en el sector como las políticas de conservación que tienen previsto seguir las Administraciones de carreteras; cuál va a ser el futuro en el diseño y en la rehabilitación de los firmes; qué nuevas prestaciones se demandan a los pavimentos para aprovechar la energía solar o para que los vehículos eléctricos se puedan recargar mientras circulan sobre ellos; hacia dónde deben enfocarse los esfuerzos de la investigación, el desarrollo y la innovación; y por último la gran pregunta que todos esperamos: cómo van a ser los vehículos del futuro y cómo van a interactuar con el firme y con el resto de la infraestructura.

Es evidente que del debate y la reflexión que los expertos y máximos responsables en determinadas materias van a llevar a cabo surgirán

las líneas de actuación que van a marcar el futuro de los firmes en los próximos años.

Las sesiones técnicas van a servir para presentar el panorama técnico que en estos momentos existe en España en temas tan variados como sistemas y modelos de gestión, rehabilitación de firmes (superficial, estructural), conservación preventiva o criterios ambientales. En este sentido, en la fase de resúmenes se presentaron más de un centenar de propuestas, que finalmente se han plasmado en 76 comunicaciones escritas, lo que pone de manifiesto el interés suscitado por este Simposio.

Además, las sesiones técnicas se enriquecen con 6 conferencias invitadas a cargo de prestigiosos y reconocidos especialistas en los campos que se abordan en cada una de ellas.

Como colofón a esta presentación, solo queda animar a participar de forma activa en este evento, por la relevancia e importancia que tendrá en el devenir técnico de los próximos años en material de firmes.

PROGRAMA

Martes 16 de octubre

- | | |
|--|---|
| <p>09:30-10:15 Sesión Inaugural</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inauguración - Introducción del Ponente General
<i>Julio Vaquero</i> <p>10:15-11:45 Mesa-Debate 1: La política de Conservación de las Direcciones Generales de Carreteras de diferentes Administraciones
<i>Coordinador: Juan José Potti</i></p> <p>12:30-14:00 Sesión 1: Gestión de Pavimentos, Sistemas y/o Modelos
<i>Coordinador: Carlos Estefanía</i>
<i>Conferencia invitada: Miguel Ángel del Val</i>
<i>Ponente Comunicaciones: Patricia Amo</i></p> | <p>14:00-16:00 Comunicaciones Libres</p> <p>16:00-17:30 Sesión 2: Auscultación y Optimización del diseño de la rehabilitación de firmes
<i>Coordinador: Jesús Felipo</i>
<i>Conferencia invitada: Wouter van Bijsterveld</i>
<i>Ponente Comunicaciones: Arancha Carceller</i></p> <p>17:30-18:30 Mesa-Debate 2: Futuro de diseño de Rehabilitación de Firmes
<i>Coordinador: Félix Edmundo Pérez</i></p> |
|--|---|

Miércoles 17 de octubre

- | | |
|--|---|
| <p>09:00-10:45 Sesión 3: Soluciones innovadoras, materiales y procesos (I): Reciclado de Pavimentos
<i>Coordinador: José Manuel Blanco</i>
<i>Conferencia invitada: Jacinto Luis G^a Santiago</i>
<i>Ponente Comunicaciones: Anna Paris</i></p> <p>10:45-11:45 Mesa-Debate 3: Nuevas prestaciones del firme: solar, carga inductiva...
<i>Coordinador: Xavier Flores</i></p> | <p>12:30-14:00 Sesión 4: Soluciones innovadoras, materiales y procesos (II): Rehabilitación estructural
<i>Coordinador: Jesús Díaz Minguela</i>
<i>Conferencia invitada: Aurelio Ruiz</i>
<i>Ponente Comunicaciones: M^a Elena Hidalgo</i></p> <p>14:00-15:30 Comunicaciones Libres</p> <p>15:30-16:30 Mesa-Debate 4: I+D+i Hacia dónde enfocar los esfuerzos
<i>Coordinador: Francisco José Lucas</i></p> <p>16:30-18:30 Workshops: Presentación y debate Consorcios I+D+i</p> |
|--|---|

Jueves 18 de octubre

- | | |
|---|---|
| <p>09:00-10:30 Sesión 5: Soluciones innovadoras, materiales y procesos (III): Rehabilitación superficial y conservación preventiva
<i>Coordinadora: M^a del Mar Colás</i>
<i>Conferencia invitada: José Ramón Marcobal</i>
<i>Ponente Comunicaciones: Nuria Uguet</i></p> <p>10:30-12:00 Sesión 6: Criterios ambientales en la rehabilitación de firmes
<i>Coordinador: Francisco Criado</i>
<i>Conferencia invitada: Ángel Sampedro</i>
<i>Ponente Comunicaciones: Laura Parra</i></p> | <p>12:30-13:30 Mesa-Debate 5: Los vehículos del futuro y su interacción con el firme
<i>Coordinador: Aniceto Zaragoza</i></p> <p>13:30-14:00 Sesión de Clausura</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conclusiones del Ponente General
<i>Julio Vaquero</i> - Clausura |
|---|---|

Para más información:

www.congresosatcpiarc.es/snf2018

Sede: Madrid

Fechas: **16, 17 y 18 de octubre de 2018**

Director Técnico de la Jornada: Julio José Vaquero. Presidente del Comité de Firmes de la ATC



Desde el año 2013, en el que con 1680 fallecidos, en las carreteras interurbanas y urbanas, se alcanzó el mínimo histórico de fallecidos en las carreteras en España, el número de muertes ha mantenido una línea de crecimiento, pasando a 1688 en 2014 y llegando en el pasado 2017 hasta los 1827 fallecidos.

A ello ha colaborado, sin duda, el crecimiento significativo del tráfico en estos últimos años, así como también es posible que algunas medidas que favorecieron, y mucho, una importante disminución en la muertes en carretera, hayan perdido buena parte de la fuerza inicial, como por ejemplo el carnet por puntos.

La preocupación de los organismos gestores de tráfico, la Dirección

General de Tráfico, y sus entidades homólogas en País Vasco y Cataluña, que tienen transferidas las competencias, y de las diversas administraciones propietarias de las carreteras a nivel nacional, autonómico y provincial es, sin duda, muy elevado.

La mortalidad en las carreteras convencionales es muy superior al de las vías de alta capacidad, suponiendo el 72% del total de muertes en carretera, ello lleva a pensar en la conveniencia de centrar los esfuerzos en este tipo de vías. También se ha producido un repunte significativo de las víctimas en usuarios vulnerables, peatones, ciclistas y motociclistas. La DGT ha expresado su deseo de plantear una reducción de la velocidad para las carreteras convencionales, limitándola a 80 km/h.

Sin duda la velocidad influye en este incremento de la mortalidad, pero también lo hacen las distracciones, fundamentalmente por el uso del teléfono móvil mientras se conduce, o la ingestión de alcohol y demás drogas, así como la no utilización del cinturón de seguridad.

Los gestores de carreteras están comenzando a implantar nuevas tecnologías con las que minimizar este gran problema.

Se pretende en esta Jornada que tendrá lugar en Logroño, presentar las experiencias ya recogidas de algunas de ellas y animar al conjunto de administraciones propietarias a su conocimiento, implantación y desarrollo a fin cambiar la tendencia actual de muertes en carretera.

Sede: Riojaforum, Logroño

Fecha: **25 y 26 de octubre de 2018**

Director Técnico de la Jornada: Carlos Yécora Roca, Director General Obras Públicas y Transportes del Gobierno de La Rioja



Las carreteras son un valioso patrimonio de la sociedad, constituyendo un aspecto fundamental en el desarrollo económico y social de un país. Asimismo, no debemos perder de vista que las carreteras emplean grandes cantidades de materiales y de energía, generando notables impactos ambientales, por lo que se ha de buscar maximizar los primeros (sus beneficios sobre la economía y la sociedad) minimizando los segundos (afecciones ambientales).

No estamos hablando de otra cosa que del ya conocido concepto de sostenibilidad, que nos invita a todos, como usuarios, constructores, proyectistas o administraciones, a analizar en profundidad el conjunto de aspectos ambientales, económicos y sociales, asociados al ciclo de vida de las infraestructuras de carreteras. Para iniciar esta labor, se ha tomado como punto de partida los firmes y pavimentos, con el objetivo de adquirir experiencia

antes de abordar en el futuro aspectos más complejos de esta infraestructura (trazado, obras de tierra, drenaje, etc.).

Este análisis ha quedado reflejado en la Monografía "Análisis Ambiental y de Costes en el Ciclo de Vida de Firmes y Pavimentos", promovida por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y elaborada en el seno del Comité de Firmes de la ATC por el CEDEX conjuntamente con ASEFMA, IECA, ATEB, AENOR y UNE.

La Jornada se estructura en tres bloques. En el primero de ellos se tratará los aspectos más relevantes de estas técnicas en su componente medioambiental: su estado del arte, el porqué de la conveniencia de su aplicación a las carreteras así como su utilidad. En el segundo se abordará de forma análoga el Análisis de Costes del Ciclo de Vida (incluyéndose los aspectos ambientales) y se tratarán las cuestiones más relevantes de su aplicación en la Contratación y Compra Pública

Verde (CCPV).

Ya en el bloque de la tarde se pondrán encima de la mesa las utilidades del Etiquetado y la Certificación, así como los avances en la normativa de evaluación de la sostenibilidad aplicada a la Obra Civil, destacando la importancia de contar con una información medioambiental fiable. Por último, se plantearán las líneas actuales y futuras de trabajo en estas materias.

Las sesiones de la mañana y de la tarde finalizarán con una ponencia y una mesa redonda en las que se reflexionará y se debatirá sobre la situación del sector, y sobre los retos y oportunidades a los que nos enfrentamos, primero desde el punto de vista de las Administraciones Públicas y después desde la perspectiva del sector empresarial. Para ello, contaremos con la presencia de representantes relevantes en ambos sectores.

Sede: Centro de Estudios y Técnicas Aplicadas, CETA (CEDEX)

Fecha: **6 de noviembre de 2018**

Directores Técnicos de la Jornada: Laura Parra Ruiz y Marcos Perelli Botello, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)

CURSO DE RESPONSABLE DE SEGURIDAD DE TÚNELES DE CARRETERA

Los graves siniestros en los túneles de carretera de Mont Blanc y Tauern en 1999 y de San Gotardo en 2001 impulsaron la creación de líneas de investigación en todo el mundo y la aparición de normativas nacionales en Francia, Alemania, Inglaterra y Austria. En el año 2004 se aprobó la Directiva Europea 2004/54/CE de Seguridad en Túneles de Carretera que define los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los túneles de la red transeuropea de carreteras e introdujo cuatro actores con funciones y responsabilidades concretas con la seguridad en dichas infraestructuras.

Uno de dichos actores es el Responsable de Seguridad que supuso una novedad en nuestro país, que es nombrado por el Gestor del túnel y que debe tener una observancia crítica e independiente en el campo de la seguridad en las fases de proyecto, construcción y explotación.

Para la figura del Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera no existe normativa técnica alguna, ni a nivel nacional ni europeo, que defina las funciones que debe desarrollar y que para el mismo establece Directiva Europea 2004/54/CE y sus transposiciones.

La formación y la necesidad de estructurar los conocimientos de los

Responsables de Seguridad de Túneles de Carretera es una de las inquietudes del Comité de Túneles de PIARC y también de la Asociación Técnica de Carreteras, por lo que basándose en la experiencia acumulada por muchos de sus miembros, alguno de ellos actuando como Responsable de Seguridad en túneles competencia de distintos titulares y administraciones, se ha animado a la organización de este curso.

Ya en el ciclo 2011 – 2015 se constituyó un Grupo de Trabajo que elaboró el informe “El Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera” que aborda el desarrollo de unas directrices o recomendaciones sobre la figura del Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera relativas a su independencia respecto de otros intervinientes, su formación y conocimientos previos, las fases en las que debe estar presente y sus funciones.

Debe estar al día en el conocimiento de las diversas normativas de aplicación en las fases de proyecto, construcción y explotación y de las instalaciones y equipamientos técnicos para la amplia diversidad de posibles casos de túneles, implicarse en la elaboración de los manuales de explotación y en el plan de autoprotección



y participar en la gestión de emergencias, simulacros y ensayos, por lo que todos estos temas se van a abordar en el curso, añadiéndose el caso práctico de un simulacro de incidente.

El curso está dirigido principalmente a personal en activo que venga desarrollando esta actividad, con alguna experiencia y que desee actualizar sus conocimientos completando su formación.

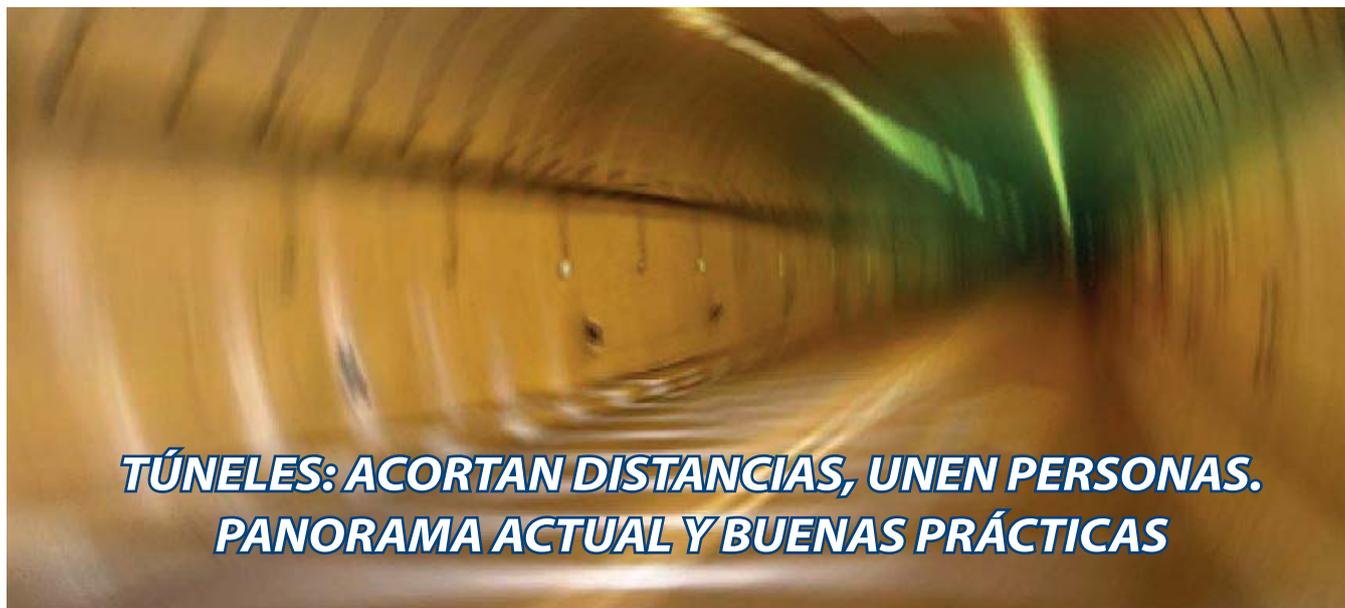
Los profesores seleccionados son profesionales con mucha experiencia, relacionados con los proyectos, la construcción y la explotación de túneles de carretera.

Sede: Madrid

Fecha: **27, 28 y 29 de noviembre de 2018**

Director Técnico de Curso: Rafael López Guarga, Presidente del Comité de Túneles de la ATC

VII SIMPOSIO DE TÚNELES DE CARRETERA



**TÚNELES: ACORTAN DISTANCIAS, UNEN PERSONAS.
PANORAMA ACTUAL Y BUENAS PRÁCTICAS**

En 2019 se cumplirán 25 años desde que en junio de 1994 se celebrasen las Jornadas Técnicas sobre túneles “La Seguridad en la Construcción y en Servicio” en Gijón que posteriormente se decidió, dado el éxito de participación que alcanzaron y la calidad de sus presentaciones, que pasasen a ser consideradas el I Simposio nacional de túneles. Cuatro años después tuvo lugar el II Simposio en Jaca como ciudad de acogida y así sucesivamente hasta el VI que se convocó en Zaragoza en marzo de 2015.

La Asociación Técnica de Carreteras, ATC, como Comité Nacional de la AIP-CR, tiene como uno de sus objetivos organizar un Simposio nacional para cada uno de sus Comités cada cuatro años, periodo en el que se desarrolla su tra-

bajo que queda encuadrado entre los Congresos Mundiales de Carretera. Por dicho motivo el año 2019 es el horizonte para la organización del VII Simposio, habiendo sido elegida en esta ocasión, por unanimidad entre los miembros del Comité, la ciudad de Barcelona dada la larga tradición, no solamente de esta ciudad sino de Cataluña en general, en la construcción de túneles de carretera y en el conocimiento de la explotación de túneles en servicio. Además es un momento ideal dado el empuje que se está dando en la capital condal en la construcción de los túneles de la plaza de Glorias y en los del cubrimiento de la Ronda de Dalt.

A lo largo de todos estos años se han abordado temas relacionados con la seguridad, mejora en la explotación,

conservación, reparación, nuevas tecnologías, análisis de riesgo, sistemas de evacuación, simulacros, emergencias, sostenibilidad,... asuntos que todavía muchos de ellos están en vigor y de plena actualidad pero que con motivo de la actualización de mucha de la normativa y las nuevas y mayores exigencias de los usuarios hacen que sea recomendable seguir debatiendo en ellos. Por otra parte la globalidad del mundo en el que hoy nos movemos hace que paradójicamente en algunos aspectos sigamos permaneciendo aislados por lo que el Simposio que ahora se propone “Túneles: acortan distancias, unen personas. Panorama actual y Buenas Prácticas” supondrá un referente de encuentro para todos aquellos interesados en esta materia.

Sede: Barcelona

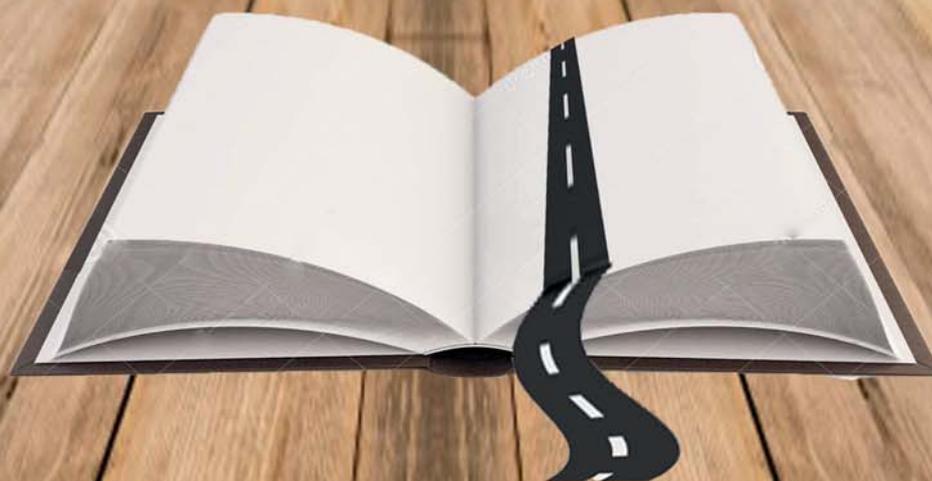
Fechas: **12, 13 y 14 de febrero de 2019**

Director Técnico de la Jornada: Rafael López Guarga, Presidente del Comité de Túneles de la ATC

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

Composición de la Junta Directiva de la ATC

PRESIDENTE:	- D. Luis Alberto Solís Villa
CO-PRESIDENTES DE HONOR:	- D. Francisco Javier Herrero Lizano - D. Pere Navarro Olivella
VICEPRESIDENTES:	- D.ª Mª del Carmen Picón Cabrera - D. José María Pertierra de la Uz - D. Jesús Díaz Minguela
TESORERO:	- D. Pedro Gómez González
SECRETARIO:	- D. Pablo Sáez Villar
DIRECTOR:	- D. Alberto Bardesi Orúe-Echevarría



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



VOCALES:

- Presidente Saliente:
 - D. Roberto Alberola García
- Designados por el Ministerio de Fomento:
 - D.ª María Rosario Cornejo Arribas
 - D.ª María del Carmen Picón Cabrera
 - D. Jaime López-Cuervo Abad
 - D. José Manuel Cendón Alberte
 - D. Ángel García Garay
- 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. Luis Alberto Solís Villa
 - D.ª María Consolación Pérez Esteban
 - D. Xavier Flores García
 - D. José María Pertierra de la Uz
 - D. Carlos Estefanía Angulo
 - D. Juan Carlos Alonso Monge
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
 - D. Ángel Castillo Talavera
 - D. Antonio Sánchez Trujillano
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
 - D. Félix Edmundo Pérez Jiménez
 - D. José Manuel Vasallo Magro
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
 - D. Bruno de la Fuente Bitaine
 - D. Rafael Gómez del Río
- Representantes de las empresas de consultoría:
 - D. Casimiro Iglesias Pérez
 - D. Juan Antonio Alba Ripoll
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
 - D. Aniceto Zaragoza Ramírez
 - D. Francisco José Lucas Ochoa
 - D. Sebastián de la Rica Castedo
 - D. Juan José Potti Cuervo
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
 - D. Jorge Enrique Lucas Herranz
 - D. José Luis Álvarez Poyatos
 - D. Camilo José Alcalá Sánchez
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
 - D. Pablo Sáez Villar
- Representante de los laboratorios acreditados:
 - D. Alonso Pérez Gómez
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
 - D. Jesús Díaz Minguela
 - D. Rafael Ángel Pérez Arenas
 - D. Manuel Romana García
 - D. Enrique Soler Salcedo
- Entre los Socios de Honor:
 - D. Pedro Gómez González
 - D. Francisco José Criado Ballesteros
- Nombrado a propuesta del presidente:
 - D. José Luis Elvira Muñoz

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. Gerardo Gavilanes Ginerés
- Vicepresidente	D. José María Morera Bosch
- Secretario	D. José A. Sánchez Brazal

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

- Presidenta	D.ª María del Carmen Sánchez Sanz
- Presidente Adjunto	D. Vicente Vilanova Martínez-Falero
- Secretario	D. Pablo Sáez Villar

FIRMES DE CARRETERAS

- Presidente	D. Julio José Vaquero García
- Secretario	D. Francisco José Lucas Ochoa

PUENTES DE CARRETERAS

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

GEOTECNIA VIAL

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

SEGURIDAD VIAL

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

CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE

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

CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

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

Socios de la ATC

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

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

Socios de Honor

2005 - D. ENRIQUE BALAGUER CAMPHUIS
2005 - D. ÁNGEL LACLETA MUÑOZ (+)
2008 - D. JOSÉ LUIS ELVIRA MUÑOZ
2008 - D. FRANCISCO CRIADO BALLESTEROS
2011 - D. SANDRO ROCCI BOCCALERI (+)
2011 - D. JOSÉ MARÍA MORERA BOSCH
2012 - D. LUIS ALBERTO SOLÍS VILLA
2012 - D. JORDI FOLLIA I ALSINA
2012 - D. PEDRO D. GÓMEZ GONZÁLEZ
2015 - D. ROBERTO ALBEROLA GARCÍA

Socios de Mérito

2010 - D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA
2010 - D. RAMÓN DEL CUBILLO 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
2016 - D. PABLO SÁEZ VILLAR
2017 - D. VICENTE VILANOVA MARTÍNEZ-FALERO
2017 - D. ÁNGEL GARCÍA GARAY

Socios Protectores y Socios Colectivos

Administración General del Estado

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

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
- JUNTA DE EXTREMADURA. CONSEJERÍA DE ECONOMÍA E INFRAESTRUCTURAS
- 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 SEVILLA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALENCIA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALLADOLID
- CABILDO INSULAR DE TENERIFE
- CABILDO DE GRAN CANARIA
- CONSELL DE MALLORCA. DIRECCIÓN INSULAR DE CARRETERAS

Colegios Profesionales y Centros de investigación y formación

- COLEGIO DE INGENIEROS TÉCNICOS DE OBRAS PÚBLICAS E INGENIEROS CIVILES
- 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, AFASE-METRA
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, ASEFMA
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE AUSCULTACIÓN Y SISTEMAS DE GESTIÓN TÉCNICA DE INFRAESTRUCTURAS, AUSIGETI
- 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.
- AP - 1 EUROPISTAS, CONCESIONARIA DEL ESTADO, S.A.U.
- 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 DE LOS ANDES, S.A. (COVIANDES)
- SACYR CONCESIONES, S.L.
- TÚNEL D'ENVALIRA, S.A.

Empresas

- 3M ESPAÑA, S.L.
- A. BIANCHINI INGENIERO, 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.
- ALVAC, S.A.
- AMIANTIT ESPAÑA S.A.U.
- API MOVILIDAD, S.A.
- ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.
- AUDECA, S.L.U.
- BARNICES VALENTINE, S.A.U.
- BASF CONSTRUCTION CHEMICALS, S.L.
- 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.
- COMPOSAN OBRAS Y SERVICIOS, S.L.
- COMSA INSTALACIONES Y SISTEMAS INDUSTRIALES, S.L.U.
- CONSERVACIÓN INTEGRAL VIARIA, S.L. (CONSVIA)
- CONSTRUCCIONES MAYGAR, S.L.
- CORSAN - CORVIAM, CONSTRUCCIÓN, S.A.
- CYOPSA - SISOCIA, S.A.
- DRAGADOS, S.A.
- DRIZORO, S.A.U.
- DINÁMICAS DE SEGURIDAD, S.L.
- EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS GESTIÓN Y DESARROLLO, S.L.
- ELSAMEX, S.A.
- EMPRESA DE MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA M-30, S.A. (EMESA)
- ESTEYCO, S.A.
- ETRA ELECTRONIC TRAFIC, S.A.
- EUROCONSULT, S.A.
- FCC CONSTRUCCIÓN, S.A.
- FCC INDUSTRIAL E INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS, S.A.U.
- FERROSER INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- FERROVIAL AGROMÁN, S.A.
- FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.
- FIBERTEX ELEPHANT ESPAÑA, S.L. SOCIEDAD UNIPERSONAL
- FREYSSINET, S.A.
- GEOCONTROL, S.A.
- GEOTECNIA Y CIMENTOS, S.A. (GEOCISA)
- GINPROSA INGENIERÍA, S.L.
- GIRDER INGENIEROS, S.L.P.
- GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
- HIDRODEMOLICIÓN, S.A.
- HUESKER GEOSINTÉTICOS, S.A.
- IDEAM, S.A.
- IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE, S.A.U.
- IKUSI, S.L.U.
- IMPLASER 99, S.L.L.
- INCOPE CONSULTORES, S.L.
- INDRA SISTEMAS, S.A.
- INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
- INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A. (INECO)
- INGENIERÍA ESPECIALIZADA OBRA CIVIL E INDUSTRIA S.A.
- INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
- INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.
- KAO CORPORATION, S.A.
- KAPSCH TRAFFICOM TRANSPORTATION S.A.U.
- KELLER CIMENTACIONES S.L.U.
- LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.
- MATINSA, MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- OBRAS HERGÓN, S.A.U.
- 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.
- 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.
- SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
- SGS TECNOS, S.A.
- TALHER, S.A.
- TALLERES ZITRÓN, S.A.
- TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPESA)
- TECNIVIAL, S.A.
- TECYR CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES, S.A. (TECYRSA)
- TEKIA INGENIEROS, S.A.
- TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.
- TPF GETINSA EUROESTUDIOS, S.L.
- TRABAJOS BITUMINOSOS, S.L.
- ULMA C Y E, SOCIEDAD COOPERATIVA
- VALORIZA CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- VSING INNOVA 2016, S.L.
- ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

Socios Individuales

Personas físicas (51) 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



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



Si quiere suscribirse por un año a la revista **RUTAS**, en su edición impresa y digital, 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 Fax o 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.: 913082318 Fax: 913082319
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**

Para más información: puede dirigirse a:
Asociación Técnica de Carreteras
Tel.: 913082318 Fax: 913082319
info@atc-piarc.com
www.atc-piarc.com



Forma de pago:

Domiciliación bancaria CCC nº _____

Transferencia al número de cuenta: 0234 0001 02 9010258094

Nombre

Empresa NIF

Dirección Teléfono

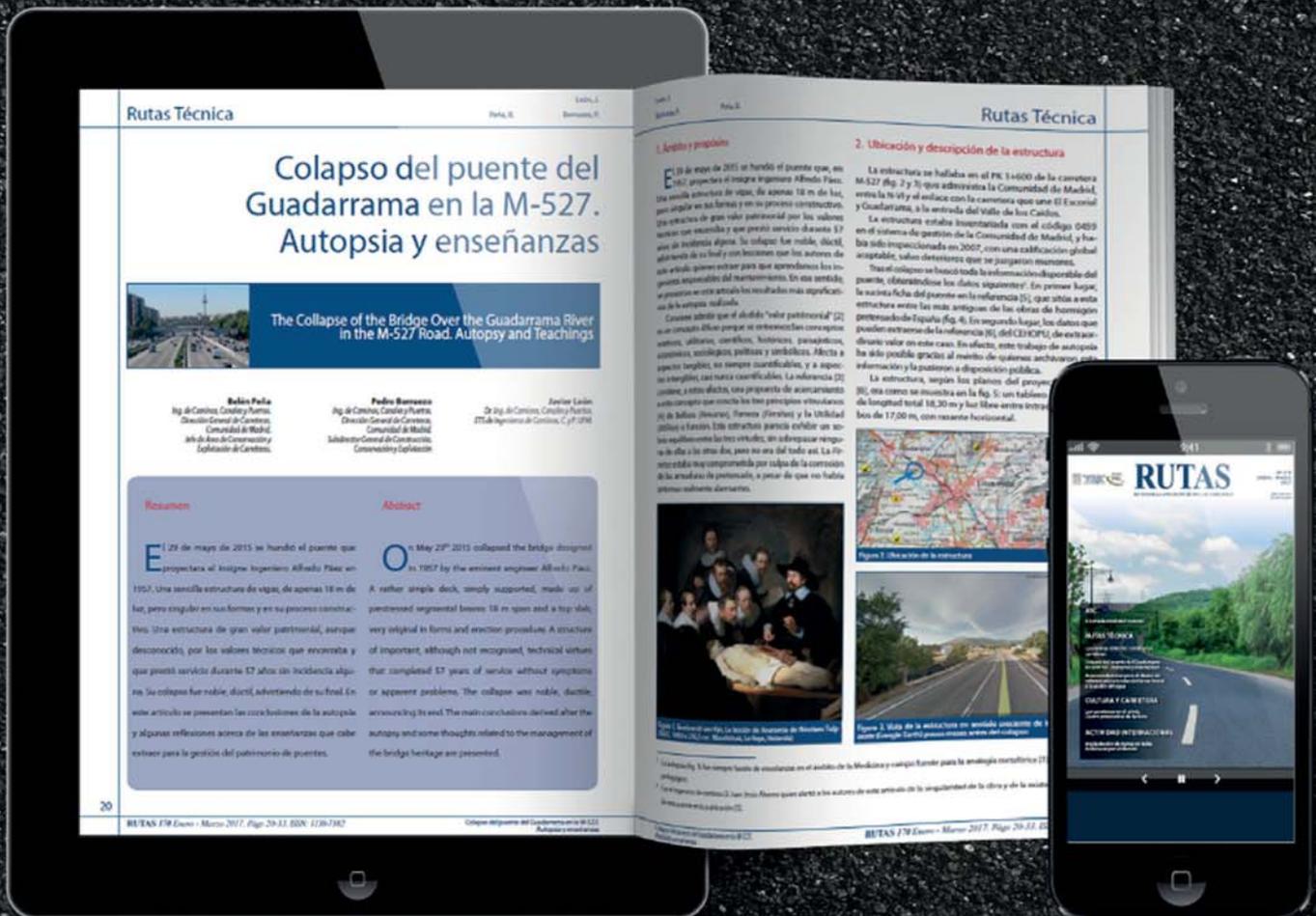
Ciudad C.P. e-mail

Provincia País

Fecha Firma

RUTAS

Digital



RUTAS se actualiza

Desde la redacción de la ATC nos complace mostraros la nueva edición de la revista RUTAS.

Desde hace ya tiempo que los dispositivos móviles y electrónicos están presentes en nuestra vida diaria. El acceso es más rápido, directo y eficaz que en otros formatos. Por esto queremos presentaros la edición Digital de RUTAS, creada especialmente para adaptarse a los nuevos tiempos.

No obstante, seguimos editando la revista en modo impreso, para todos aquellos amantes del papel y de la lectura tradicional.

Y como novedad, traemos una renovación del histórico para que no te pierdas ningún artículo. Todo esto y mucho más lo puedes encontrar en nuestra página web:

www.atc-piarc.com

Subscríbete en info@atc-piarc.com



CARRETERA A ESTRENAR CADA DÍA

En Cepsa queremos cuidar y conservar las carreteras siempre en perfecto estado. Por ello, disponemos de una amplia gama de betunes convencionales, desde la Gama ELASTER de última generación en betunes modificados con polímeros, hasta masillas sellantes.

Mantener las carreteras es fácil con los Asfaltos de Cepsa.

Más información en el **91 265 47 13** o en **cepsa.es**



CEPSA

Tu mundo, más eficiente.